

# **ELECTRONIC JOURNAL OF VOCATIONAL COLLEGES**



**Aralık 2016**  
**December 2016**

Sayı/Number:3  
Cilt /Volume: 6  
Yıl / Year: 2016

**ISSN: 2146-7684**

**Yayın Sahibi**

**Publisher**

Bora Aslan

**Editörler**

**Editors**

Bora Aslan  
Füsun Yavuzer Aslan

**Yayın İdare Merkezi**

**Headquater**

Kırklareli Üniversitesi  
Lüleburgaz Meslek  
Yüksekokulu  
Lüleburgaz/Kırklareli

Tel: +90 288 4174996  
Faks: +90 288 4174996  
<http://www.ejovoc.org>  
[info@ejovoc.org](mailto:info@ejovoc.org)

**Yayın Türü**

**Type of Publication**

6 Aylık Süreli Yayın  
Semiannual

**Kapak**

**Coverpage**

Füsun Yavuzer Aslan



# Electronic Journal Of Vocational Colleges

## ÖNSÖZ

---

Kırklareli Üniversitesi Lüleburgaz Meslek Yüksekokulu bünyesinde hazırladığımız EJOVOC'un yeni sayısı ile tekrar karşınızda olmaktan büyük mutluluk duymaktayız.

Meslek yüksekokulları ve mesleki eğitim ile ilgili yeni bir pencere açmak için çıktığımız bu yolda büyük ilerleme kaydettiğimizi düşünüyoruz. Hatırlayacağınız gibi meslek yüksekokullarındaki bilimsel üretime bir dinamizm kazandırmayı hedeflediğimiz dergimiz 2011'de yayın hayatına başlamıştı.

Aralık 2016 sayısında yayınlanmak için yapılan 19 makale başvurusundan 9'u yüksek puan alarak dergimizde yayınlanmaya hak kazanmıştır. Bu büyük ilgi için yazarlara teşekkürlerimizi borç biliriz.

Dergimizin sürekliliğini sağlamak için kalitesinden ödün vermeden okuyucu ve yazar kitesini tutabilmenin zorluğunun bilincinde olarak büyük ümitlerle çıktığımız bu yolda desteklerini esirgemeyen üniversite rektörlüğümüze, editörlerimize, yazarlarımıza ve hakemlik yapan araştırmacılarımıza teşekkürlerimizi ve saygılarımızı sunarız.

Yayın Kurulu

## PREFACE

---

We are very glad to present the new issue of Ejoboc (Electronic Journal of Vocational Colleges) which is prepared by Lüleburgaz Vocational College of Kırklareli University.

We believe that we have made progress in the way to bring a new perspective about Vocational Colleges and Vocational Training. As you remember, our journal with which we aim to help energizing the scientific production in the Vocational Colleges began to be published in 2011.

Among the 19 articles sent to be published in the journal's December 2016 issue, 9 articles are entitled to be issued. We are grateful to the writers for their interest.

Ejoboc aims to continue to broadcast without sacrificing its scientific quality with an awareness of the difficulties such as being accepted as a reputational journal by authors and audience. Ejoboc presents great thanks to Kırklareli University Rectorate, scientific committee, editorial board, authors and referees for their invaluable support.

Editorial Board

## İçindekiler / Contents

<b>KONTROL VE OTOMASYON TEKNOLOJİSİ İLE MEKATRONİK PROGRAMLARININ KONTENJAN BAZLI BÖLGESEL DAĞILIM ANALİZİ</b> QUOTA BASED REGIONAL DISTRIBUTION ANALYSIS OF CONTROL AUTOMATION TECHNOLOGIES AND MECHATRONICS PROGRAMS Hakan ÇELİK, Taner AKKAN, L. Özlem AKKAN	1
<b>TARIMSAL UYGULAMALARDA ENERJİ KULLANIMI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME</b> AN EVALUATION ENERGY USE IN AGRICULTURAL PRACTICES İlker Hüseyin ÇELEN	18
<b>MİKRODALGA ENERJİSİNİN AYVA DİLİMLERİNİN KURUTULMASINA ETKİSİ</b> EFFECT OF MICROWAVE ENERGY TO THE DRYING OF QUINCE SLICES Soner ÇELEN, Serhat KUŞ	30
<b>ASENKRON MOTORDA YAPAY SİNİR AĞLARI İLE DURUM KESTİRİMİ</b> PREDICTION OF STUATION IN AN INDUCTION MOTOR WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK Hıdır Selçuk NOĞAY	41
<b>CURRENT SITUATION OF WIND ENERGY IN TURKEY AND ASSESMENT OF YALOVA'S WIND ENERGY POTENTIAL</b> Cihan GÖKÇÖL, Adem UĞURLU	49
<b>METİN VERİLERDE DİZGİ EŞLEME VE SIKIŞTIRILMIŞ DİZGİ EŞLEME İŞLEMLERİ ARASINDAKİ PERFORMANS FARKLARININ İNCELENMESİ</b> EVALUATION OF THE PATTERN MATCHING PERFORMANCE OF COMPRESSED AND UNCOMPRESSED TEXTS H. Nusret BULUŞ, Cihat ERDOĞAN, Banu DİRİ	60
<b>KAMU ÇALIŞANLARININ İNTERNET BANKACILIĞI KULLANMA DURUMLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA</b> A RESEARCH ON THE INTERNET BANKING USAGE STATUS OF THE PUBLIC EMPLOYEES Pınar ÖZDEMİR KARACA	77
<b>HİYERARŞİK KÜMELEME MODELİ KULLANAN WEB TABANLI BİR ÖDEV DEĞERLENDİRME SİSTEMİ</b> A WEB-BASED ASSIGMENT EVALUATION APPLICATION USING HIERARCHICAL CLUSTERING MODEL Erdoğan UZUN, Cihat ERDOĞAN, Ahmet SAYGILI	87
<b>KARBON ELYAF KUMAŞ İLE SARGILANMIŞ BETONLARIN DAYANIMININ İNCELENMESİ</b> CONCRETE STRENGTHENING WITH CARBON FIBER Aylin AKYILDIZ, Ahmet Özgür AĞIRGAN	99

## KONTROL VE OTOMASYON TEKNOLOJİSİ İLE MEKATRONİK PROGRAMLARININ KONTENJAN BAZLI BÖLGESEL DAĞILIM ANALİZİ

Hakan ÇELİK<sup>1</sup>, Taner AKKAN<sup>2</sup>, L. Özlem AKKAN<sup>3</sup>

### ÖZET

Mekatronik kavramı 1969 yılında Japonya’da ortaya çıkmıştır. Mekatronik eğitimi 1980’lerden sonra Japonya’dan başlayarak Amerika ve Avrupa üniversiteleri başta olmak üzere dünyada hızla yayılmıştır. Türkiye’de Mekatronik Mühendislik Eğitimi 1999 yılında Sabancı Üniversitesinde başlamıştır. Mekatronik Önlisans eğitimi 2001 yılında Sakarya Üniversitesi Sakarya Meslek Yüksekokulu ve Kocaeli Üniversitesi Gebze Meslek Yüksekokulu’nda başlamıştır. Önlisans eğitiminde Mekatronik programıyla birçok yönden ortaklık gösteren “Kontrol ve Otomasyon Teknolojileri” programlarının ülkemizdeki eğitim geçmişi 1980’li yıllara dayanmaktadır. Günümüze değin Kontrol Sistemleri, Otomasyon, Endüstriyel Otomasyon vb. değişik program isimleri adı altında birçok üniversitede eğitim verilmiş ve günümüzde “Kontrol ve Otomasyon Teknolojileri” ismi adı altında toplanmıştır. Türkiye’de Mekatronik Programları Kontrol ve Otomasyon Teknolojileri programlarına göre daha sonraki yıllarda açılmış olmasına rağmen son yıllarda adından sıkça söz ettirmektedir. Önlisans eğitiminin başlangıcından itibaren geçen on beş yıl içinde hızla çoğalmış Kontrol ve Otomasyon Teknolojileri programlarının önüne geçen bir yaygınlığa ve bilinirliğe ulaşmıştır. Bu çalışmada Kontrol ve Otomasyon Teknolojileri programı ile Mekatronik programlarının 2001-2015 yılları arasındaki değişimleri ve programların gelişimi analiz edilmiştir. Okul sayıları, Örgün Öğretim ve İkinci Öğretim bazında program sayıları, öğrenci kontenjanları ve coğrafi bölgelere göre dağılımları incelenmiş ve bu alandaki eğilimler ortaya konulmuştur. Ayrıca her iki program için Uzaktan Eğitim alanındaki gelişmeler ve değişimlerle birlikte Vakıf Üniversitelerindeki durumları da incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mekatronik Eğitimi, Kontrol ve Otomasyon Teknolojileri Eğitimi, Öğrenci Kontenjanları, Bölgesel Dağılım

## QUOTA BASED REGIONAL DISTRIBUTION ANALYSIS OF CONTROL AUTOMATION TECHNOLOGIES AND MECHATRONICS PROGRAMS

### ABSTRACT

Mechatronics concept was emerged in Japan in 1969. Mechatronics education spreads fast all over the world firstly in American and European universities starting from Japan since 1980s. Mechatronics Engineering Education started in Sabancı University in 1999. Mechatronics Associate Education begun in Sakarya University Sakarya Vocational School and Kocaeli University Gebze Vocational School in 2001. Background of “Control and Automation Technologies” associate’s education that is common to Mechatronics programs in many aspects is based on years of 1980s. The educations named such as Control Systems, Automation, and Industrial Automation has been taught in many universities since today and united in a name of “Control and Automation Technologies” today. Despite of opening later, Mechatronics program became more known in recent years and became widespread and popular than “Control and Automation Technologies” in 15 years of time. In this study, changes and program developments of “Mechatronics” and “Control and Automation Technologies” analyzed between years of 2001 and 2015. School counts, formal and evening education program counts, student quotas and geographical region distributions were studied and tendencies in that area were presented. Also, development and changes of distant learning education and foundation university situations were analyzed for both programs.

**Keywords:** Mechatronics education, Control and Automation Technologies Education, Student Quotas, Regional Distribution.

<sup>1</sup> Öğr. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Y.O. Mekatronik Programı, hakan.celik@deu.edu.tr

<sup>2</sup> Yrd.Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Y.O. Mekatronik Programı, taner.akkan@deu.edu.tr

<sup>3</sup> Yrd.Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Y.O. Elektronik Haberleşme Prog., ozlem.karaca@deu.edu.tr

## Giriş

Günümüzde bilimsel ve teknolojik gelişmeler büyük bir hız kazanmış bulunmaktadır. Yeni buluşlar her geçen gün hayatımızı değiştirmekte yeni teknolojik kavramlar günlük hayatın içine girmektedir. Teknolojik değişimler üretim sistemleri başta olmak üzere her alanda hayatı değiştirirken bu alanlarda çalışacak teknik elemanların eğitiminde yeni alanlar açmaktadır (Brynjolfsson ve McAfee,2014). Robotik sistemler, insansız hava araçları, 3D yazıcılar, insansız otomobiller, giyilebilir teknolojiler, uzay teknolojileri, akıllı binalar vb. birçok gelişmeler hayatımızı ve üretim sistemlerini değiştirirken (Kaku, 2016) "Endüstri 4.0" kavramının konuşulduğu siber fiziksel sistemlerin hayatımızı kuşatacağı yeni bir endüstriyel devrimin başında bulunuyoruz (Jazdi, 2014).

Güç, dikkat, hassaslık isteyen tekrarlı işleri gerçekleştiren sistemlerin insan eliyle değil kendi başlarına en az insan katkısıyla çalışması fikri yüzyıllar öncesine dayanır. Özellikle çevresini algılayan geri beslemeli kontrol kavramı 1745 yılında Edmund Lee tarafından rüzgâr değirmenlerinin yönünü çeviren sistem patenti ile başlamıştır (Bernstein, 2002). Otomasyon özellikle üretimde daha az insan gücü ve enerji ile daha kaliteli ve ucuz ürün üretiminde kullanılırken günümüzde tüketici ürünlerinin yeni teknoloji algılayıcılar ile daha az veya hiç insan kontrolü olmadan çalışmalarında da kullanılmaktadır.

1970'lerde üretimde mekanik ve elektronik teknolojileri dijital teknolojiye dönüştüren programlanabilir makinelerin kullanılması endüstride bir değişim başlatmıştır (Zhou, Liu ve Zhou, 2015). Bu değişim bilgisayar ve PLC'lerin (Programlanabilir Lojik Denetleyiciler) üretim sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanımını dolayısıyla "Otomasyon" kavramının hayatımızın içine girmesini sağlamıştır. Türkiye'de bu alanda 1980'li yıllardan itibaren Üniversite ve Meslek Yüksekokullarda (MYO) özgün eğitimler başlamıştır (Ucun, 2011). Bu alanda zaman içinde; Kontrol Sistemleri Teknolojisi ve Endüstriyel Otomasyon isimleri altında verilen önlisans eğitimi günümüzde Kontrol ve Otomasyon Teknolojisi (KOT) ismini almıştır. Mekatronik (MKT) kavramı 1969 yılında Japonya'da ortaya çıkmıştır (Acar, 1997). MKT eğitimi 1980'lerden sonra Japonya'dan başlayarak Amerika ve Avrupa üniversiteleri başta olmak üzere dünyada hızla yayılmıştır. Türkiye'de MKT Mühendislik Eğitimi 1999 yılında Sabancı Üniversitesinde başlamıştır (Akpınar, 2006). MKT Önlisans eğitimi 2001'de Sakarya Üniversitesi Sakarya Meslek Yüksekokulu ve Kocaeli Üniversitesi Gebze Meslek Yüksekokulu'nda başlamıştır (Çelik ve Akkan, 2009). Bu tarihten sonra gerek Lisans ve gerekse Önlisans programları bazında hızla yaygınlaşmıştır.

MKT programlarının karşılaştırmalı müfredat analizinde (Akkan ve Çelik 2009) ve KOT ve MKT programlarının karşılaştırmalı müfredat analizi için yapılan çalışmalarda her iki programın önemli ölçüde benzerlik içermekle birlikte bazı noktalarda farklılık gösterdiği belirtilmiştir. KOT programlarında Elektronik ve Kontrol tabanlı dersler öne çıkarken, MKT programında ise mekanik ve tasarım tabanlı dersler öne çıkmaktadır (Çelik ve Akkan, 2010).

Bu çalışmada Türkiye'de 1980'li yıllarda başlayan KOT ve 2001 yılında başlayan MKT önlisans programlarının 2001-2015 yılları arasındaki gelişimi incelenmiştir. Türkiye geneli ve coğrafi bölgelere göre okul, program ve kontenjan sayıları, vakıf üniversiteleri ve uzaktan eğitimdeki gelişmeler karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda KOT ve MKT önlisans programlarında yaşanan değişimlerle birlikte 15 yıllık eğilimler ortaya konmuştur. Her iki programda var olan okul ve kontenjanlar Türkiye'de ileri otomasyon teknolojisi kullanan sanayinin tekniker ihtiyacı ve potansiyeli hakkında bir ipucu vermektedir.

Çalışmada kullanılan sayısal veriler Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezinin 2001-2015 yılları arasında yayınladığı tercih kılavuzlarından alınmıştır. Bu çalışmada yalnızca önlisans programları incelenmiştir. Bahsi geçen üniversite ve MYO'ların bazılarının zaman içinde isimleri ve bağlı oldukları üniversiteler değişmiş fakat kurumsal varlıkları devam etmiştir. Metin içinde geçen Üniversite ve MYO'ların isimleri 2015 yılı ÖSYM tercih kılavuzunda geçtiği şekilde kullanılmıştır ve Coğrafi Bölgelerden yer yer bölge olarak bahsedilmiştir. Ayrıca; Kontrol ve Otomasyon Teknolojileri programı (KOT), Mekatronik programı (MKT), Örgün Öğretim (ÖÖ), İkinci Öğretim (İÖ), Uzaktan Eğitim (UE) kısaltmaları ile ifade edilmiştir.

### **KOT ve MKT Programlarının Türkiye Genelinde Bugünkü Durumu**

KOT ve MKT Önlisans programlarının 2015 yılı itibarıyla Türkiye genelindeki durumu program sayılarına, okul sayılarına ve kontenjan sayılarına göre üç ayrı kısımda incelenmiştir.

#### **Program Sayılarına Göre**

2015 yılı verilerine göre KOT ve MKT Önlisans programları Türkiye genelinde bütün coğrafi bölgelere yayılmış durumdadır. KOT programları 25 Devlet üniversitesinde 29 farklı MYO'da, MKT programları 49 devlet üniversitesinde 59 farklı MYO'da ve sekiz Vakıf Üniversitesinde sekiz farklı MYO'da eğitime devam etmektedir. KOT ve MKT programlarının coğrafi bölgelere göre detaylı dağılımı Tablo 1'de görülmektedir. KOT programı

toplam 29 ÖÖ, 11 İÖ ve bir UE olmak üzere 29 MYO'da eğitime devam etmektedir. Sekiz okulla Akdeniz Bölgesi öne çıkarken Güneydoğu Anadolu Bölgesinde hiç bir MYO'da KOT eğitimi verilmemektedir. UE ise sadece İç Anadolu Bölgesinde Kırıkkale Üniversitesi MYO'da eğitime devam etmektedir.

MKT Programı KOT programına göre bariz bir yaygınlığa sahiptir. MKT 67 MYO'da 67 ÖÖ, 31 İÖ ve 2 UE programıyla eğitime devam etmektedir. Marmara bölgesi 15 okulla birinci sırada yer alırken bu bölgemizi 14'er okulla İç Anadolu ve Karadeniz Bölgesi izlemektedir. Güney Doğu Anadolu Bölgesi iki okulla en az MKT programına sahip bölgemizdir. Sakarya Üniversitesi Adapazarı MYO'da ve Amasya Üniversitesi Teknik Bilimler MYO'da MKT UE verilmektedir. MKT programları KOT programlarının aksine bütün bölgelerde eğitim vermektedir (Tablo 1).

**Tablo 1:** 2015 Yılı itibariyle KOT ve MKT önlisans programlarının coğrafi bölgelere dağılımı

Program	Ege	Marmara	Akdeniz	İç Anadolu	Karadeniz	Doğu Anadolu	G.Doğu Anadolu	Toplam
KOT	ÖÖ	5	6	8	5	4	1	29
	İÖ	1	4	2	2	2		11
	UE				1			1
MKT	ÖÖ	9	15	5	14	14	6	65
	İÖ	7	6	5	4	6	2	31
	UE		1			1		2

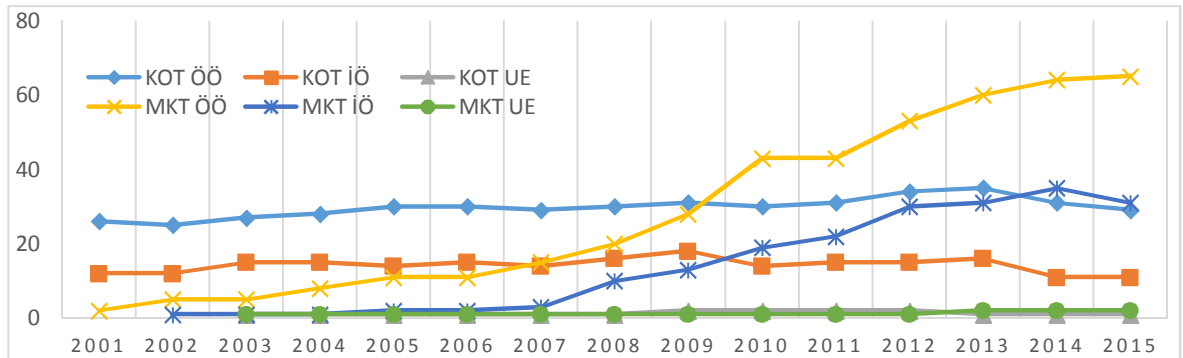
Programların il ve ilçeler bazında dağılımı Tablo 2'de görülmektedir. KOT 17 il merkezinde ve 12 ilçede yer alırken MKT 37 il ve 30 ilçede bulunmaktadır. Her iki programda il ve ilçeler bazında dağılmış durumdadır. Bölgelere bakıldığında yedi bölgede de KOT programlarının sayısı MKT programının gerisinde kalmıştır.

**Tablo 2:** KOT ve MKT Programlarının il ve ilçelere göre dağılımları

Bölgeler	KOT			MKT		
	il	ilçe	Toplam	il	ilçe	Toplam
Ege	2	3	5	4	5	9
Marmara	6	0	6	11	5	16
Akdeniz	3	5	8	3	2	5
Karadeniz	1	3	4	7	8	15
İç Anadolu	4	1	5	7	7	14
Doğu Anadolu	1	0	1	4	2	6
Güneydoğu Anadolu	0	0	0	1	1	2
Toplam	17	12	29	37	30	67

### Okul Sayılarına Göre

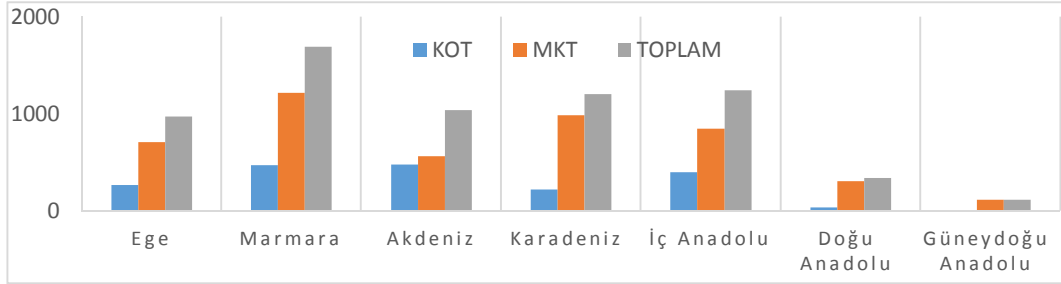
KOT ve MKT Programlarına ait ÖÖ, İÖ ve okul sayılarının yıllara değişimi Şekil 1'dedir. KOT programlarında 2001 ile 2015 arasında ÖÖ'de az bir artış olmakla birlikte İÖ'de zaman içindeki büyüme yerini gerilemeye bırakmıştır. Kırıkkale Üniversitesi MYO'da Türkiye'deki tek UE KOT eğitimi verilmektedir. MKT programı 2001 yılından başlayarak sürekli olarak okul ve program sayısını arttırmıştır. Yıllar içinde hiçbir gerileme olmamıştır. 2001 Yılında iki ÖÖ programı ile başlayan eğitim 2015 yılında 65 ÖÖ, 31 İÖ ve iki UE programına yükselmiştir.



**Şekil 1:** Türkiye genelinde yıllara göre MKT ve KOT program sayıları

### Kontenjan Sayılarına Göre

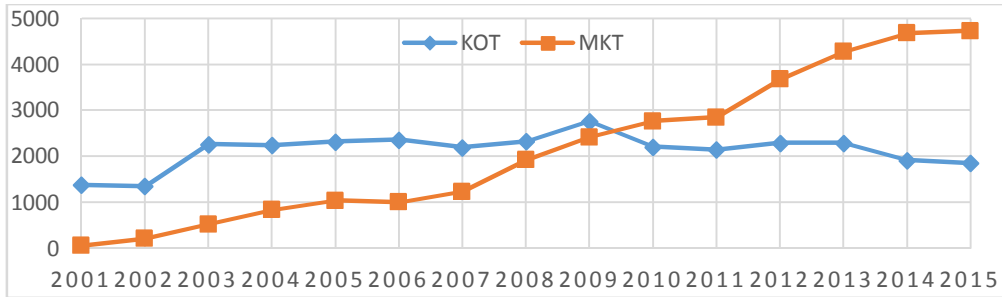
KOT ve MKT programlarının bölgelere kontenjan dağılımları Şekil 2’de gösterilmiştir. Buna göre her iki programın toplam kontenjanları ele alındığında Marmara 1687 (%25), İç Anadolu 1240 (%19), Karadeniz 1203 (%18), Akdeniz 1035 (%16), Ege (%15), Doğu Anadolu 334 (%5) ve Güneydoğu Anadolu 113 (%2) şeklinde sıralanmaktadır. KOT ve MKT programlarının 2015 yılındaki toplam kontenjan sayısı 6584’tür. Bu sayının %28’i KOT programına %72’si MKT programına aittir. KOT programı kontenjanları; Akdeniz 475 (%26), Marmara 470 (%25), İç Anadolu 398 (%21), Ege 266 (%14) Karadeniz 216 (%12), Doğu Anadolu 31 (%2) ve Güneydoğu Anadolu (%0) şeklinde sıralanmaktadır. MKT programı kontenjanları; Marmara 1217 (%26), Karadeniz 986 (%21), İç Anadolu 842 (%18), Ege 706 (%15), Akdeniz 560 (%12), Doğu Anadolu 313(%6) ve Güneydoğu Anadolu 113 (%2) şeklinde sıralandığı görülmektedir. MKT programı tüm coğrafi bölgelerde mevcuttur.



Şekil 2: 2015 Yılı itibariyle KOT ve MKT programlarının bölgelere göre kontenjanları

### 2001-2015 Yılları Arasında KOT ve MKT Programları Kontenjan Değişimleri

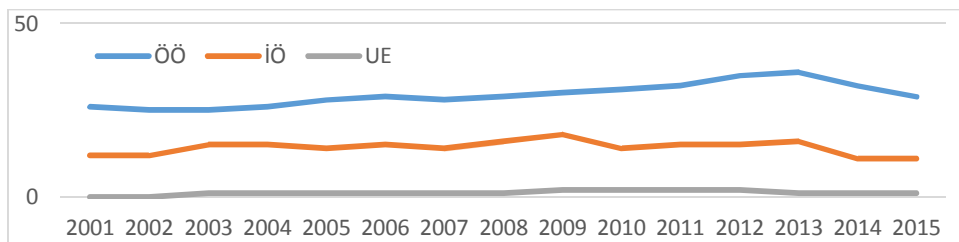
Şekil 3’de KOT ve MKT programlarına ait 2001-2015 yıllarına (ÖÖ, İÖ, ve UE dahil) ait kontenjan sayıları görülmektedir. 2001 yılında KOT 1380 öğrenci kabul ederken MKT 55 öğrenci kabul etmiştir. 2015 yılına gelindiğinde KOT 1856 ya ve MKT 4727 kişiye yükselmiştir. KOT programı en yüksek seviyeye 2765 kontenjanla 2009 yılında ulaşmış fakat daha sonra bu seviyeyi koruyamamıştır. KOT’un genel seyrine bakıldığında yatayda ve dalgalı bir değişim izlemektedir. MKT programları Türkiye’de eğitime başladığı 2001 yılından itibaren hızla yükselmeye başlamış ve sürekli yükselen bir eğilim içinde olmuştur. MKT en yüksek kontenjan düzeyine 2015 yılında ulaşmıştır. KOT yatay bir çizgi izlerken MKT sürekli artmaktadır. Bu artışın ivmesi 2015 yılında biraz hız kesmiş olsa da önümüzdeki yıllarda artarak devam edeceği düşünülmektedir.



Şekil 3: KOT ve MKT programlarının yıllara göre kontenjan sayıları

### Kontrol ve Otomasyon Teknolojisi

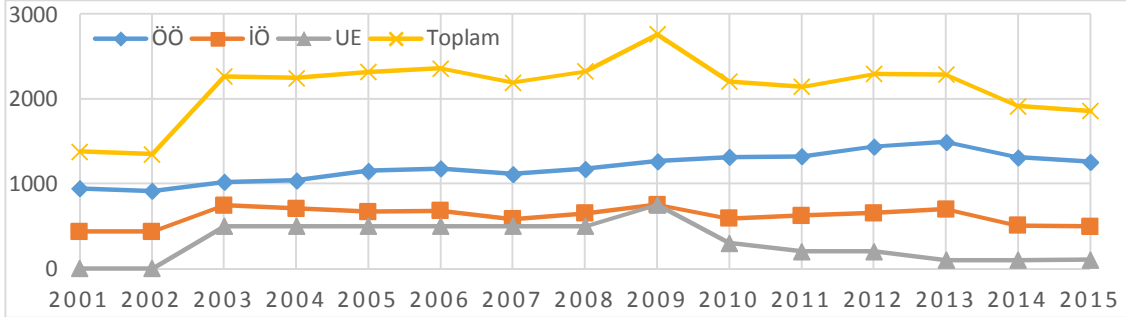
KOT program sayılarının 2001-2015 yılları arasındaki değişimi Şekil 4’de görülmektedir. ÖÖ’de (36) en çok program 2013 yılında, İÖ’de (18) 2009 yılında görülmektedir. UE 2003 yılında başlamış ve 2009-2012 yılları arasında iki programda eğitim verilmiş olup onun dışında kalan yıllarda tek programda eğitim verilmiştir.



Şekil 4: KOT Programında yıllara göre program sayıları



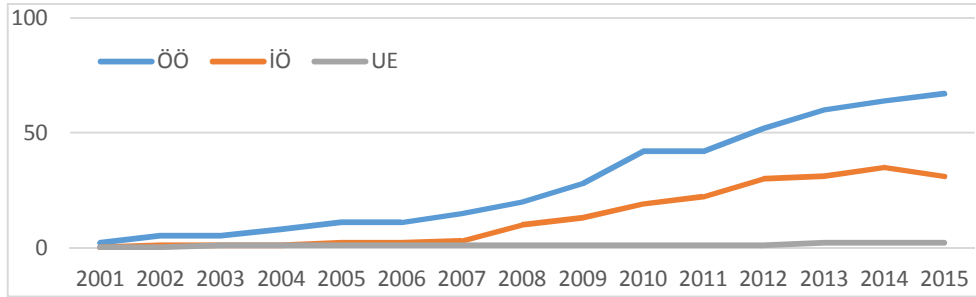
KOT programlarının 2001-2015 yılları arasındaki kontenjan sayıları Şekil 5'tedir. En yüksek kontenjanlar; toplam kontenjan (2765) ve İÖ'de (750) ve UE'de (750) 2009 yılında, ÖÖ'de (1490) 2013 yılında görülmüştür. En düşük kontenjanlar, toplam kontenjan (1350) ve ÖÖ de (915) 2002 yılında, İÖ'de (435) 2001-2002 yıllarında ve UE'de (100) 2013-2014 yıllarında gerçekleşmiştir. Toplam kontenjanlar bazında 2003 ve 2009 yıllarında bir sıçrama olmasına rağmen 2015 kontenjanları 2013 yılının gerisinde kalmıştır. 2015 Yılı itibariyle KOT programı kontenjanlarının %69'sı ÖÖ, %26'u İÖ ve %5'i UE için ayrılmış durumdadır.



Şekil 5: Yıllara göre KOT programı kontenjanları

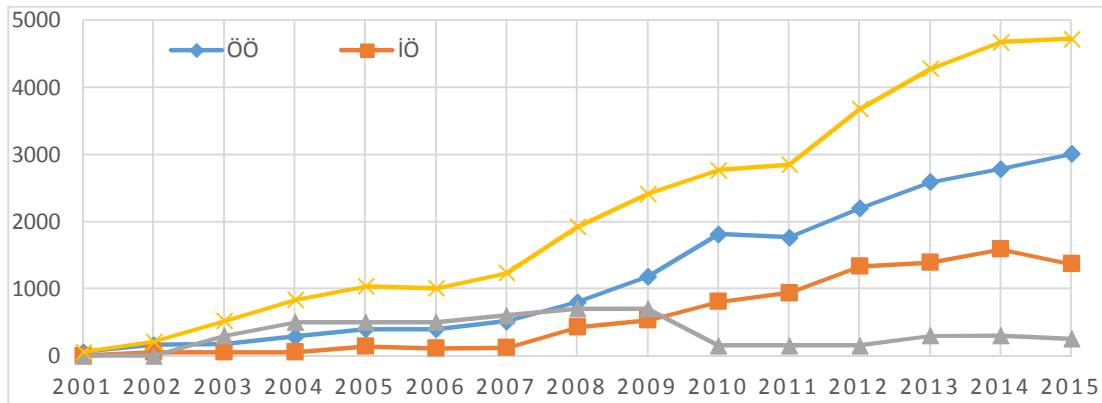
### Mekatronik

MKT programların 2001-2015 yılları arasındaki değişimi Şekil 6'da görülmektedir. ÖÖ'de (67) en çok program 2015 yılında, İÖ'de (35) 2014 yılında görülmektedir. UE' de ise 2003 yılında tek bir okulda başlamış ve 2013 yılından sonra iki okulda devam etmiştir. ÖÖ de program sayılarında hiç gerileme olmayıp sürekli artış yaşanmaktadır. 2014'te 35 İÖ'le en yüksek seviye yakalanmasına rağmen 2015 yılında 2013 yılı seviyesi olan 31 İÖ'e gerilemiştir.



Şekil 6: Yıllara göre MKT programı sayıları

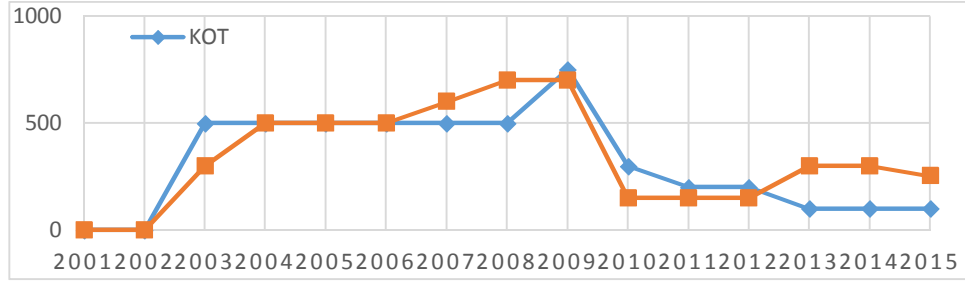
MKT programlarının 2001-2015 yılları arasındaki kontenjan değişimi Şekil 7'de görülmektedir. En yüksek kontenjanlar; toplam kontenjan (4727) ve ÖÖ'de (3103) 2015 yılında, İÖ'de (1590) 2014 yılında yaşanmıştır. En düşük kontenjanlar; toplam kontenjan 55 ÖÖ ile 2001 yılında, İÖ'de (50) 2003-2005 yıllarında, UE'de ise (150) 2010-2011 yıllarında gerçekleşmiştir. 2015 Yılı itibariyle MKT programı kontenjanlarının %66'sı ÖÖ, %29'u İÖ ve %5'i UE e ayrılmış durumdadır.



Şekil 7: Yıllara göre MKT programı kontenjanları

## Uzaktan Eğitim (2001-2015)

Türkiye’de KOT ve MKT programlarında UE 2003 yılında başlamıştır. KOT programında ilk UE, Mersin Üniversitesi MYO’da başlayıp 2013 yılında sona ermiştir. Daha sonra Gazi Üniversitesi MYO’da 2009 yılında KOT UE tekrar açılmış fakat bu da 2013’te sona ermiştir. KOT programında halen devam eden tek UE, 2013’te Kırıkkale Üniversitesi MYO’da, MKT Programında ise ilk UE Sakarya Üniversitesi Adapazarı MYO’da başlamıştır. Daha sonra 2013 yılında Amasya Üniversitesi Teknik Bilimler MYO’da ikinci UE programı eğitime başlamış olup halen her iki okulda eğitime MKT UE devam etmektedir. KOT ve MKT programında 2003 yılında başlayan UE yıllar içinde dalgalı bir seyir izlemiştir (Şekil 8). 2009 yılında KOT programında 750, MKT programında 700 olan öğrenci kontenjanı 2015 yılında KOT programında 101’e ve MKT programında 253’e gerilemiştir. Bu gerilemeye rağmen MKT kontenjanları KOT programına göre daha iyi durumdadır. 2015 yılı kontenjanlarına göre KOT ve MKT programında UE için ayrılan pay toplam kontenjanlarının %5 düzeyinde olmuştur.



Şekil 8: KOT ve MKT UE kontenjanlarının yıllara göre değişimi

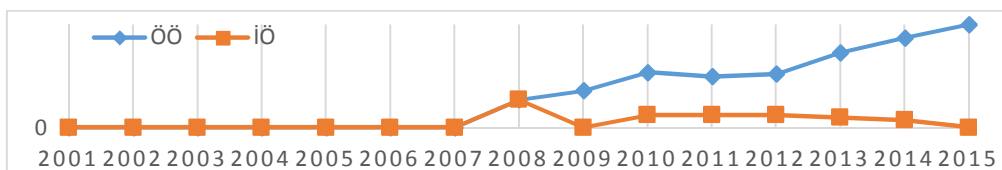
## KOT ve MKT Programların Vakıf Üniversiteleri’ndeki durumu

Vakıf Üniversiteleri KOT programına ilgi göstermemiştir. 2003-2006 arasında sadece İstanbul Kültür Üniversitesi’nde KOT eğitimi verilmiştir. Bunun dışında hiçbir Vakıf Üniversitesi KOT programı açmamıştır. MKT programı ise Vakıf Üniversiteleri’nin ilgisini çekmiştir. İlk olarak 2008 yılında Bahçeşehir Üniversitesi MYO’da açılmıştır. 2015 yılı itibarıyla sekiz üniversitede MKT Programı vardır (Tablo 3). Bahçeşehir Üniversitesi ve Kadir Has Üniversitesi 2008, Gedik Üniversitesi 2010-2014 yılları arasında İÖ programına öğrenci almasına rağmen 2015’te Vakıf Üniversitelerinde MKT İÖ yoktur. Vakıf Üniversitelerindeki MKT programlarının altısı İstanbul’da ve birer tanesi Ankara ve İzmir’dedir. Vakıf Üniversiteleri MYO’larda 2015 yılında MKT Programı öğrenci kontenjanları toplamı 405 kişidir (Tablo 3). Bu sayı 2015 yılı genel MKT Önlisans kontenjanlarının %8.57’sine karşılık gelmektedir. Vakıf üniversitelerinde KOT ve MKT programlarında Uzaktan Eğitim yoktur.

Tablo 3: 2015 Yılına göre Vakıf Üniversitelerinde Bulunan MKT Programları ve Kontenjanları

MYO	Şehir	ÖÖ	İÖ	UE
1 Bahçeşehir Ü. MYO	İstanbul	60		
2 Kadir Has Ü. MYO	İstanbul	45		
3 Gediz Ü. MYO	İzmir	40		
4 Gedik Ü. MYO	İstanbul	80		
5 Başkent Ü. MYO	Ankara	30		
6 Adigüzel MYO	İstanbul	40		
7 Piri Reis Ü. MYO	İstanbul	60		
8 Okan Ü. MYO	İstanbul	50		
Toplam		405		

Vakıf üniversitelerindeki MKT programı kontenjanlarının yıllara göre değişimi Şekil 9’da görülmektedir. 2008 yılında Bahçeşehir Üniversitesinde 60 ÖÖ ve 60 İÖ kontenjanı ile eğitim başlamıştır. Vakıf Üniversitelerinde ÖÖ programları 2008 yılından beri kesintisiz sürmektedir, kapanan ÖÖ programı yoktur. 2015 yılı itibarıyla İÖ eğitimi veren okul bulunmamaktadır.

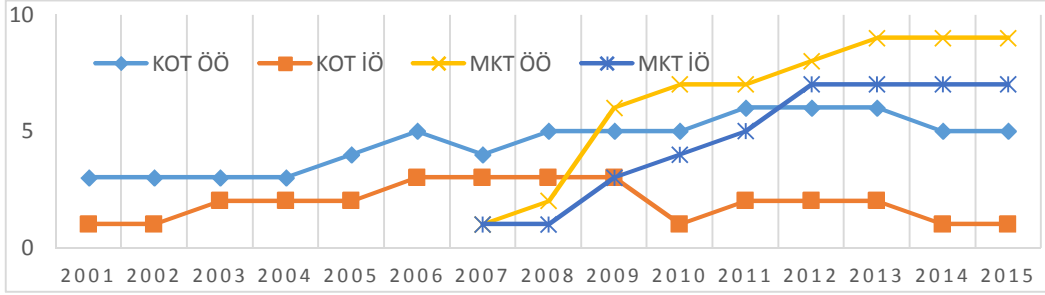


Şekil 9: Vakıf Üniversitelerinde MKT Programı Kontenjanlarını yıllara göre değişimi

## Coğrafi Bölgelere Göre Analizler

## Ege Bölgesi

Ege Bölgesinde KOT eğitimi geçmişi 2001 yılı öncesine dayanır. 2001’de Ege bölgesinde üç ÖÖ ve bir İÖ programı bulunurken 2015 yılında beş ÖÖ ve bir İÖ programına ulaşmıştır (Şekil 10 ve Tablo 4). Program sayıları çok az artmakla birlikte zaman içinde değişiklikler olmuştur. Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir MYO 2001 öncesinden devam edegelen KOT programını kapatıp 2007’de MKT programına dönüştürmüştür. Dumlupınar Üniversitesi Simav MYO 2011’de açtığı KOT programını 2014 yılında MKT programına dönüştürmüştür. 2015 itibariyle 9 ÖÖ ve 7 İÖ MKT vardır (Tablo 5). Ege Bölgesinde Vakıf Üniversitesi olarak sadece Gediz Üniversitesi MYO’da MKT vardır. KOT ve MKT programlarında UE yoktur.



Şekil 10: Yıllara göre Ege Bölgesi'ndeki program sayıları (KOT UE ve MKT UE yoktur)

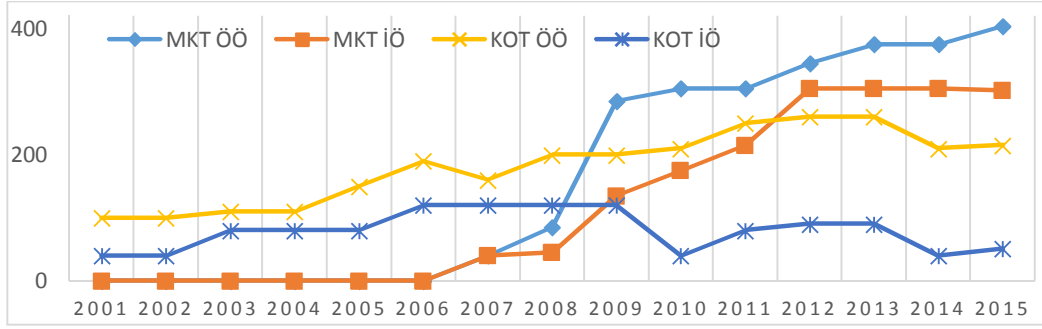
Tablo 4: 2015 yılı itibariyle Ege Bölgesinde KOT programları okul ve kontenjanları

KOT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE
1 Ege Ü. Ege MYO	2001 öncesi	51	51	
2 Dumlupınar Ü. Tek Bil MYO	2001 öncesi	41		
3 Dumlupınar Ü. Tavşanlı MYO	2005	41		
4 Ege Ü. Bergama MYO	2006	41		
5 Celal Bayar Ü. Turgutlu MYO	2008	41		
<b>Toplam</b>		<b>215 +</b>	<b>51 +</b>	<b>0 = 266</b>

Tablo 5: 2015 yılı itibariyle Ege Bölgesinde MKT programları okul ve kontenjanları

MKT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE
1 Dokuz Eylül Ü. İzmir MYO	2007	51	51	
2 Celal Bayar Ü. Soma MYO	2008	51	51	
3 Adnan Menderes Ü. Söke MYO	2009	51	51	
4 Afyon Kocatepe Ü. Bolvadin MYO	2009	51	36	
5 Dumlupınar Ü. Gediz MYO	2009	41	31	
6 Gediz Ü. MYO	2009	40		
7 Dumlupınar Ü. MYO	2010	41	41	
8 Dumlupınar Ü. Simav MYO	2012	41	41	
9 Ege Ü. Ege MYO	2013	37		
<b>Toplam</b>		<b>404 +</b>	<b>302 +</b>	<b>0 = 706</b>

Ege Bölgesinde yıllara göre kontenjan değişimleri Şekil 11’de görülmektedir. KOT programlarında 2001’de 100 ÖÖ ve 40 İÖ toplam 140 kontenjan mevcut iken bu sayı 2015’de 215 ÖÖ, 51 İÖ olmak üzere toplamda 266 olmuştur (Tablo 4). MKT programlarında kontenjan 2007 yılında ÖÖ 40 ve İÖ 40 kişi ve toplamda 80 iken 2015 yılında ÖÖ 404 ve İÖ 302 toplamda 706’ya ulaşmıştır (Tablo 5). MKT kontenjanları 2009’dan sonra KOT kontenjanlarının önüne geçmiştir. MKT okul sayısı ve kontenjanlarının sürekli artış eğilimi içinde olduğu görülmektedir. Ege Bölgesinde 2015 yılı itibariyle KOT ve MKT programlarının toplam kontenjanı 972’dir.



Şekil 11: Yıllara göre Ege Bölgesi kontenjanları

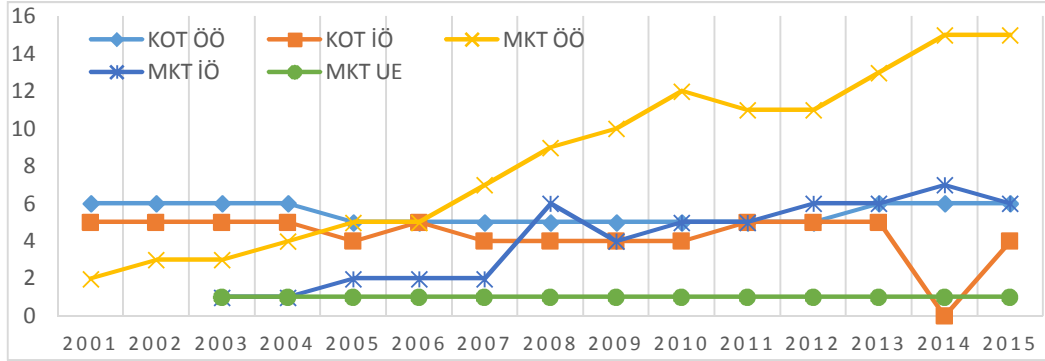
### Marmara Bölgesi

Marmara Bölgesi sosyo-ekonomik açıdan gelişmiş ve sanayi yapısı güçlü bir bölge olması nedeniyle KOT ve MKT programları mezunlarının istihdamı açısından en önemli bölgedir. Bölgede KOT eğitimi 2001 yılından önceye dayanmaktadır (Tablo 6).

**Tablo 6:** 2015 yılı itibariyle Marmara Bölgesinde KOT programları okul ve kontenjanları

KOT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE
1 Kocaeli Ü. MYO	2001 öncesi	61	61	
2 İstanbul Ü. Tek Bil MYO	2001 öncesi	51	51	
3 Bilecik Şeyh Edebali Ü. MYO	2001 öncesi	41		
4 Balıkesir Ü. MYO	2001 öncesi	41	41	
5 Namık Kemal Ü. Tek Bil MYO	2001 öncesi	46	36	
6 Marmara Ü. Tek Bil MYO	2013	41		
<b>Toplam</b>		<b>281 +</b>	<b>189 +</b>	<b>0 = 470</b>

2001 yılında altı ÖÖ ve beş İÖ KOT programı bulunmaktayken bu sayı yıllar içinde çok az değişiklik göstermiş ve 2015 yılında altı ÖÖ ve dört İÖ şeklinde devam etmiştir (Şekil 12).



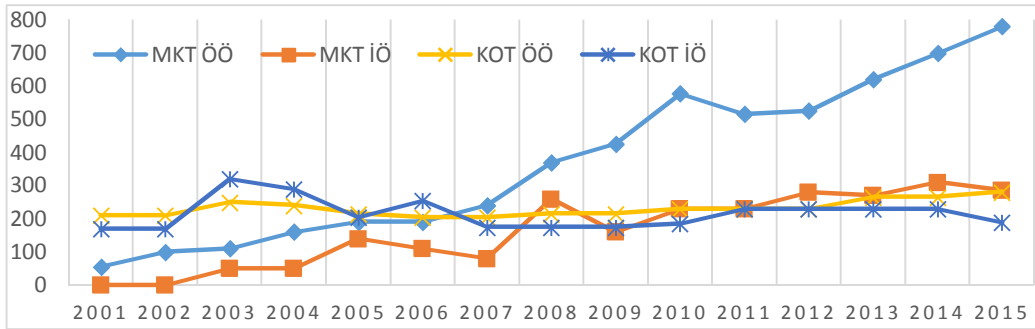
Şekil 12: Yıllara göre Marmara Bölgesindeki program sayıları

İstanbul Kültür Üniversitesi MYO'da 2003'te açılan ve 2007'de kapanan KOT programı Vakıf Üniversitesi bünyesinde ilk açılıp kapanan tek programdır. Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler MYO 2001'den önce devam edegelen KOT programını 2005'te kapatıp MKT programına dönüştürmüştür. KOT programında uzaktan eğitim veren okul bulunmamaktadır. Marmara Bölgesi Türkiye'de MKT Lisans ve Önlisans eğitimin başladığı bölgedir. 2001 yılında Sakarya Üniversitesi Sakarya MYO ve Kocaeli Üniversitesi Gebze MYO'da (sonra Hereke MYO adını almıştır) ÖÖ programları ile başlayan MKT eğitimi 2015 yılında 15 ÖÖ ve altı İÖ programına ulaşmıştır (Tablo 7). Marmara bölgesi aynı zamanda MKT UE'nin başladığı ilk bölgedir. 2003 yılında Sakarya Üniversitesi Adapazarı MYO'nda açılan MKT UE programı kesintisiz eğitime devam etmektedir. Vakıf Üniversiteleri açısından bakılınca Marmara Bölgesinde 2015 itibariyle 6 vakıf üniversitesinde MKT programı vardır.

**Tablo 7:** 2015 yılı itibariyle Marmara Bölgesinde MKT programları okul ve kontenjanları

MKT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE
1 Kocaeli Ü. Hereke (Gebze) MYO ***	2001	51	51	
2 Sakarya Ü. MYO	2001	41	41	
3 Namık Kemal Ü. Tek Bil MYO	2002	46		
4 Sakarya Ü. Adapazarı MYO (Uzaktan Eğitim)**	2003			152
5 Kocaeli Ü. Karamürsel MYO	2004	61		
6 Uludağ Ü. Tek Bil MYO	2005	41	41	
7 Balıkesir Ü. Edremit MYO	2007	41	41	
8 Onsekiz Mart Ü. Çan MYO	2007	71	71	
9 Bahçeşehir Ü. MYO	2008	60		
10 Kadir Has Ü. MYO	2008	45		
11 Kırklareli Ü. Tek Bil MYO	2009	51	41	
12 Gedik Ü. Gedik MYO	2010	80		
13 İstanbul Adıgüzel MYO	2013	40		
14 İstanbul Piri Reis Ü. MYO	2013	60		
15 İstanbul Okan Ü. MYO	2014	50		
16 Trakya Ü. İpsala MYO	2014	41		
<b>Toplam</b>		<b>779 +</b>	<b>286 +</b>	<b>152 =1217</b>

KOT ve MKT programlarının 2001-2015 yılları arasındaki kontenjanları Şekil 13'de gösterilmiştir. KOT programı 2001 yılında 210 ÖÖ ve 170 İÖ ve toplamda 380 kontenjana sahipken 2015 yılında bu rakam 281 ÖÖ ve 189 İÖ olmak üzere toplam 561'e yükselmiştir.

**Şekil 13:** Yıllara göre Marmara Bölgesi kontenjanları

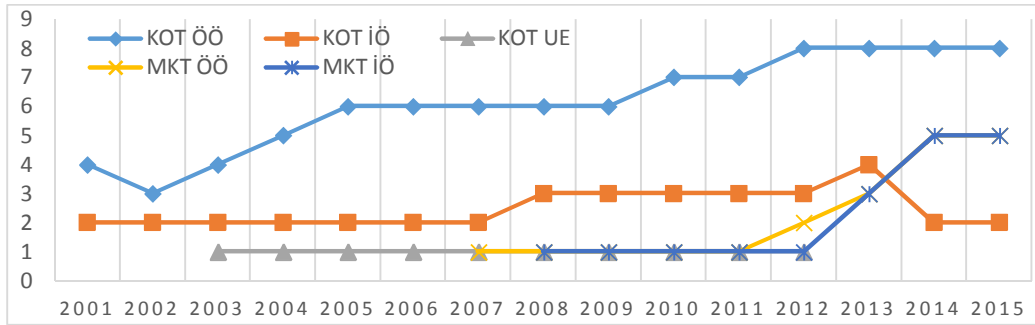
MKT Programında 2001 yılında iki okulda toplam 55 ÖÖ kontenjanı bulunmaktayken 2015 yılında 779 ÖÖ, 286 İÖ, 152 UE olmak üzere toplamda 1217 kontenjana ulaşmıştır. MKT Programı kontenjanları sürekli bir artış trendi içindedir. Marmara Bölgesinin sanayi yapısı dikkate alındığında bu durum normal olduğu düşünülmektedir. Marmara Bölgesinde 2015 yılı itibariyle KOT ve MKT programlarının toplam kontenjanı 1687'dir.

### Akdeniz Bölgesi

Akdeniz Bölgesinde KOT eğitiminin geçmişi 2001 yılından önceye dayanmaktadır (Tablo 8). 2001 yılında dört ÖÖ ve iki İÖ KOT programı bulunurken 2015 yılında ÖÖ program sayısı sekize yükselmiş İÖ program sayısı yerinde saymıştır (Şekil 14). 2015 Yılı itibariyle KOT programının en yoğun bulunduğu bölge sekiz okulla Akdeniz Bölgesidir. 2003 yılında Mersin Üniversitesi Teknik Bilimler MYO'da başlayan Türkiye'nin ilk UE KOT programı 2013 yılında kapanmıştır. MKT Eğitimi 2007 yılında bir ÖÖ programı ile başlamış ve 2015 yılında beş ÖÖ ve beş İÖ programa ulaşmıştır (Tablo 9). Bu bölgede MKT program sayısı olarak KOT programının gerisinde bulunmaktadır. Akdeniz Bölgesinde gerek KOT ve gerekse MKT Programında UE ve Vakıf Üniversitesi eğitimi bulunmamaktadır.

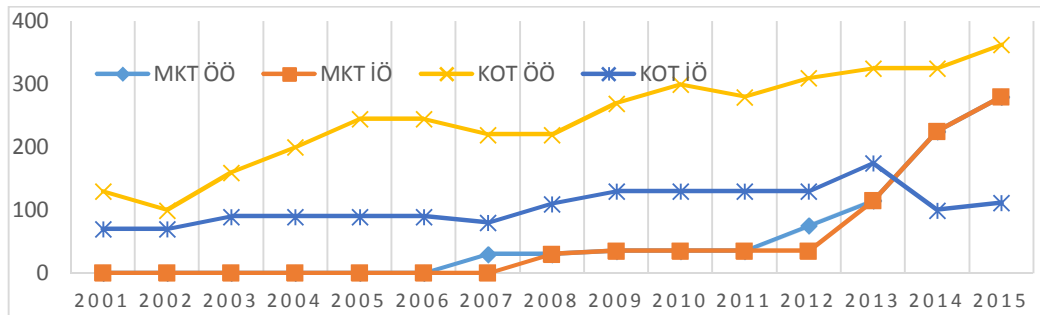
**Tablo 8:** 2015 yılı itibariyle Akdeniz Bölgesinde KOT programları okul ve kontenjanları

KOT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE	
1 İskenderun Tek Ü. İskenderun MYO	2001 öncesi	41			
2 İskenderun Tek Ü. Dörtöyl MYO	2001 öncesi	41			
3 Akdeniz Ü. Tek Bil MYO	2001 öncesi	61	61		
4 Süleyman Demirel Ü. Uluborlu MYO	2004	41			
5 Akdeniz Ü. Elmalı MYO	2005	46			
6 Mersin Ü. Tek Bil MYO	2007	51	51		
7 Kahramanmaraş Sütçü İmam Ü. MYO	2010	31			
8 Alaaddin Keykubat Ü. Akseki MYO	2012	51			
<b>Toplam</b>		<b>363 +</b>	<b>112 +</b>	<b>0</b>	<b>= 475</b>

**Şekil 14:** Yıllara göre Akdeniz Bölgesindeki program sayıları**Tablo 9:** 2015 yılı itibariyle Akdeniz Bölgesinde MKT programları okul ve kontenjanları

MKT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE	
1 İskenderun Tek Ü. İskenderun MYO	2007	46	46		
2 Süleyman Demirel Ü. Keçiborlu MYO	2012	51	51		
3 Süleyman Demirel Ü. Tek Bil MYO	2013	61	61		
4 Akdeniz Ü. Tek Bil MYO	2014	61	61		
5 Mehmet Akif Ersoy Ü. Tek Bil MYO	2014	61	61		
<b>Toplam</b>		<b>280 +</b>	<b>280 +</b>	<b>0</b>	<b>= 560</b>

2001 yılında Akdeniz bölgesinde KOT programında 130 ÖÖ ve 70 İÖ olmak üzere 200 kişilik kontenjan varken 2015 yılında 363 ÖÖ ve 112 İÖ olmak üzere toplam 475 kişiye ulaşmıştır. Bu sayı KOT programında bölgeler bazında en yüksek kontenjan sayısıdır. MKT programında eğitim 30 ÖÖ kontenjanı ile 2007 yılında başlamış olup, 2015 yılında 280 ÖÖ ve 280 İÖ olmak üzere 560 kişiye ulaşmıştır. 2015 yılı verilerine göre Akdeniz Bölgesinde KOT programı okul sayısı bazında MKT programından fazla olmasına rağmen toplam kontenjan bazında MKT programı öndedir. MKT programı eğitime başladığı 2007 yılından itibaren artan bir ivme ile kontenjanını arttırmaktadır (Şekil 15). Akdeniz Bölgesinde 2015 yılı itibariyle KOT ve MKT programlarının toplam kontenjanı 1035'dir.

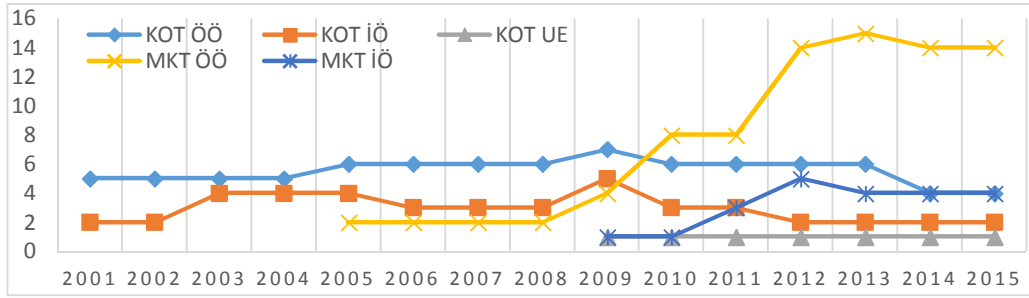
**Şekil 15:** Yıllara göre Akdeniz Bölgesi kontenjanları

## İç Anadolu Bölgesi

İç Anadolu Bölgesinde KOT eğitimi 2001 yılı öncesine dayanmaktadır (Tablo 10). 2001-2015 yılları arasında açılıp kapanan KOT programları ve tarihleri şu şekildedir; Anadolu Üniversitesi Porsuk MYO (2003-2012), Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) MYO (2003-2006), Cumhuriyet Üniversitesi Nuri Demirağ MYO (2005-2014), Gazi Üniversitesi UE MYO (2009-2013), Çankırı Karatekin Üniversitesi KOT kapandı MKT açıldı (2009). 2001 Yılında beş ÖÖ ve iki İÖ KOT programı bulunurken 2015 yılında dört ÖÖ ve dört İÖ program bulunmaktadır (Şekil 16). KOT programındaki tek UE Kırıkkale MYO'dadır. MKT programı 2005 yılında iki ÖÖ programı ile başlamıştır. 2015 yılı itibarıyla 14 ÖÖ ve dört İÖ programla devam etmektedir (Tablo 11). Başkent Üniversitesi Kazan MYO MKT programına sahip tek Vakıf Üniversitesidir. 2001-2015 yılları arasında normal şartlar altında Türkiye'de MKT programlarında bir dönüşüm veya program kapatma söz konusu olmamıştır. Bu durumun tek istisnası Gazi üniversitesine bağlı Atatürk MYO ve Ostim MYO'larının YÖK kararıyla 2014 yılında kapatılmasıdır (YÖK, 2014).

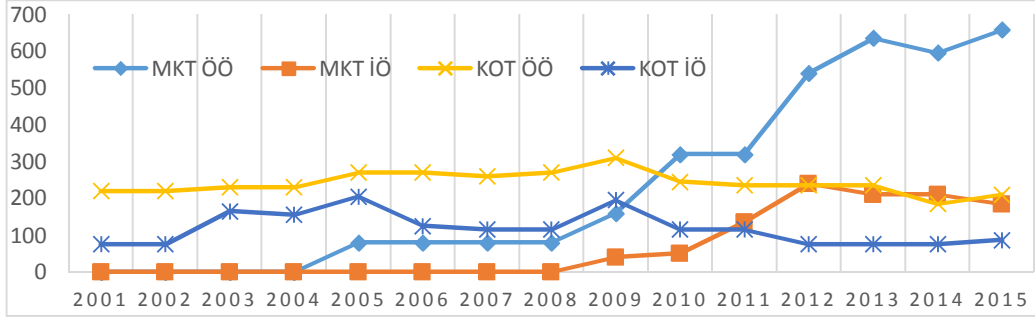
**Tablo 10:** 2015 Yılı itibarıyla İç Anadolu bölgesindeki KOT programları okul ve kontenjanları

KOT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE
1 Selçuk Ü. Teknik Bilimler MYO	2001 öncesi	41	41	
2 Kırıkkale Ü. MYO (2013 uzaktan eğitim)	2001 öncesi	46	46	101
3 Erciyes Ü. MYO	2001 öncesi	41		
4 Cumhuriyet Ü. MYO	2001 öncesi	51		
5 Ahi Evran Ü. Kaman MYO	2009	31		
<b>Toplam</b>		<b>210 +</b>	<b>87 +</b>	<b>101 =398</b>

**Şekil 16:** Yıllara göre İç Anadolu bölgesindeki program sayıları**Tablo 11:** 2015 Yılı itibarıyla İç Anadolu bölgesindeki MKT programları okul ve kontenjanları

MKT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE
1 Necmettin Erbakan Ü. Ereğli Kemal Akman MYO	2005	46		
2 Selçuk Ü. Kadınhanı Faik İçil MYO	2005	41		
3 Nevşehir Ü. Hacı Bektaş MYO	2009	41		
4 Ahi Evran Ü. MYO	2009	41		
5 Çankırı Karatekin Ü. MYO	2010	61	61	
6 Cumhuriyet Ü. Sivas MYO	2010	51	51	
7 Anadolu Ü. Porsuk MYO	2010	51		
8 Niğde Ü. Tek Bil MYO	2012	51	51	
9 Selçuk Ü. Ilgın MYO	2012	61		
10 Necmettin Erbakan Ü. Seydişehir MYO	2012	41		
11 Aksaray Ü. Ortaköy MYO	2012	61	21	
12 Başkent Ü. Kazan MYO	2012	30		
13 Eskişehir Osmangazi Ü. MYO	2012	41		
14 Gazi Ü. Teknik Bilimler MYO	2014	41		
<b>Toplam</b>		<b>658 +</b>	<b>184 +</b>	<b>0 = 842</b>

2001 yılında İç Anadolu bölgesinde KOT programında 220 ÖÖ ve 75 İÖ olmak üzere 295 kişilik kontenjan varken 2015 yılında 210 ÖÖ ve 87 İÖ olmak üzere toplam 297 kişiye ulaşılmıştır. Bu bölgede kontenjanlar yatay bir seyir izlemiş olup 2001 düzeyinde bulunmaktadır. MKT programında eğitim 80 ÖÖ kontenjanı ile 2005 yılında başlamış, 2015 yılında 658 ÖÖ ve 184 İÖ olmak üzere 842 kişiye ulaşılmıştır. MKT programı eğitime başladığı 2005 yılından itibaren artan bir ivme ile kontenjanını arttırmaktadır (Şekil 17). İç Anadolu bölgesinde 2015 yılı itibariyle KOT ve MKT programlarının toplam kontenjanı 1139'dur.



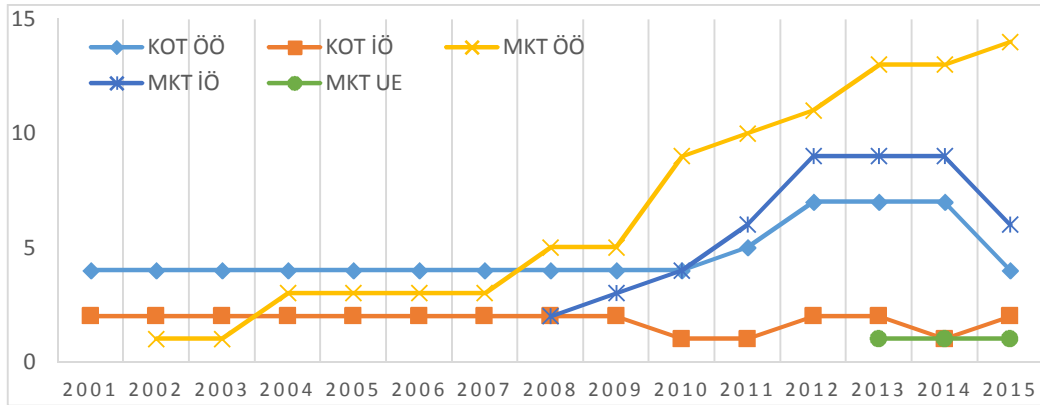
Şekil 17: Yıllara göre İç Anadolu Bölgesi kontenjanları

### Karadeniz Bölgesi

Karadeniz bölgesinde KOT eğitimi 2001 yılı öncesine dayamaktadır (Tablo 12). 2001 yılı itibariyle dört ÖÖ ve iki İÖ program bulunurken 2015 yılında sayı değişmemiştir fakat KOT programlarında zaman içinde değişiklikler olmuştur(Şekil 18). 2001-2015 yılları arasında açılıp kapanan KOT programları ve tarihleri şu şekildedir; Ordu Üniversitesi Teknik Bilimler MYO (Açılış 2001 Öncesi - 2015), Amasya Üniversitesi Teknik Bilimler MYO (Açılış 2001 Öncesi- 2015), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Niksar MYO (2012-2014), Artvin Çoruh Üniversitesi Hopa MYO (2014-2015). Karadeniz Bölgesinde ilk MKT programı 2002 yılında başlamıştır (Tablo 13). 2015 yılı itibariyle Karadeniz bölgesinde 14 ÖÖ, altı İÖ programı bulunmaktadır (Şekil 18). 2013 yılında Türkiye'nin ikinci MKT UE programı Amasya Üniversitesi Teknik Bilimler MYO'da açılmıştır ve 2015 yılın itibariyle eğitime devam etmektedir. Karadeniz Bölgesinde KOT ve MKT programlarında Vakıf Üniversitesi eğitimi bulunmamaktadır.

Tablo 12: 2015 Yılı itibariyle Karadeniz bölgesindeki KOT programları okul ve kontenjanları

KOT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE	
1 Bülent Ecevit Ü. Alaplı MYO	2001 öncesi	46			
2 Düzce Ü. Düzce MYO	2001 öncesi	61	26		
3 Sinop Ü. Ayancık MYO	2011	31	31		
4 Kastamonu Ü. Taşköprü MYO	2012	21			
Toplam		159 +	57 +	0	= 216



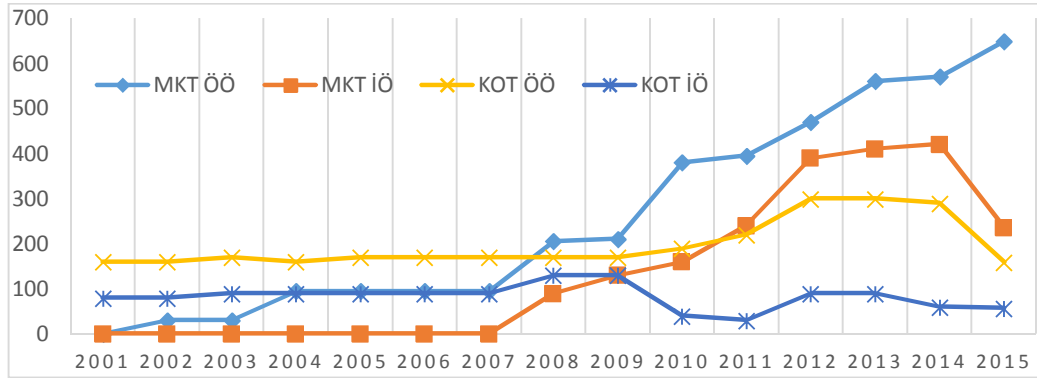
Şekil 18: Yıllara göre Karadeniz Bölgesindeki program sayıları



Karadeniz bölgesinde 2015 yılı itibariyle KOT ve MKT eğitimi veren okullar Tablo 12 ve Tablo 13’de gösterilmiştir. KOT programı dört ayrı üniversitede verilmektedir. MKT programında ise 13 ayrı üniversitede 15 ayrı MYO da eğitim devam etmektedir. 2001 yılında KOT programlarında 160 ÖÖ ve 80 İÖ olmak üzere toplam 240 kontenjan mevcutken 2015 yılında 159 ÖÖ 57 İÖ olmak üzere toplam 216 kontenjana gerilemiştir. MKT programında 2002 yılında 30 ÖÖ kontenjanı mevcutken 2015 yılında 649 ÖÖ ve 236 İÖ olmak üzere toplamda 885 kontenjanına yükselmiştir. Karadeniz bölgesinde KOT ve MKT programlarının 2015 yılı itibariyle toplam sayısı 1101 kişidir (Şekil 19).

**Tablo 13:** 2015 Yılı itibariyle Karadeniz bölgesindeki MKT programları okul ve kontenjanları

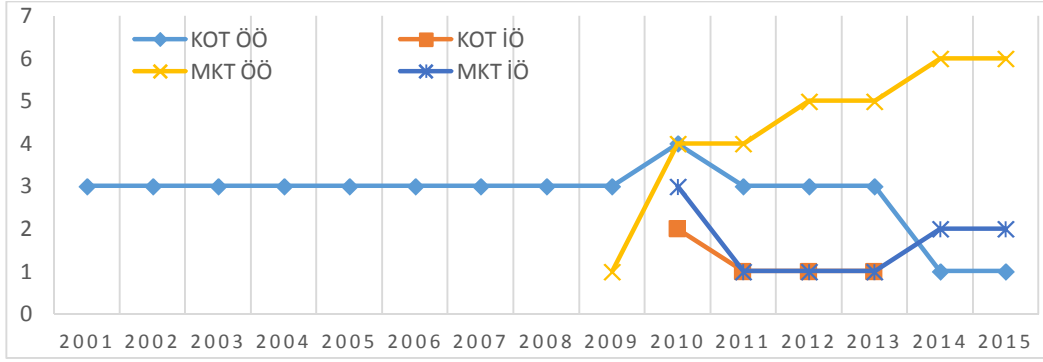
MKT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE
1 Gaziosmanpaşa Ü. Turhal MYO	2002	41		
2 Giresun Ü. Şebinkarahisar MYO	2004	51		
3 Gaziosmanpaşa Ü. Zile MYO	2004	51		
4 Kastamonu Ü. MYO	2008	51	26	
5 Karadeniz Teknik Ü. Sürmene Abdullah Kanca MYO	2008	41		
6 Artvin Çoruh Ü. Hopa MYO	2010	41	41	
7 Sinop Ü. MYO	2010	51	51	
8 Gaziosmanpaşa Ü. Niksar MYO	2010	51		
9 Gümüşhane Ü. MYO	2011	56	26	
10 Amasya Ü. Merzifon MYO	2011	41	41	
11 Çorum Hitit Ü. MYO	2012	41		
12 Amasya Ü. Tek Bil MYO (Uzaktan Eğitim)**	2013			102
13 Recep Tayip Erdoğan Ü. Tek Bil MYO	2013	31		
14 Düzce Ü. Cumayeri MYO	2013	51		
15 Ordu Ü. Tek Bil MYO	2015	51	51	
<b>Toplam</b>		<b>649 +</b>	<b>236 +</b>	<b>102 =987</b>



**Şekil 19:** Yıllara göre Karadeniz Bölgesi kontenjanları

### Doğu Anadolu Bölgesi

Doğu Anadolu bölgesinde KOT eğitimi 2001 yılı öncesine dayanmakla birlikte zaman içinde değişiklikler olmuştur (Şekil 20). 2001-2015 yılları arasında açılıp kapanan KOT programları ve tarihleri şu şekildedir; İnönü Üniversitesi Teknik Bilimler MYO (Açılış 2001 öncesi-2014), Erzincan Üniversitesi MYO (Açılış 2001 öncesi-2014), Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler MYO (Açılış 2001 öncesi-2014). Doğu Anadolu bölgesinde 2015 yılı itibariyle KOT programı yalnızca Hakkâri Üniversitesi Çölemerik MYO da eğitime devam etmektedir (Tablo 13). 2001 itibariyle üç ÖÖ KOT programı mevcutken 2015 yılı itibariyle bir ÖÖ’ye gerilemiştir. Doğu Anadolu Bölgesinde MKT eğitimi 2009 yılında İnönü Üniversitesi Arapgir MYO’da ÖÖ olarak başlamıştır. 2015 yılı itibariyle MKT programı altı ÖÖ ve iki İÖ programla eğitime devam etmektedir (Tablo 14). Bölgede KOT ve MKT programlarında UE ve Vakıf Üniversitesi eğitimi bulunmamaktadır.



Şekil 20: Yıllara göre Doğu Anadolu Bölgesindeki program sayıları

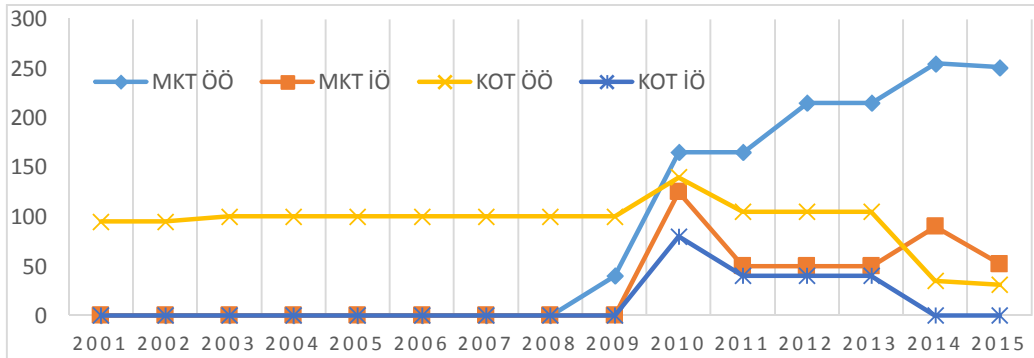
Tablo 13: 2015 Yılı itibariyle Doğu Anadolu bölgesinde KOT programları okul ve kontenjanları

KOT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE
1 Hakkâri Ü. Çölemerik MYO	2010	31		
<b>Toplam</b>		<b>31 +</b>	<b>0 +</b>	<b>0 = 31</b>

Tablo 14: 2015 Yılı itibariyle Doğu Anadolu'da MKT programları okul ve kontenjanları

MKT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE
1 Malatya Ü. Arapgir MYO	2009	41		
2 Ağrı İbrahim Çeçen Ü. MYO	2010	31		
3 Bitlis Eren Ü. MYO	2010	46		
4 Erzincan Ü. Refahiye MYO	2010	51	16	
5 Bingöl Ü. Tek Bil MYO	2012	41		
6 Fırat Ü. Tek Bil MYO	2014	41	36	
<b>Toplam</b>		<b>251 +</b>	<b>52 +</b>	<b>0 = 303</b>

2001 yılında KOT programında 95 ÖÖ kontenjanı bulunurken 2015 yılında bu sayı 31 ÖÖ'ye gerilemiştir. MKT programında 2009 yılında 40 ÖÖ kontenjanı mevcutken 2015 yılında 251 ÖÖ ve 51 İÖ olmak üzere toplam 303 kişiye ulaşmıştır. 2015 yılı itibariyle bölgede KOT ve MKT programı kontenjanlarının toplamı 334 tür (Şekil 21). 2001-2015 yılları arasında Doğu Anadolu Bölgesinde KOT programı gerilerken MKT artan bir ivme ile ilerlemiştir.

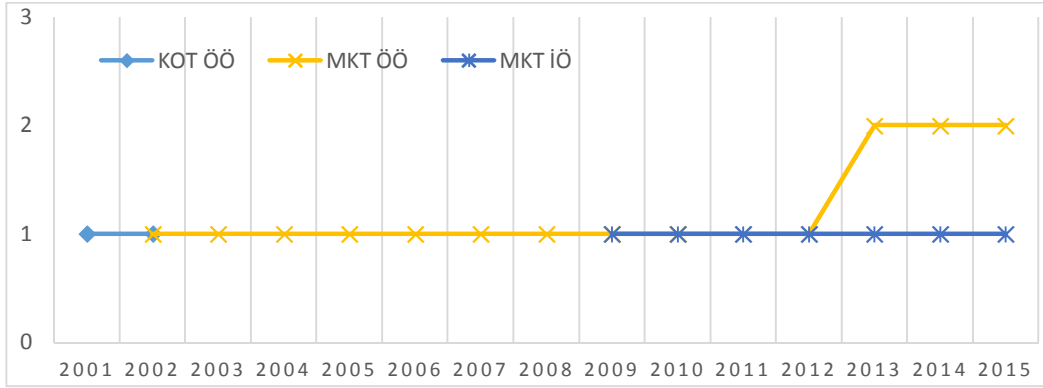


Şekil 21: Yıllara göre Doğu Anadolu Bölgesi kontenjanlar

### Güneydoğu Anadolu Bölgesi

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde KOT eğitimi 2001 yılı öncesine dayanmaktadır. Gaziantep Üniversitesi MYO 2001 yılı öncesinden devam edegelen KOT programını kapatmış ve 2002 yılında MKT programına dönüştürülmüştür (Tablo 15). 2015 yılı itibariyle Güneydoğu Anadolu bölgesinde KOT eğitimi veren okul bulunmamaktadır (Şekil 22) . 2015 yılı itibariyle MKT eğitimi Gaziantep Üniversitesi MYO'da ve Adıyaman

Üniversitesi Besni MYO' da devam etmektedir. Güney Doğu Anadolu Bölgesi KOT ve MKT eğitimi açısından en zayıf bölge durumundadır.

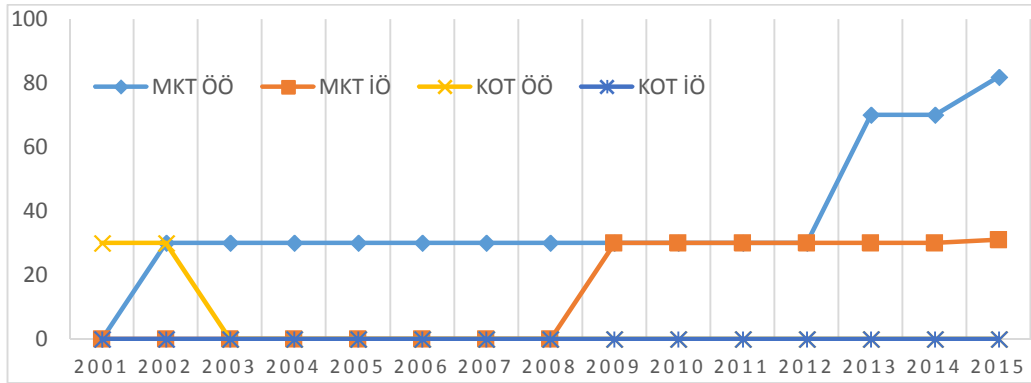


Şekil 22: Yıllara göre Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki program sayıları

Tablo 15: 2015 Yılı itibariyle Güneydoğu Anadolu'da MKT programları okul ve kontenjanları

MKT Programı	Açılış Yılı	ÖÖ	İÖ	UE	
1 Gaziantep Ü. MYO	2002	31	31		
2 Adıyaman Ü. Besni MYO	2013	51			
Toplam		82 +	31 +	0	= 113

Güneydoğu Anadolu bölgesinde 2001 yılında KOT programının kontenjanı 30 kişi iken 2015 yılında sıfırdır. MKT Programı ise 2003 yılında 30 ÖÖ olan kontenjan sayısı 2015 yılında 82 ÖÖ ve 31 İÖ olmak üzere toplam 113 e çıkarmıştır(Şekil 23). Güneydoğu Anadolu Bölgesi kontenjanlar bazında da diğer bölgelerin gerisinde kalmıştır.



Şekil 23: Yıllara göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi kontenjanlar

### Sonuçlar

KOT programları sayı ve kontenjan olarak 2001-2015 yılları arasında Türkiye genelinde artış göstermesine rağmen son yıllarda yatay bir seyre girmiştir ve 2010 yılından sonra MKT programlarının gerisinde kalmıştır. Bazı KOT programları ya kapanmış ya da MKT programına dönüşme yolunu seçmiştir. MKT Programı Türkiye'de eğitime başladığı 2001 yılından sonra çok hızlı bir ilerleme kaydetmiştir (Şekil 3). MKT ÖÖ programları sayı ve kontenjanlarında artan ivme devam ederken 2015 yılında MKT İÖ'de bu alanda gerileme görülmüştür. Bu bağlamda İÖ program sayısı 35'ten 31'e, kontenjanları da 1590'dan 1371'e düşmüştür. Bu durum bundan sonraki yıllarda tekrar yükseliş eğilimine dönmezse MKT İÖ programlarında doyuma ulaşıldığı söylenebilir. Yakın gelecekte ÖÖ'de bu artışın devam edeceği de tahmin edilebilir. 2015 yılı itibariyle her iki programın toplam kontenjanı temel alındığında KOT %28 ve MKT %72 kontenjana sahip durumdadır.

Marmara Bölgesi gelişmişlik ve sanayileşme kapasitesine uygun bir şekilde 2015 yılı KOT ve MKT kontenjanlarının toplamının %25'ini almış durumdadır. KOT ve MKT önlisans eğitiminde istihdam açısından en

uygun bölge durumunda olması ve en yüksek kontenjanı alması bu bölgenin kaynaklarının verimli değerlendirildiğini göstermektedir. Marmara bölgesinin ardından Karadeniz ve İç Anadolu bölgesi önemli oranda kontenjana sahip diğer iki bölgedir. Ege Bölgesinin gelişmişlik ve sanayileşme düzeyine bakıldığında Marmara Bölgesinin ardından ikinci sırada olması beklenen bir durum olmasına rağmen KOT ve MKT kontenjanlarında İç Anadolu Bölgesi'nin ardından 4. Sırada yer almaktadır. Akdeniz bölgesi Ege Bölgesinin ardından gelmekle birlikte KOT kontenjanlarının en yüksek olduğu bölgedir. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgesi diğer bölgeler göre her iki programda geride kalmış durumdadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi KOT ve MKT eğitiminde en zayıf bölgedir. Programların il ve ilçelere göre dağılımlarına bakıldığında il merkezleri ağırlıkta olmakla birlikte her iki program il ve ilçelere dağılmış durumdadır.

2001-2015 yılları arasında Vakıf Üniversiteleri KOT programına ilgi göstermemiştir. Geçmiş yıllarda sadece bir vakıf üniversitesi KOT programı açmış ve kapatmıştır. 2015 yılı itibarıyla Türkiye'de hiç bir vakıf üniversitesinde KOT programı bulunmamaktadır. Bununla birlikte Vakıf Üniversiteleri MKT programına ilgi göstermişlerdir. 2015 yılı itibarıyla 8 Vakıf üniversitesinde MKT eğitimi verilmektedir. Önümüzdeki yıllarda bu sayının biraz daha artması beklenebilir.

UE, KOT ve MKT programlarında 2003 yılında başlamasına rağmen yaygınlık kazanamamıştır. Özellikle KOT programında 2001 yılından günümüze kadar açılan üç okuldan ikisi kapanmıştır. MKT programında ise iki okul eğitim vermektedir. Her iki programın kontenjanları zaman içinde önce artmış ama sonra azalarak son bir kaç yıl içinde en düşük seviyeye inmiştir.

### Tartışma Ve Öneriler

KOT ve MKT programlarının açıldığı okulların ve kontenjanlarının bulunduğu bölgenin sanayi üretim ve istihdamına uygun belirlenmesi gerekmektedir. Otomasyon ve mekatronik iş sahalarının doğru belirlenmesi ihtiyaca göre tekniker yetiştirmede önemli bir ölçüt olmalıdır. KOT programları elektronik ve yazılım ağırlıklı bir eğitime sahiptir. Ama MKT programları üstüne bir de mekanik ilke ve tasarımlarına yönelik dersler vermektedir. Daha kapsamlı ve elektronik, makine ve yazılım gibi disiplinleri birleştirici özelliğinden dolayı MKT programlarının KOT programlarına göre daha fazla tercih edildiği düşünülmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda özellikle KOT programına olan ilginin neden düştüğü, Vakıf Üniversitelerinde niçin yaygınlaşamadığının nedenleri araştırılmalıdır. Ayrıca UE'nin başarılı olup olmadığı, KOT ve MKT gibi uygulama temelli teknik bir eğitime yapısal olarak uygunluğu ve dolayısıyla gelişmemesinin nedenleri araştırılmalıdır. Bölgelere göre açılan okulların istihdam oranları ve uygun programın doğru yere açılıp açılmadığı konuları başka çalışmalarla araştırılmalı ve analiz edilmelidir. İleride Mekatronik programına olan ilginin nedenleri detaylı araştırılarak Mekatronik programlarının yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi üzerine yeni çalışmalar yapılması düşünülmektedir.

### Kaynakça

- Acar, M. (1997). Mechatronics challenge for the higher education world. *Components, Packaging, and Manufacturing Technology, Part C, IEEE Transactions on*, 20(1), 14-20.
- Akkan, T. & Celik, H. (2009). "Curriculum Analysis of Mechatronics Associate of Mechatronics Programs in Turkey" *1. Uluslararası 5.Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu*, Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu, 3436-3443.
- Akpınar, B. (2006). Mechatronics education in Turkey. *Mechatronics*, 16(3), 185-192.
- Bernstein, D. S. (2002). Feedback control: an invisible thread in the history of technology. *Control Systems, IEEE*, 22(2), 53-68.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The second machine age. Türk Hava Yolları Yayınları.
- Celik, H., & Akkan, T. (2009). Development and Present Situation of Mechatronics Associate's Education in Turkey" *1. Uluslararası 5.Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu*, Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu, 3370-3378.
- Celik, H., & Akkan, T. (2010). Mechatronics Education in Vocational Schools in Turkey and Comparative Curriculum Analysis. *TECHNICS TECHNOLOGIES EDUCATION MANAGEMENT-TTEM*, 5(4), 730-739.
- Grimheden, M., & Hanson, M. (2005). Mechatronics—the evolution of an academic discipline in engineering education. *Mechatronics*, 15(2), 179-192.

- Jazdi, N. (2014). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. In Automation, Quality and Testing, Robotics, 2014 *IEEE International Conference on* (pp. 1-4). IEEE.
- Kaku, M. (2016). Geleceğin Fiziği, ODTÜ yayıncılık 4. Basım Ankara 2016
- OSYM (2016). ÖSYM yerleştirme kılavuzları (2001-20014 yılları arası). OSYM. [http:// www.osym.gov.tr](http://www.osym.gov.tr) adresinden 5 Nisan 2016 tarihinde alınmıştır.
- Ucun, L. (2011). Türkiye’de Otomasyon Eğitimi, *Otomasyon Dergisi*, Haziran 228. Sayı, (223-225).
- Wikipedia (2016). Automation. Wikimedia Inc. <https://en.wikipedia.org/wiki/Automation> adresinden 25 Nisan 2016 tarihinde alınmıştır.
- YÖK Kararı (2014). Yüksek Öğretim Kurumunun 28.03.2014 tarih, 75850160-101.02.05/18842 Sayılı, “Meslek Yüksekokulları Yapılandırılması” konulu kararı.
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015, August). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2015 *12th International Conference on* (pp. 2147-2152). IEEE.

## TARIMSAL UYGULAMALARDA ENERJİ KULLANIMI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

İlker Hüseyin ÇELEN<sup>1</sup>

### ÖZET

Tarımsal üretimle ilgili olarak yapılacak enerji analizleri tarımsal sistemlerin enerji tüketimi açısından tanımlanıp gruplandırılması önemlidir. Üretimde verimi artırmak ve girdileri azaltmak için üretimde kullanılan girdi ve çıktıların dikkatli bir şekilde analiz edilmesi gereklidir. Karbona alternatif teknolojilerin tanımlanması ve geliştirilebilmesi, ayrıca üretim sistemlerinin gerçek karbon maliyetlerini değerlendirebilmek için enerji eşdeğeri birimine dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada tarımsal uygulamaların doğrudan ya da doğrudan olmayan enerji kullanımı ile ilgili verileri literatürden toplamaya ve analiz etmeye, karbon eşdeğeri (kg CE) olarak dönüşümünü gerçekleştirerek bazı sistemlerin karbon çıktı/girdi oranında uzun dönemde meydana gelebilecek değişiklikler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Hesaplamalar sonucunda, üretim girdileri içerisinde en yüksek payı sulama enerjisinin aldığı, bunu sırasıyla gübre, yakıt-yağ, makine, ilaç, tohum ve insan iş gücü enerjilerinin izlediği görülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Tarım, Enerji, Karbon, Mekanizasyon, Girdi, Çıktı

## AN EVALUATION ENERGY USE IN AGRICULTURAL PRACTICES

### ABSTRACT

Energy analysis to be made on agricultural production is important in terms of energy consumption defined grouping of the agricultural system. To carefully analyze the inputs and outputs used in production to increase productivity and reduce inputs in the production is required. Identification of alternative technologies and the development of carbon are also needed to transform the energy equivalent units in order to assess the real carbon cost of their production systems. In this study, the literature data on direct or indirect energy use agricultural practices to collect and analyze the carbon equivalent (kg CE) as the carbon output of some system performing conversion / input ratio in the long term has tried to put forward changes that may occur. Calculations result, it receives the highest share of irrigation in energy production inputs, followed by fertilizer, fuel-oil, machinery, pharmaceuticals, it seems to follow the grain of human labor and energy.

**Keywords:** Agriculture, Energy, Carbon, Mechanization, Input, Output

---

<sup>1</sup> Doç.Dr., Namık Kemal Üniversitesi, icelen@nku.edu.tr

### Giriş

İlk zamanlardan bu yana insanlar için en önemli güç kaynağı kas güçleri ve besledikleri hayvanların güçleri olmuştur. Kas gücü, gelişmekte olan birçok ülkede birçok farklı tarımsal üretim işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tarımsal üretim büyük ölçüde mekanize olmuştur. Gübre, tarım ilaçları tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle fosil yakıtların kullanıldığı mekanizasyon araçları, tarımda insan gücünün kullanımını sınırlandırması yanında üreticiler açısından ekonomik olarak kazançlı duruma gelmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimde fazla miktarda fosil yakıt kullanılmaktadır. Giren enerji miktarı ürüne bağlı olarak değişmekle birlikte, ürün ile kazanılan enerji miktarı kullanılan enerjiden türetilmemektedir. Üretimi desteklemesine ve arttırmasına rağmen, enerji üretimi, dönüşüm işleminin bir bölümü değildir. Enerji kaynaklarının kıtlığı ve dikkatsiz kullanılması sonucunda oluşan istenilmeyen yan etkiler, enerji tüketimini doğru bir şekilde planlanma ve dikkatli bir şekilde değerlendirmeyi gerektirmektedir (Öztürk vd 2015).

Tarımsal üretimle ilgili olarak yapılacak enerji analizleri tarımsal sistemlerin enerji tüketimi açısından tanımlanıp gruplandırılmasında önemli bir yaklaşımdır. Üretiminde verimi arttırmak ve girdileri azaltmak için üretimde kullanılan girdi ve çıktılar dikkatli bir şekilde analiz edilmesi gereklidir (Sabah, 2010).

Arıkan (2011), tarafından Adana ilinde yapılan kışık kolza üretiminde toplam enerji girdisi 7662.4 MJ/ha, toplam enerji çıktısı, sadece tohum verimi dikkate alındığında 68332.1 MJ/ha olarak hesaplanmıştır. Enerji girdileri içerisinde en yüksek girdi %38.2 ile gübre enerjisinde belirlenirken bunu %35.7 ile yakıt enerjisi takip etmiştir. Yapılan çalışmada Adana ilinde kışık kolza üretiminde, enerji çıktı/girdi oranı 8.92, özgül enerji 2.97 MJ/kg, enerji üretkenliği 0.34 kg/MJ ve net enerji üretimi 60669.7 MJ/ha olarak belirlenmiştir. Kanola üretiminde toplam enerji kullanımının 5686.44 MJ/ha olarak bildirmişlerdir. Ayrıca bu üretimde insan iş gücü olarak enerji kullanımının toprak hazırlığı işlerinde 13.72 Mj/ha, ekim, bakım ve diğer işlerde 9.4 Mj/ha ve hasat işlerinde ise 5.88 Mj/ha olduğunu hesaplamışlardır. Makine kullanımı ile yapılan işlerde Traktör için 249.59 Mj/ha, toprak hazırlığı işlerinde 112.80 Mj/ha, ekim, gübreleme ve diğer işlerde 190.4 Mj/ha ve hasat işlerinde ise 659.58 Mj/ha enerji kullanımı olduğunu bildirmişlerdir. Bunların yanında P/N gübrelerinin kullanımında ise sırasıyla 84.64/685.5 Mj/ha enerji kullanımı saptamışlardır. Silajlık ikinci ürün ayçiçeği üretiminde Kimyasalların uygulamalarında enerji kullanımı 538.0 Mj/ha olmuştur. Enerji çıktı/girdi oranı ise 17.12 olarak hesaplanmıştır (Baran vd 2014). Davoodi ve Houshyar (2009), İran'ın Fars ilinde kanola ve ayçiçeği üretimi için tüketilen enerji miktarlarını karşılaştırmışlardır. Üretim işlemlerinde girdi ve çıktı olarak kullanılan veriler, rastgele örnekleme yöntemi ile 99 üreticiden elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda; kanola üretimi için, enerji oranı 2.90 enerji üretkenliği 0.12 kg/MJ ve özgül enerji değeri; 8.27 MJ/kg bulunurken, ayçiçeği üretimi için enerji oranı 2.17; enerji üretkenliği 0.079 kg/MJ ve özgül enerji değeri 12.52 MJ/kg olarak belirlenmiştir. Üretim alanı başına toplam enerji tüketimi; kanola üretiminde 30889.10 MJ/ha, ayçiçeği üretiminde ise 22945.30 MJ/ha olarak hesaplanmıştır. Baran ve Karaağaç (2014), silajlık ikinci ürün ayçiçeği üretiminde yaptıkları çalışmada toplam enerji kullanımının 49970 MJ/ha olarak bildirmişlerdir. Ayrıca bu üretimde insan iş gücü olarak enerji kullanımının toprak hazırlığı işlerinde 14.59 Mj/ha, ekim, bakım ve diğer işlerde 96.30 Mj/ha ve hasat işlerinde ise 6.51 Mj/ha olduğunu hesaplamışlardır. Makine kullanımı ile yapılan işlerde traktör için 321.63 Mj/ha, toprak hazırlığı işlerinde 75.81 Mj/ha, ekim, gübreleme ve diğer işlerde 239.63 Mj/ha ve hasat işlerinde ise 659.98 Mj/ha enerji kullanımı olduğunu bildirmişlerdir. Bunların yanında P/N/K gübrelerinin kullanımında ise sırasıyla 480/3600/400 Mj/ha enerji kullanımı saptamışlardır. Silajlık ikinci ürün ayçiçeği üretiminde herbisit ve insektisit uygulamalarında enerji kullanımı 538 Mj/ha ve 321 Mj/ha olmuştur. Sulamada ise bu değer 4725 Mj/ha olarak bildirilmiştir. Enerji çıktı/girdi oranı ise 3.21 olarak hesaplanmıştır. Baran ve Gökdoğan (2014) Karpuz yetiştiriciliğinde toplam enerji girdisi, toplam verim, toplam enerji çıktısı, enerji çıktı/girdi oranı, spesifik enerji, enerji verimliliği ve net enerji verimi sırasıyla 11219.66 MJ ha-1, 28000 kg ha-1, 53200 MJ ha-1, 4.74, 0.40 MJ kg-1, 2.49 kg/MJ ve 41980.34 MJ/ha olarak bildirmişlerdir. Kavun yetiştiriciliğinde ise bu değerlerin sırasıyla 11644.47 MJ/ha, 18250 kg/ha, 34675 MJ/ha, 2.97, 0.63 MJ/kg, 1.56 kg/MJ ve 23030.53 MJ/ha olarak hesaplamışlardır.

Dünyamızın ısınmasına neden olan karbondioksit gazlarının %80'i fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır. Bu durum, küresel ısınmayla mücadelede fosil yakıtlara olan bağımlılığımızın azaltılmasının ve yenilenebilir enerji payının artmasının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Günümüzde fosil yakıt fiyatlarındaki artış, iklim değişikliğinden doğan kaygılarla birlikte enerji sektöründe gerek arz gerekse talep olarak bir dizi yeniliği beraberinde getirmiş durumdadır. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik gelişmeler de küresel ölçekte hız kazanmaktadır. Karbondioksit emisyonu karbon içerikli yakıtların (fosil yakıtlar:

petrol, doğal gaz, kömür vb) yanması sonucu ortaya çıkan karbondioksitin atmosfere yayılmasıdır. Hava kalitesini olumsuz etkilemesinin yanında sera gazlarının oluşumu da önemli bir problemdir. Bu gazlar yerkürenin sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır. Karbondioksit dışındaki metan, karbonmonoksit, azot oksitler gibi çeşitli gazlar da benzer etkiye yol açmaktadır. Türkiye karbondioksit emisyonunu azaltma açısından en temel uluslararası strateji belgelerinden olan Birleşmiş Milletler'in "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi"ni imzalamıştır. Bu kapsamda "İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu" kurulmuş, "Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2020", "TC İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023" ve "Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı" başlıklı strateji dökümanları hazırlanmıştır. Bu resmi strateji belgelerinde Türkiye'nin karbondioksit emisyonunu azaltması için uygulaması gereken politikalarına da kapsamlı bir şekilde yer verilmiştir.

Tarımsal uygulamaların yorumunun adaptasyonu tarım dışı veya dış girdileri (karbon tabanlı işlemler ve ürünler) içerir (Marland vd., 2003). Bu girdilerin üretimi, formülasyonu, depolaması, taşınmasında mekanizasyon kullanılmaktadır. Bunlar fosil yakıtların yanması ile CO<sub>2</sub> ve sera gazlarının atmosfere yayılmasına sebep olmaktadır. Ortaya çıkan emisyonu ifade edebilmek için karbon eşdeğeri kilogram (kg CE) kullanılmaktadır. Bu değer hasat işlemleri, sulama uygulamaları, pestisit kullanımı, gübreleme, toprak işleme gibi farklı uygulamalar için tanımlanması yanında, zararlı kontrolü, toprak gübrelemesi ve diğer tarım uygulamaları için yenilenebilir enerji kaynakları ve biyo-yakıtları gibi karbona alternatif uygulamalarında tanımlanmasını gerektirmektedir.

Toprak, su ve diğer yenilenemez kaynakların sürdürülebilir kullanımı tanımlanması, tarım dışı girdilerin tümünün etkili kullanımı, buharlaşmasını en aza indirmesi, erozyon ve yıkama kayıpları, toprak kalitesinin geliştirilmesi ihtiyacı, su kirliliği ve sera gazlarının atmosfere yayılmasını içermektedir. Arazi kullanımı ve tarımsal uygulamalar küresel yıllık CO<sub>2</sub> emisyonunun %20 sini oluşturmaktadır (IPCC, 2001). Tarımsal uygulamalara bağlı olarak ortaya çıkan bu değer ancak tarım için önerilen uygulamalara adaptasyon ile azaltılabilmektedir. Giffort (1984) çalışmasında karbon emisyonu dikkate alarak tarımsal kaynakları birincil, ikincil ve üçüncül olarak gruplandırmıştır. Birincil grup seyyar uygulamalar (toprak işleme, ekim, hasat, taşıma) ve sabit uygulamalar (su pompalama, tahıl kurutma) olarak sınıflandırılır. İkincil kaynaklar pestisit ve gübrelerin imalat, paketlenme ve depolanması uygulamalarını içermektedir. Üçüncül uygulamalar ise hammadde, işletme binası ve ekim alanlarının imalatını kapsamaktadır. Bu nedenle emisyon değerlerindeki azalma diğer karbona alternatif uygulamaları kullanarak ve kayıpları azaltarak tüm bu girdilerin etkinliğinin kullanımının artırılması anlamına gelmektedir.

Bu uygulamalar için literatürden alınan değerler, yakıt hacmi: litre, ağırlığı: kg, kalori: kcal, enerji: Joule ve BTU, enerji veya elektrik tüketimi: kWh gibi birimlerde kullanılmaktadır. Çeşitli birimlerin kullanımı bu uygulamaların karbon üretimini karşılaştırmak son derece zordur. Bu nedenle, karbona alternatif teknolojilerin tanımlanması ve geliştirilebilmesi, ayrıca üretim sistemlerinin gerçek karbon maliyetlerini değerlendirebilmek için enerji eşdeğeri birimine dönüşüm gerekmektedir. Böylece bu makalenin amacı tarımsal uygulamaların doğrudan ya da doğrudan olmayan enerji kullanımı ile ilgili verileri literatürden toplamak ve analiz etmek devamında ise karbon eşdeğeri (kg CE) olarak dönüşümünü gerçekleştirmek ve bazı sistemlerin karbon çıktı/girdi oranında uzun dönemde meydana gelebilecek değişiklikleri değerlendirmektir.

### Materyal Ve Yöntem

Tarımsal üretim işlemlerinde kullanılan girdilerin toplam enerji değerinin, elde edilen ürünün enerji değeri ile karşılaştırılması, üretim verimliliğinin değerlendirilmesi için daha gerçekçi bir yaklaşımdır (Öztürk, 2011; Karaağaç vd, 2012). Enerji çıktı/girdi analizleri, genellikle enerji etkinliğini ve çevre boyutunu ölçmek için yapılan çalışmalardır. Çıktı/girdi oranının düşük çıkması kullanılan girdilerin etkin bir şekilde kullanılmadığını işaret etmektedir. Girdilerin etkin bir şekilde kullanılmaması birtakım sorunları da beraberinde getirmektedir. Bilinçsiz ilaç ve gübre kullanımı hem çevrenin zarar görmesine, hemde girdilerin israfına neden olmaktadır (Baran ve Karaağaç, 2014). Makine enerji girdisi aşağıda verilmiş olan formülle hesaplanmıştır (Karaağaç vd, 2012).

$$ME = ( E \times W ) / ( EFC \times T ) \quad (1)$$

ME : Makine enerji girdisi (MJ/ha),

W : Aletin ağırlığı (kg),

E : Tarım makinesinin veya aletin birim ağırlığının üretim enerjisi (MJ/kg),

T : Traktör veya aletin ekonomik kullanım ömrü (h),

EFC : Efektif alan kapasitesi (ha/h)'dir.



Yakıt-Yağ Enerji Girdisi: Yakıt enerji girdisi ve yağ enerji girdisi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Gözübüyük vd,2012).

$$YKE: YT \times YKED \quad (2)$$

$$Y\check{G}E: (YT \times 0,045) \times Y\check{G}ED \quad (3)$$

YKE : Yakıt enerji girdisi (MJ/ha)  
 Y\check{G}E : Yağ enerji girdisi (MJ/ha)  
 YT : Yakıt tüketimi (l/ha)  
 YKED : Yakıtın enerji değeri (MJ/l)  
 Y\check{G}ED : Yağın enerji değeri (MJ/l)

Tohum enerji girdisi, ilaç enerji girdisi, gübre enerji girdisi, sulama enerji girdisi ve İnsan gücü enerji girdisinin enerji hesabı, birim alan başına kullanılan veya harcanan girdi miktarları ile bu girdi çeşitlerinin enerji eş değerinin çarpılması sonucuyla elde edilmiştir.

Üretimindeki enerji girdileri, doğrudan ve dolaylı enerji girdileri olarak iki grupta incelenmiştir. Tarımsal üretimi için tüketilen yakıt ve yağ enerjileri doğrudan enerji girdisi olarak değerlendirilmiştir. Üretimde kullanılan insan iş gücü ile tarım alet ve makineleri, kimyasal gübre, kimyasal ilaç, sulama ve tohumluk üretimi için tüketilen enerji miktarları, dolaylı enerji girdisi olarak dikkate alınmıştır.

Birim alan başına elde edilen enerji çıktısı aşağıdaki formülle elde edilmiştir (Öztürk, 2011).

$$TE\check{C}=(A\check{U}V \times Ea\check{u})+(Y\check{U}V \times Ey\check{u}) \quad (4)$$

TE\check{C} : Toplam enerji çıktısı (MJ/ha),  
 A\check{U}V : Ana ürün verimi (kg/ha),  
 Y\check{U}V : Yan ürün verimi (kg/ha),  
 Ea\check{u} : Ana ürünün enerji eşdeğeri (MJ/kg) ve  
 Ey\check{u} : Yan ürünün enerji eşdeğeridir (MJ/kg).

Literatürde, yakıt kaynakları çok geniş aralıkta değiştiğinden emisyon katsayıları kullanılarak veriler kg CE (kartbon eşdeğeri kg) birimine dönüştürülmüştür (Tablo 1). Kömür çeşidine bağlı olarak dönüşüm katsayıları değişebilmektedir. Bu nedenle farklı tip yakıt kaynakları içerisinde dönüşüm katsayıları değişmesine rağmen, ortalama değer basitleştirilerek kullanılmaktadır. Benzer şekilde Tablo 1 de görüldüğü gibi literatürlerde yer alan çeşitli enerji birimlerinin dönüşüm katsayısı kullanılarak kg CE birimine dönüştürülmüştür. 21. Yüzyıl başlarında büyük problem olarak görülen CO2 in atmosferdeki artış oranının tespitinde dönüşüm katsayılarının kullanımı önemli bir avantaj sağlamıştır.

Enerji etkinliği değerini artırmak için ya verimin artırılması ya da girdilerin azaltılması gerekmektedir. Özellikle toplam enerji girdisi içerisinde büyük yer tutan yakıt, kimyasal gübreler, tarımsal ilaçlar, makine ve traktör girdilerinin azaltılması gerekmektedir. Verimin artırılması belirli sınırlar içerisinde sağlanabilir. Fakat enerji kullanım etkinlik değeri girdilerin bilinçli bir şekilde yapılmasıyla (ilaçlama, mekanizasyon ve gübreleme) azaltılabilir (Gözübüyük vd, 2012).

**Tablo 1.** Farklı yakıtların ve enerji dönüşümleri (Fluck, 1992; Batty ve Keller, 1980; Lal, 2004))

Karbon eşdeğeri (kg CE)			
Yakıt kaynağı (1kg)		Enerji birimi	
Dizel	0.94	Mcal	93.5 10 <sup>-3</sup>
Kömür	0.59	Gj	20.15
Benzin	0.85	BTU	23.6 10 <sup>-6</sup>
Yağ	1.01	kWh	7.25 10 <sup>-2</sup>
LPG	0.63	BG	5.41 10 <sup>-2</sup>
Doğal gaz	0.85		

Bir üretim sisteminin sürdürülebilirliği bir kaç şekilde anlatılır. Bunu anlatırken ekonomistler verimlilik (Herdt ve Steiner, 1995), toprak bilimcileri toprak kalitesi (Bezdicik et al., 1996; Carter et al., 1997), ekolojistler

enerji katsayısı (Odum, 1998; Ulgati ve Brown, 1998) ve mühendisler enerji verimliliği terimlerini kullanmaktadırlar (Lockeretz, 1983; Stout, 1984). Küresel iklim değişimi ve sera gazları kavramı içerisinde, bütünsel biryaklaşım kullanılarak (Eşitlik 5-6-7) karbonun çıktı/girdi veya (çıktı-girdi)/girdi oranlarıyla sıcaklık değişimleri incelenerek sistemin sürdürülebilirliği değerlendirilebilir (Lal, 2004). Üretim sonucunda kazanılan toplam enerji miktarı ile üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarı arasındaki fark net enerji verimi (MJ/ha) olarak tanımlanır (Baran vd, 2014).

$$I_s = \left( \frac{C_o}{C_i} \right) \quad (5)$$

$$I_s = \left( \frac{C_o - C_{IR}}{C_i} \right) \quad (6)$$

$$I_s = \left( \frac{C_o - C_{IR} - C_{OR}}{C_i - C_{OR}} \right) \quad (7)$$

- $I_s$  : Sürdürülebilirlik indexi,  
 $C_o$  : Tüm çıktıların toplamı karbon eşdeğeri,  
 $C_i$  : Tüm girdilerin toplamı karbon eşdeğeri,  
 $C_{OR}$  : Referans testi sonucu,  
 $C_{IR}$  : Referans testi girdisi,  
 $t$  : Yılda çalışma süresi (bir insanın 25 yıl çalıştığı kabul edilmiştir)

$C_o$  terimi tahıl, saman, kök biyokütle ve salgılarını içeren bir terimdir. Benzer şekilde  $C_i$  terimi daha geniş kapsamlı olup, doğrudan yada dolaylı topraktaki karbon kayıplarını içermektedir. Örneğin pullukla işleme sonucu erozyonla kaybolan karbon kayıpları  $C_i$  terimi içerisinde yer almaktadır.

### Bulgular

Hesaplamalar sonucunda, üretim girdileri içerisinde en yüksek payı sulama enerjisinin aldığı, bunu sırasıyla gübre, yakıt-yağ, makine, ilaç, tohum ve insan iş gücü enerjilerinin izlediği görülmektedir. Ancak ayçiçeği üretiminde sulama ve gübre enerjisi tüketilmesinin yüksek olması hem girdilerin boşa tüketilmesine hem de çevrenin olumsuz yönden etkilenmesine sebep olmaktadır (Baran ve Karaağaç, 2014). Tarımda toprak işleme ve sulama uygulamaları CO<sub>2</sub> emisyonunun en önemli birincil kaynakları arasındadır.

Toprak işleme uygulamaları tohum yatağının hazırlanmasında mekanik olarak toprak yapısının bozulmasına neden olan nerdeyse tüm uygulamaları içermektedir. Bu sebeple emisyonu dolaylı ya da dolaysız olarak etkilemektedir. Toprak işleme uygulamalarında kullanılan yakıt ise dolaylı olarak emisyonu etkilemektedir. Bu da toprak yapısına, traktör tipine, toprak işlemede kullanılan alet ve toprak işleme derinliğine bağlıdır. Traktör hızı ve toprak işleme derinliği arttıkça yakıt tüketimi de artmaktadır (Collins et al., 1976). Bu uygulamalarda ekipmanın farklılığı yakıt tüketiminde de farklılıklar yaratabilmektedir. Toprak tipi hafiften ağıra doğru gittikçe yakıt tüketimi artış göstermektedir. Shelton et al. (1980) yakıt tüketiminin çizel pulluklarda 9.3 l/ha, diskli pulluklarda 7.4 l/ha ve kulaklı pulluklarda 17.5 l/ha olarak saptamışlardır. Lockeretz (1983) ise yakıt tüketiminin çizel pulluklarda 12.4-20.2 l/ha, tandem diskli pulluklarda 5.6-11.2 l/ha ve kulaklı pulluklarda 18-46 l/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Schrock et al. (1985) yakıt tüketimini kulaklı pulluklar için 18.9 l/ha, çizel pulluklar için 10.2 l/ha ve diskli pulluklar için 8.01 l/ha olarak hesaplarken Bowers (1989) yakıt tüketiminin kulaklı pulluklarda 15.1-25.1 l/ha, çizel pullukta 9.5-15.9 l/ha, offset diskli pulluklarda 7.2-11.7 l/ha ve tandem diske sahip pulluklarda 4.8-9.5 l/ha arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Stout (1984) yakıt tüketimini kulaklı pulluklarda 14.7 to 21.6 l/ha, çizel pullukta 6.6 to 14.3 l/ha, dipkazanda 11.3 to 14.9 l/ha ve tandem diske sahip pulluklarda 6.7 to 12.2 l/ha, çapalama kullanıldığında 2.8 to 4.5 l/ha ve döner çapa kullanıldığında ise 1.5 to 2.4 l/ha arasında değiştiğini saptamışlardır. Köller (1996) tohum yatağı hazırlığında dizel yakıt tüketiminin kulaklı pullukta 49.4 l/ha, çizel pullukta 31.3 l/ha, diskli pullukta 28.4 l/h, sıra ekimde 25.2 l/ha ve toprak işlemez sistemlerde 13.4 l/ha olduğunu bildirmişlerdir. Lobb (1989) farklı toprak işleme aletleri için yakıt tüketimi ve enerji değeri hesapları yapmışlardır. Buna göre kulaklı pullukta 12.4 l/ha ve 557 MJ/ha (11.2 kg CE/ha), çizel pullukta 9.2 l/ha ve 416 MJ/ha (8.4 kg CE/ha), diskli pullukta 6.5 l/ha ve 294 MJ/ha (5.9 kg CE/ha), çapalamada 4.0 l/ha ve 182 MJ/ha (3.7 kg CE/ha), sıra arası çapalamada 3.6 l/ha ve 162 MJ/ha (3.3 kg CE/ha) ve döner çapada 2.9 l/ha ve 131 MJ/ha (2.6 kg CE/ha) olarak bildirmişlerdir.

Ortalama karbon emisyon değerleri görülmektedir. Karbon emisyonu kulaklı pulluk için 15.2 kg CE/ha, dipkazan için 11.3 kg CE/ha, ağır tandem diskli pulluk için 8.3 kg CE/ha, çizel pulluk için 7.9 kg CE/ha, standart diskli pulluk için 5.8 kg CE/ha, çapalama için 4.0 kg CE/ha ve döner çapa için 2.0 kg CE/ha olarak verilmiştir. Burada görülmektedir ki, klasik toprak işlemeli tarımdan (kulaklı pulluk kullanılan) azaltılmış toprak işleme (çizel pulluk ve diskli pulluk kullanılan) yada toprak işlemesiz tarıma dönüşüm, karbon emisyonunda ciddi bir azlama ortaya çıkmaktadır. Tam bir toprak işleme (pulluk, 2 kere diskli pulluk, çapalama ve döner çapalama kullanılarak) yapıldığında karbon emisyonu 35.3 kg CE/ha olmaktadır. Kulaklı pulluk kullanılmadığında bu değer 20.1 kg CE/ha değerine düşmektedir. Kulaklı pulluk, diskli pulluk ve çapalamalar ihmal edildiğinde 5.8 kg CE/ha değeri elde edilmektedir. Bunların tersine çizel pulluktan sonra ekim uygulamasında karbon emisyon değeri 35.3 kg CE/ha den 7.9 kg CE/ha değerine düşmüştür.

Sulama kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde tarım için önemli bir uygulamadır. Küresel ölçekte, sulu tarım yapılan arazilerin % 17 si toplam üretimin % 40 nı oluşturmaktadır. Tarımsal üretimde pompalamada kullanılan enerji tarımda kullanılan enerjinin %23 üdür. Bir pompanın tüketeceği enerji değerlendirilirken pompalama sisteminin verimliliği, su debisi ve dinamik su yüksekliği gibi faktörler dikkete alınmaktadır. Bu enerji ayrıca emme derinliğine ve basma yüksekliğine göre değişmektedir. Batty ve Keller (1980) yaptıkları çalışmada farklı basma yüksekliklerinde pompa sisteminin ihtiyaç duyduğu enerjiyi hesaplamışlardır. Çalışmalarında yüzey sulamasında (basma yüksekliği =0) ihtiyaç duyulan enerjiyi 3184 MJ/ha m, 50 m basma yüksekliğinde 56250 MJ/ha m ve 100 m basma yüksekliğinde ise bu değeri 109317 MJ/ha m olarak bildirmişlerdir. Center pivot sistemi, elle taşıma sistemi ve boruları sererek yapılan sulamada enerji tüketimi yüksek ve damlama sulamada ise enerji tüketiminin oldukça düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bu sulama tekniğinde 0 m yükseklikte enerji tüketimi 20637 MJ/ha m olurken 50 m basma yüksekliğinde bu değer 50118 MJ/ha m ve 100 m basma yüksekliğinde ise 79599 MJ/ha m olarak hesaplanmıştır.

Lacewell ve Collins (1986) 3 bar basınçla 250m yüksekliğe 1233 litre suyu basma uygulamasında birim alana enerji ihtiyacı dizel tüketiminde 212 litre, elektrik tüketiminde 653 KW h ve doğal gaz tüketiminde ise 14 milyon litre olduğunu belirtmişlerdir. su pompalamada enerji ihtiyacı Basma yüksekliği ve basınçtaki farklılıklara bağlı olarak farklılıklar göstermiştir. Tarımsal üretimde mevsiminde yaklaşık destekleyici su ihtiyacı 250-500 mm dolaylarındadır (Franzluebbers ve Francis, 1995). Dvoskin et al. (1976) farklı bölgelerde sulamada yakıt tüketimini incelediklerinde, karbon emisyonunu sulamanın 250 mm olduğu yerlerde 7.2-425.1 kg CE/ha, 500 mm olduğu yerlerde 53-850.2 kg CE/ha olarak hesaplamışlardır. Schlesinger (1999) ise yıllık tarımda sulamaya bağlı karbon emisyon oranını 220-830 kg CE/ha olarak bildirmişlerdir. Follett (2001) enerji kaynağına bağlı olarak bu değer için yıllık 150-200 kg CE/ha olduğunu rapor etmiştir. West ve Marive (2002) karbon emisyon oranını 125-285 kg CE/ha olarak bildirmişlerdir. ITRC (1994) yıllık olarak bu değer için karık sulamada 395 kg CE/ha ve damla sulamada ise 216 kg CE/ha olduğunu saptamışlardır.

Su kullanımı etkinliğini artırılması gübreleme yada pestisit kullanımında emisyonu azaltmak için önemli bir faktördür. Su kullanım etkinliğinin artırılması için bazı stratejiler geliştirilmiştir. Bunlar; yağmurlama sulamanın lehine karık ve yüzey sulamayı ortadan kaldırmak, özellikle yüksek boylu bitkiler için damla sulama veya alttan sulama tekniğinin kullanımı, buharlaşma kayıplarını azaltmak amacıyla malçlama ile toprak işleme ve kritik yetiştirme dönemlerinde destekleyici sulama yapılması olarak sayılabilir. Salma sulama ilkel bir metot olup su israfı çok olan bir yöntemdir. Tuzluluğa neden olup alternatif yöntemlere teşvik şarttır.

Ekim, ilaçlama, gübreleme ve diğer tarımyapılarına ilişkin veriler kg CE/ha cinsinden Tablo 2 de görülmektedir. Karbon yoğunluğu fazla olan uygulamalar olarak; silajlık mısır ve yem bükleri hasadı, biçerdöğlerle mısır ve soya hasadı, diskli ile gübreleme, patates ekimi, gübre ve kireç uygulaması sayılabilir. Saman balyalama ise karbon yoğunluğu yüksek bir uygulamadır.

Kimyasalların püskürtülmesi ve ekim/dikim uygulamalarındaki düşük karbonlu uygulamalardır. Beklendiği gibi toprak işlemesiz ekim pullukla tohum yatağı hazırlanmış ekime göre daha çok karbon demektir. Lobb (1989) yaptıkları çalışmada enerji kullanımını 1.8 kg CE/ha (91.1 MJ/ha) olarak bildirmişlerdir.

Kimyasal gübreler ilk olarak 19. yy da kullanılmaya başlanmıştır. Ticari tarım sistemleri için önemli bir katkı olmuştur. Karbondioksit ve N<sub>2</sub>O emisyonlarının temel kaynağı gübrelerde kullanılan azottur. Bununla beraber sera gazlarının etkilerini azaltmak için gübrelerin verimliliğini arttırmak ve alternatif yöntemler geliştirmek önemlidir. Bir çok işletme azot gübresinden 49200 BTU/kg enerji ile faydalanmaktadır (ITRC, 1994). Southwell ve Rothwell (1977)

susuz amonyak için enerji ihtiyacını 78 MJ/kg (N), sulu amonyak için 80 MJ/kg (N), amonyum nitrat için 90 MJ/kg (N), üre için 101 MJ/kg (N), diamonyum sülfat için 116 MJ/kg (N) olarak belirtmiştir. Enerji ihtiyacını süperfosfat için 15 MJ/kg ( $P_2O_5$ ) ve potasyum için 8 MJ/kg ( $K_2O$ ) saptamışlardır. Lewis (1982) amonyum nitrat için 65.1 MJ/kg (N), üre için 77.8 MJ/kg (N), 15:15:21 için 70.1 MJ/kg (N), bileşik gübreler 22:11:11 için 66.1 MJ/kg (N), 9:24:24 için 73.4 MJ/kg (N) ve 17:17:17 için 68.4 MJ/kg (N) enerji kullanıldığını bildirmişlerdir. Farklı bileşik gübreler için 17.8-18.7 MJ/kg ( $P_2O_5$ ) ve 7.9-8.2 MJ/kg ( $K_2O$ ) enerji ihtiyacı olduğunu göstermişlerdir. Amonyak için enerji ihtiyacı 55-65 MJ/kg (N), 11-18 MJ/kg ( $P_2O_5$ ) ve 7-9 MJ/kg ( $K_2O$ ) enerji ihtiyacı olduğunu göstermişlerdir.

Gübre dağılımı, depolama, paketleme ve üretime bağlı olarak C emisyon değerleri Tablo 2 de görülmektedir. Tahmin edilen emisyon değerleri 0.9–1.8 kg CE/kg N, 0.1–0.3 kg CE/kg  $P_2O_5$ , 0.1–0.2 kg CE/kg  $K_2O$  ve 0.03–0.23 kg CE/kg of  $CaCO_3$  dir. Lal et al. (1998) azot üretiminde emisyonu 0.82 kg CE/kg N belirtirken Izaurralde vd (1997) çalışmasında azot gübresinin uygulaması dahil 1.23 kg CE/kg of N olarak bildirmiştir. West ve Marland (2002) gübre üretiminde emisyon değerini N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  ve kireç için sırasıyla 0.81, 0.101, 0.08 ve 0.007 kg CE/kg olarak belirtmişlerdir. Kimyasal gübrelerin aksine, Stout (1990) hayvan gübresinde enerji girdisinin daha az olduğunu belirtmiştir. Taze gübrede 7-8 g/kg CE hesaplamışlardır. Taze gübrenin 100 kg ı 0.484 kg N, 0.286 kg  $P_2O_5$  ve 0.616 kg  $K_2O$  içermektedir.

Pestisitler son derece yoğun karbon içermektedir ve kullanımı dünya çapında hızla artmaktadır. Özellikle Hindistan, Çin, Brezilya gibi gelişmekte olan ülkelerde önemli oranlara ulaşmıştır. Uygun olmayan kullanımı önemli miktarda çevre zararı oluşturan temel kaynaklardandır. Pimentel (1980) çeşitli pestisitlerin üretim, hazırlama, paketleme, ve taşınması için gerekli enerji fungusitler için 63-100 Mcal/kg, insektisitler için 61-87 Mcal/kg ve herbisitler için 28-65 Mcal/kg olduğunu saptamışlardır. Herbisitler (phenoxies) ilk 1945 lerde kullanılmaya başlanmıştır (McDougall ve Phillips, 2003). Zamanla tüm bileşiklerin üretiminde, formülasyonunda ve paketlemesinde enerjinin verimli kullanımı kademeli olarak iyileşmektedir (Lal, 2004).

Tablo 2 de emisyon oranları herbisitler için 1.7 - 12.6 kg CE/kg aktif madde (ortalama 6.3-2.7 kg CE/kg aktif madde), insektisitler için 1.2 - 8.1 kg CE/kg aktif madde (5.1-3.0 kg CE/kg aktif madde) ve fungusitler için 1.2 - 8.0 kg CE/kg aktif madde (3.9-2.2 kg CE/kg aktif madde) olarak gösterilmiştir. West ve Marland (2002) pestisitlerin üretimi için 4.4 kg CE/kg aktif madde, paketlemesi için 4.6 kg CE/kg aktif madde ve taşınması için 4.8 kg CE/kg aktif madde olarak hesaplamışlardır. Green (1987) yaptığı çalışmada formülasyon için gerekli enerji 0.4 kg CE/kg aktif madde olarak belirtilmiştir.

Gübrelerde olduğu gibi pestisit kullanımına bağlı karbon emisyonunu azaltmada IPM ( integrated pest management) stratejileri de önemli bir yer almaktadır. Herbisit kullanımında bu değerler serpme püskürtme tekniği yerine band uygulamaları yapılarak, genetiği değiştirilmiş bitkiler kullanılarak ve yabancı otun geliştiği dönemler dikkate alınarak azaltılabilmektedir. Herbisit kullanımını azaltmak amacıyla koruyucu toprak işleme kullanılabilir (Swanton et al., 1993). Kanada da 12 çiftlikte yabancı ot kontrolü için enerji girdileri hesaplanmıştır (Clemens vd 1995). Pulluklu uygulamalarda (%70-100 birincil ve ikincil toprak işleme) emisyon 18.5–26.4 kg CE/ha hesaplanmıştır. Korunmalı toprak işleme uygulamalarında (%5-100 herbisit kullanımı) ise 9.6–28.4 kg CE/ha hesaplanmıştır. Herbisit toleransı olan ve/veya zararlı direncine sahip transgenik bitkiler karbon emisyonunda eşlik edici ve kimyasal kullanımında da köklü etkilere sahiptir (McDougall ve Phillips, 2003).

Pullukla ya da diğer toprak işleme yöntemleri ile yapılan uygulamalar toprak erozyonunu arttırmaktadır. Topraktaki organik karbon yüzeyde ve düşük yoğunlukta olması sebebiyle, erozyon, su ve rüzgarla hızını arttırmaktadır. Bazı topraklarda ve ekosistemlerde topraktaki organik karbonu diğer minerallerden daha fazla kaybolmaktadır. Orman arazisinden tarımsal alana dönüş olur olmaz diğer minerallere bağlı olarak karbon kaybı erozyon sebebiyle daha da artmaktadır (Gregorich ve Anderson, 1985). Daha sonra toprak yapısındaki düşüş ve topaklaşmadaki azalma, topraktaki organik karbonun kaybıyla birlikte erozyonda büyük ölçüde artış sağlayabilmektedir. Sonuç olarak aşınmış topraklar aşınmamış topraklara göre daha az organik karbon ihtiva etmektedir (Lal, 2000, 2003). Rhoton ve Tyler (1990) çalışmalarında su akışı ve kök penetrasyonunu kısıtlayan yeraltı toprak katmanları tarım arazisine dönüştürülmüş topraklarda 1m derinlikte toprak organik karbonunu incelemişlerdir. Aşınmamış toprakta 60 Mg/ha, biraz aşınmış toprakta 35 Mg/ha ve aşınmış toprakta ise 19 Mg/ha organik karbon kaybı hesaplamışlardır. Erozyonla karbonun yer değiştirmesi tartışma konusudur. Bazı tartışmalarda topraktaki organik karbonun erozyonla kaybolması  $CO_2$  in atmosphere yayılması yada mineralize olmasıyla aynıdır (Schlesinger, 1997). Bazı tartışmalarda da erozyonla taşınan organik karbonun tümü sulu ekosistemlere veya stresli

alanlara taşınır ve yok olur (Smith et al., 2001). Lal (2003) ve Jacinthe ve Lal (2001) topraktaki organik karbonun %20-30 nun mineralize olduğunu, bir kısmının yeniden alana yayıldığını, bir kısmının da sulu alanlara sürüldüğünü bildirmişlerdir.

**Tablo 2.** Farklı toprak işleme uygulamalarının karbon eşdeğeri - kgCE/ha (Lal, 2004)

Toprak işleme uygulamaları		Tarımsal kimyasallar (üretim, nakliye, depolama)	
Kulaklı pulluk	13.4-20.1	Azot	0.9-1.8
Çizel pulluk	4.5-11.1	Fosfor	0.1-0.3
Ağır tandem diskli pulluk	4.6-11.2	Potasyum	0.1-0.2
Standart tandem diskli pulluk	4.0-7.1	Kireç	0.03-0.23
Dipkazan	8.5-14.1	Herbisit	1.7-12.6
Kültivatör	3.0-8.6	İnsektisit	1.2-8.1
Döner çapa	1.2-2.9	Fungusit	1.2-8.0
Diğer tarım uygulamaları		Sulama sistemi	
Knife down amonyak	10.1	Yüzey sulama (suyun yeniden kullanılmadığı)	9.4
Herbisit püskürtme	0.7-2.2	Yüzey sulama (suyun yeniden kullanıldığı)	24.6
Ekim-dikim	2.2-3.9	Solid set yağmurlama (lateraller toprak altında)	121.3
Toprak işlemez ekim	3.7-3.9	Sabit sistem yağmurlama (lateraller toprak üstünde)	35.5
Kimyasal kırıştırma	3.6-7.8	Taşınabilir yağmurlama	16.3
Gübre püskürtme	0.5-1.3	Tekerlekli yağmurlama	23.3
Gübre yayma	5.1-10.1	Dairesel hareketli yağmurlama	21.6
Patates ekici	5.6-8.2	Doğrusal hareketli yağmurlama	16.9
Biçerdöğür	4.1-5.5	Damlama sistemi	84.9
Tırmık	1.0-2.4		
Dikdörtgen balya	1.6-5.0		
Dairesel balya	2.8-8.8		
Mısır silajı	13.2-26.0		
Mısır sapı parçalama	3.5-5.3		
Biçerdöğürle soya hasadı	6.2-8.6		
Biçerdöğürle mısır hasadı	8.5-11.5		
Yem bitkileri hasadı	9.2-18.0		

Clemens et al. (1995) alternative yabancı otkontrolü için herbisit ve toprak işleme girdilerinin enerji analizini yapmışlardır. Eşitlik 3 kullanılarak sürdürülebilirlik indexi hesaplanmış ve toplam karbonu ve net karbon kazancını göstermişlerdir. Sürdürülebilirlik indeksi, Mısır'da yabancı ot kontrolü için en düşük olup 1.8 dir. Buğday için en yüksek değer 26.6 hesaplanmıştır. Franzluebbbers ve Francis (1995) enerji kullanımına bağlı olarak çıktı/girdi oranı tamamen sulanmış, herbisit püskürtülmüş, klasik toprak işleme sistemi uygulanmış ve bir önceki ürün buğday olan tarlada (N gübresi kullanılmamış) 4.1-0.5 olduğunu belirtmişlerdir. Aynı uygulamalar kurak alanda yapıldığında ise bu değer 11.6-2.5 olduğunu saptamışlardır. Tüm sistemlerde N kullanımı ile enerji çıktı/girdi oranı azalma göstermiştir.

Swanton et al. (1996) Kanada'da tarım alanlarında enerji kullanımı verimliliğini değerlendirmişlerdir. Toplam üretimde enerji kullanımını GJ/ton olarak tanımlamışlardır. 1975 yılından sonar ürünlerdeki gen mühendisliği çalışmaları ve türlerdeki değişikliklerle enerji etkinliğinin arttırıldığını bildirmişlerdir. Gerçekten de hektar başına düşen enerji kullanımı mısırdaki %40 ve soyada %20 azalma göstermiştir. Mısır için karbon emisyonu minimal 23.0 kg CE/ha, düşük 27.8 kg CE/ha ve yüksek 32.3 kg CE/ha saptanmıştır. Soya için ise C emisyonu minimal 23.0 kg CE/ha, düşük 20.7 kg CE/ha ve yüksek 14.6 kg CE/ha saptanmıştır. Minimal ve düşük girdili sistemlerde sıra arası işlemler ve döner çapa kullanımı C emisyonunu arttırmıştır.

Borin et al. (1997) üç farklı üründe üç farklı toprak işleme yöntemi kullanarak çıktı/girdi ve (çıktı-girdi) /girdi oranlarını hesaplayarak enerji ihtiyaçlarını incelemişlerdir. Klasik toprak işlemede çıktı/girdi oranı 4.1, sırt yapmak için yapılan toprak işlemede 4.2, toprak işleme yapılmadığında ise 4.6 olmuştur. (çıktı-girdi) /girdi oranı ise klasik toprak işlemede 2.9, sırt yapmak için yapılan toprak işlemede 3.0, toprak işleme yapılmadığında ise 3.6 olmuştur. Topraktaki organik karbonu üç farklı toprak işleme tekniği için değerlendirmişlerdir. Pullukla toprak işleme

uygulamasından sırt yapmak için yapılan toprak işlemeye dönüşümle (yakıt ve topraktaki karbon açısından) yılda 637 kg/ha, toprak işlemesiz tarıma geçişle 832 kg/ha karbon korunmuştur. Sadece yakıt dikkate alındığında pullukla toprak işleme uygulamasından sırt yapmak için yapılan toprak işlemeye dönüşümle yılda 44 C kg/ha, toprak işlemesiz tarıma geçişle 62 C kg/ha karbon korunmuştur.

Mrini ve ark (2002) şeker pancarı üretimi yapılan klasik ve yoğun tarım işletmelerinde enerji analizi yapmışlardır. Toplam enerji değeri küçük işletmelerde 522 C kg/ha ve büyük işletmelerde ise 1078 C kg/ha hesaplanmıştır. Doğrudan girdi (yakıt ve elektrik) küçük işletme uygulamalarında 43.2 C kg/ha ve büyük işletme uygulamalarında ise 70.7 C kg/ha saptanmıştır. Çok önemli olan dolaylı karbon girdisi azotlu gübreler formundadır. Bu küçük işletmelerde %30.2 ve büyük işletmelerde %21.2 olmuştur. Buna karşılık makinelerle küçük tarım işletmelerindeki karbon girdisi %11.5 ve büyük işletmelerde %5.8 olmuştur. Küçük tarım işletmelerindeki karbon girdisi nakliye için %22 ve tohum yatağı hazırlığı için %20 saptanmıştır. Büyük işletmelerde ise bu değerler sulama için %33, gübreleme için %27, tohum yatağı hazırlığı için %18 ve nakliye için %12 hesaplanmıştır. Toplam enerji çıktısı küçük işletmeler için 3263 C kg/ha olurken büyük işletmeler için 4472 C kg/ha bulunmuştur. Bu veriler kullanılarak eşitlik 4 ve 5 de sürdürülebilirlik indeksi değerleri hesaplanmıştır. Böylece karbon kullanım verimliliği büyük işletmelerle karşılaştırıldığında küçük işletmeler için büyük olmuştur.

Dyer ve Desjardins (2003) tarımdan yayılan sera gazları emisyonunda tarım makinaları kullanımının etkisini değerlendirmişlerdir. Ortaya koydukları önerilerle sera gazlarına bağlı fosil yakıtlarda önemli azalmalar göstermişlerdir. Bunlar; yazın yabancı ot kontrolü için nadası azaltmak yada yapmamak, minimum toprak işleme yada toprak işlemesiz tarım uygulaması, kulaklı pulluk yerine çizel pulluk kullanımı ve sınırlarda kalan tarım arazilerini meralara dönüştürmek şeklinde sıralanabilir. Ayrıca sera gazlarına bağlı karbon emisyonunu azaltmada en önemli faktörün birincil toprak işleme yönteminin azaltılması olduğunu çalışmalarında belirtmişlerdir.

### Sonuçlar

Günümüzün sorunu olan arazinin kullanımı ve yönetimi sisteminin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. 21. Yüzyılın başlarında, tarımsal uygulamalardan ve toprak-çevresel bozulmaya bağlı olarak gıda güvenliği ve tarımsal uygulamalardan ortaya çıkan sera gazları ve CO<sub>2</sub> emisyonu, sera gazlarının etkisinin hızla artmasına sebep olmuştur. Burada dikkati çelken karbon emisyonu yoğun birkaç tarımsal uygulama vardır. Bunlar arasında pullukla toprak işleme, gübreleme, pestisitler ve sulama sayılabilir. Bu uygulamaların kullanım etkinliğini arttırmak veya kullanımını azaltmak için dikkatli değerlendirme yapmak gerekmektedir. Pullukla toprak işlemenin toprak işlemesiz tarıma dönüşümü, entegre edilemiş azot yönetimi ve zararlı kontrol uygulamaları, damla sulama ve toprak altı sulama yöntemlerinin adaptasyonu ile su kullanımının iyileştirilmesi karbon emisyonunu kontrol etmeyi sağlayacaktır. Birim alandan karbon girdisinin kontrolünü geliştirmek ve etkinliğini arttırmak, kayıpları azaltmak gibi su ve toprak kaynaklarının idaresiyaklaşımı önemli bir stratejidir. Üretim sisteminin sürdürülebilirliği net karbon çıktısının karbon girdisine oranı veya karbon çıktısının karbon girdisine oranındaki sıcaklık değişimlerin değerlendirilmesiyle ifade edilebilir. Sürdürülebilir yönetimin amacı azalan kayıplarla, artan çıktılarla ve karbon tabanlı girdilerin kullanımını geliştirmekle ekosistemdeki karbon miktarının artırılmasıdır.

Karbon yoğun bir girdidir. Bu nedenle erozyon, sızıntı ve buharlaşmayı azaltarak azot kullanımını düşürmek, biyoazotlara yönelmek, hayvan gübresi ve diğer biyoyakıtları kullanmak, hasat kalıntılarında atık ve artık yönetimi uygulamak ve minimum toprak işlemeye yönelmek zorunludur. Damla, yağmurlama ve toprak altı sulama gibi daha etkin tekniklerin kullanmak, planlı sulama yapmak, malçlama, örtücü bitki uygulamalarına yönelim şarttır. Erozyona maruz kalmış topraklar düşük karbon yoğunluğuna sahip olduğundan doğal bitki örtüsüne sahip otlak ve orman alanlarının tarım alanına dönüştürülmesinden sonra kayıpların düşeceği bilinmektedir.

Hayvancılıkta atık yönetimiyle emisyonları azaltılmalı ve çıktıları bitki besleme materyali olarak kullanılmalıdır. Toprak işlemesiz tarım uygulamalarında kullanılan ekipmanlarını (çizel pulluk, doğrudan ekim makinesi,) alımına destek verilerek yaygınlaştırılmalıdır. Su tasarrufu sağlayan uygulamaları benimsemelidir. Hassas tarım gibi uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.

### Kaynakça

Arıkan, M., (2011). Adana İlinde Kolza Üretiminde Enerji Kullanımı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.

- Baran MF, Gökdoğan O., (2014). Karpuz ve Kavun Yetiştiriciliğinde Enerji Girdi-Çıktı Analizi:Kırklareli İli Örneği. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, 29(3):217-224
- Baran MF, Gökdoğan O.,Karaağaç, G, (2014). Kanola Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi (Kırklareli İli Örneği). *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1(3): 331-337, 2014
- Baran MF, Karaağaç, G, (2014). Kırklareli Koşullarında İkinci Ürün Ayçiçeği Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1(2): 117–123
- Batty JC, Keller J., (1980)Energy requirements for irrigation. In: Pimentel D,editor. Handbook of energy utilization in agriculture. Florida: CRC. p. 35– 44.
- Bezdicek DF, Papendick RI, Lal R., (1996) Importance of soil quality to health and sustainable land management. In: Borin M, Menini C, Sartori L. (1997). Effects of tillage systems on energy and carbon balance in northeastern Italy. *Soil Tillage Res*;40:209– 26.
- Bowers CG. (1989).Tillage draft and energy measurements for twelve southeastern soil series. *T ASAE*;32:1492– 502.
- Carter MR, Gregorich EG, Anderson DW, Doran JW, Jenzen HH, Pierce FJ., (1997). Concepts of soil quality and their significance. In: Gregorich EG,Carter MR, editors. Soil quality for crop production and ecosystem health. Holland: Elsevier; p. 1– 20.
- Clemens DR, Weise SF, Brown R, Stonehouse DP, Hume DJ, Swanton CJ., (1995). Energy analyses of tillage and herbicide inputs in alternative weed management systems. *Agric Ecosyst Environ*;52:119–28.
- Collins NE, Kimble LJ, Williams TH., (1976). Energy requirements for tillage on coastal plains soils. In: Lockeretz W, editor. Agriculture and energy. New York: Academic Press; p. 233–44.
- Davoodi, M. J. Ş., Housyar, E., (2009). Energy consumption of canola and sunflower production in Iran. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 6(4): 381-384. ISSN 1818-6769, IDOSI Publications.
- Dyer JA, Desjardins RL., (2003). The impact of farm machinery management on the greenhouse gas emissions from Canadian agriculture. *J Sustain Agric* p;22:59–74.
- Dvoskin D, Nicol K, Heady EO., (1976). Irrigation energy requirements in the 17 western states. In: Lockeretz W, editor. Agriculture and energy. New York: Academic;p. 103– 12.
- Fluck RC., (1992). Energy in farm production. In: Fluck RC, editor. Energy in world agriculture. 6th ed. New York: Elsevier;. p. 218– 67.
- Follett RF., (2001). Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil Tillage Res*;61:77–92.
- Franzluebbers AJ, Francis CA., (1995). Energy output:input ratio of maize and sorghum management systems in eastern Nebraska. *Agric Ecosyst Environ*;53:271– 8.
- Gifford RM., (1984). Energy in different agricultural systems: renewable and nonrenewable sources. In: Stanhill G, editor. Energy and Agriculture. Berlin:Springer-Verlag;. p. 84–112.
- Gözübüyük Z., Çelik A., Öztürk İ., Demir O., Adıgüzel, MC., (2012). Buğday Üretiminde Farklı, Toprak İşleme- Ekim Sistemlerinin Enerji Kullanım Etkinliği Yönünden Karşılaştırılması. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi*. Cilt 8(1).
- Green MB. (1987). Energy in pesticide manufacture, distribution and use. In: Stout BA, Mudahar MS, editors. Energy in plant nutrition and pest control. Amsterdam: Elsevier; p. 165–77.
- Gregorich EG, Anderson DW., (1985). The effects of cultivation and erosion on soils of four toposequences in the Canadian prairies. *Geoderma*;36:343– 54.
- Herd RW, Steiner RA., (1995). Agricultural sustainability: concepts and conundrums. *Agricultural sustainability: economic, environmental and statistical considerations*. UK:Wiley; p. 3–14.
- IPCC., (2001). Climate change: the scientific basis. Intergovernment panel on climate change. Cambridge (UK): Cambridge Univ. Press.

- ITRC., (1996). Munger-Poonian Farms Report. Irrigation Training and Research Center (ITRC). Report R96-003 (<http://www.ITRC.org>).
- Izaurrealde RC, McGill WB, Bryden A, Graham S, Ward M, Dickey P., (1997). Scientific challenges in developing a plan to predict and verify carbon storage in Canadian prairie soils. In: Lal R, Kimble JM, Follett RF, Stewart BA, editors. Management of carbon sequestration in soil. Florida: CRC; p. 433–46.
- Jacinte P, Lal R., (2001), A mass balance approach to assess carbon dioxide evolution during erosional events. Land Degrad Dev;12:329– 39.
- Karaağaç, H A., Aykanat, S., Coşkun, M., A., Şimşek, M., (2012). Buğday Tarımında Farklı Ekim Tekniklerinin Enerji Bilançosu. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı. 5-7 Eylül Samsun.
- Koller K., (1996). Production de céréales sous labor. Rev Suisse Agric;28:30.
- Lacewell RD, Collins GS., (1986). Energy inputs on western groundwater irrigated areas. In: Whittlesey NK, editor. Energy and water management in western irrigated agriculture. Studies in water policy and management vol:7. Colorado: Westview Press; p. 155– 76.
- Lal R., (1999). Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. Prog Environ Sci;1:307 –26.
- Lal R., (2000). World cropland soils as a source or sink for atmospheric C. Adv Agron;71:145–91.
- Lal R., (2003). Soils and the global carbon budget. Environ Int;29:437– 50.
- Lal R., (2004). Carbon emission from farm operations. Environment International 30: 981– 990
- Lal R, Kimble JM, Follett RF, Cole CV., (1998). The Potential of U.S. Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. Boca Raton, FL: Lewis Publishers; (128pp).
- Lewis DA., (1982). The role of energy in U.K. agriculture. In: Robinson DW, Mollan RC, editors. Energy management and agriculture. Proc. First summer school in agriculture, Dublin, Ireland. Amsterdam: Elsevier; p. 43– 65.
- Lobb D., (1989). A study of the impact of no-till on tractor fuel cost vs. crop returns. Guelph, Ontario: Agric Energy Center; 19 pp.
- Lockeretz W., (1983). Energy implications of conservation tillage. J Soil Water Conserv;38:207–11.
- Marland G, West TO, Schlamadinger B, Canella L. (2003). Managing soil organic carbon in agriculture: the net effect on greenhouse gas emissions. Tellus; 55B :613 – 21.
- McDougall J, Phillips M., (2003). The impact of agricultural biotechnology on the conventional agricultural market. In: Kalaitzandonakes NG, editor. The economic and environmental impacts of agbiotech: a global perspective. New York: Kluwer Academic Publishing/Plenum; p. 19– 41.
- Mrini M, Senhaji F, Pimentel D., (2002). Energy analysis of sugar beet production under traditional and intensive farming systems and impacts on sustainable agriculture. J Sustain Agric;20:5– 28.
- Odum HT., (1998). Self organization, transformity and information. Science;242:1132– 9.
- Öztürk H, Yaşar B, Eren Ö., (2015). Tarımda enerji kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynakları [www.zmo.org.tr/resimler/ekler/ce30eeb956b8bbd\\_ek.pdf](http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/ce30eeb956b8bbd_ek.pdf)
- Öztürk, H., (2011). Bitkisel Üretimde Enerji Yönetimi. Hasad yayıncılık.
- Pimentel D., (1992). Energy inputs in production agriculture. Energy World Agric;6:13– 29.
- Rhoton FE, Tyler DD., (1990). Erosion-induced changes in the properties of a Fragipan soil. Soil Sci Soc Am J; 54:223–8.
- Sabah, M., (2010). Söke Ovasında İkinci Ürün Yağlık Ayçiçeği Üretiminde Enerji Kullanımı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.



- Schlesinger WH., (1997). Biogeochemistry: an analysis of global change. California:Academic Press;
- Schrock MD, Kramer JK, Clark SJ., (1985). Fuel requirements for field operations in Kansas. Trans ASAE;28:669– 874.
- Shelton DP, Von Burgen K, Al-Jiburi AS., (1980). Nebraska on-farm fuel use survey. Trans ASAE;23:89– 92.
- Smith SV, Renwick WH, Buddemeir RW, Crossland CJ., (2001). Budgets of soil erosion and deposition for sediments and sedimentary organic carbon across the conterminous USA. Glob Biogeochem Cycles;15:697–707.
- Southwell PH, Rothwell TM., (1997). Analysis of output/input energy ratios of food production in Ontario. Contract Serial OSW76-00048. School of Engineering, Univ. of Guelph, Ontario;
- Stout BA., (1984). Energy use and management in agriculture. Massachusetts:Breton;
- Stout BA., (1990). Handbook of energy for world agriculture. New York: Elsevier; 504 pp.
- Swanton CJ, Clements DR, Derksen DA., (1993). Weed succession under conservation tillage: a hierarchical framework for research and management. Weed Technol;7:286– 7.
- Swanton CJ, Murphy SD, Hume DJ, Clemens DR., (1996). Recent improvements in the energy efficiency of agriculture: case studies from Ontario, Canada. Agric Syst;52:399– 418.
- Ulgati S, Brown MT., (1998). Monitoring pattern of sustainability in natural and man-made ecosystems. Ecol Model;23–36.
- West TO, Marland G., (2002). A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. Agric Eco Environ;91:217– 32.

## MİKRODALGA ENERJİSİNİN AYVA DİLİMLERİNİN KURUTULMASINA ETKİSİ\*

Soner ÇELEN<sup>1</sup>, Serhat KUŞ<sup>2</sup>

### ÖZET

Bu çalışmada, 4 mm kalınlıklarındaki ayva dilimlerinin laboratuvar tipi bantlı mikrodalga kurutucudaki kuruma davranışları incelenmiştir. Farklı mikrodalga güçlerinin (2000 ve 2800W) ve farklı bant hızlarının (0,175, 0,210 ve 0,245 m/dk) kuruma süresi, renk değişimi ve enerji tüketim değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ürünlerin, kurutmanın belirli bir anındaki nem içeriğini belirlemek amacıyla Newton, Page, Henderson ve Pabis, Geometric, Wang ve Singh, kuruma modelleri birbiri ile karşılaştırılmıştır. Bu modellerin performansları gözlemlenen ve tahmini nem oranları arasında korelasyon katsayısı değeri (r), tahmini standart hatası (e<sub>s</sub>) ve kalanların kareleri toplamına ( $\chi^2$ ) göre karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tüm kuruma şartları için Page Modelinin, ürünlerin kuruma davranışını diğerlerinden daha iyi açıkladığı belirlenmiştir. Ayrıca 4 mm kalınlığındaki ayva dilimlerinin %11,05±1 (y.b.) seviyelerine kadar kurutulması için gerekli süre ve sistemin elektrik enerjisi tüketimi değerleri bakımından en uygun sonuçları yine, 2800 W mikrodalga gücünde ve 0,175 m/dk bant hızında yapılan kurutma işlemi verdiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ayva, Mikrodalga Kurutucu, Konveyör, Modelleme, Page Model

## EFFECT OF MICROWAVE ENERGY TO THE DRYING OF QUINCE SLICES

### ABSTRACT

In this study, drying behaviors of quince slice thickness of 4 mm were investigated in the laboratory type band microwave dryer. Different microwave powers (2000 and 2800W), and different belt speeds (0.175, 0.210 and 0.245 m / min) were investigated the effects on drying time, color change and energy consumption values. , Drying models as Newton, Page, Henderson and Pabis, Geometric, Wang and Singh to determine the moisture content in a given instant were compared with each other. Performance of this models was compared of observed and predicted moisture ratio between according to the coefficient of determination (r), standard error of estimate (e<sub>s</sub>) and sum of square ( $\chi^2$ ). According to the results obtained for all the drying conditions, Page Model was determined better than others to explain the behavior of the drying of the product. In addition, when the drying time and energy consumption taken into account, optimal results are at 2800 W microwave power and 0.175 m / min belt speed.

**Keywords:** Quince, Microwave Dryer, Conveyor, Modelling, Page Model

---

\* Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, NKUBAP.00.17.YL.14.01

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Namık Kemal Üniversitesi, scelen@nku.edu.tr

<sup>2</sup> Namık Kemal Üniversitesi, serhat848484@hotmail.com

## Giriş

Günümüzde endüstrilerin birçok uygulamasında, tekstil, gıda sektörü, kimya, biyomedikal ve metalürji alanlarında ve tıpta bazı hastalıkların tedavisinde elektromanyetik dalgalar kullanılmaktadır. Elektromanyetik enerji kullanılmasının çeşitli üstünlükleri yanında, optimum şartlarda klasik enerji sistemlerine nazaran enerji ve zaman tasarrufu elde edilmesi bu konudaki çalışmaların önemini daha da arttırmıştır. Elektromanyetik dalgalardan olan mikrodalgaların suyu ısıtma etkisinin fark edilmesiyle birçok ısıtma ve kurutma konusunda etkinlikleri ve kullanılabilirlikleri araştırılmaya başlanmıştır (Çelen vd., 2015).

Mikrodalgalar 300MHz-300GHz frekans aralığında olan elektromanyetik dalgalardır (Oktay, 2004). Mikrodalganın ısıtma etkisi, enerjinin dielektrik bir malzeme tarafından yutulması ve bu madde tarafından emilmesi sonucu sıcaklığının artması şeklinde açıklanabilir. Mikrodalga alanındaki ısı üretimini açıklayan iyonik polarizasyon ve dipol rotasyon gibi iki önemli mekanizma vardır (Çalışkan 2012). Mikrodalga ile ısıtma sistemlerinde elektromanyetik enerji direkt madde içerisinde su moleküllerinin saniyede milyonlarca kez titreşmesi ile ısıya dönüşür. Bu titreşim ve oluşan enerji materyal içindeki nemin oldukça hızlı bir şekilde buharlaşmasını sağlamaktadır (Eren vd., 2005). Bu nedenle mikrodalga ile ısıtmada ısı konvansiyonel sistemlerin tam tersine maddenin içinden dışarıya doğru taşınır. Mikrodalga ile kurutmada, ısı materyalin içine doğrudan nüfuz ettiği için geleneksel kurutma sistemlerine göre kurutma işlemi daha hızlı olur ve süre daha da kısadır (Özsoy, 2015). Bu yöntemde dielektrik özellikleri, materyal kütlesi, özgül ısısı, geometrisi, ısı kayıp mekanizması ve materyal içinde üretilen güç ve mikrodalga sisteminde üretilen güç verimliliği temel parametreler olarak dikkate alınmaktadır (Eren vd., 2005).

Mikrodalga kurutucular; Kurutma işleminde mikrodalga enerjisinin kullanıldığı kurutuculardır. Mikrodalga enerjisi doğrudan kurutulacak maddeye etkimekte ve bu durum enerji kayıplarını aşağıya çekmektedir. Mikrodalga kurutucular giderek yaygınlaşmakta olup gelişen teknoloji ile birlikte mikrodalga ile çalışan kurutucuların kullanım alanları da artmaktadır.

Bu tezde amaç, mikrodalga bantlı kurutucuda Ayva (*Cydonia oblonga*) dilimlerini kurutmak suretiyle, mikrodalga ile kurutmanın genel olarak meyvelerin kalitesi üzerine etkisini araştırmak, bu etkiyi sağlayan önemli parametreler hakkında temel bilgiyi geliştirmektir. Ayrıca toplam kurutma zamanını ve enerji tüketimini düşürecek bir kontrol yapısı oluşturmak, doğrusal olmayan bir kurutma sürecinin matematiksel modelini geliştirmektir.

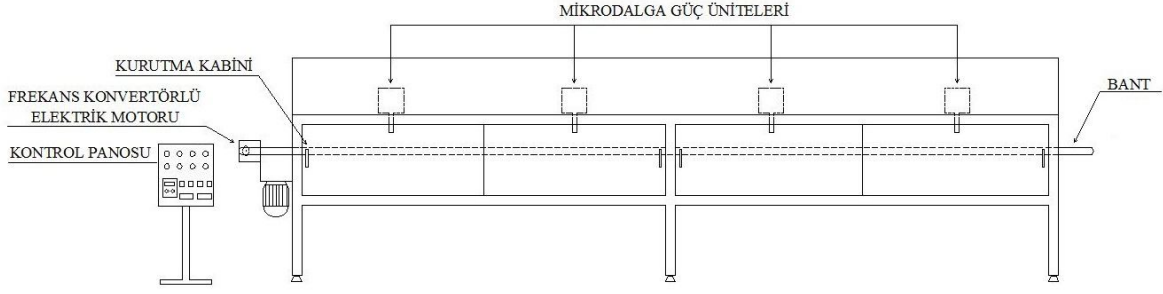
## Materyal ve Yöntem

Türkiye 'de yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ayva (*Cydonia oblonga*) kurutma denemelerinde kullanılmıştır. Ayvalar, Tekirdağ ilinden, yerel marketten temin edilerek kurutma işlemine tabi tutulana kadar +4°C deki buzdolabında bekletilmiştir. Şekil 1' de denemelerde kullanılan ayvanın örnek fotoğrafı bulunmaktadır.



Şekil 1: Çalışmalarda kullanılan Ayva örneği

Kurutma işleminde, Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde bulunan ve Şekil 2' de gösterilen bantlı mikrodalga kurutucu kullanılmıştır (Kuş, 2016).



Şekil 2: Mikrodalga bantlı kurutucunun şematik resmi

Ayvanın kurutulacağı mikrodalga bantlı kurutucu; kurutma tüneli, dört adet mikrodalga güç ünitesi, teflon bant, elektrik motoru ve kontrol panosundan oluşmaktadır. Kurutma tünelinin uzunluğu 3,5 m genişliği 0,5 m'dir. Her bir mikrodalga güç ünitesi 700 W gücünde olup (toplam kurutucu gücü 2800 W) kontrol panosu vasıtası ile ısıtma güçleri 90, 120, 350, 500, 700 W değerleri arasında ayarlanabilmektedir. Magnetronlar arası mesafe 0,9 m olup kurutma tünelinin başından ve sonundan 0,4 m mesafede uzaktan dizilmeye başlanmıştır. Bandın ilerleme hızı ve dönüş yönü, elektrik motorunu kontrol eden ve kontrol panosu içinde bulunan invertör ile ayarlanabilmektedir. Ayrıca kontrol panosu üzerinde, saatteki elektrik tüketiminin belirlenmesini sağlayan Köhler marka elektrik sayacı bulunmaktadır (Kuş, 2016).

### Yöntem

#### Kurutma denemelerinin yapılması

Kurutma işlemlerine geçmeden önce ayvalar yıkanıp kabukları soyulmuş ve çekirdek kısımları çıkarılarak ayvalar 4 mm kalınlıkta dilimlenmiştir ve herhangi bir ön işlem uygulanmamıştır. Ürünlerde tazelik, renk, doku vb. kayıpların olmaması açısından deneylerde ayvalar tek tek kullanılarak dilimlenmiştir. Deney öncesinde ayva dilimlerinin başlangıç nem değerlerinin hesaplanabilmesi için etüvde 105°C 24 saatte kurutma yapılmıştır. Ayrıca kurutma işlemi yapılacak taze ürünlerin her birinin renk ölçümleri alınmıştır.

Ayva dilimleri kurutma tünelinin başlangıcına sırası ile konulmuş, banda hareket verilmiş ve mikrodalga güç üniteleri çalıştırılmıştır. Ayva dilimleri kurutma tünelinin sonuna geldiklerinde, kontrol panosunda bulunan invertör aracılığı ile elektrik motoru kontrol edilerek bant ters yönde hareket ettirilmiştir. Deneyler tüm mikrodalga güç üniteleri açık konumdayken ve her biri, 500 ve 700 W güç seviyelerine getirilerek dört adet magnetron vasıtasıyla toplamda 2000 ve 2800 W mikrodalga güçlerinde ayrı ayrı yapılmıştır. Çalışmalar boyunca bant hızları 0,175 m/dk, 0,210 m/dk ve 0,245 m/dk olmak üzere üç farklı değere ayarlanmış, tüm dilim kalınlıkları için üç farklı bant hızı ve iki farklı mikrodalga gücünün kombinasyonlarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Tüm mikrodalga güçlerindeki denemelerde 3 dakikalık zaman aralıklarında kurutma işlemi gerçekleştirilmiş ve her 3 dakika sonunda hassas terazi ile ürünün ağırlığı ölçülerek nem kaybı bulunmuştur. Kurutma işlemlerinde ayva için %11,05±1 oluncaya kadar devam ettirilmiştir. Deneyler üç kez tekrarlanıp verilerin ortalamaları kullanılmıştır (Kuş, 2016).

#### Ürün neminin belirlenmesi

Kurutma işleminden önce ürünlerin başlangıç nemlerinin belirlenmesi amacıyla her bir dilim kalınlığı (4, 5 mm) için 3'er adet örnek alüminyum folyo içerisine koyularak 105°C sıcaklığındaki etüvde 24 saat süresince bekletilmiştir. Kurutma denemelerinde kullanılan ürünlerin nem içeriği yaş baza göre aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$m_y = \frac{m_s}{(m_s + m_k)} \quad (1)$$

Burada:

$m_y$ : yaş baza göre nem içeriği,

$m_s$ : ürünün yaş kütlesi (g),

$m_k$ : ürünün kuru kütlesi (g).

Ürünlerin ilk nem ve son nemlerinin yanı sıra kurutma işlemi boyunca değişen nem içeriği değerleri de aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$mr = \frac{m - m_e}{m_0 - m_e} \quad (2)$$

Burada:

- mr: boyutsuz nem oranı,
- m: ürünün belli bir zamandaki nem içeriği (g.su/g.katı madde),
- m<sub>e</sub>: denge nem içeriği,
- m<sub>0</sub>: ilk nem içeriği.

Mikrodalga fırın içinde denge nem içeriği (m<sub>e</sub>) sıfır kabul edilmiştir (Maskan, 2000).

$$mr = m / m_0 \quad (3)$$

### Renk tayini

Ayva dilimlerinin kurutulması sırasında, kurutma koşullarının ürünler üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, taze ve kurtulmuş ürün örneklerinin renk ölçümleri yapılmıştır. Renk ölçümü uluslararası L\*a\*b\* sistemine göre Hunter Lab D25LT (USA) cihazı ile yapılmıştır.

### Kuruma eğrilerinin matematiksel modellenmesi

Çizelge 1’de, literatürde mevcut beş tip kurutma modeli ve ilgili denklemler verilmektedir. Bu çalışmada elde edilen deneysel veriler beş tip model denkleminde kullanılarak model verileri ve çalışmada elde edilen deneysel neticeler arasında grafiksel karşılaştırmalar yapılmıştır. Standart sapma (es), teorik ve deneysel değerler arasındaki sapmayı göstermektedir. Bu değerın sıfıra yakın olması modelin daha etkin olduğunu belirtmektedir.

Ayrıca uyumun iyilik derecesini gösteren  $\chi^2$  değerinin azalması da uyumun arttığını belirtmektedir. Bunların yanında deneysel verileri açıklayan modelin, modelleme yeterliliği değerinin (korelasyon katsayısının) 1’e yakın olması modelin kullanılabilirliğinin göstergesidir.

**Çizelge 1:** Deneysel sonuçlarının karşılaştırılmasında kullanılan kurutma modelleri (Cihan ve ark. 2007)

Model	Model denklemi
Newton	$mr = \exp(-kt)$
Page	$mr = \exp(-kt^n)$
Henderson and Pabis	$mr = a \exp(-kt)$
Geometric	$mr = at^{-n}$
Wang and Singh	$mr = 1 + at + bt^2$

$$r = \frac{n_o \sum_{i=1}^{n_o} mr_{pre,i} mr_{exp,i} - \sum_{i=1}^{n_o} mr_{pre,i} \sum_{i=1}^{n_o} mr_{exp,i}}{\sqrt{n_o \sum_{i=1}^{n_o} (mr_{pre,i})^2 - \left( \sum_{i=1}^{n_o} mr_{pre,i} \right)^2} \sqrt{n_o \sum_{i=1}^{n_o} (mr_{exp,i})^2 - \left( \sum_{i=1}^{n_o} mr_{exp,i} \right)^2}} \quad (4)$$

$$e_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_o} (mr_{pre,i} - mr_{exp,i})^2}{n_o}} \quad (5)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_o} (mr_{pre,i} - mr_{exp,i})^2}{n_o - n_c} \quad (6)$$

Yukarıdaki denklemlerde:

r: korelasyon katsayısı,

$e_s$ : standart sapma,

$\chi^2$  : ki-kare,

$mr_{exp}$ : deney sonucu elde edilen boyutsuz nem oranı,

$mr_{pre}$ : uygun modelde elde edilen boyutsuz nem oranı,

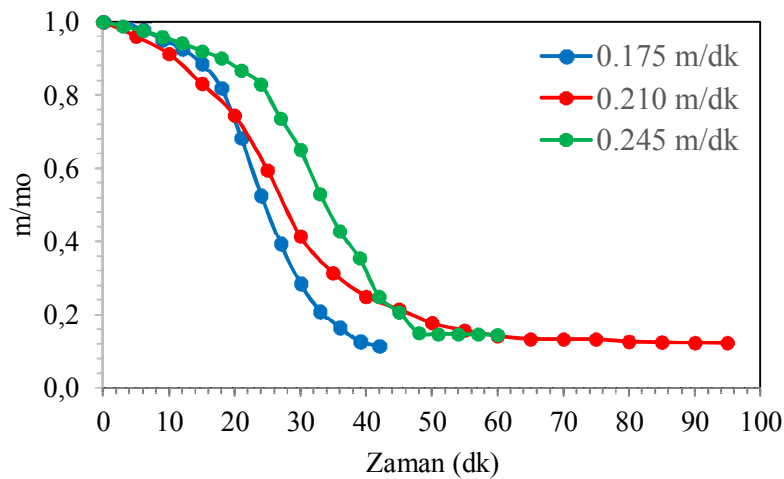
$n_o$ : gözlem sayısı,

$n_c$ : kurutma modelindeki sabitlerin sayısı.

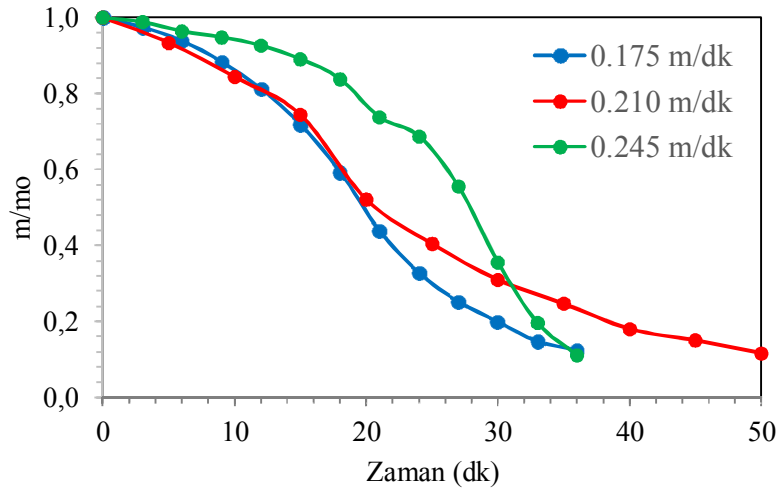
Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Kuruma sabitlerinin hesaplanmasında doğrusal olmayan regresyon analizi yapan XLSTAT bilgisayar programı kullanılmıştır.

### Bulgular

Farklı boyutlarda dilimlenmiş patates örneklerinin kuruma karakteristikleri Şekil 3 - 4 'de verilmiştir. Görüldüğü gibi kuruma süresi, kurutma mikrodalga gücünden etkilenmekte, kurutma gücünün yükselmesine bağlı olarak nem kaybı hızlanmakta ve kuruma süresi kısalmaktadır. Aynı zamanda bant hızının azalması ve dilim kalınlığının azalması ile de kuruma süresinde değişimler söz konusudur. Bunun sebebi ürün içindeki nemin homojen olmaması, ısı enerjisinin iç kısımlarda daha çok oluşması ve mikrodalga enerjisinin bant hızından kaynaklanan ürün ile etkileşiminin değişken olması kuruma sürelerinde farklılık göstermektedir. Bant hızı ile kuruma zamanları arasında ilişki kurmak tam anlamıyla söylenemez. 2000W mikrodalga gücü için bant hızına göre sırasıyla 39, 95 ve 57 dakikada, 2800W mikrodalga gücü için sırasıyla 39, 50 ve 36 dakikada kuruma işlemleri gerçekleşmiştir.



Şekil 3: 4 mm kalınlığındaki ayva dilimleri ve 2000 Watt güç için kuruma eğrileri



Şekil 4: 4 mm kalınlığındaki ayva dilimleri ve 2800 Watt güç için kuruma eğrileri

#### Renk analizi

Taze ürün ile kurutulan ürünlerdeki renk değişimlerinin belirlenmesi amacıyla her bir deney şartında kuruma öncesi ve sonrası 5 tekrarlı renk ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.

Mikrodalga kurutucuda kurutulan 4 mm kalınlığındaki ayva dilimlerinin renk parametreleri Çizelge 2' de verilmiştir. Kurutulan ürünlerin renk parametreleri taze ürünün renk parametreleri ile karşılaştırılıp renk kayıpları tespit edilmiştir. Mikrodalgada kurutmada parlaklık ( $\Delta L$ ) için en fazla kayıplar 0,210 m/dk bant hızında ve 2000 W güçte görülmüştür. Aşırı ısınma nedeniyle üründe yanmalar, dolayısıyla kararmalar görülmektedir. Bu istenmeyen bir durumdur.

Çizelge 2: 4 mm kalınlığındaki ayva dilimlerine ait renk parametreleri

	Renk Parametreleri									
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C$	$\alpha$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta E$	
Taze Ürün	50,19	7,17	20,45							
<b>Deney Koşulu</b> <b>(Bant Hızı - Güç)</b>										
0,175 m/dk - 2000 W	55,06	15,5	26,91	31,07	1,047	-8,37	-6,46	-4,87	11,6407	
	Renk Parametreleri									
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C$	$\alpha$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta E$	
Taze Ürün	64,88	0,29	22,83							
<b>Deney Koşulu</b> <b>(Bant Hızı - Güç)</b>										
0,175 m/dk - 2800 W	41,29	15,3	19,83	25,05	0,913	15,03	3	23,59	28,1316	
	Renk Parametreleri									
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C$	$\alpha$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta E$	
Taze Ürün	64,56	0,86	25,39							

<b>Deney Koşulu (Bant Hızı - Güç)</b>									
0,210 m/dk - 2000 W	36,56	12,6	23,01	26,26	1,067	-11,8	2,38	28	30,4779
<b>Renk Parametreleri</b>									
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C$	$\alpha$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta E$
Taze Ürün	64,56	0,86	25,39						
<b>Deney Koşulu (Bant Hızı - Güç)</b>									
0,210 m/dk - 2800 W	49,37	7,21	23,82	24,88	1,276	-6,35	1,57	15,19	16,5385
<b>Renk Parametreleri</b>									
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C$	$\alpha$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta E$
Taze Ürün	74,09	0,73	21,23						
<b>Deney Koşulu (Bant Hızı - Güç)</b>									
0,245 m/dk - 2000 W	50,48	13,6	26,4	29,69	1,095	-12,8	-5,17	23,61	27,3824
<b>Renk Parametreleri</b>									
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C$	$\alpha$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta L$	$\Delta E$
Taze Ürün	56,45	2,94	25,98						
<b>Deney Koşulu (Bant Hızı - Güç)</b>									
0,245 m/dk - 2800 W	51,33	15,3	25,7	29,91	1,033	-12,37	0,28	5,12	13,3907



Şekil 5: Kurutulan 4 mm kalınlığındaki ayva diliminin kurutma sonrası durumu

#### Mikrodalgada kurutmada enerji tüketimi ve kuruma süreleri

Mikrodalgada kurutma sırasındaki enerji tüketimi kontrol panosunda bulunan sayaç sayesinde test başlangıç ve bitişlerinde kaydedilmiştir. Toplam tüketim değerleri Çizelge 3' de verilmiştir. Çizelge 3' den görüldüğü gibi mikrodalgada gücü azaldıkça tüketilen enerji de bir artışa söz konusu olmaktadır.



Çizelge 3: 4 mm kalınlığındaki ayva dilimlerine ait tüm tüm parametreler

	Toplam Süre (dk)	Başlangıç Kütle (g)	Son Kütle (g)	Başlangıç Nem İçeriği (%)	Son Nem İçeriği (%)	Enerji Tüketimi (kWh)
0,175 m/dk - 2000 W	39	14,44	2,73	81,7	10,3	2,144
0,175 m/dk - 2800 W	36	23,02	4,68	81,7	10,2	1,370
0,210 m/dk - 2000 W	95	17,45	3,30	83	10,2	2,600
0,210 m/dk - 2800 W	50	16,2	2,99	83,3	9,7	2,193
0,245 m/dk - 2000 W	57	14,42	2,99	81,7	11,9	1,870
0,245 m/dk - 2800 W	36	14,44	2,90	81,7	9,1	1,399

Aynı şekilde, kuruma süreleri dikkate alındığında yüksek mikrodalga güçlerinde sürelerin kısaldığı, düşük güçlerde ise arttığı görülmektedir. Bant hızının kuruma süresine etkisi açısından bir karşılaştırma yapılırsa; yüksek bant hızlarında kuruma süresinin arttığı, düşük hızlarda azaldığı ölçülmüştür.

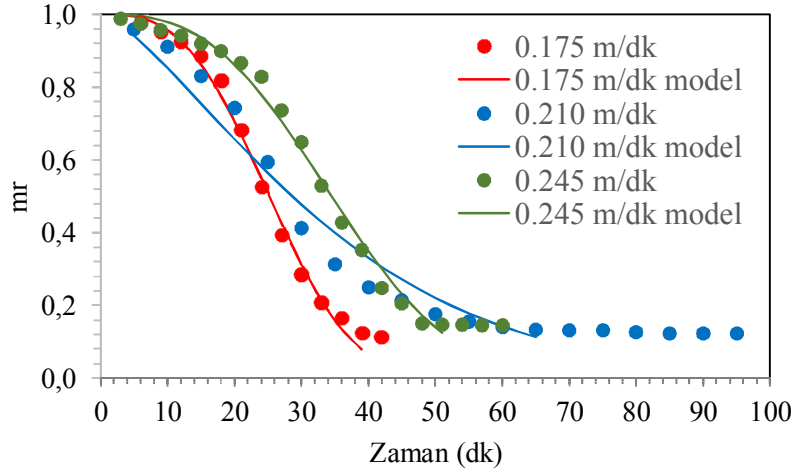
#### Kuruma davranışlarının modellenmesi

Kurutulan ayva dilimlerinin kuruma davranışını ifade etmede Çizelge 1’de verilen modeller kullanılmış ve bu modellerin kurutucu güçlerine göre istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4-5’de verilmiştir.

Çizelge 4: 2000 watt güçte yapılan kurutma işlemine ait modellerin analiz sonuçları

Model	Bant Hızı	Sabitler	r	e <sub>s</sub>	χ <sup>2</sup>
Henderson and Pabis	0,175 m/dk	a=1,3281449 / k= 0,0410852	0,8643	0,1333	0,0178
	0,210 m/dk	a=1,2418541 / k= 0,03361104	0,96	0,0624	0,0039
	0,245 m/dk	a=1,2918601 / k= 0,02962892	0,8647	0,1309	0,0171
Geometric	0,175 m/dk	a= 1,9847524 / n=0,42898523	0,6128	0,2228	0,0497
	0,210 m/dk	a= 3,2929296 / n=0,640065	0,8189	0,1348	0,0182
	0,245 m/dk	a= 1,9919764 / n=0,39758516	0,5867	0,2265	0,0513
Wang and Singh	0,175 m/dk	a=-0,0041357 / b= -0,000545	0,9613	0,0712	0,0051
	0,210 m/dk	a= -0,022617 / b= 0,0001412	0,9681	0,0706	0,005
	0,245 m/dk	a= -0,006077 / b= -0,0002064	0,9456	0,083	0,0069
Newton	0,175 m/dk	k= 0,02826369	0,8999	0,1735	0,0301
	0,210 m/dk	k= 0,02698514	0,9476	0,0857	0,0073
	0,245 m/dk	k= 0,02144866	0,896	0,165	0,0272
Page	0,175 m/dk	k= 0,0000 / n= 2,9786444	0,994	0,028	0,0008
	0,210 m/dk	k= 0,0063202 / n= 1,399856	0,9571	0,0677	0,0046
	0,245 m/dk	k=0,0000 / n= 2,8194694	0,9894	0,0373	0,0014

Sonuçlardan da görülebileceği gibi ele alınan modeller içerisinde deneysel veriler ile en iyi uygunluğu Page modeli vermektedir. Bu modele dayalı olarak kuruma eğrileri farklı bant hızları için Şekil 6-7'de çizilmiştir.

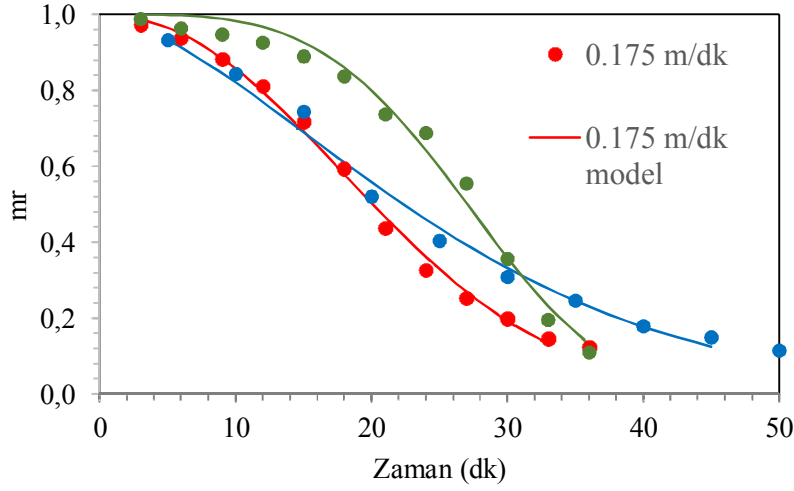


Şekil 6: 4 mm dilim kalınlığı ve 2000 Watt kurutma gücü için Page modeline dayalı kuruma eğrileri

Şekil 6'dan da görülebileceği gibi model sonuçları ile deneysel veriler arasında oldukça iyi bir uygunluk söz konusudur.

Çizelge 5: 2800 Watt güçte yapılan kurutma işlemine ait modellerin analiz sonuçları

Model	Bant Hızı	Sabitler	r	e <sub>s</sub>	χ <sup>2</sup>
Henderson and Pabis	0,175 m/dk	a=1,29497859 / k= 0,0516691	0,9303	0,0921	0,0085
	0,210 m/dk	a=1,256551 / k= 0,0445496	0,9774	0,0489	0,0024
	0,245 m/dk	a=1,268305 / k= 0,03434459	0,7849	0,1529	0,0234
Geometric	0,175 m/dk	a=2,0468115 / n=0,5067677	0,713	0,1846	0,0341
	0,210 m/dk	a=2,962906 / n=0,6348704	0,8348	0,1324	0,0175
	0,245 m/dk	a= 1,7549795 / n=0,3504944	0,5349	0,2232	0,0498
Wang and Singh	0,175 m/dk	a=-0,0188109 / b=-0,0002247	0,965	0,0678	0,0046
	0,210 m/dk	a=-0,025516 / b= 0,0001406	0,9749	0,0596	0,0036
	0,245 m/dk	a= 0,00529 / b= -0,0008535	0,9896	0,0339	0,0011
Newton	0,175 m/dk	k= 0,03797227	0,9531	0,1308	0,0171
	0,210 m/dk	k= 0,03470697	0,9835	0,0863	0,0074
	0,245 m/dk	k= 0,023468220	0,822	0,1788	0,032
Page	0,175 m/dk	k=0,00106487 / n= 2,158826	0,9955	0,0233	0,0005
	0,210 m/dk	k=0,00529218 / n= 1,569634	0,9905	0,0316	0,001
	0,245 m/dk	k=0,0000 / n= 3,751765	0,9904	0,0368	0,0014



**Şekil 7:** 4 mm dilim kalınlığı ve 2800 Watt kurutma gücü için Page modeline dayalı kuruma eğrileri

Şekil 7' den de görülebileceği gibi model sonuçları ile deneysel veriler arasında oldukça iyi bir uygunluk söz konusudur.

### Sonuçlar

Araştırmada, 4 mm kalınlığındaki ayva dilimlerinin %11,05±1 (y.b.) seviyelerine kadar kurutulması için gerekli süre ve sistemin elektrik enerjisi tüketimi değerleri bakımından en uygun sonuçları yine, 2800 W mikrodalga gücünde ve 0,175 m/dk bant hızında yapılan kurutma işlemi vermiştir. Tüm dilim kalınlıkları için mikrodalga gücünün artırılması kuruma süreleri ve enerji tüketimlerini azaltmıştır. Bant hızı değişiminin kurutma işlemine etkilerine bakıldığında artan bant hızı değerlerinin genelde kuruma sürelerini arttırdığı görülmüştür. Mikrodalga gücü artışının elektrik tüketimi ve kuruma süresinde azalma oluşturmasına rağmen kalite değerlerinde herhangi bir belirleyici etkisi olmamıştır.

Kurutulan ayva dilimleri renk açısından incelendiğinde, aynı bant hızında ayva dilimleri için 2800 W toplam mikrodalga gücü ile çalışma koşullarına ait renk faktörlerinin genelde, ürünün taze rengine en yakın sonuçları verdiği görülmektedir. Mikrodalga gücünün yükselmesi ile genel olarak renk kalitesinde iyileşmeler olmuştur. Renk kalitesi açısından bakıldığında 4 mm kalınlığındaki ayva dilimleri için ise en iyi sonuç 0,175 m/dk bant hızı ve 2000 W mikrodalga gücünde görülmüştür. Her iki çalışmada da renk kalitesi açısından en iyi sonucu 0,175 m/dk bant hızında elde edilmiştir.

Ayrılabilir nem oranının tahmin edilmesinde kullanılabilecek Newton, Page, Henderson ve Pabis, Geometric, Wang and Singh modellerinde yer alan a, k, n, b katsayılarına mikrodalga gücü ve bant hızının etkisi çoklu regresyon yöntemi ile incelenmiş ve incelenen kuruma modellerinin katsayılarını mikrodalga gücü ve bant hızına bağlı olarak en yüksek r değeri ile tahminleyen en çok üç terimli modeller oluşturulmuştur. Analizler sonucunda yapılan tüm deney koşullarında kuruma kinetiklerini en iyi tahminleyen model "Page" kuruma modeli olarak seçilmiştir.

### Öneriler

Sonuç olarak, bantlı mikrodalga kurutucu ile kurutma uygulamalarında mümkün olduğunca düşük bant hızı ile çalışmasının kalite kriterleri açısından daha yararlı olacağı söylenebilir. Yüksek bant hızlarında ise yüksek mikrodalga gücünün renk kalitesi açısından daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Ancak uygun kurutma koşullarının belirlenebilmesi için kurutmanın yapılacağı sistemde magnetronların konumları, bant uzunluğu, kurutma kabini hacmi vb. teknik bazı düzenlemeler yapılması ile birlikte alınabilecek sonuçların doğruluğu artacaktır. Renk kalitesini ve homojen kurutmayı arttırabilmek için mikrodalga ile kombineli kurutma sistemli bir kurutucu yapılması da önerilir.

**Kaynakça**

- Çelen, İ. H., Çelen, S., Moralar, A., Buluş, H. N. Ve Önler, E. (2015). Mikrodalga bantlı kurutucuda patatesin kurutulabilirliğinin deneysel olarak incelenmesi, *Electronic Journal of Vocational Colleges- Special Issue: The Latest Trends in Engineering*, 5(4), 57-69.
- Cihan, A., Kahveci, K. ve Hacıhafizoğlu, O. (2007). Modelling of intermittent drying of thin layer rough rice. *Journal of Food Engineering*, 79, 293-298.
- Çalışkan, K. (2002). Mikrodalga Enerjisi ile Kurutma. Y.Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eren, Ö., Soysal, Y., Öztekin, S. ve Doğantan, Z.S. (2005). Mikrodalga sistemi ile donatılmış bir bantlı kurutucuda maydanoz kurutulması, III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, 2-4 Mayıs 2005, Antalya.
- Kuş, S. (2016). Mikrodalga Enerjisiyle Ayva Ve Armut Meyvesinin Kuruma Davranışı Ve Modellemesi, Yüksek lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Oktay, A. (2005). RF ve Mikrodalga Enerjisinin Endüstriyel Uygulamaları, 1.RF ve Mikrodalga Ölçüm Ulusal Çalıştayı, Gebze/Kocaeli.
- Özsoy E (2015) Mikrodalga Bantlı Kurutucuda Elma (Gala) Dilimlerinin Kuruma Davranışı. Y.Lisans Tezi,Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Maskan, M. (2000). Microwave/air and Microwave Finish Drying of Banana. *Journal of Food Engineering*, 44, 71-78.

## ASENKRON MOTORDA YAPAY SİNİR AĞLARI İLE DURUM KESTİRİMİ

Hıdır Selçuk NOĞAY<sup>1</sup>

### ÖZET

Asenkron motorun çalışması esnasında oluşabilecek arızaların anlık olarak tespit edilebilmesi, motorun görev yaptığı sistemin kusursuz çalışması açısından son derece önem arz etmektedir. Bu çalışmada, üç fazlı kafesli bir asenkron motorda arızaların tespit edilebilmesi için yapay sinir ağları (YSA) modeli kullanılmıştır. Belirli bir zaman aralığı için asenkron motorun titreşim verileri alınarak veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri setinin % 80 i ile model eğitilmiş, %10 u ile model test edilmiştir. Yapay sinir ağı modelinin test edilmesi sonucunda % 98,8 oranında bir tahmin oranı elde edilmiş ve ANN modelinin çıkışı ile hedefin birbirleri ile örtüştüğü görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları (YSA), Arıza, Asenkron Motor, Titreşim.

## PREDICTION OF STUATION IN AN INDUCTION MOTOR WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

### ABSTRACT

Instantly detection of faults that may occur during the operation of induction motors is extremely important for the flawless operation of the system in that the motor running. In this study, artificial neural network (ANN) model was used in order to detect the faults of a three-phase squirrel cage induction motor. Data set has been created with vibration data on the induction motor for a specific time interval. The model trained with 80% of the generated data set and tested with 10% of the data set. As a result of testing the artificial neural network model; an estimated rate of 98.8% was obtained and in addition, the target and output of the ANN model found to be very close to each other.

**Keywords:** Artificial Neural Network (ANN), Fault, Induction Motor, Vibration

---

<sup>1</sup> Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, nogay@erciyes.edu.tr

## Giriş

Endüstride hala en fazla kullanılan motor tiplerinden birisi asenkron motorlardır. Genellikle sürücü sistem ile birlikte çalışan asenkron motorlarda arıza tespiti hem sanayi açısından hem de tüketicinin ihtiyaçları açısından büyük bir öneme sahiptir. Asenkron motorun arızasının önceden bilinmesinin yanısıra sistemin ve sistemden kaynaklanan arızaların bilinmesi de son derece önemlidir. Asenkron motorlarda arızalar iki grupta incelenir. Birinci grup mekaniksel arızalardır. İkinci grup ise elektriksel arızalardır. Elektriksel arızalarda kendi içinde birçok çeşitte ifade edilebilir. Bu çalışmada bahsedilen arızalar basit elektriksel arızalardır (Hakan ve Kıyas , 2007).

Yapay sinir ağları yöntemi güncelliğini bugün bile devam ettiren ve birçok problemin çözümünde geniş bir kullanım alanı olan matematiksel bir yöntemdir. Yapay sinir ağları başlıca; sınıflandırma, modelleme ve tahmin uygulamaları olmak üzere, pek çok alanda kullanılmaktadır. Tahmin amaçlı kullanılacak bir yapay sinir ağı modelinde, başarılı bir tahmin için veri setininin doğruluğu ve çeşidi çok önemlidir (Ashwani ve Amar, 2016; Chine vd., 2016). Yapay sinir ağı modeli eğitilir ve öğrenir. Modelin öğrenmesi için veri setindeki giriş verilerinin sayısı ne kadar fazla olursa, modelin sistemi tanıma oranı da o kadar fazla olur (Çetin, 2003;Ercan, 2006; Vasif, 2005). Modelin sistemi çok iyi tanması ile çok doğru tahminler elde etmek mümkün olmaktadır. Öte yandan veri setinin fazlalığı ve giriş sayısının fazla oluşu yapay sinir ağı modelinin hem eğitim sürecini uzatır hemde modelin yavaşlamasına neden olur (Cemalettin, 2012).

Bu çalışmada özellikle otomasyon sistemlerinde çok sık kullanılan asenkron motorda ve onu çalıştıran sürücüde olması muhtemel arızaların yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak yüksek oranda tahmin edilmesi hedeflenmiştir.

## Yöntem

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde aşağıdaki yol izlenmiştir.

1. Veri setinin elde edilmesi
2. Yapay sinir ağı mimarisinin seçimi
3. Yapay sinir ağı modelinin eğitilmesi
4. Sonuçların elde edilmesi

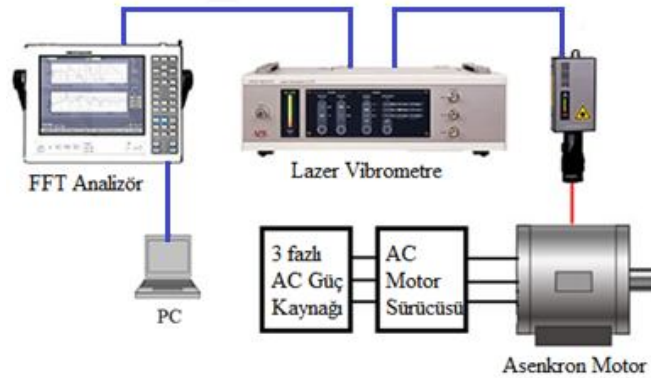
### Veri setinin elde edilmesi

Çalışmada kullanılan veri setinin elde edilebilmesi için aşağıdaki adımlar takip edilmiştir.

1. Asenkron motorun genel çalışma ortamı kurulmuştur. Bu ortamda güç kaynağı, AC sürücü sistem, üç fazlı asenkron motor ve lazer titreşim ölçer bulunmaktadır. Düzenekte kullanılan üç fazlı kafesli asenkron motorun etiket değerleri aşağıda verilmektedir. Şekil 1 de deney ortamının şeması gösterilmektedir

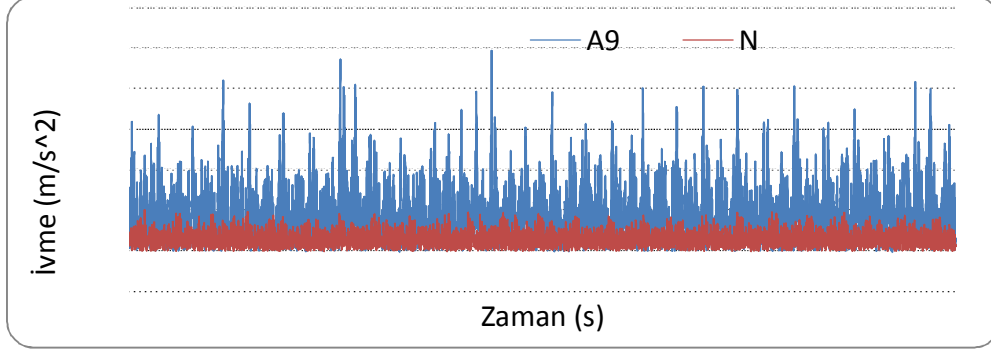
Üç fazlı kafesli asenkron motorun etiket bilgileri:

3 Fazlı, Yıldız bağlı, 50 hz, 2800 d/d,  $\cos\phi = 0,83$   $P = 0,37$  kW,  $\Delta/Y = 220/380$ ,  $I = \Delta 1,7$  A / Y 1 A



Şekil 1: Deney düzeneği

Asenkron motorun çalışma ortamında olabilecek üç adet arıza seçilmiş ve her arıza durumu için motor tekrar çok kısa süre çalıştırılmıştır. Burada dikkat edilecek husus motor çalışır durumda iken arızalı durumun oluşturulmasıdır. Motorun yüksüz durumdaki çalışması esnasında arızalı durum oluşturulduktan sonra motor çalıştırılmaya devam edilmiştir. Motorun çalışması esnasındaki motor titreşimleri ivme olarak ölçülüp 0.0000610352 saniyelik örnekleme zamanı ile PC ye aktarılmıştır. Şekil 2 de motorun 0,25 saniye çalışmasından ölçülen, arızalı durum (A9 arızası) ve sağlıklı çalışma durumları için titreşim grafikleri gösterilmektedir (Bimal, 2002).



**Şekil 2:** Asenkron motordan alınan titreşim verileri

2. Çalışmada kaydedilen titreşim verisi 4095 adettir. Bu titreşim verisi m/s<sup>2</sup> cinsinden ivmedir. Her bir titreşim verisinde, 3 tanesi arızalı durumlara ait ve bir tanesi de sağlıklı duruma ait 4 adet 80 veri ( 4x80 matrisi) kullanılmıştır. Veri seti oluşturulurken ki bu ilk kısım aşağıdaki Tablo 1 de gösterilmektedir.

**Tablo 1:** Veri seti oluşturulmadan önceki veri düzenlemesi

Data No	Arızalı			Sağlıklı
	A7	A8	A9	N
1	2,9419	4,2933	7,3041	1,6686
2	2,2047	4,859	6,7558	2,2789
3	3,1002	3,2749	8,5925	1,8252
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
77	3,1823	4,9612	8,9455	1,8235
78	3,3627	5,2473	8,4837	1,5306
79	2,7312	4,7834	6,9343	2,4832
80	3,6821	5,3292	8,4676	1,7920
Ortalama	3,1335	5,0725	7,3157	2,0082

3. Oluşturulan veri setinin ilk kısmında arızalı durumlar için kullanılan A7, A8, A9 ve sağlıklı durum için kullanılan N durumları için veri konfigürasyonu oluşturulmuştur. Tablo 3 de veri konfigürasyonu gösterilmektedir. Veri konfigürasyonu rastgele oluşturulmuş olup motorda olabilecek herhangi bir senaryodur. Bu senaryo aynı zamanda veri setinin giriş ve çıkışlarını hangi sıraya göre oluşturacağımızın da cevabıdır.

**Tablo 2:** Konfigürasyon ve numaralandırma

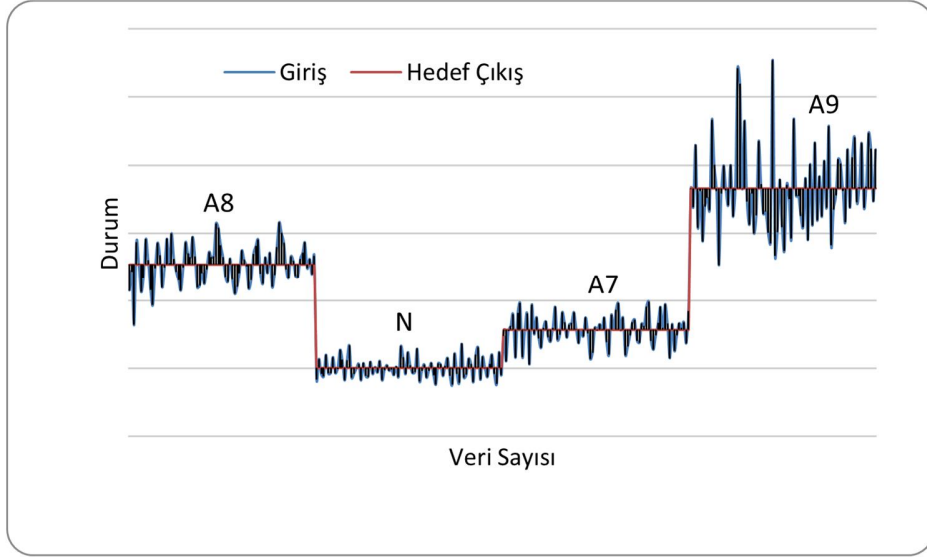
Konfigürasyon	Numaralandırma
A8	5,0725
N	2,0082
A7	3,1335
A9	7,3157

4. Motorun her durumu için Tablo 2 de gösterildiği gibi numaralandırma yapılmıştır. Bu numaralandırma her arıza durumuna ait olan 80 verinin ortalaması olarak belirlenmiştir. Verilen sayının Tablo 1 de belirtilen ortalamaları olarak belirlenmesinin herhangi bir nedeni yoktur. Burada önemli olan arızanın bir sayı ile temsil edilmesidir.
5. Konfigürasyon gereği arızalı duruma ait olan titreşim verileri birleştirilmek suretiyle YSA nın giriş ve çıkış verilerinden oluşan son veri seti elde edilir. Tablo 3 de YSA modelinde kullanılan veri setinin özeti gösterilmektedir. YSA modelini eğitmek de kullanılacak olan veri seti bir giriş ve bir çıkıştan oluşan 1x320 matrislidir. Konfigürasyon gereği elde edilen, veri seti ve ulaşılmak istenen çıkış grafiksel olarak Şekil 3' de gösterilmiştir.

**Tablo 3:** Modelde kullanılan veri setinin özeti

Veri No	Veri setinin ilk kısmı No	Giriş	Çıkış (Hedef)	Seneryo
1	1	4,2933	5,0725	A8
2	.	.	.	
3	80	5,3292	5,0725	
.	1	1,6686	2,0082	N
.	.	.	.	
.	80	1,7920	2,0082	
.	1	2,9419	3,1335	A7
.	.	.	.	
.	80	3,6821	3,1335	
.	1	7,3041	7,3157	A9
319	.	.	.	
320	80	8,4676	7,3157	

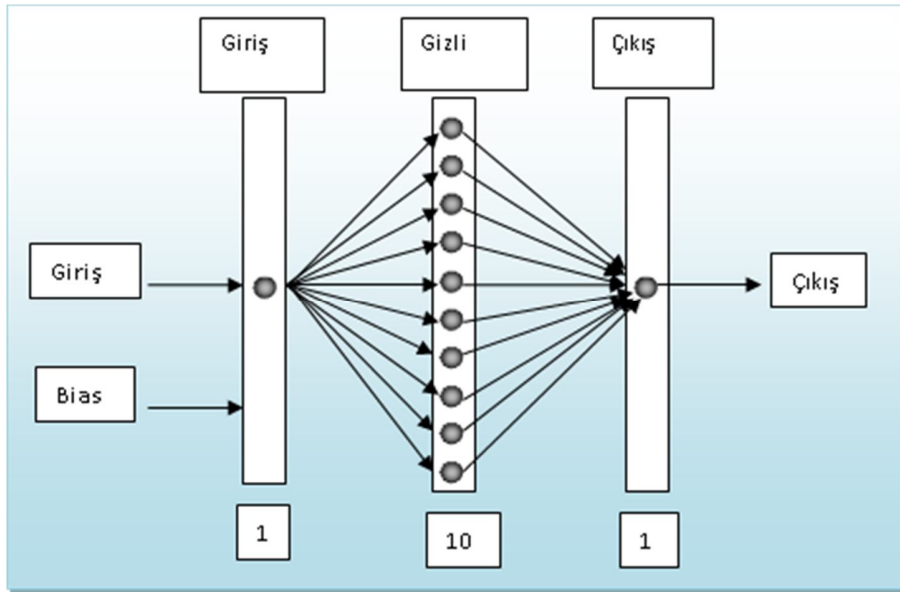




Şekil 3: Yapay sinir ağı modelinde kullanılan veri seti

#### Yapay sinir ağı modelinin mimarisinin seçimi

Çalışmada kullanılan YSA modeli çok katmanlı perceptrondur. Çalışma MATLAB NFOOL kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tahmine dayalı problemlerin çözümünde bir çok akademik çalışmada da kullanılan çok katmanlı perceptron üç katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar; giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanıdır. Modelde hiperbolik tanjant sigmoid transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Şekil 4 den de anlaşılacağı üzere modelin bir girişi ve bir çıkışı bulunmaktadır. Gizli katmandaki nöron sayısı ise 10 olarak seçilmiştir. Gizli katmandaki nöron sayısını belirlemek için literatürde kesin bir bulgu bulunmamaktadır. Ancak eğitim sürecinin daha hızlı olması ve daha az yinleme (iterasyon) ile sonuca ulaşılması açısından gizli katmandaki nöron sayısının mümkün olduğunca az olması gerekir. Bu yüzden gizli katmandaki nöron sayısı 10 da sınırlı tutulmuştur (Bimal, 2002; Aktas, ve Okumus, 2010).



Şekil 4: Yapay sinir ağı modeli

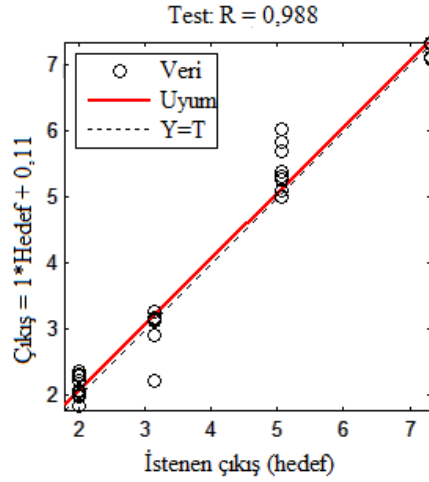
### Yapay sinir ağı modelinin eğitilmesi

Yapay sinir ağı modelinde toplam 320 adet veri kullanılmıştır. Bu verinin % 80 i ( 256 adeti) modelin eğitilmesi, % 10 u (32 adet) modelin test edilmesi ve % 10 u ( 32 adet) modelin test sürecinin doğrulanması için kullanılmıştır. Yapay sinir ağı modelinde eğitim için Levenberg Marquardt geri yayımlı öğrenme algoritması kullanılmıştır. Yapay sinir ağı modelinin eğitilmesi için ayrılan 256 adet veri ile sistem modele öğretilmiştir. Öğrenimin yüksek oranda gerçekleşmesi modelin çalışması açısından son derece önemlidir. Yapay sinir ağı modelinin eğitimi % 96,8 doğruluk oranıyla ve 17. iterasyonun sonunda gerçekleşmiştir. Eğitim süreci performans eğrisinde görülebilir (Aktas, ve Okumus, 2010; Demetgül, 2008; Sina, Bathaie ve Khorasani, 2015).

### Sonuçların elde edilmesi

Oluşturulan yapay sinir ağı modeli 256 veri ile eğitim sürecinden geçirildikten sonra 32 adet test verisi ve 32 adette doğrulama verisi ile test ve doğrulama süreçlerinden geçirilmiştir. Test sürecinin sonunda aşağıdaki grafiklere ve sayısal değerlere ulaşılmıştır.

1. Şekil 5 de ki test sürecine ait yaklaşım eğrisi elde edilmiştir.



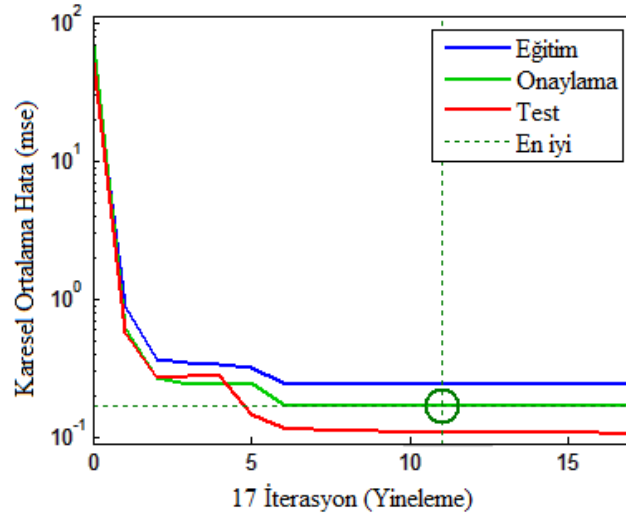
Şekil 5: Test için yaklaşım eğrisi

2. Yapay sinir ağının eğitim ve test süreçlerinin sonucunda karesel ortalama hata ve yaklaşım değerlerinin de verildiği Tablo 4 elde edilmiştir.

Tablo 4: Modelin sonuçları

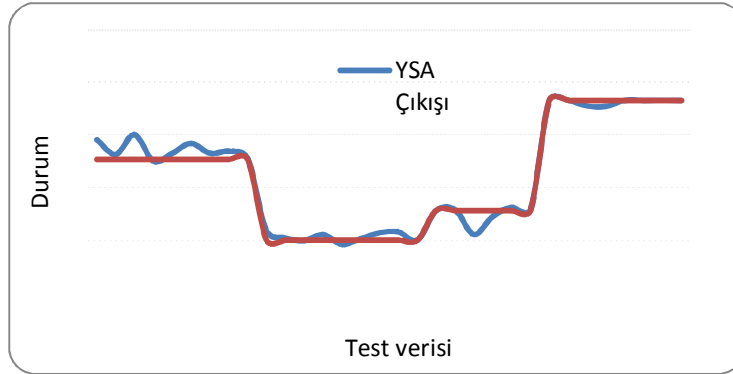
	Veri	Karesel Ortalama Hata (MSE)	R (Yaklaşım)
Eğitim	256	0,2428	0,9689
Onaylama	32	0,1662	0,9801
Test	32	0,1077	0,9882

3. Yapay sinir ağı modelinin eğitim, test ve doğrulama süreçlerine ait şekil 6 de verilen performans eğrisi çıkartılmıştır.



Şekil 6: Modelin performans eğrileri

4. Yapay sinir ağı modelinden elde edilen çıkış ile istenen çıkış ( hedef), test verisi için kıyaslanmıştır. Sistemin başarısını daha net gösteren kıyaslama eğrisi sadece test için şekil 6 da gösterilmiştir.



Şekil 7: Modelin çıkışı ile hedefin karşılaştırılması

### Sonuç ve Değerlendirme

Yapay sinir ağı modelinin test sürecinden geçirilmesi ile sistemden elde edilen sonuçlar ve sonuçların değerlendirilmesi aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Şekil 5 de test sonucundan elde edilen yaklaşım eğrisi görülmektedir. Yaklaşım eğrisinden kırmızı ile gösterilen uyum doğrusu ile kesikli çizgi ile gösterilen hedef doğrusunun örtüştüğü ve modelin yaptığı tahminin hedefe % 98 oranında yaklaştığı görülebilir.
2. Elde edilen Tablo 4 de ki sonuçlara göre, özellikle test süreci için karesel ortalama hata değeri 0,1077 ile hem endüyük değerdir ve hemde sıfıra çok yakındır. Kareysel ortalama hata değeri sıfıra yaklaştıkça modelin çıkışıda hedefe yaklaşır ve modelin başarısı artar. Tablo 4 den test ve diğer süreçlerin yaklaşım değerleri de verilmektedir. Yaklaşım değerleri 1 e yaklaştıkça modelin tahmin oranı da yüze yaklaşır. Yaklaşım değerlerine bakıldığında 32 adet test verisinde 0,9882 değeri ile 1 e en yakın değere ulaşıldığı görülebilir.

3. Şekil 6 deki yapay sinir ağı modelinin her üç süreç için çıkartılan performans eğrilerine bakıldığında 10. yinelemeden sonra en düşük hata (mse) değerine ulaşıldığı görülebilir. Yeşil eğri ile gösterilen doğrulama sürecinde en düşük hatanın elde edildiği nokta yuvarlak içersine alınarak işaretlenmiştir. Performans eğrilerinden yapay sinir ağı modelinin çok yüksek oranda bir doğrulukla eğitildiği ve test sürecinin çok başarılı geçtiği gözlemlenebilir.
4. Şekil 7 deki kıyaslama eğrisinde, yapay sinir ağı modelinde kullanılan test verilerinin her veri için ayrı ayrı kıyaslaması yapılarak hedefe ne kadar yaklaşık bir tahminin elde edildiği görülebilir. Ayrıca asenkron motorun sadece arızalı durumunun değil başka çalışma durumlarının tahmini için de bu modelin son derece başarılı bir şekilde uygulanabileceği de görülmüştür.

#### Kaynakça

- Aktas, M., H. Okumus, I. (2010). Stator resistance estimation using ANN in DTC IM drives. Turk J Elec Eng & Comp Sci, Vol.18, No.2.
- Ashwani, K., Amar, P. (2016). Transistor level fault diagnosis in digital circuits using artificial neural network. *Measurement*, 82, 384–390.
- Bimal, K. (2002). Modern power electronics and AC drives, Prentice –Hall, USA Hakan, Ç., Kıyas K.(2007). Asenkron motor hata teşhisinde modern metodlar, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. (4) 2, 49-57.
- Cemalettin, K. (2012). Matlab 7.11, Yapay zeka ve mühendislik uygulamaları, Sakarya Gelişim Ofset, Birinci Baskı, Sakarya.
- Chine, W., Mellit, A., Lughy, V., Malek, A., Sulligoi G., Massi P. (2016). A novel fault diagnosis technique for photovoltaic systems based on artificial neural Networks” *Renewable Energy*, 90, 501-512,
- Çetin, E. (2003). Yapay Sinir Ağları, Birinci Baskı, Seçkin, Ankara.
- Demetgül, M. (2008). Pömatik sistemde gerçek zamanlı LVQ yapay sinir ağı algoritması ile arıza tespiti. *Pamukkale University Engineering Faculty Journal of Engineering Sciences*, 14 , 1, 83-90.
- Ercan, Ö. (2006). Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Sina T. S., Bathaie, Khorasani, K. (2015). Fault detection and isolation of gas turbine engines using a bank of neural Networks” *Journal of Process Control* 36, 22–41.
- Vasif, V. N. (2005). Yapay Zeka, İkinci Baskı, Seçkin, Ankara.

## CURRENT SITUATION OF WIND ENERGY IN TURKEY AND ASSESMENT OF YALOVA'S WIND ENERGY POTENTIAL

Cihan GÖKÇÖL<sup>1</sup>, Adem UĞURLU<sup>2</sup>

### ABSTRACT

According to the wind energy statistics, Turkey has indicated a significant development about wind energy utilization in the last decade. But, it is the fact that Turkey has utilized only 4% of its total technical wind energy potential. Moreover, in order to achieve the wind energy targets in 2023 wind energy exploration activities should be accelerated in every region of Turkey and wind energy utilization in Turkey should be increased. This study aims to determine the wind energy characteristics of a site in Yalova, considering both the statistical formulations in literature and also the one year hourly wind data in time series format which was obtained from the Turkish State Meteorological Service (TSMS) in 2012. To achieve this goal, after having obtained all the wind characteristics of the location such as average wind speed, dominant wind direction, power density values, Weibull parameters (k and c) that act very important role in determining the wind energy profile of any site are calculated by applying one of the widely used methods to the present wind data. Finally, all the findings obtained from the study are discussed in terms of quality and quantity.

**Keywords:** Turkey, wind energy, Weibull, Wind speed, Wind power

---

\* This paper is prepared based on the study entitled as "Determination of the suitable wind turbine for the location in Yalova, Turkey", that was presented at the 8th Ege Energy Symposium.

<sup>1</sup> Lecturer, kirklareli university, cihan.gokcol@klu.edu.tr

<sup>2</sup> Lecturer, kirklareli university, adem.ugurlu@klu.edu.tr

### Introduction

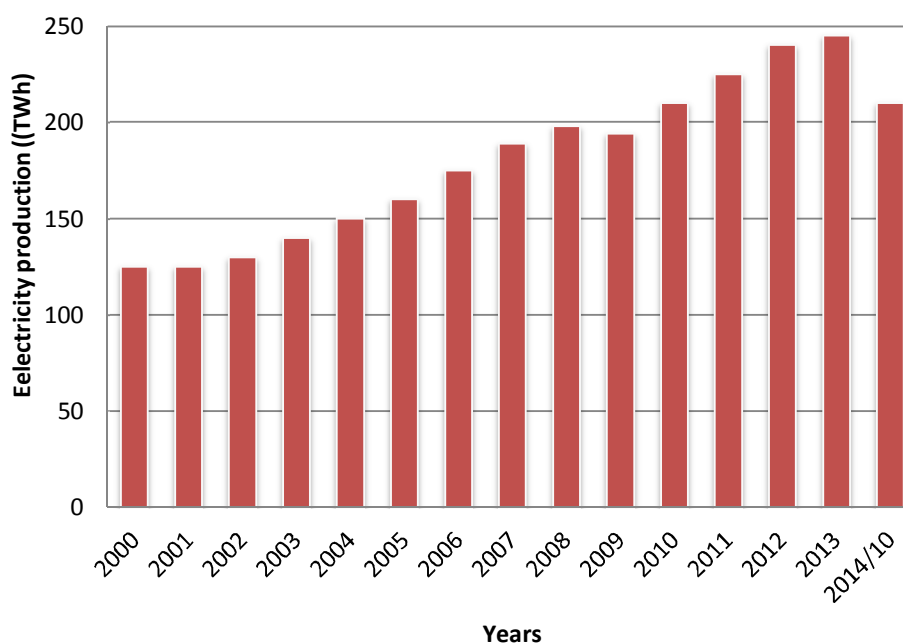
Implementation of the regional wind energy potential and characteristics of a site according to the hourly wind data in time series format has rather importance for being able to make more electricity generation and profit from windy sites. This important operation must be definitely implemented before performing all the required investments on the wind energy generation. Meanwhile wind data must be obtained by installing a wind measurement mast into the considered site and then making measurement for at least one year (Dursun&Gokcol, 2014). It is the fact that the wind data obtained by means of some simulation software programs may be deceptive and can cause failure of investments (significant financial injury to investors). Briefly, determination of wind characteristics of a site shows a significant importance and must be carefully done before establishing a wind power plant.

There have been many studies about determination of regional wind energy potential and characteristics. Kucukali and Dinckal implemented the wind energy resource assessment of Izmit in the West Black Sea Coastal Region of Turkey in this study (Kucukali, S.,& Dinckal, 2014). Yaniktepe et al. investigated the wind characteristics and wind energy potential in Osmaniye, Turkey (Yaniktepe et al., 2013). Celik reviewed the current energy situation of Turkey and also made a case study for wind energy potential of Çanakkale province (Celik, 2011). Eskin et al. studied the wind energy potential of Gökçeada Island in Turkey (Eskin et al., 2008). Akpınar evaluated the wind energy potentiality at coastal locations along the north eastern coasts of Turkey (Akpınar, 2013). Furthermore, Gokcek et al. investigated the wind characteristics and wind energy potential in Kirklareli, Turkey (Gokcek et al., 2007). Kose performed an evaluation of wind energy potential as a power generation source in Kütahya, Turkey (Köse, 2004). Bilir et al. implemented an investigation on wind energy potential and small scale wind turbine performance at Incek region – Ankara, Turkey (Bilir et al. 2015). Finally, İlkiliç and Aydın determined the wind power potential and usage in the coastal regions of Turkey (Ilkiliç&Aydın, 2015).

In this study, the wind energy characteristics of a site in Yalova is determined according to the one year hourly wind data in time series format taken from the Turkish State Meteorological Service (TSMS) in 2012 (TSMS, 2012). Firstly, all the wind characteristics (including average wind speed, dominant wind direction, power density and Weibull parameters) are calculated by applying the statistical formulations defined in the section entitled as “Methodology”. Weibull parameters (k and c) are calculated using the method of the mean speed-standard deviation. Lastly, all the obtained findings are considered and examined in terms of quality and quantity.

### Current situation of wind energy in Turkey

Energy is a very important factor indicating both social and also economic development level of countries all around the World. Therefore, for keeping the sustainable economic and social development, all the countries including also Turkey has to meet the increasing energy demand each year. Figure 1 shows the development of the electricity production of Turkey between 2000 and 2014. As clearly seen in this figure, it has been increasing regularly each passing year. It was about 245Tera Watt Hour in 2013 (Suva et al., 2016).



**Figure 1:** The development of the electricity production of Turkey by years

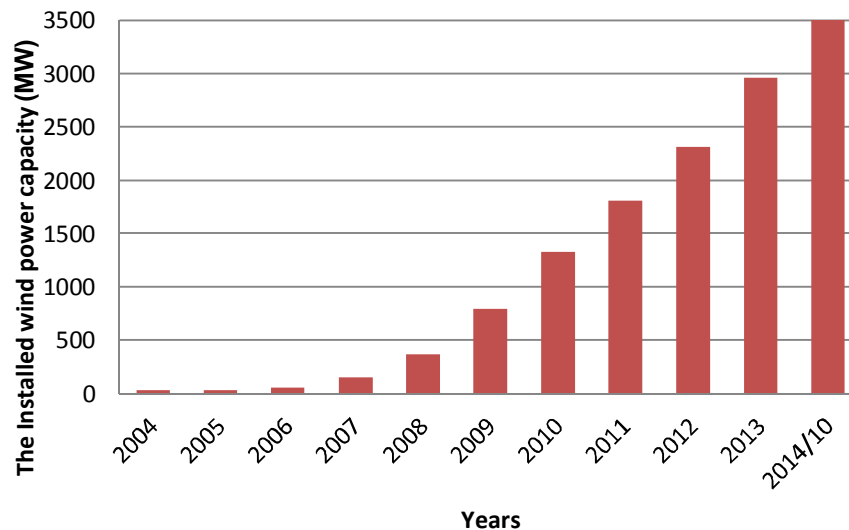
Since Turkey is not rich of oil and gas reserves, it meets its electricity demand by imports of primary energy resources like oil, gas, coal etc. This situation indicates that Turkey unfortunately has become an energy dependent country. However, nowadays Turkey has explored and utilized its own numerous renewable energy resources like wind, solar, biomass. Especially wind energy has been widely used in Turkey. In Table 1, technical wind energy potentials of European countries are given and it is especially noticed that Turkey has the first place among the European countries regarding the wind energy potential (Suva et al., 2016).

**Table 1:** Technical wind energy potential of the European countries including Turkey (Suva et al., 2016; MENR, 2015)

Countries	Land potential	Seashore Potential	Technical Potential	
	1000 km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	MW	TWh/year
Turkey	781	9,960	88,000	166
England	244	6,840	57,000	114
Spain	505	5,120	43,000	86
France	547	5,080	42,000	85
Norway	324	4,560	38,000	76
Italy	301	4,160	35,000	69
Greece	132	2,460	22,000	44
Ireland	70	2,680	22,000	44
Sweden	450	2,440	20,000	41
Island	103	2,080	17,000	34
Denmark	43	1,720	14,000	29

Germany	357	1,400	12,000	24
Portugal	92	880	7,000	15
Finland	337	440	4,000	7
Netherland	41	400	3,000	7
Austria	84	200	2,000	3
Belgium	31	280	2,000	5
Swiss	41	80	1,000	1

Although Turkey has a great technical wind energy potential of 88GW, she has utilized only 4% (corresponding to 3512 MW) of the total wind energy potential as of October 2014. Figure 2 shows the development of wind energy utilization in Turkey between 2004- October 2014 (Toklu, 2013).



**Figure 2:** The development of wind energy utilization in Turkey by years [11, 13]

According to Figure 2, it can be easily expressed that a dramatically increase in the installed wind power capacity of Turkey has been experienced in the last decade (from 20 MW in 2005 to 3512 MW in 2014). But, this significant development about wind energy utilization in Turkey is fairly small considering its great wind energy potential (Suva et al., 2016; Toklu, 2013).

Although Turkey whose electric energy demand is continuously increasing each year (indicated in Figure 1) has a great amount of wind energy potential (indicated in Table 1), unfortunately there has been no sufficient development of the wind energy utilization in Turkey. Therefore, it seems fairly difficult for Turkey to achieve the tough wind energy targets in 2023 that will be the 100th anniversary of the Turkish Republic. Meanwhile, the total amount of wind energy utilization in Turkey in 2023 is foreseen to become 20,000 MW while it was about 3500MW as of October 2014 (Suva et al., 2016). Due to all the facts about the wind energy in Turkey as well as the increasing electricity demand of Turkey, every wind in any site in Turkey, that may provide feasible electricity supply, should be absolutely evaluated by establishing small or large wind power plants. In this context, the first and necessary step is both to make much more wind energy exploration in every part of Turkey and also to determine the wind energy characterization of the wind sites.



**Methodology**

While determining both the wind energy potential of the region and also its economical suitability, first of all, it is required to estimate the wind speed probability distribution function. There are some probability functions in literature like Weibull, Rayleigh, Gamma distributions. In this study, Weibull distribution function is utilized to describe the wind speed frequency distribution because of its following properties: more simple applicability and better accuracy. The Weibull probability density function is given in the following equation (Suva et al., 2016).

$$p(u) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right] \quad [1]$$

Where,  $p(u)$  denotes the wind speed probability,  $U$  represents speed,  $k$  is a shape parameter (dimensionless) and  $c$  is scale factor (m/s).

There are various analytical and empirical methods in literature which are used for obtaining  $k$  and  $c$ . In this study, the mean speed-standard deviation method is utilized to determine the Weibull parameters. The governing equations of this method are given in the following equations (Dursun&Gokcol, 2012).

$$\sigma_U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (U_i - \bar{U})^2}{N-1}} \quad [2]$$

$$k = \left(\frac{\sigma_U}{\bar{U}}\right)^{-1.086} \quad [3]$$

$$\frac{c}{\bar{U}} = \frac{k^{2.6674}}{0.184 + 0.816k^{2.73855}} \quad [4]$$

Where,  $\sigma_U$  and  $U$  denote the standard deviation and mean wind speed, respectively, and  $N$  is the number of data.

Other important factors in the determination of the wind energy characteristics of a site are average wind speed, average power density, dominant wind direction, wind speeds at different heights (power law model). These parameters are calculated by using the following equations related to the interested parameter.

Average wind speed of a location can be usually calculated by using the following equation (Dursun&Gokcol, 2012).

$$V_m = \frac{\sum_{i=1}^n f_i V_i}{\sum f} \quad [5]$$

The following equation called as “Power law formulation” is used to determine the wind speed values for different heights considering the wind speed data measured at 10m (Suva et al., 2016; Dursun&Gokcol, 2012).

$$\frac{V}{V_0} = \left(\frac{h}{h_0}\right)^\alpha \quad [6]$$

Where,  $\alpha$  is power law exponent and its value is considered as 0,14 in the study.

$h$ : the reference height (10m), m

$h_0$ : the desired height, m

$V$ : wind speed value calculated at the desired height, m/s

$V_0$ : wind speed value at the referenced height (10m), m/s

Average power density is calculated by means the following equation taking all the available wind speed data into consideration (Dursun&Gokcol, 2012).

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad [7]$$

### Regional description of Yalova

Yalova is a small city in the Marmara region and its population is 121,479 and it has a fairly small surface area of 847 km<sup>2</sup>. It has a border to the west of the Marmara Sea. Yalova has the latitude of 40.65502 N and the longitude of 29.27693 E. Besides, it used to be a town of Istanbul. Figure 3 indicates the map of Yalova province (Wikipedia, 2016).



Figure 3: Map of Yalova, Turkey[15]

### Wind characteristics of the site in Yalova

After classifying the one-year wind data in time series format, that was taken from TSMS in 2012, cumulative frequency distribution of the location was determined. Figure 4 gives the cumulative frequency distribution of the site in Yalova (Suva et al., 2016). It indicates that average wind speed and power density of the location are at fairly low level.

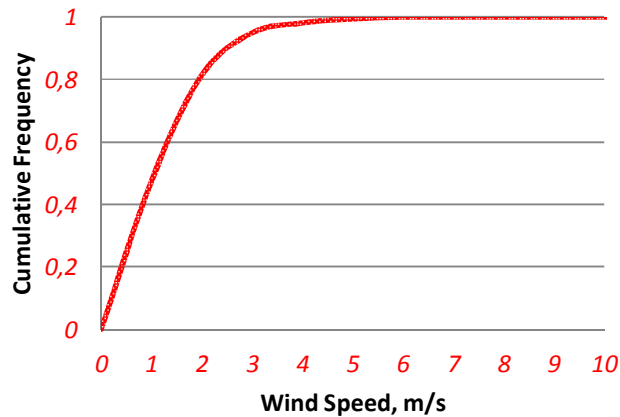
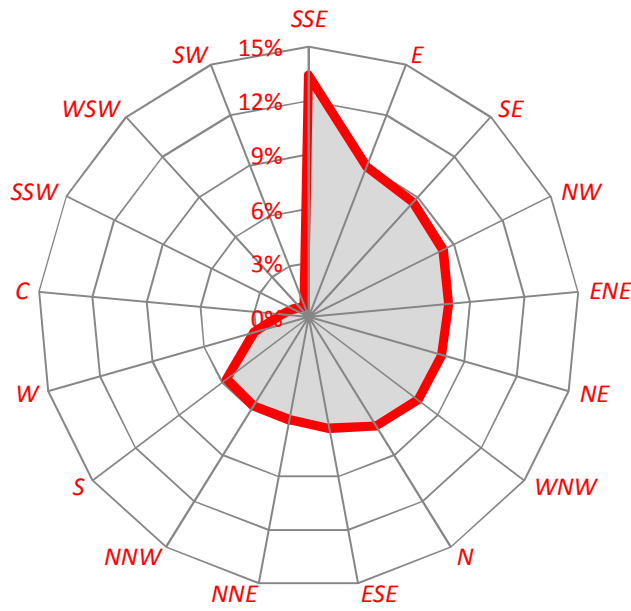


Figure 4: Cumulative frequency versus wind speed graph

One of the important parameters is the dominant wind direction, too. Figure 5 shows the frequency distribution (%) of the wind direction. It indicates that the dominant wind direction is SSE (Suva et al., 2016).

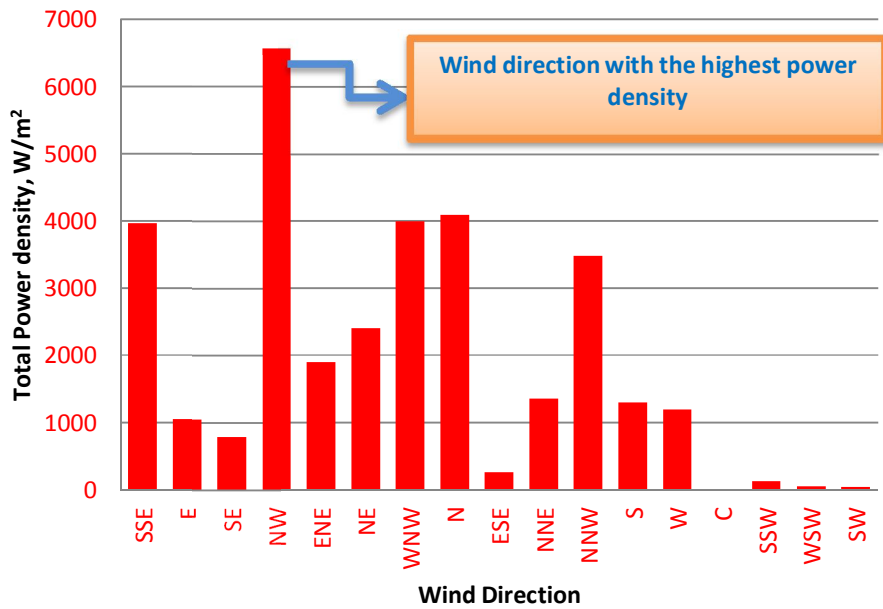
However, all the findings obtained from this study states that the dominant wind direction is NW because the highest power density value is obtained in this direction. Otherwise, the wind direction SSE has the third place in terms of wind power density value. Figure 6 shows the relationship between wind direction and wind power density. The dominant wind direction NW generates the highest annual (yearly) wind power of 6500 MW/m<sup>2</sup>.



**Figure 5:** The frequency distribution of the wind direction

As a result of the calculation made by means of equation 5, average wind speed of the location is obtained as 1.3 m/s (Suva et al., 2016).

Furthermore, wind speed values at different heights are calculated using the equation (6), variation of average wind speed values is shown in Figure 7.



**Figure 6:** The relationship between wind direction and wind power density

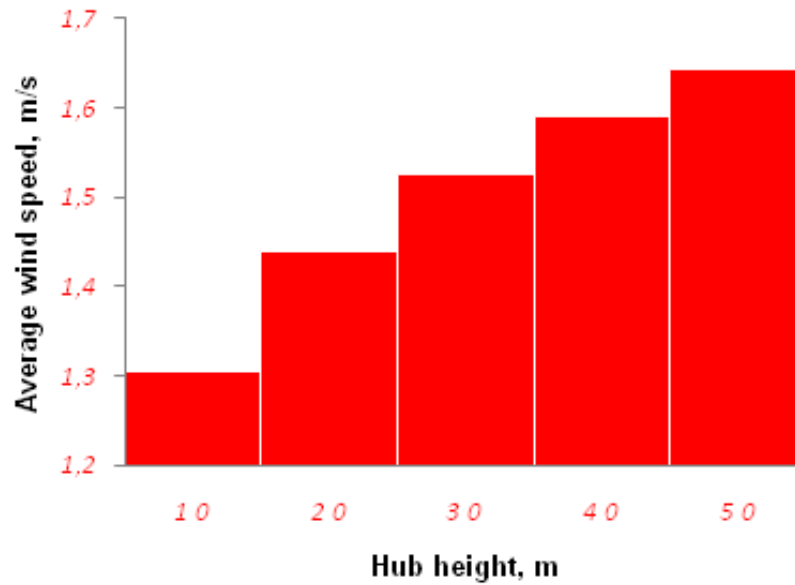


Figure 7: Variation of wind speed with different hub heights

As clearly seen in Figure 8, power generated in this location is too small to generate electricity in order to meet electricity demand of a town. It can only meet the electricity demand of a small house.

Furthermore, using mean speed-standard deviation method including the equations (2-4), Weibull parameters was calculated.  $k$  and  $c$  are calculated as 1,56 and 1,45 m/s, respectively (Suva et al., 2016). Figure 9 shows the Weibull frequency distribution obtained using the calculated Weibull parameters.

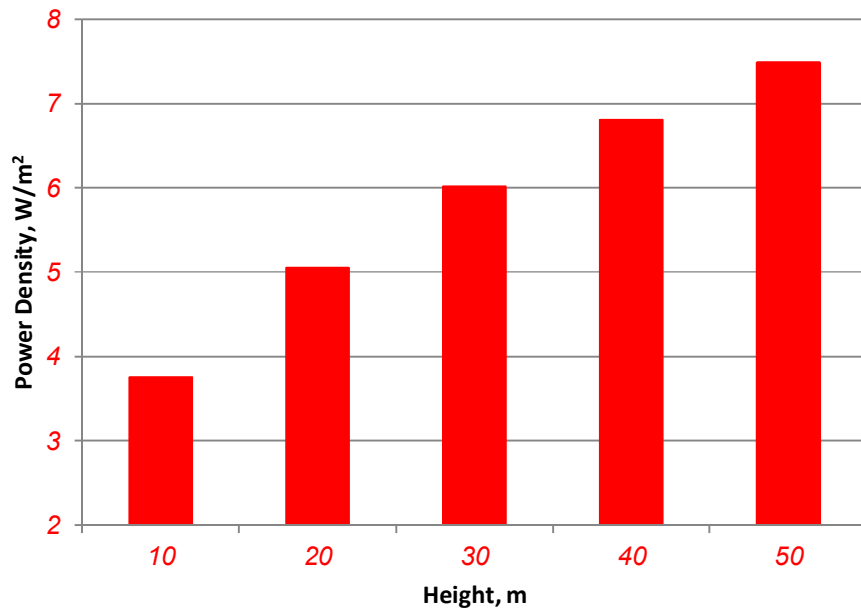
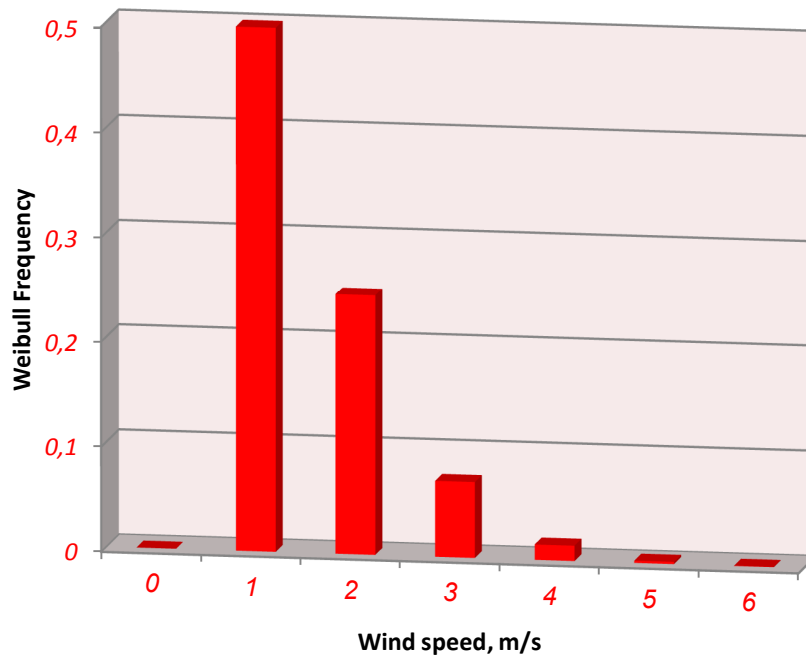


Figure 8: Variation of the power generated at the different heights



**Figure 9:** Weibull frequency distribution

Considering Table 2 including power curve values (producible power values versus wind speed) of some wind turbines, it is the fact that all the wind turbines does not generate any electricity power because they start to operate at wind speed values greater than or equal to 3m/s. Furthermore, from the Weibull frequency distribution graph, only 10% of the total wind data has wind speeds that are greater than or equal to 3m/s. Therefore, it is necessary to select the wind turbines than can generate electricity at even lower wind speeds than 3m/s. The best option to evaluate such poor windy sites is to utilize non-conventional wind turbines such as Savounious and American type wind turbines. Moreover, they have less efficiency values compared to conventional ones, but they can even harvest a little bit of kinetic energy inside wind.

**Table 2:** Power curves of some three-bladed wind turbines (Gokcol et al., 2008)

Wind speed, m/s	Proven 0.6 kW	ACSA LMW 1 kW	Proven 2.5 kW	Proven 6 kW
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	30	0	100	200
4	65	48	200	500
5	120	128	380	1,000
6	180	233	550	1,520
7	245	356	780	2,120
8	355	485	1,150	3,000
9	470	611	1,450	4,000
10	600	726	1,800	5,000
11	600	820	2,200	5,930
12	600	888	2,450	6,000
13	600	1,000	2,500	6,000

In the first step known as “determination of the regional wind characteristics”, main factors such as average wind speed, power density, dominant wind direction and Weibull parameters clearly proves if this site has sufficient wind energy potential or not. As mentioned before, wind power density and average wind speed of the site are too low. In a word, all the obtained results from this study underlines that this site is not convenient to establish the big wind energy projects including large scaled three-bladed wind turbines. Additionally, wind energy potential of this site can be evaluated to meet the energy demand of only one or two houses with aforementioned special wind turbines.

### Conclusion

Turkey has significant wind energy potential and the technical wind energy potential of Turkey is the greatest among the European countries. Recently the wind energy utilization in Turkey has increased remarkably but insufficiently. To achieve the wind energy targets, Turkey must not allow wind to blow in vain (without electricity generation from wind) and must efficiently (economically) utilize its all the wind energy potential. Furthermore, the following wind characteristics for the location were obtained in this study.

- Average wind speed of the location is obtained as 1.30m/s considering the wind data measured at 10m height.
- Dominant wind direction is determined as NW regarding wind power generating capacity.
- According to the frequency distribution (%) of the wind direction, the dominant wind direction is SSE.
- Its power density value is about 3.6 W/m<sup>2</sup>.
- By using the mean speed-standard deviation method, Weibull parameters, k and c are calculated as 1,56 and 1,45 m/s, respectively.
- The considered wind turbines in this study can not be efficiently used to generate electricity because those wind turbines start to operate at the wind speeds more than or equal to 3m/s and also only 10% of the total wind data has wind speeds that are greater than or equal to 3m/s.
- This site in Yalova is not sufficient for big wind energy projects because of its low wind power density.
- It can be only assessed for a small house in a remote place by using Savonius and American type wind generators.

### References

- Akpınar, A.(2013). Evaluation of wind energy potentiality at coastal locations along the north eastern coasts of Turkey. *Energy*, 50, 395-405.
- Bilir, L., İmir, M., Devrim, Y., & Albostan, A.(2015). An investigation on wind energy potential and small scale wind turbine performance at İncek region – Ankara, Turkey. *Energy and Conversion and . Management*, 103, 910-23.
- Celik, A.N. (2011). Review of Turkey's current energy status: A case study for wind energy potential of Çanakkale province. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 2743-2749.
- Dursun, B., & Gokcol, C.(2012). Economical analysis of the wind-battery hybrid system: An application for a house in Gebze-Turkey with moderate wind energy potential. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 20, 319-33.
- Dursun, B.,& Gokcol, C.(2014). Impacts of the renewable energy law on the developments of wind energy in Turkey.*Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 318-325.
- Eskin, N., Artar, H., & Tolun, S.(2008). Wind energy potential of Gökçeada Island in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 839-851.
- Gökçek, M., Bayülken, A., & Bekdemir, Ş. (2007). Investigation of wind characteristics and wind energy potential in Kırklareli, Turkey. *Renewable Energy*, 32, 1739–1752.

- Gokcol, C., Sunan, E., & Dursun, B. (2008). Rüzgar Enerjisi Kullanılarak Gebze’de Bir Evin Elektrik İhtiyacının Karşılanması. Poster Presentation at the ELECO, Bursa-Turkey.
- Ilkiliç, C., and Aydın, H.(2015). Wind power potential and usage in the coastal regions of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 78-86.
- Köse, R.(2004). An evaluation of wind energy potential as a power generation source in Kütahya, Turkey . *Energy Conversion & Management*, 45, 1631-45.
- Kucukali, S.,& Dinçkal, Ç.(2014). Wind energy resource assessment of Izmit in the West Black Sea Coastal Region of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 790-95.
- MENR. (2015). “ Overview of energy and natural resources in Turkey”.
- Suva, M., Gökçöl, C., & Uğurlu, A.(2016). Determination of the suitable wind turbine for the location in Yalova, Turkey considering the regional wind characteristics. Oral presentation at the 8th Ege Energy Symposium, Afyon-Turkey.
- Toklu, E.(2013). Overview of potential and utilization of renewable energy sources in Turkey. *Renewable Energy*, 50, 456-63.
- TSMS. (2012). Turkish State Meteorological Service.
- Wikipedia, "Briefly description of Yalova-Turkey," <https://en.wikipedia.org/wiki/Yalova>, 22 July 2016.
- Yaniktepe, B., Koroglu, T., & Savrun, M.M.(2013). Investigation of wind characteristics and wind energy potential in Osmaniye, Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 703-711.

## METİN VERİLERDE DİZGİ EŞLEME VE SIKIŞTIRILMIŞ DİZGİ EŞLEME İŞLEMLERİ ARASINDAKİ PERFORMANS FARKLARININ İNCELENMESİ\*

H. Nusret BULUŞ<sup>1</sup>, Cihat ERDOĞAN<sup>2</sup>, Banu DİRİ<sup>3</sup>

### ÖZET

Bu çalışmada metin veriler üzerinde yapılmakta olan dizgi eşleme işlemi istatistikleri ile aynı veriler üzerinde gerçekleştirilen sıkıştırılmış dizgi eşleme işlemi istatistikleri karşılaştırılmıştır. Bu kıyaslamayı yapmak için daha önce geliştirdiğimiz bir uygulama\* iyileştirilmiştir ve test sonuçları bu uygulama sayesinde elde edilmiştir. Çalışmanın amacına uygun olarak literatürde mevcut dizgi eşleme algoritmalarının üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan, sıkıştırılmış dizgi eşlemede de kullanılabilmesini sağlayan bir sıkıştırma yöntemi de sunulmuştur.

Yapılan testlerde ikili ve üçlü kodlamaya dayanan sıkıştırma algoritması %30-%35 arası bir sıkıştırma faktörü sunarken, elde edilen sıkıştırılmış dizgi eşleme süresi, sıkıştırılmamış metin üzerinde yapılan dizgi eşleme süresinden daha düşük olarak bulunmuştur. Ayrıca, dizgi eşleme yaparken gerçekleştirilen karakter karşılaştırma sayılarının sıkıştırılmış metinde, sıkıştırılmamış metne göre daha az olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla geliştirilen algoritmanın amacı yüksek sıkıştırma oranı sağlamak yerine, sıkıştırılmış dosya ile sıkıştırılmamış dosya arasındaki metin işleme süreleri farklarına dikkat çekmek ve başka uygulamalar için bir fikir oluşturmaktır.

Ayrıca, üretilen algoritma üzerinde bazı değişiklikler yapılarak sıkıştırma oranlarının %5 gibi iyileşmesi sağlanmış ve algoritmanın yeni hali çalışmada verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Veri sıkıştırma, Dizgi eşleştirme, Sıkıştırılmış dizgi eşleştirme, Dizgi değiştirme

## EVALUATION OF THE PATTERN MATCHING PERFORMANCE OF COMPRESSED AND UNCOMPRESSED TEXTS\*

### ABSTRACT

In this study, statistics of the pattern matching on an un/compressed form of the same text data are compared. In order to achieve this goal, a previously developed\* application was improved. This modified application provided the test results of this study. The purpose of the study is presenting a compression method that can be used in compressed pattern matching without any changes on pattern matching algorithms which are previously studied in the literature.

During the tests, the digram and trigram encoding based compression algorithm has provided a compression factor between 30-35%, and the as-obtained compressed pattern matching duration on the compressed text is calculated less than the one on the uncompressed text. In addition, it is confirmed that the total number of character comparisons on the compressed text matching is less than the one on the uncompressed texts. Therefore, the purpose of the as-developed algorithm is to draw attention to the pattern matching process time difference between the compressed and uncompressed text, instead of providing a high compression ratio. Besides, the aim of the study is to lead prospective pattern matching applications based on the points captured in this work. In addition, the changes made to the algorithm have increased the compression ratio by 5% and the new version of the algorithm is also explained in this study.

**Keywords:** Data compression, Pattern matching, Compressed pattern matching, Pattern substitution

\* Bu çalışmanın yapılmasında "Analyzing The Performance Differences Between Pattern Matching and Compressed Pattern Matching on Texts" adlı bildiriden yararlanılmıştır.

<sup>1</sup> Yrd.Doç.Dr., Namık Kemal Üniversitesi, nbulus@nku.edu.tr

<sup>2</sup> Arş.Gör., Namık Kemal Üniversitesi, cerdogan@nku.edu.tr

<sup>3</sup> Doç.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, banu@ce.yildiz.edu.tr



## Giriş

Metin sıkıştırma işlemi genellikle depolama alanını azaltmak veya iletişim maliyetini ve süresini düşürmek için kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada bunlara ek olarak, fazlalıklardan kurtulan ve daha az yer kaplayan, veri üzerinde dizgi eşleme yaparken elde edilen kazançlar tablolar halinde sunulmaktadır.

Veri sıkıştırma kavramı ilk olarak Claude E. Shannon tarafından "A Mathematical Theory of Communication" adlı çalışmasında ortaya atılmıştır (Shannon, 1948). Bilgisayar bilimlerinde ya da bilgi teorisi kavramı içerisinde, veri sıkıştırma ya da kaynak kodlama bilginin daha az bit kullanılarak yeniden kodlanması anlamına gelmektedir.

Dizgi eşleme algoritmaları, metin işlemenin yaygın olarak kullanıldığı alanlarda çok önemli bir yere sahiptir. Dahası, sistem ve yazılım tasarımı gibi diğer bilgisayar bilimleri alanlarında kullanılan programlama yöntemlerinde de sıkça kullanılmaktadır (Crochemore ve Rytter, 2002).

Önceleri sıkıştırılmış metin verileri üzerinde dizgi eşleme işlemi, metni açarak doğrudan dizgi eşleme algoritmalarını kullanmak suretiyle yapılırken, 1990'lardan itibaren bu işlem sıkıştırılmış metni açmadan, dizgi eşleme algoritmalarını adapte ederek sıkıştırılmış metinler üzerinde gerçekleştirilmeye başlanmıştır.

Bu şekilde veri sıkıştırma alanına uygulanmış olan dizgi eşleme tekniklerine sıkıştırılmış dizgi eşleme teknikleri adı verilmiştir. Sıkıştırılmış metni açmadan dizgi eşleme yapma yaklaşımı olan sıkıştırılmış dizgi eşleme yaklaşımı ilk olarak Amir ve Benson (1992)'in çalışmasında sunulmuştur.

$\sigma = s_1 \dots s_u$ ,  $\Sigma = \{a_1, \dots, a_q\}$  alfabeti elemanlarından oluşmuş  $u$  uzunluklu bir metin katarı ve  $\sigma.c = t_1 \dots t_n$  de  $\sigma$ 'nin  $n \leq u$  şartını sağlayan sıkıştırılmış formu olsun.

GİRDİ: Sıkıştırılmış metin  $\sigma.c = t_1 \dots t_n$  ve dizgi  $P = p_1 \dots p_m$

ÇIKTI: Metnin  $i$  konumu.  $s_i$  konumunda dizgi geçmektedir ve  $s_{i+j-1} = p_j$ ,  $j = 1, \dots, m'$  dir.

Verilen bir  $T$  metnine karşılık gelen sıkıştırılmış metin  $Z$  ve dizgi de  $P$  ise, sıkıştırılmış dizgi eşleme problemi  $P$ 'nin  $T$  içerisindeki tüm varoluşlarının sadece  $Z$  ve  $P$  kullanılarak bulunması işlemi sıkıştırılmış dizgi eşlemenin tanımı olarak verilmiştir. Daha önceki algoritmalar  $Z$  metnini açarak, standart dizgi eşleme işlemi gerçekleştirirdi. Bu işlem  $u = |T|$  ve  $m = |P|$  olduğu durumda  $O(u+m)$  zaman almaktaydı. Ancak kabul edilebilir bir algoritma  $n = |Z|$  olduğu durumda en kötü  $O(n+m)$  zaman almalıdır (Amihoud Amir ve diğ., 1996).

Sıkıştırılmış metin verilerde dizgi eşleme birçok yazar tarafından çalışılmıştır. Alanın önemli ve ilk çalışmalarından olan Amihoud Amir ve diğ.'nin (1996) yaptığı çalışma UNIX-Z sıkıştırma algoritması üzerine uygulanmıştır. Gasieniec ve Rytter (1999) yaptıkları çalışmada LZW sıkıştırma algoritması üzerinde sıkıştırılmış dizgi eşleme gerçekleştirmiştir. Farach ve Thorup (1998) LZ1 olarak da adlandırılan Lempel-Ziv algoritmasında sıkıştırılmış dizgi eşlemeyi uygulamıştır. Kärkkäinen ve diğ. (2003) Lempel-Ziv sıkıştırma algoritması ailesi, özellikle de LZ78 ve LZW algoritmaları üzerine yaklaşık dizgi eşleme gerçekleştirmiştir. Kida ve diğ. (1999) LZW sıkıştırma algoritması üzerinde sıkıştırılmış dizgi eşleme yapmak için Shift-Or yaklaşımını geliştirmiştir. Moura ve diğ. (1998) yarı statik kelime tabanlı modelleme ve bit yerine bayt kodlamaya dayanan Huffman Kodlamayı bir arada kullanan bir sıkıştırma algoritması sunmuş ve sundukları bu algoritma üzerinde sıkıştırılmış dizgi eşlemeyi gerçekleştirmiştir. Navarro ve Raffinot (1999) yaptıkları çalışmada LZW sıkıştırma algoritması ile sıkıştırılmış metni bloklara ayırarak sıkıştırılmış dizgi eşleme gerçekleştirmiştir. Shibata ve diğ. (2000) bu çalışmadakine benzer bir şekilde ikili yer değiştirmeye dayanan Byte-Pair Encoding (BPE) üzerinde çeşitli arama algoritmalarının performanslarını incelemiştir. Manber (1997) yine bu çalışmadakine benzer bir şekilde kullanılan ikili yer değiştirmedeki önemli problemlerden olan üst üste binme (overlapping) problemine bir çözüm getirerek sıkıştırılmış dizgi eşleme gerçekleştirmiştir. Klein ve Shapira (2002) LZ ailesinden bir sıkıştırma algoritması olan LZSS algoritması üzerinde bir takım değişiklikler yaparak sıkıştırılmış dizgi eşlemeyi yaptıkları çalışmada gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmada geliştirilen sıkıştırma algoritması Moura ve diğ. (1998)'de ki gibi yarı statik ve kelime tabanlı bir model kullanmakta, ancak Moura ve diğ. (1998)'den farklı olarak bayt tabanlı Huffman Kodlama yerine Manber (1997) gibi ikili yer değiştirme kodlaması yapmaktadır. Geliştirilen algorithmada ikili yer değiştirmeye ilave olarak üçlü yer değiştirme de kullanılmıştır.

Bu çalışmada, bu özellikler göz önüne alınarak hızlı, basit ve byte kodlamaya dayanan, ayrıca sıkıştırılacak metin üzerinde iki geçiş yaparak metne özgü sözlük oluşturan bir sıkıştırma algoritması tasarlanmıştır. Tasarlanan

bu algoritma sıkıştırma oranı temel alındığında yeterli seviyede değilse de, sıkıştırılmış dizgi eşleme ile normal dizgi eşleme arasındaki oransal farkları bize tam olarak verebilmektedir.

*Sıkıştırma Algoritması* bölümünde tasarlanan algoritma anlatılmış ve kullanılan dizgi eşleme algoritmalarından kısaca bahsedilmiştir. *Geliştirilen Uygulama* bölümünde çalışmada yapılan tüm işlemler için kullanılan uygulama görselleriyle anlatılmıştır. *DeneySEL sonuçlar* bölümünde geliştirilen algoritma ile kullanılan dizgi eşleme algoritmalarının normal ve sıkıştırılmış dizgi eşleme performansları nümerik sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

### Sıkıştırma Algoritması

#### Temel Algoritma (v1)

Sıkıştırmanın temeli birçok araştırmacı tarafından değerlendirilmiş çok basit bir dizge değiştirme (pattern-substitution) yöntemidir. Amaç yaygın olarak kullanılan karakter gruplarını (ikili ve üçlü) tek bir karakter ile yani 1 bayt ile ifade etmektir. 1 bayt 256 farklı koda izin verirken, normal bir metin dosyasında bu kodların çoğu kullanılmaz. ASCII kodlaması 128 kodu kullanırken, geri kalan 128 kod standart metin dosyalarında kullanılmayan karakterlere ayrılmıştır. Sıkıştırma işlemi bu yaygın olarak kullanılan karakter çiftlerinin ve üçlülerinin 128 ile 255 arasındaki kodlara karşılık gelecek şekilde ilişkilendirilmesiyle oluşturulan tablo kullanılarak yapılır. Burada 128 ile 191 arası kodlar metin içerisinde en çok kullanılan üçlüler için, 192 ile 255 arası kodlar ise metin içerisinde en çok geçen ikililer için kullanılmıştır. Açma (decompression) bu işlemin tam tersi yönde gerçekleştirilmesiyle yapılmaktadır.

Sıkıştırma algoritması hızlı bir algoritmadır ancak, LZ ailesi gibi etkin sıkıştırma oranlarına sahip değildir.

Geliştirilen sıkıştırma algoritması iki geçişli bir sıkıştırma algoritmasıdır. Birinci geçişte modelleyici sıkıştırılacak metne özgü istatistikler tutarak bir sözlük oluşturur. İkinci geçişte ise oluşturulan bu sözlük yardımıyla sıkıştırma işlemi gerçekleştirilir.

Sıkıştırma işlemine geçmeden önce metinde geçen ikililerin ve üçlülerin sıklıkları bulunur. Bunlardan en fazla sıklığa sahip 64 üçlü ve 64 ikili seçilir. Seçilen bu üçlüler 128 ile 191 aralığına ait, ikililer de 192 ile 255 aralığına ait ASCII kodlarıyla kodlanarak bir tablo oluşturulur. Sıkıştırma işlemi için sözlük oluşturma aşaması olan birinci geçiş istatistikleri ve sıralamaları ikililer ve üçlüler üzerinde yapıldığı için oldukça az zaman harcamaktadır.

Sözlük oluşturma işleminin gerçekleştirildiği birinci aşamada dikkat edilmesi gereken bazı önemli noktalar mevcuttur. Bunlardan ilki üst üste gelme durumu, ikincisi ise bu üst üste gelme durumundan kaynaklanmakta olan bir katarın sıkıştırılmış metin içerisinde birden fazla sıkıştırılmış formda olabilmesidir.

Tablo 1’de farklı kodlama problemi açıklanmaya çalışılmıştır. Metin içerisinde birkaç farklı yerde “compression” kelimesi geçiyor ise, bu kelime farklı şekillerde kodlanabilmektedir.

**Tablo 1:** İkili ve üçlülerden oluşan sözlüğün bir kısmı

Sözlük İndeks	İkili/Üçlü
132	th
142	ss
156	om
195	com
203	pre
215	ion
225	e_c

Yukarıdaki sözlük yapısına göre “compression” kelimesi, kendisinden önce gelen harf gruplarına da bağlı olarak;

th\_e\_compression → 132, 225, 156, 203, 142, 215

com\_pre\_s\_sion → 195, 203, 142, 215

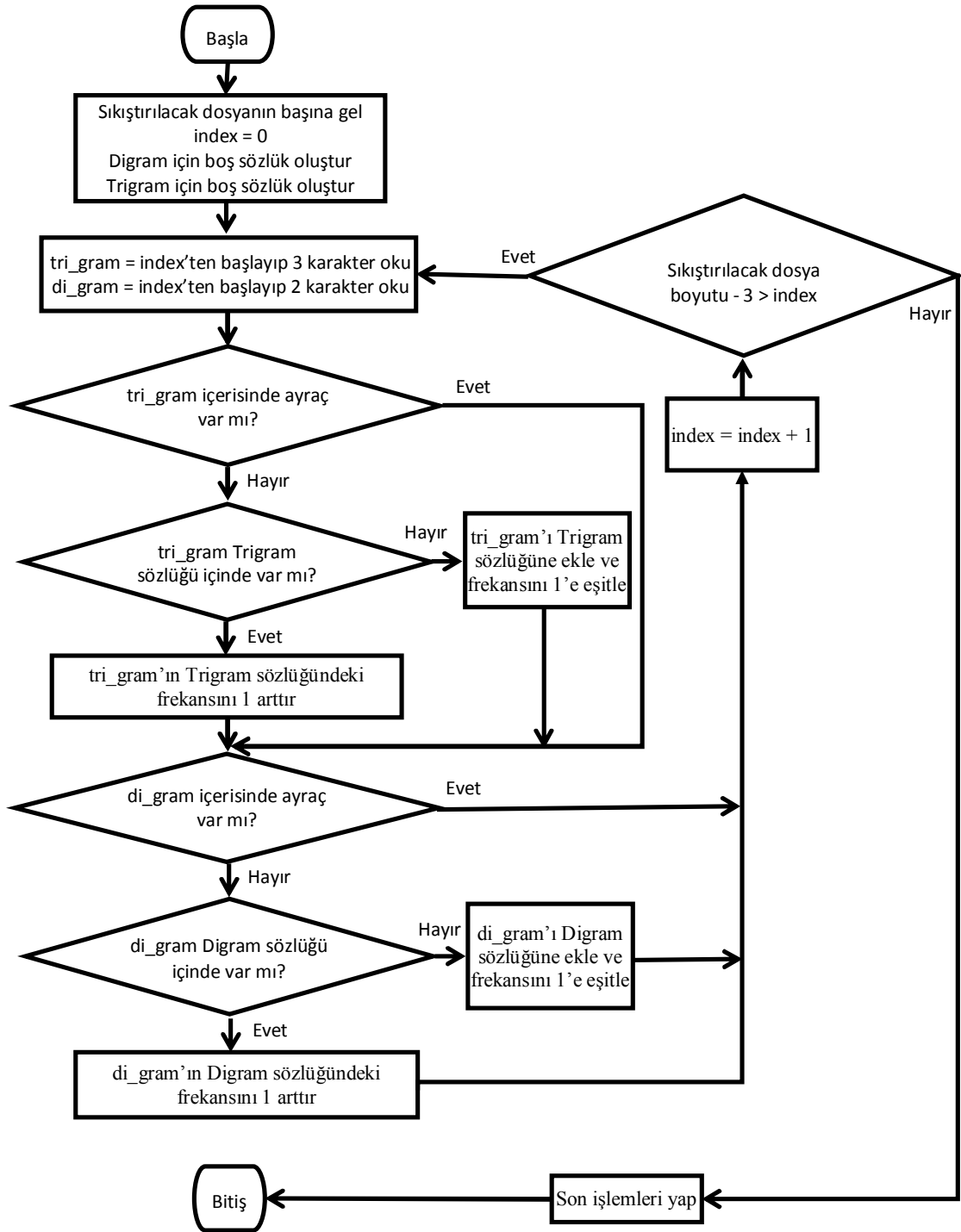
kodlanabilecektir. Bu durum da sıkıştırılmış dizgi eşlemeyi çok ağır bir işlem haline getirecektir.

Bu problemin çözümü için bu çalışmada geliştirilmiş olan algoritma kelime tabanlı olarak tasarlanmıştır. Bu sayede sözlük oluşturma aşamasında üst üste gelme problemine direkt olarak bir çözüm sunulmasa da, sıkıştırma aşamasında bir kelime içerisinde – sıkıştırma kelimenin başından başladığı için – herhangi bir üst üste gelme problemi veya farklı kodlama problemi oluşmamaktadır. Ayrıca, farklı kodlama problemi ortadan kalktığı için, sıkıştırılmış dizgi eşleme yapmak da mümkün olacaktır.

Sözlük oluşturma aşamasında kelimeler baz alındığından üçlülerin birinci ve ikinci karakterlerinin, ikililerin de ilk karakterinin ayrı karakterlerden biri olması mümkün değildir. Bu durumda “e\_n” üçlülere sözlükte yer alamayacak ve yukarıdaki örnekte yer alan “the\_compression” katarındaki “compression” kelimesinin kodlaması önündeki karakter grubundan bağımsız olarak standart hale gelecektir.

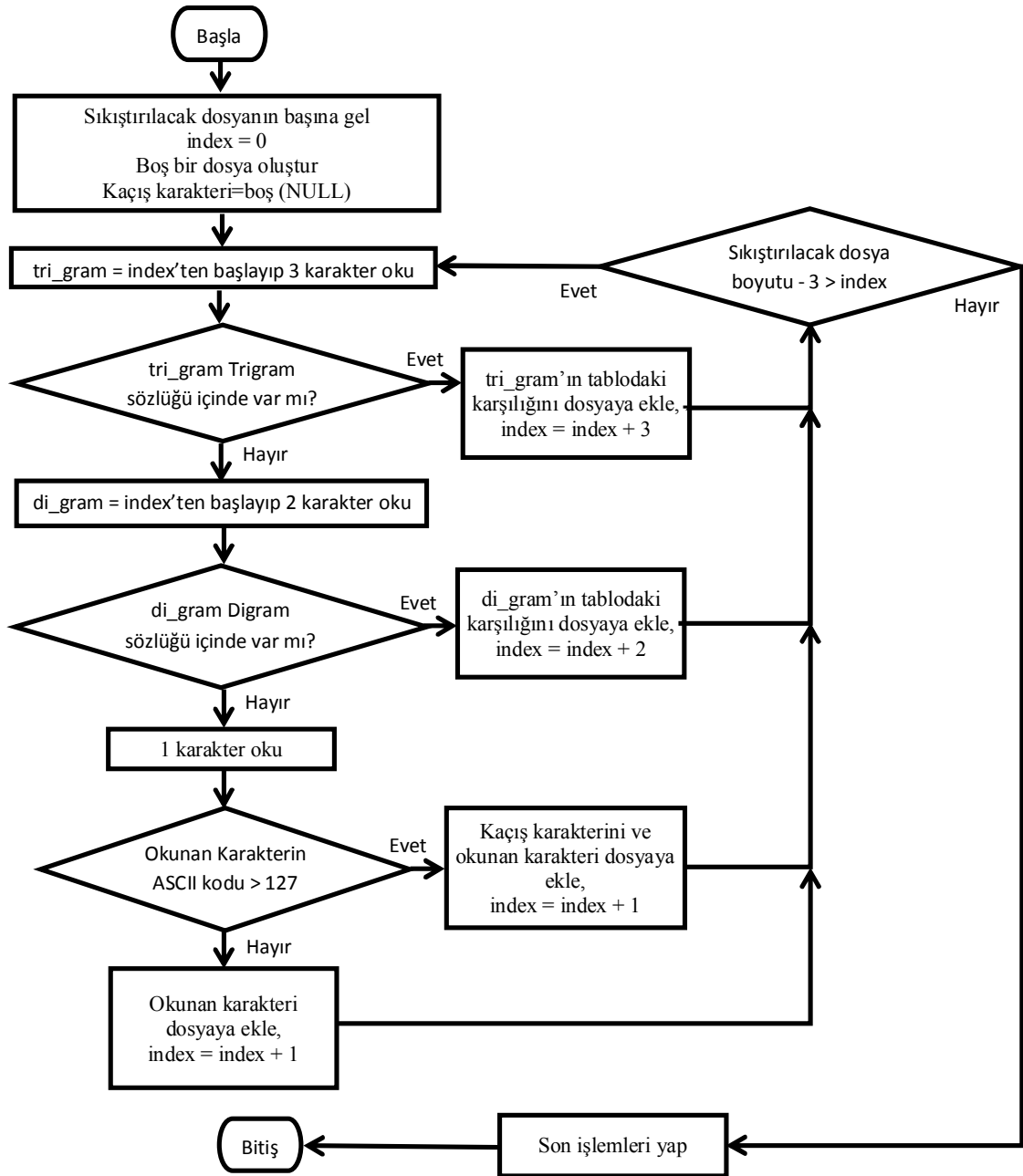
the\_compression → 132, 195, 203, 142, 215 halini alacaktır.

Bu çözümün getirmiş olduğu bazı dezavantajlar da mevcuttur. Bunlardan birincisi sıkıştırılmış dizgi eşlemenin kelime tabanlı olarak sınırlandırılmış olması, ikincisi de kelime sonlarında yer alan ve orijinal metinde oldukça fazla yer kaplayan ayrı karakterlerin dâhil edilememesi ve bununla ortaya çıkan sıkıştırma oranının azlığıdır.



Şekil 1: Sözlük oluşturma safhası akış diyagramı

Sözlük kelimeler baz alınarak oluşturulduğundan, sözlükte yer alan ikililer ve üçlüler de herhangi bir ayraç karakter içermemektedir. Dolayısıyla ikinci geçişte direkt olarak orijinal metin dosyasından okunan karakter grubu sözlükte aranır ve varsa karşılığı kodlanır. Şekil 1'de sıkıştırma algoritmasının birinci, Şekil 2'de de ikinci geçişinin akış şemaları mevcuttur. Sıkıştırma işleminde bir ayrıntı da metin içerisinde ASCII kodu 127'den büyük karakterler varsa bu karakter önlerine kaçış karakteri (boş-NUL) eklenerek sıkıştırılmış dosyaya kodlanır.



Şekil 2: Sıkıştırma safhası akış diyagramı  
(Bir önceki adımda oluşturulan Digram ve Trigram sözlükleri kullanılır.)

### Algoritmada İyileştirme (v2)

Geliştirilen sıkıştırma algoritması ile 128 adet ikili/üçlü tanımlanabilmekte ve diğer 128 kod, karaktere karşılık gelen ASCII kod olarak kullanılmaktadır. Yapılan denemelerde doğal dil kullanılarak yazılmış bir metin dosyasında 128 karakterden daha az (90-110 arası) karakter kullanıldığı saptanmıştır. Bu durumda üçlü ve ikililere 128 kod kullanmak yerine ASCII kod tablosunda 0-127 arasındaki karakterlerden de kullanılmayanları dâhil ederek daha fazla kod kullanılabileceği düşünülmüştür. Kullanılmayan bu karakterler eşit sayıda ikili ve üçlü için

kullanılmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu yeni sürümde kaçış karakteri kullanılmadığı için ayrı bir kazanım daha oluşmuştur. Bu yeni durumda;

$\sigma = s_1 \dots s_u$ ,  $\Sigma = \{a_1, \dots, a_q\}$  alfabeti elemanlarından oluşmuş  $u$  uzunluklu bir metin katarında,  $\Sigma = \{a_1, \dots, a_q\}$  alfabeti elemanlarının her biri için yeni kod atamak gereklidir. Atanacak kodlar  $q \geq 1$  olan  $q$  farklı alfabe elemanı için  $[1, q]$  arasında olacaktır. Dolayısıyla  $[q+1, 255]$  arası kodlar ise ikililer ve üçlüler için kullanılabilir.

Bu çalışmada geliştirilen uygulamanın yukarıdaki kod değişimini de içeren ikinci bir sürümü de üretilmiştir. Üretilen bu yeni sürüm de tıpkı ilk sürüm gibi sıkıştırılmış dizgi eşlemenin gerçekleştirilmesine izin verirken, aynı zamanda sıkıştırma oranını da %2-%4 gibi oranlarda iyileştirmiştir. Yapılan testlerin detayları *Deneysel Sonuçlar* bölümünde verilmiştir.

### Algoritmada İyileştirme (v3)

Geliştirilen sıkıştırma algoritmasında sıkıştırma oranını arttırmak için en iyi ikililerin ve üçlülerin seçilmesi gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için seçilecek olan en yüksek sıklığa sahip ikili ve üçlülerin adetlerini parametre olarak alan bir fonksiyon geliştirilmiştir. Fonksiyon ilk aşamada seçilen üçlülerin arasındaki seçilen ikilileri bulup bu ikililerin sıklık değerini içinde geçtiği üçlü sıklığı kadar düşürmektedir. Bu işlemin ardından fonksiyonda ikinci aşamaya geçilerek (1)'deki formüle göre skor hesaplaması yapılmış ve en yüksek skora sahip ikili ve üçlüler alınarak sözlük oluşturulmuştur. Bu sözlük ile algoritmanın sıkıştırma oranı %0,3-%1,2 gibi oranlar arasında iyileşme sağlanmıştır.

**Tablo 2:** Sözcükler ve sıklık değerlerinin birinci adımdan önceki, sonraki değerleri ve skorları

1. adımdan önceki sıklık değerleri		1. adımdan sonraki sıklık değerleri		Skor değerleri	
Sözcük	Sıklık	Sözcük	Sıklık	Sözcük	Skor
th	5850	the	3000	the	9000
he	3500	th	2850	her	7800
the	3000	her	2600	th	5700
her	2600	he	-2100	he	-4200

$T$  üçlülere,  $T_i$   $i$ . üçlüyü,  $A_{T_i}$   $T_i$  üçlünün sıklığını,  $D$  ikilileri,  $D_i$   $i$ . ikiliyi,  $A_{D_i}$   $D_i$  ikilinin sıklığını ve  $S_i$   $i$ . sözcüğün skor bilgisini temsil etmek üzere, skorlar (1)'deki formüle göre hesaplanmıştır.

$$S_i = \begin{cases} \text{sözcük ikili ise: } 2 \times A_{D_i} \\ \text{sözcük üçlü ise: } 3 \times A_{T_i} \end{cases} \quad (1)$$

Tablo 2'de geliştirilen fonksiyonun adımları ve bu adımlar sonucu oluşan değişimler örneklendirilmiştir. Ayrıca, bu aşamada yapılan bazı kodlama iyileştirmeleriyle sıkıştırma süresi %15-%20 oranında iyileştirilmiştir. Yapılan testlerin detayları *Deneysel Sonuçlar* bölümünde verilmiştir.

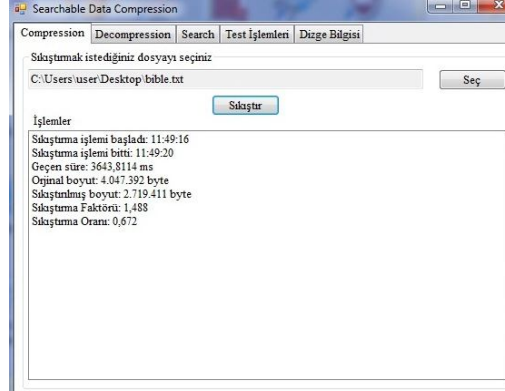
### Geliştirilen Uygulama

Bu çalışmada üretilen uygulama C# programlama dili ile geliştirilmiştir. Uygulama 5 farklı işlevi yerine getirmektedir. Bunlar sırasıyla;

1. Sıkıştırma (Şekil 3): *Sıkıştırma Algoritması* bölümünde detayları verilmiş olan sıkıştırma algoritması uygulanarak seçilen bir metin dosyasının sıkıştırılması işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Sıkıştırma işlemi gerçekleştirildikten sonra, metinle ilgili sıkıştırma oranı (2), sıkıştırma faktörü (3) ve geçen süre milisaniye bazında program çıktısı olarak üretilmektedir (Salomon, 2006).

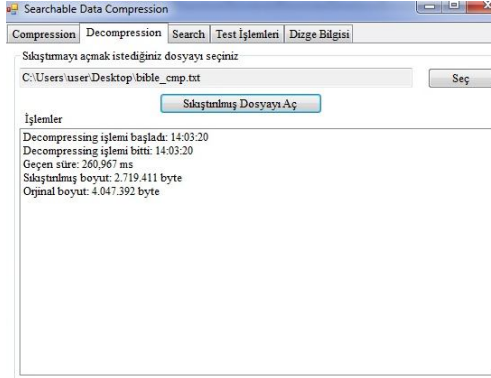
$$\text{Sıkıştırma Oranı} = \frac{\text{Çıktı katarı boyutu}}{\text{Girdi katarı boyutu}} \quad (2)$$

$$\text{Sıkıştırma Faktörü} = \frac{\text{Girdi katarı boyutu}}{\text{Çıktı katarı boyutu}} \quad (3)$$



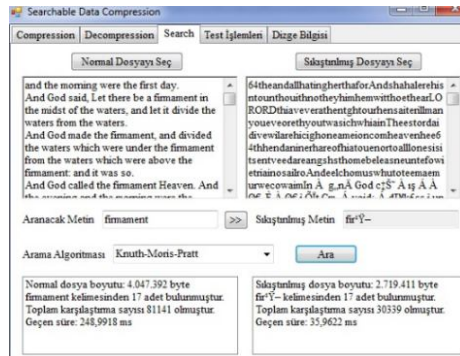
Şekil 3: Sıkıştırma safhası

2. Sıkıştırılmış dosyayı açma (Şekil 4): Üretilen uygulama kullanılarak sıkıştırılmış bir metin dosyası yine bu uygulama ile orijinal hale getirilebilmektedir. Bunun için sıkıştırma algoritması ters sırada gerçekleştirilir. Bu aşamadan sonra çıktı olarak sadece açma işlemi için geçen zaman milisaniye bazında üretilmektedir.



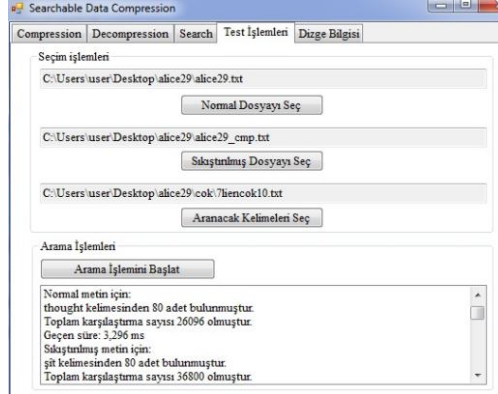
Şekil 4: Açma safhası

3. Dizgi eşleme işlemleri (Şekil 5): Dizgi eşleme işlemi sıkıştırılmış metin dosyası üzerinde yapılabilirken, geliştirilen uygulamada hem açık metin dosyası hem de sıkıştırılmış metin dosyası aynı anda seçilerek, sıkıştırma performanslarının tek bir dizgi için görüntülenmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, dizgi eşleme algoritmalarından da hangisinin kullanılacağına seçimini yapmak mümkün kılınmıştır. Geliştirilen uygulama çıktı olarak (hem açık hem de sıkıştırılmış metin için) dizginin metin içerisinde kaç kere geçtiği, bu geçişler bulunurken kaç karakter eşlemesi yapıldığını ve milisaniye bazında eşleme sırasında geçen süreyi üretmektedir.



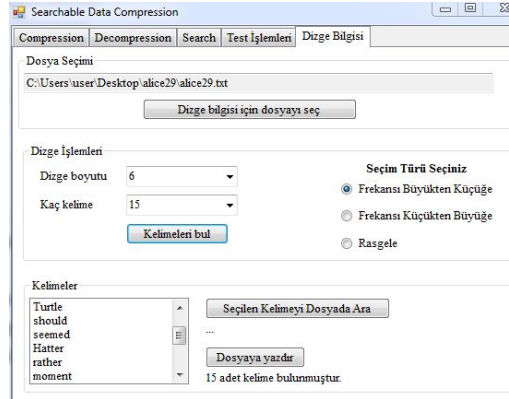
Şekil 5: Tek dizgi arama safhası

4. Test işlemleri (Şekil 6): Bu aşamada sıkıştırılmış ve orijinal metin dosyasının yanı sıra aranacak dizgilerin de yer aldığı dosyanın yolu uygulamadan girilerek, dizgi eşleme gerçekleştirilmiştir. Çıktı olarak; normal ve sıkıştırılmış metin için dizgi eşleme sayıları ve milisaniye bazında süreleri üretilmiştir.



Şekil 6: Çok dizgi arama safhası

5. Dizge bilgisi (Şekil 7): Bu aşama sıkıştırma algoritmasından bağımsız bir aşamadır. Bu aşamada herhangi bir sıkıştırılmamış metin dosyasından, sıkıştırılmış dizgi eşlemede kullanılacak olan arama dosyasının oluşturulması işlemleri yer almaktadır. Orijinal metin dosyasının yolu verildikten sonra, seçilecek dizgilerin karakter bazında boyutu ve kelime sayısı belirlenmektedir. Bu aşamada kullanıcının karşısına üç alternatif çıkar. Bunlar en sık geçen kelimeler, en az geçen kelimeler ya da rastgele seçilmiş kelimeler olabilmektedir. Uygun seçim yapıldıktan sonra seçime uygun kelimeler metinden seçilerek yeni bir dosyaya yazdırılır. Daha sonra bu yeni dosya 4. adımda kullanılabilir. Tüm bu aşamalar geliştirilen algoritmanın ikinci sürümü için de birebir aynı olarak gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 7: Çok dizgi dosyası oluşturma safhası

### Deneysel Sonuçlar

Geliştirilen uygulama kullanılarak yapılan test işlemleri, özellikleri Tablo 3'te verilen bir sistemde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3: Sistem Özellikleri

Birim	Özellik
İşlemci	Intel(R) Core(TM) i5-3470 CPU 3.20GHz
Bellek (RAM)	8,00 GB
Grafikler	AMD Radeon HD 6570
Birincil sabit disk	38.9 GB Boş (Toplam 111GB) SSD
İşletim Sistemi	Windows 10 Pro (64 bit)



Yapılan testlerde kullanılan metin dosyaları ve alındıkları külliyatlar Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4:** Kullanılan veri seti dosyaları ve ait oldukları külliyatlar

Dosya Adı	Boyut (bayt)	Tanım	Alındığı Külliyat
alphabet.txt	100.000	İngilizce alfabenin 100.000 karakteri dolduracak kadar tekrarlanması	Canterbury
bib	111.261	UNIX'de ASCII metni "refer" biçiminde - 725 bibliyografik referans.	Calgary
asyoulik.txt	125.179	Shakespeare oyunu	Canterbury
alice29.txt	152.089	Alice'in Harikalar Diyarında Maceraları - Lewis Carroll.	Canterbury
news	377.109	ASCII metni - çeşitli konularda USENET toplu iş dosyası.	Calgary
lcet10.txt	426.754	Teknik yazı	Canterbury
plrabn12.txt	481.861	Şiir	Canterbury
book2	610.856	UNIX "troff" formatında ASCII metni - Witten: Bilgisayar Konuşma İlkeleri.	Calgary
book1	768.771	Biçimlendirilmemiş ASCII metni - Thomas Hardy: Far from the Madding Crowd.	Calgary
pi.txt	1.000.000	Pi'nin ilk bir milyon basamağı	Canterbury
world192.txt	2.473.400	CIA Dünyası kitabı	Canterbury
bible.txt	4.047.392	İncil'in King James versiyonu	Canterbury
E.coli	4.638.690	E. coli bakterisinin tüm genomu	Canterbury
dickens.txt	10.192.446	Charles Dickens'in topladığı eserler	Silesia

Tablo 5 geliştirilen algoritmanın farklı sürümleriyle ve metnin tamamının değil de değişik yüzdelerinin okunması suretiyle ikili/üçlü kodları elde ederek yapılan sıkıştırma işleminin sıkıştırma oranları arasındaki farkı göstermektedir.

Daha fazla ikili ve üçlü kodlamaya imkân veren ikinci sürüm %2-%4 gibi, üçüncü sürüm %0,3-%1,2 gibi bir sıkıştırma oranı iyileştirmesi sağlamaktadır. Ayrıca, ikinci ve üçüncü sürümde metnin sadece %20'si ve %50'si okunarak sonuçlar elde edilmiştir.

**Tablo 5:** Geliştirilen Algoritmanın Farklı Sürümlerinin Sıkıştırma Oranları (output/input)

Dosya Adı	Sıkıştırma Oranları				
	v1	v2 %50	v2 %20	v3 %50	v3 %20
alphabet.txt	0,335	0,335	0,335	0,335	0,335
bib	0,768	0,745	0,748	0,74	0,74
asyoulik.txt	0,718	0,686	0,687	0,68	0,682
alice29.txt	0,708	0,681	0,684	0,678	0,678
news	0,764	0,741	0,743	0,736	0,738
lcet10.txt	0,692	0,659	0,667	0,653	0,655
plrabn12.txt	0,707	0,676	0,678	0,673	0,672
book2	0,704	0,679	0,681	0,671	0,674
book1	0,691	0,661	0,661	0,653	0,653
pi.txt	0,586	0,466	0,466	0,466	0,466
world192.txt	0,762	0,737	0,736	0,731	0,731
bible.txt	0,672	0,64	0,641	0,633	0,634
E.coli	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333
dickens	0,701	0,678	0,678	0,673	0,675

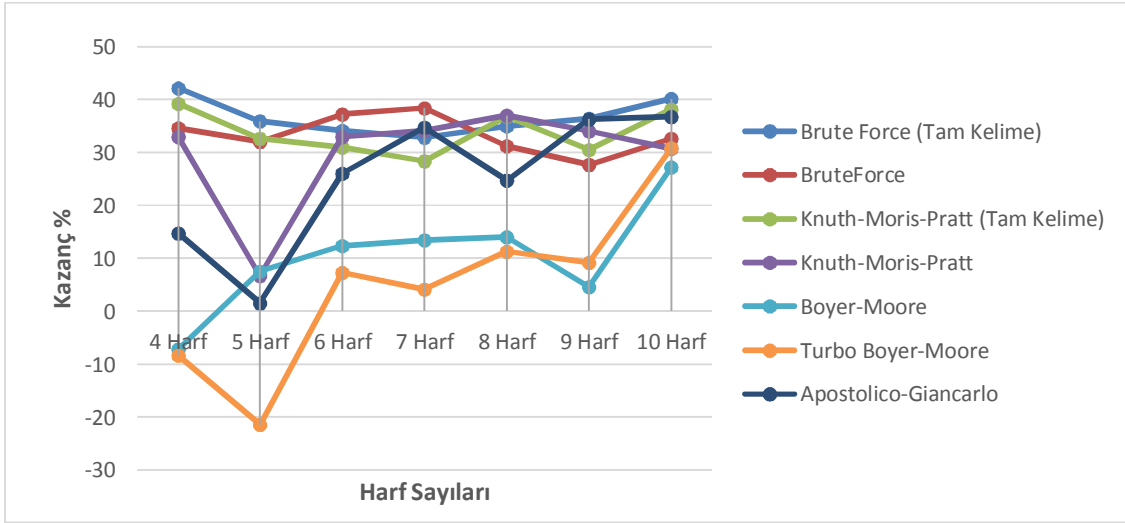
Tablo 5'te de görüldüğü gibi metnin %50'si ve %20'si okunmak suretiyle elde edilen sıkıştırma oranları arasındaki fark oldukça düşüktür. Bu durumda metnin tamamından elde edilecek olan istatistiklerin, çok büyük oranda yaklaşık metnin %20'sinden de elde edilebileceği anlaşılmaktadır. Orijinal metni okuma işlemini %20 oranında sabitleyerek, sözlük elde ederek yapılacak bir sıkıştırma işleminin algoritma hızını oldukça arttıracığı kanısı oluşmaktadır. Buna uygun olarak yapılan testlerde bu fikre paralel sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6:** Geliştirilen Algoritmanın Farklı Sürümlerinin Sıkıştırma ve Açma Süreleri (ms)

Corpus	Sıkıştırma ve Açma Süreleri									
	v1	v2 %50	v2 %20	v3 %50	v3 %20	v1	v2 %50	v2 %20	v3 %50	v3 %20
alphabet.txt	79,31	47,73	35,07	39,18	27,07	8,80	5,95	6,76	5,50	5,51
bib	81,60	68,61	54,86	54,26	41,59	11,06	9,28	9,70	7,77	8,69
asyoulik.txt	85,79	72,99	60,24	59,20	45,86	9,57	9,56	10,78	9,31	8,88
alice29.txt	103,87	113,86	95,74	73,64	54,98	14,91	14,99	15,34	10,78	10,79
news	252,57	199,39	160,61	169,26	126,22	26,01	25,97	26,19	21,16	21,88
lcet10.txt	269,61	216,54	165,30	185,74	137,20	23,25	27,84	28,69	22,17	23,10
plrabn12.txt	322,82	239,20	184,91	205,62	155,99	31,00	30,80	30,89	25,38	25,62
book2	349,96	319,31	237,77	260,21	193,57	33,12	38,11	39,29	31,26	32,05
book1	466,35	406,06	302,23	323,51	244,30	46,87	48,04	49,08	37,53	39,24
pi.txt	676,22	452,50	316,21	406,94	289,36	64,68	43,44	44,74	36,16	35,29
world192.txt	1.515,74	1.210,61	945,28	1.029,24	782,35	130,24	153,48	151,37	121,69	122,36
bible.txt	2.120,26	1.919,72	1.504,75	1.640,33	1.238,44	215,78	218,67	221,82	180,91	184,31
E.coli	2.564,72	1.986,91	1.204,22	1.764,85	1.137,86	162,09	139,38	138,59	130,99	124,96
dickens	5.328,98	4.790,17	3.745,67	4.103,99	3.101,56	560,35	577,66	587,69	462,08	476,08

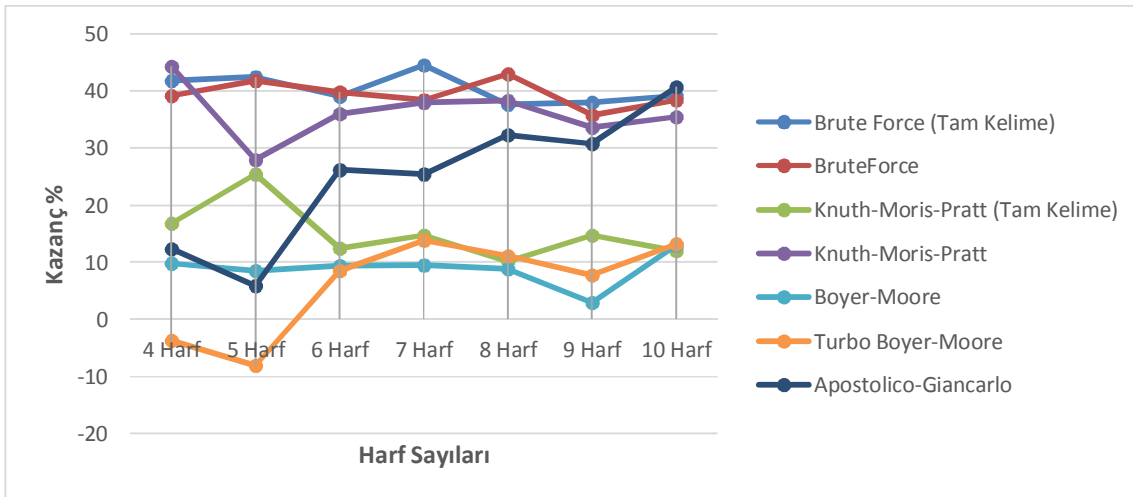
Yapılan çalışma sonucunda v1'in iyileştirilmesi için *Algoritmada İyileştirme (v2)*'de anlatıldığı gibi metinde geçen karakterler yeniden kodlanmıştır ve böylece v2 oluşturulmuştur. Yeni sürümde sıkıştırma oranında %2 ile %4 arasında bir kazanım elde edilmiştir. Bunun yanı sıra sözlük oluşturulurken sıkıştırılacak dosyanın tamamını okumaktansa %20'si veya %50'si okunmuş ve böylece sıkıştırma zamanından kazanılmıştır. Ayrıca *Algoritmada İyileştirme (v3)*'de anlatılan v3 ile sıkıştırma oranında %0,3 ile %1,2 oranında kazanım elde edilmiştir. Bunun yanı sıra bu sürümde yapılan iyileştirmelerle %15 ile %20 oranında sıkıştırma süresinde kazanımlar elde edilmiştir. Bu kazanımlar Tablo 5'te açıkça görülebilmektedir. Metnin %20 ile %50 gibi oranlarının okunması işleminin tek dezavantajı sıkıştırma oranında %0,1 ile %0,5 arasında oluşan kayıptır. Bu algoritmanın kullanılabileceği ve sıkıştırma hızının sıkıştırma oranından daha önemli olduğu uygulamalarda bu farkın göz ardı edilebilecek bir fark olabileceği kanısı oluşmuştur.

Şekil 8 ve Şekil 9'da çeşitli harf uzunluklarına sahip kelimelerin sıkıştırılmış metinde eşlenme hızı ile normal metinde eşlenme hızları arasındaki fark v1 ve v2 için yüzde cinsinden verilmiştir. Yapılan çalışmada sıkıştırılmış veri üzerinde gerçekleştirilen arama işleminin normal metin üzerinde gerçekleştirilen arama işlemine göre daha hızlı olduğu görülmüştür. Sayıların pozitif olduğu harf sayıları sıkıştırılmış dizgi eşlemenin daha hızlı olduğunu, negatif olan harf sayılarının ise sıkıştırılmış dizgi eşlemenin daha yavaş olduğunu göstermektedir.



Şekil 8: Algoritmalarla göre kelime uzunluğunun sıkıştırılmış veri üzerindeki arama kazancına etkisi v1

Aranan kelimenin harf uzunluğu arttıkça arama süresindeki kazanımın da arttığı görülmüştür (Şekil 8 ve Şekil 9). 4 ve 5 harfli kelimelerde yapılan aramalarda Turbo Boyer-Moore algoritmasının normal metne göre daha kötü sonuç verdiği görülmektedir. Bunun sebebi karşılaştırma sayısının doğrusal arama yapan algoritmalarla göre daha çok olması ve sıkıştırılmış kelimenin uzunluğunun ortalama 2-3 karakter olmasıdır. Karakter sayısı az olduğu için karşılaştırma sonucu atlanacak karakter sayısı da düşmekte ve algoritma daha kötü çalışmaktadır. Bunun yanı sıra 10 harfli kelimelerde v1'de tüm arama algoritmalarının makul bir kazanım oranı verdiği görülmeyle birlikte v2'de tüm algoritmalar aynı kazanç oranını elde edememişlerdir. Buradan şu söylenebilir ki v1'de aranacak kelimenin karakter sayısı arttıkça algoritmaların kazançları genel olarak artmakla birlikte v2'de bu durum sadece belirli algoritmalarda geçerli olmuştur.



Şekil 9: Algoritmalarla göre kelime uzunluğunun sıkıştırılmış veri üzerindeki arama kazancına etkisi v2

Tablo 7 ve Tablo 8 geliştirilen sıkıştırma algoritmasının farklı iki sürümü ile sıkıştırılmış olan ve "The Catenbury Corpus"ta yer almakta olan "bible.txt" metin dosyası üzerinde yapılmış olan dizgi eşleme işlemlerinin çeşitli istatistiki bilgilerini göstermektedir.

Buna göre yapılan denemeler farklı harf sayılarına göre gruplandırılmış olup, birinci sütunda eşleme yapılacak kelime gruplarının harf sayıları verilmiştir. İkinci sütunda ise, normal ve sıkıştırılmış dizgi eşleme için kullanılmış olan bazı önemli dizgi eşleme algoritmalarının isimleri verilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, "Tam Kelime" ibaresi ile anlatılmak istenendir. "Tam kelime" ile sadece ilgili kelimenin arandığı anlamına

gelmektedir. Bunun sebebi de (Tablo 1) kullanılarak yapılmış olan örnekle paralel olarak bazı kelimelerin, diğer bazı kelimeler içerisinde geçiyor olması durumunda tamamının bulunamaması durumudur. Örneğin, “compress” kelimesi “compression” ve “decompress” gibi diğer kelimelerin içerisinde geçmesine rağmen, farklı şekilde sıkıştırılabilmektedir. Ayrıca, kelimenin sıkıştırılmasına göre farklı sonuçlar üretmeyebilir ve arama yapılabilir. Elde edilen sonuçlardaki farklılıklar bunlardan kaynaklanmaktadır. Gelecekte yapılması planlanan çalışmada bu problemin de üzerine gidilmesi ve optimum sonuca ulaşılması planlanmaktadır.

Tablo 7 ve Tablo 8’deki 1, 3, 4 ve 5’inci sütunlar sırasıyla, orijinal metinden belirtilen harf sayısına uygun olarak rastgele seçilen 10’ar tane kelimedenden oluşan kelime gruplarını, normal metinde ortalama dizgi eşleme sürelerini, sıkıştırılmış metinde ortalama dizgi eşleme sürelerini ve bu işlemler sonucunda oluşan süre farkının getirdiği kazanımın yüzde olarak ifade edilmiş olan bilgilerini tutmaktadır.

Tablo 7 ve Tablo 8’deki 6 ve 7’inci sütunlar sırasıyla normal ve sıkıştırılmış metin üzerinde seçilen kelime grupları için dizgi eşleme yapılırken oluşan toplam karakter karşılaştırma sayılarını vermektedir. 6 ve daha fazla karakterden oluşan kelimeler için sıkıştırılmış dizgi eşleme yapmanın daha az karşılaştırma yaptığı açıkça görülmekte iken, 6’dan az karakterden oluşan kelimeler için böyle kesin bir yargıya varmanın mümkün olmayacağı açıkça görülmektedir.

Tablo 7 ve Tablo 8’deki 8 ve 9. sütunlar sırasıyla normal ve sıkıştırılmış metinde bulunan ortalama eşleşme sayılarını vermektedir. Yukarıda da anlatıldığı gibi dizgi eşleme “Tam Kelime” olarak yapıldığı takdirde, sonuçlar normal metin ve sıkıştırılmış metin için birebir olarak örtüşmektedir.

**Tablo 7:** Algoritmaların harf sayılarına göre normal ve birinci sürüm (v1) ile sıkıştırılmış metin üzerindeki arama performansları

	Arama Algoritması	Normal Metin Arama Süresi (ms)	Sıkıştırılmış Metin Arama Süresi (ms)	Kazanç %	Normal Metin Karşılaştırma Sayısı	Sıkıştırılmış Metin Karşılaştırma Sayısı	Normal Metin Bulunan Eşleşme Sayısı	Sıkıştırılmış Metin Bulunan Eşleşme Sayısı
4 harfler için ortalama değerler	Brute Force (Tam Kelime)	100.904	<b>58.294</b>	<b>42</b>	215,949	<b>29.051</b>	<b>3,453</b>	<b>3,453</b>
	BruteForce	76.440	<b>49.920</b>	<b>35</b>	215,949	<b>29.051</b>	3,588	3,521
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	46.765	<b>28.423</b>	<b>39</b>	213,400	<b>28.990</b>	<b>3,453</b>	<b>3,453</b>
	Knuth-Moris-Pratt	41.582	<b>27.873</b>	<b>33</b>	213,400	<b>28.990</b>	3,588	3,521
	Boyer-Moore	<b>30.144</b>	32.294	-7	<b>1,190,583</b>	1,250,114	3,588	3,521
	Turbo Boyer-Moore	<b>43.359</b>	47.001	-8	<b>1,190,327</b>	1,250,114	3,588	3,521
	Apostolico-Giancarlo	63.461	<b>54.089</b>	<b>15</b>	<b>1,190,583</b>	1,250,114	3,588	3,521
5 harfler için ortalama değerler	Brute Force (Tam Kelime)	79.834	<b>51.122</b>	<b>36</b>	197,190	<b>25.584</b>	<b>2,122</b>	<b>2,122</b>
	BruteForce	78.000	<b>53.040</b>	<b>32</b>	197,190	<b>25.584</b>	2,359	2,328
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	40.514	<b>27.309</b>	<b>33</b>	195,285	<b>25.584</b>	<b>2,122</b>	<b>2,122</b>
	Knuth-Moris-Pratt	39.128	<b>36.478</b>	<b>7</b>	195,285	<b>25.584</b>	2,359	2,328
	Boyer-Moore	26.916	<b>24.893</b>	<b>8</b>	<b>953,593</b>	1,018,274	2,359	2,328
	Turbo Boyer-Moore	<b>34.240</b>	41.578	-21	<b>953,101</b>	1,018,274	2,359	2,328
	Apostolico-Giancarlo	50.944	<b>50.160</b>	<b>2</b>	<b>953,593</b>	1,018,274	2,359	2,328
6 harfler için ortalama değerler	Brute Force (Tam Kelime)	72.968	<b>48.079</b>	<b>34</b>	118,778	<b>19.416</b>	<b>814</b>	<b>814</b>
	BruteForce	72.465	<b>45.452</b>	<b>37</b>	118,778	<b>19.416</b>	832	818
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	37.940	<b>26.191</b>	<b>31</b>	117,080	<b>19.078</b>	<b>814</b>	<b>814</b>
	Knuth-Moris-Pratt	36.657	<b>24.586</b>	<b>33</b>	117,080	<b>19.078</b>	832	818
	Boyer-Moore	19.520	<b>17.096</b>	<b>12</b>	817,015	<b>740,462</b>	832	818
	Turbo Boyer-Moore	30.729	<b>28.477</b>	<b>7</b>	816,938	<b>740,462</b>	832	818
	Apostolico-Giancarlo	46.603	<b>34.472</b>	<b>26</b>	817,015	<b>740,462</b>	832	818
7 harfler için ortalama değerler	Brute Force (Tam Kelime)	76.933	<b>51.630</b>	<b>33</b>	196,710	<b>24.890</b>	<b>476</b>	<b>476</b>
	BruteForce	81.120	<b>49.920</b>	<b>38</b>	196,710	<b>24.890</b>	482	481
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	38.190	<b>27.327</b>	<b>28</b>	195,287	<b>24.829</b>	<b>476</b>	<b>476</b>
	Knuth-Moris-Pratt	37.487	<b>24.694</b>	<b>34</b>	195,287	<b>24.829</b>	482	481
	Boyer-Moore	20.959	<b>18.140</b>	<b>13</b>	734,015	<b>697,449</b>	482	481
	Turbo Boyer-Moore	28.041	<b>26.892</b>	<b>4</b>	733,987	<b>697,438</b>	482	481
	Apostolico-Giancarlo	52.517	<b>34.283</b>	<b>35</b>	734,015	<b>697,449</b>	482	481
8 harfler için ortalama değerler	Brute Force (Tam Kelime)	73.616	<b>47.819</b>	<b>35</b>	131,025	<b>12.554</b>	<b>373</b>	<b>373</b>
	BruteForce	74.880	<b>51.480</b>	<b>31</b>	131,025	<b>12.554</b>	406	406
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	40.397	<b>25.509</b>	<b>37</b>	129,970	<b>12.538</b>	<b>373</b>	<b>373</b>
	Knuth-Moris-Pratt	40.216	<b>25.333</b>	<b>37</b>	129,970	<b>12.538</b>	406	406
	Boyer-Moore	16.389	<b>14.086</b>	<b>14</b>	644,043	<b>594,122</b>	406	406
	Turbo Boyer-Moore	24.889	<b>22.062</b>	<b>11</b>	644,041	<b>594,122</b>	406	406
	Apostolico-Giancarlo	43.221	<b>32.520</b>	<b>25</b>	644,043	<b>594,122</b>	406	406
9 harfler için ortalama değerler	Brute Force (Tam Kelime)	73.927	<b>47.037</b>	<b>36</b>	151,350	<b>20.770</b>	<b>264</b>	<b>264</b>
	BruteForce	73.320	<b>53.040</b>	<b>28</b>	151,350	<b>20.770</b>	267	265
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	39.956	<b>27.768</b>	<b>31</b>	150,291	<b>20.751</b>	<b>264</b>	<b>264</b>
	Knuth-Moris-Pratt	40.300	<b>26.588</b>	<b>34</b>	150,291	<b>20.751</b>	267	265
	Boyer-Moore	15.367	<b>14.650</b>	<b>5</b>	574,902	<b>553,020</b>	267	265
	Turbo Boyer-Moore	22.393	<b>20.334</b>	<b>9</b>	574,686	<b>553,020</b>	267	265
	Apostolico-Giancarlo	46.393	<b>29.564</b>	<b>36</b>	574,836	<b>553,020</b>	267	265
10 harfler için ortalama değerler	Brute Force (Tam Kelime)	79.430	<b>47.549</b>	<b>40</b>	228,238	<b>31.972</b>	<b>125</b>	<b>125</b>
	BruteForce	76.440	<b>51.480</b>	<b>33</b>	228,238	<b>31.972</b>	128	128
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	40.822	<b>25.218</b>	<b>38</b>	226,155	<b>31.647</b>	<b>125</b>	<b>125</b>
	Knuth-Moris-Pratt	40.627	<b>28.147</b>	<b>31</b>	226,155	<b>31.647</b>	128	128
	Boyer-Moore	14.180	<b>10.320</b>	<b>27</b>	530,978	<b>442,155</b>	128	128
	Turbo Boyer-Moore	23.805	<b>16.444</b>	<b>31</b>	530,917	<b>442,155</b>	128	128
	Apostolico-Giancarlo	42.436	<b>26.839</b>	<b>37</b>	530,978	<b>442,155</b>	128	128

**Tablo 8:** Algoritmaların harf sayılarına göre normal ve ikinci sürüm (v2) ile sıkıştırılmış metin üzerindeki arama performansları

	Arama Algoritması	Normal Metin Arama Süresi (ms)	Sıkıştırılmış Metin Arama Süresi (ms)	Kazanç %	Normal Metin Karşılaştırma Sayısı	Sıkıştırılmış Metin Karşılaştırma Sayısı	Normal Metin Bulunan Eşleşme Sayısı	Sıkıştırılmış Metin Bulunan Eşleşme Sayısı
4 harfler için ortalama değerler	Brute Force (Tam Kelime)	80.563	46.902	42	215,949	28,094	3,453	3,453
	BruteForce	74.520	45.308	39	215,949	28,094	3,588	3,521
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	42.735	35.542	17	213,400	28,065	3,453	3,453
	Knuth-Moris-Pratt	41.839	23.305	44	213,400	28,065	3,588	3,521
	Boyer-Moore	31.568	28.472	10	1,190,583	1,188,495	3,588	3,521
	Turbo Boyer-Moore	43.894	45.523	-4	1,190,327	1,188,495	3,588	3,521
5 harfler için ortalama değerler	Apostolico-Giancarlo	58.238	51.071	12	1,190,583	1,188,495	3,588	3,521
	Brute Force (Tam Kelime)	79.207	45.579	42	197,190	25,040	2,122	2,122
	BruteForce	74.794	43.567	42	197,190	25,040	2,359	2,327
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	44.973	33.561	25	195,285	25,040	2,122	2,122
	Knuth-Moris-Pratt	35.723	25.769	28	195,285	25,040	2,359	2,327
	Boyer-Moore	26.150	23.926	9	953,593	1,051,164	2,359	2,327
6 harfler için ortalama değerler	Turbo Boyer-Moore	36.297	39.244	-8	953,593	1,051,164	2,359	2,327
	Apostolico-Giancarlo	49.984	47.070	6	953,593	1,051,164	2,359	2,327
	Brute Force (Tam Kelime)	72.185	43.990	39	118,778	11,531	814	814
	BruteForce	73.143	43.993	40	118,778	11,531	832	831
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	38.357	33.590	12	117,080	11,512	814	814
	Knuth-Moris-Pratt	36.853	23.573	36	117,080	11,512	832	831
7 harfler için ortalama değerler	Boyer-Moore	20.616	18.686	9	817,015	756,539	832	831
	Turbo Boyer-Moore	29.688	27.171	8	816,938	756,539	832	831
	Apostolico-Giancarlo	45.747	33.771	26	817,015	756,539	832	831
	Brute Force (Tam Kelime)	80.289	44.523	45	196,710	14,261	476	476
	BruteForce	72.488	44.694	38	196,710	14,261	482	481
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	37.398	31.901	15	195,287	14,237	476	476
8 harfler için ortalama değerler	Knuth-Moris-Pratt	37.864	23.506	38	195,287	14,237	482	481
	Boyer-Moore	17.641	15.966	9	734,015	697,416	482	481
	Turbo Boyer-Moore	28.842	24.864	14	733,987	697,416	482	481
	Apostolico-Giancarlo	47.033	35.077	25	734,015	697,416	482	481
	Brute Force (Tam Kelime)	78.460	48.968	38	131,025	8,069	373	373
	BruteForce	74.484	42.455	43	131,025	8,069	406	406
9 harfler için ortalama değerler	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	37.182	33.419	10	129,970	8,052	373	373
	Knuth-Moris-Pratt	34.817	21.489	38	129,970	8,052	406	406
	Boyer-Moore	15.881	14.472	9	644,043	626,758	406	406
	Turbo Boyer-Moore	25.819	22.958	11	644,041	626,758	406	406
	Apostolico-Giancarlo	45.370	30.702	32	644,043	626,758	406	406
	Brute Force (Tam Kelime)	74.809	46.437	38	151,350	16,325	264	264
10 harfler için ortalama değerler	BruteForce	71.979	46.228	36	151,350	16,325	267	265
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	38.777	33.085	15	150,291	16,324	264	264
	Knuth-Moris-Pratt	36.977	24.548	34	150,291	16,324	267	265
	Boyer-Moore	14.078	13.673	3	574,902	563,368	267	265
	Turbo Boyer-Moore	22.060	20.357	8	574,686	563,353	267	265
	Apostolico-Giancarlo	41.781	28.936	31	574,836	563,368	267	265
10 harfler için ortalama değerler	Brute Force (Tam Kelime)	79.055	48.142	39	228,238	25,061	125	125
	BruteForce	75.690	46.625	38	228,238	25,061	128	128
	Knuth-Moris-Pratt (Tam Kelime)	39.702	34.956	12	226,155	25,044	125	125
	Knuth-Moris-Pratt	37.794	24.382	35	226,155	25,044	128	128
	Boyer-Moore	13.032	11.346	13	530,978	476,231	128	128
	Turbo Boyer-Moore	19.207	16.681	13	530,917	476,231	128	128
Apostolico-Giancarlo	43.407	25.741	41	530,978	476,231	128	128	

### Sonuçlar

Yapılan testler sonucunda elde edilen değerlere göre geliştirilen sıkıştırma algoritmasının ilk sürümü ortalama %30-%35 sıkıştırma faktörü sağlarken, kelime bazlı tam sıkıştırılmış dizgi eşlemeye de izin vermektedir. Benzer şekilde geliştirilen ikinci sürüm birinciye oranla %2-%4 sıkıştırma faktörü iyileştirmesi sunarken, geliştirilen üçüncü sürüm de ikinciye oranla %1-%2 sıkıştırma faktörü iyileşmesi sunmuştur. Yeni geliştirilen her iki sürümde de sıkıştırılmış dizgi eşlemeye izin verilmektedir.

Bununla beraber metinde en sık geçen ikili ve üçlüleri bulmak için metnin tamamını okumak yerine değişik yüzdelerde bir örnekleme uzayı seçilerek metnin bir kısmı okunmuştur. Elde edilen veriler, gerçekleştirilen sıkıştırma işleminin süresini büyük oranda düşürürken, sıkıştırma oranını da göz ardı edilebilecek bir biçimde %0,1-%0,05 değerinde kötüleştirmektedir.

Bunlara ilave olarak bu çalışmanın merkezinde yer alan araştırma fikrine dayanarak, normal metin ve sıkıştırılmış metin üzerinde dizgi eşleme yapılmış ve bazı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre üretilen algoritma ile sıkıştırılmış metin üzerinde çalışmak uzun katarlarda gerek karakter karşılaştırma sayısını azaltması, gerekse de işlem süresini düşürmesi açısından bir avantaj sağlamıştır. Kısa karakter katarlarında ise dizgi eşleme algoritmasına bağlı olarak bazı dizgi eşleme algoritmalarında bu avantajlar korunmuş, bazılarında ise olumsuz sonuçlar elde edilmiştir.

Ayrıca, yapılan test sonuçlarına göre dizge eşleme algoritmalarından BruteForce, Knuth-Moris-Pratt ve türevlerinin Şekil 8 ve Şekil 9'da görüldüğü üzere harf sayısındaki değişime rağmen kazanç değerlerinde fazla bir değişim yaşanmamıştır. Buna ek olarak sıkıştırılmış metinde yapılan aramalarda bu algoritmalar diğerlerine göre daha başarılı olmuştur. Apostolico-Giancarlo algoritması ise harf sayısı arttıkça kazanç değerini arttırmıştır. Boyer-Moore ve türevleri ise kazanç değerleri baz alındığında diğer algoritmalara göre biraz zayıf kalmıştır.

Sonuç olarak yapılan bu çalışmada görülmektedir ki, dizge eşleme yöntemlerini kullanan çeşitli uygulamaların, normal metin yerine sıkıştırılmış dizge eşlemeye izin veren sıkıştırma algoritmaları ile oluşturulmuş sıkıştırılmış metin kullanmasının bazı kazanımları olacağı açıktır.

Bu çalışmada amaç, bu kazanımların ayrıntılı bir şekilde işlenerek ortaya konmasıdır. Bu sebeple üretilen sıkıştırma algoritması sıkıştırma oranı açısından çok etkin değildir ancak amaçlanan hedefleri istenilen bir şekilde gerçekleştirmektedir.

Sonuçlardan da anlaşıldığı üzere daha da etkin bir sıkıştırma algoritması kullanılması durumunda elde edilen karşılaştırma sayıları, sıkıştırma oranı, arama süresi vb. değerler daha da iyi olabilecektir.

Ayrıca şunu da belirtmek gerekir ki kelime bazlı sıkıştırılmış dizge eşleme işleminde BruteForce, Knuth-Moris-Pratt ve türevleri daha fazla kazanç sağlarken Boyer-Moore algoritması da en iyi arama süresini vermiştir.

#### Kaynakça

- Amir, A., & Benson, C. (1992). Efficient two-dimensional compressed matching. In *Data Compression Conference, 1992. DCC '92*. (pp. 279–288). <http://doi.org/10.1109/DCC.1992.227453>
- Amir, A., Benson, G., & Farach, M. (1996). Let Sleeping Files Lie: Pattern Matching in Z-Compressed Files. *Journal of Computer and System Sciences*, 52(23), 299–307. <http://doi.org/DOI: 10.1006/jcss.1996.0023>
- Boyer, R. S., & Moore, J. S. (1977). A Fast String Searching Algorithm. *Commun. ACM*, 20(10), 762–772. <http://doi.org/10.1145/359842.359859>
- Crochemore, M., & Rytter, W. (2002). *Jewels of Stringology: Text Algorithms*. Hackensack, NJ, USA: World Scientific. Retrieved from <http://www.amazon.com/exec/obidos/redirect?tag=citeulike07-20&path=ASIN/9810248970>
- Farach, M., & Thorup, M. (1998). String Matching in Lempel–Ziv Compressed Strings. *Algorithmica*, 20(4), 388–404. <http://doi.org/10.1007/PL00009202>
- Gasieniec, L., & Rytter, W. (1999). Almost-optimal fully LZW-compressed pattern matching. In *Data Compression Conference, 1999. Proceedings. DCC '99* (pp. 316–325). <http://doi.org/10.1109/DCC.1999.755681>
- Kärkkäinen, J., Navarro, G., & Ukkonen, E. (2003). Approximate string matching on Ziv-Lempel compressed text. *Journal of Discrete Algorithms*, 1(3–4), 313–338. [http://doi.org/10.1016/S1570-8667\(03\)00032-7](http://doi.org/10.1016/S1570-8667(03)00032-7)
- Kida, T., Takeda, M., Shinohara, A., & Arikawa, S. (1999). Shift-and approach to pattern matching in LZW compressed text. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 1645, 1–13. [http://doi.org/10.1007/3-540-48452-3\\_1](http://doi.org/10.1007/3-540-48452-3_1)
- Klein, S. T., & Shapira, D. (2002). A new compression method for compressed matching. *Data Compression Conference, 2000. Proceedings. DCC 2000*, 400–409. <http://doi.org/10.1109/DCC.2000.838180>
- Manber, U. (1997). A Text Compression Scheme That Allows Fast Searching Directly in the Compressed File. *ACM Trans. Inf. Syst.*, 15(2), 124–136. <http://doi.org/10.1145/248625.248639>
- Moura, E. S. De, Navarro, G., Ziviani, N., & Baeza-Yates, R. (1998). Direct pattern matching on compressed text. *Proceedings. String Processing and Information Retrieval: A South American Symposium (Cat. No.98EX207)*. <http://doi.org/10.1109/SPIRE.1998.712987>
- Navarro, G., & Raffinot, M. (1999). A general practical approach to pattern matching over ziv-lempel compressed text. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 1645, 14–36. [http://doi.org/10.1007/3-540-48452-3\\_2](http://doi.org/10.1007/3-540-48452-3_2)

- Salomon, D. (2006). *Data Compression: The Complete Reference*. Secaucus, NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(July 1928), 379–423. <http://doi.org/10.1145/584091.584093>
- Shibata, Y., Kida, T., Fukamachi, S., Takeda, M., Shinohara, A., Shinohara, T., & Arikawa, S. (2000). Speeding up pattern matching by text compression. *Algorithms and Complexity*, 306–315. <http://doi.org/10.1007/3-540-46521-9>



## KAMU ÇALIŞANLARININ İNTERNET BANKACILIĞI KULLANMA DURUMLARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Pınar ÖZDEMİR KARACA<sup>1</sup>

### ÖZET

Teknolojinin hızla gelişmesi, yaşamın her alanını etkilediği kadar bankacılık sektörünü de etkilemiştir. Bankacılık sektöründeki hizmetler çeşitlenmiş ve yeni bir boyut kazanmıştır. Bu boyutlardan biri de internet bankacılığıdır. İnternet bankacılığı elektronik paranın kullanıldığı bir alandır. İnternet bankacılığı hizmeti veren bankaların maliyetleri azalmış, bankacılık hizmet alanları genişlemiştir. Ayrıca internet bankacılığı, müşterilere zaman ve mekandan bağımsız işlem yapma olanağı sağlamıştır. İnternet bankacılığının sağladığı avantajların yanı sıra birtakım dezavantajlarda bulunmaktadır. Bunlardan en önemli güvenlik sorunudur. Kötü niyetli kullanıcılar, müşterilerin şifrelerini, kullanıcı adlarını ve hesaplarını ele geçirerek müşteri hesaplarını kontrol etmektedir. Fakat bankalar bu olumsuz duruma karşı güvenlik önlemlerini arttırmaktadır. Bu çalışmanın amacı; kamu çalışanlarının internet bankacılığı kullanma durumlarını saptamak, internet bankacılığı kullanım durumları ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını saptamaktır. Çalışmanın örneklemini, kolayda örnekleme yöntemi kullanılarak seçilen Kırklareli ili Lüleburgaz ilçesinde görev yapan kamu çalışanları oluşturmaktadır. Bir anket formuyla elde edilen veriler, istatistikî yöntemlerle analiz edilerek, tablolarla yorumlanmıştır. Araştırma sonucunda kamu çalışanlarının; internet bankacılığı kullanım durumları ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kamu çalışanları, bankacılık, internet bankacılığı.

## A RESEARCH ON THE INTERNET BANKING USAGE STATUS OF THE PUBLIC EMPLOYEES

### ABSTRACT

The rapid development of technology affect all areas of life and has also an impact on the banking sector. The services of the banking sector have been diversified and gained a new dimension. One of these dimensions is the Internet Banking. Internet Banking is an area where the electronic money is used. Internet Banking services has reduced the costs of the issuing bank and the banking service area has expanded. Moreover the Internet Banking has provided opportunities for the customers to take action regardless of time and space. It can be seen that the services provided by the Internet Banking has as well as some advantages and also disadvantages. The most important of these is the security problem. Malicious users capture the passwords, user names and accounts of the customers and control the customer accounts. But the banks increase security measures against this negative situation. The goal of this study is; to determine the internet banking usage status of the public employees and to determine if there is a significant discrepancy between the internet banking usage status and the socio-demographic factors. The public employees who are working in Lüleburgaz country of the Kırklareli province are forming the sample group of this study; whom are chosen by simple by simple random sampling technique. The data obtained from the survey are analysed using the statistical methods and further interpreted with the tables. The research revealed thatteher is a significant discrepancy between the internet banking usage status of the public employees and the socio-demographic factors.

**Keywords:** Public employees, banking, internet banking.

---

<sup>1</sup> Öğr. Gör., Kırklareli Üniversitesi Lüleburgaz Meslek Yüksekokulu, pinar.ozdemir@hotmail.com

### Giriş

Bilişim sektöründeki teknolojik gelişmelerle birlikte bilgisayar ve internet her geçen gün günlük yaşamımızdaki yerini daha da sağlamlaştırmaktadır. Bilişim sektörünün önde gelen kullanıcı ve destekçilerinden biri olan bankacılık sektörü ise, yenilikleri kolay ve hızlı bir şekilde bünyesine katabilen, değişime açık bir sektördür. Bankacılık sektöründe, başlarda yalnızca şube bankacılığı kanalıyla işlemlerinin gerçekleştirilmesi için kullanılan bilgisayar, internet ve diğer otomasyon sistemleri zamanla yaygınlaşmaya ve tüm bankacılık hizmetleri için kullanılmaya başlanmıştır. Böylelikle, işlemler kolaylaşmış, maliyet ve riskler en aza indirilmiş ve zamandan tasarruf edilmeye başlanmıştır. Bankacılık için bir dönüm noktası sayılabilecek internet bankacılığı da bu gelişmelerle birlikte ortaya çıkmıştır. İnternet bankacılığı, hesap açma, kredi kartı ve kredi işlemleri gerçekleştirme, para transferi yapma vb. birçok bankacılık hizmetinin uzaktan yapıldığı dağıtım kanalını ifade etmektedir. Yani internet bankacılığı, günümüzde fiziksel şubelerden yapılan hemen hemen tüm işlemlerin uzaktan dağıtım kanalı olarak internet üzerinden gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilir. İnternet bankacılığını ülkemizde ilk defa kullanıma açan banka 1997 yılında Türkiye İş Bankası olmuştur. İnternet bankacılığı kanalını kullanmak isteyen bankaların, büyük teknolojik yatırımlar yapması gerektiğinden, ilk başlarda bu kanaldan kar sağlamları mümkün olmamıştır. Bu nedenle geleneksel yapıdaki bankaların bazıları, internet bankacılığı hizmetlerine başlarken “bankamızın da bir internet şubesi bulunsun” mantığıyla hareket etmiş ancak, zamanla bu bankacılık kanalının da diğer kanallar gibi geniş bir müşteri portföyüne hizmet verebilecek, rekabet üstünlüğü sağlayabilecek ve imajlarını olumlu yönde etkileyebilecek kapasitede bir kanal olduğu görmüş ve internet bankacılığına verdikleri önemi arttırmışlardır. İnternet bankacılığının ilk aşamada büyük yatırımlar gerektirmesinin yanı sıra bir diğer olumsuz yönü de şubelerde gerçekleşen birebir müşteri ilişkilerindeki olumlu yönlerin ortadan kalkmasıdır (www.tbb.org.tr, 16.06.2016; www.muze.isbank.com.tr, 16.06.2016; Çınar, Yavuz ve Aslan, 2012; Okumuş, Bozbay ve Dağlı, 2010; Pala ve Kartal, 2010; Gaziler, 2006; Biçer, 2006; Toroman, 2002).

Ancak bu dezavantajların yanında, internet bankacılığının bankalara sağladığı çeşitli avantajlar da bulunmaktadır. Bu avantajlardan bazıları; fiziksel şubelerin yoğunluğunun ve personel sayılarının azaltılması, maliyetlerin düşürülmesi, yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi ve pazarlanması, yeni müşterilerin edinilmesi, bu yolla satışların artırılması, sahip olunan müşterilerin elde tutulması, marka imajının güçlendirilmesi, ulaşılan müşteri sayısının ve sadakatinin artırılması, müşteri ilişkilerinde kolaylık sağlanması, daha etkin müşteri hizmetlerinin sunulması ve piyasadaki değişikliklere daha hızlı şekilde uyum sağlayabilmedir (Eroğlu ve Yücel, 2012; Okumuş, Bozbay ve Dağlı, 2010).

İnternet bankacılığı, bankaların yanı sıra müşterilere de çeşitli avantajları sağlamaktadır. Bu avantajları şu şekilde sıralamak mümkündür (www.yapikredi.com.tr, 12.06.2016; Bora, 2010; Gül, 2003):

- Hızlı, kesintisiz ve güvenli işlem yapabilme,
- İşlemleri daha düşük maliyetle gerçekleştirebilme,
- Zamandan tasarruf sağlayabilme,
- Zamandan ve mekandan bağımsız işlem yapabilme,
- Şubeye gitmeden ve sıra beklemeden işlemleri gerçekleştirebilme,
- Görerek ve seçerek bankacılık işlemi yapabilme,
- Detaylı rapor ve bilgi alabilme,
- Çok çeşitli bankacılık ürünlerini görerek bu ürünlerden faydalanabilme.

Alanyazında internet bankacılığına yönelik birçok araştırma bulunmaktadır. Gülmez ve Kitapçı'nın 2006'daki çalışmasında internet bankacılığı üzerinden en fazla tercih edilen bankacılık hizmetlerinin başında havale ve EFT'nin geldiği, bu hizmeti sırasıyla; günlük hesap hareketlerini izleme ve düzenli ödemelerin izlediği; Oktay ve Orçanlı'nın (2014) çalışmasında ise, hesap bilgilerinin kontrol, para transferi (havale/EFT vb.), kredi kartı işlemleri olduğu; Armağan ve Temel'in 2016'daki çalışmasında da yine para transferi, havale, kredi kartı işlemleri, bakiye durumlarının kontrol etme ve fatura/harç vergi vb. ödemelerin yapılması olduğu; Yavuz ve Aslan'nın (2012) çalışmasında da hesap bilgilerinin kontrol, kredi kartı işlemleri, para transferi ve fatura ödemeleri olduğu sonucuna varılmıştır.

Oktay ve Orçanlı'nın (2014) çalışmasında katılımcıların internet bankacılığını tercih etmelerindeki en önemli faktörlerin sırasıyla, zamandan tasarruf, bankada işlemler esnasında sıra beklememek, kullanım kolaylığı ve rahatlığı, çok hızlı işlem yapılabilmesi, günün her saatinde kullanılabilmesi olduğu; Yavuz ve Aslan'ın (2012) araştırmasında da zamandan tasarruf sağlaması, sıra beklemeden hızlı işlem yapılabilme, kullanımının kolay olması, her an erişilebilirliği ve işlem dökümünün görülebilmesi; Uzundağ'ın (2013) çalışmasında da yine, işlemlerin daha kısa sürede ve günün her saatinde yapılabilmesi; Bayrakdaroğlu'nun 2012'deki çalışmasında bir kez daha güvenlik ve gizlilik başta olmak üzere, yenilikçi olma, kullanım kolaylığı, farkında olma, internet bağlantısının kalitesi, sosyal çevrenin etkisi ve bilgisayar kullanma yeterliliği; ve bir başka çalışma olan Çakmak, Güneşer ve Terzi'nin 2011 yılındaki araştırmalarında da diğer çalışmalarla benzer sonuçlara ulaşılmış, daha az maliyetle işlem yapma, zaman kazanma, kullanım kolaylığı gibi faktörler tespit edilmiştir.

Gülmez ve Kitapçı'nın (2006) çalışmasında bankacılık işlemlerinin internetten yapılmama nedenleri olarak güvenli olmaması, yeterli bilgiye sahip olmama ve hatalı ya da yanlış bir işlem yapabilme endişesi ve korkusu; Yavuz ve Aslan'ın (2012) çalışmasında ise güvensizlik, ihtiyaç duymama, hatalı işlem yapmaktan korkma ve karmaşık işlem yapısı; Uzundağ'ın (2013) çalışmasında hatalı işlem yapma olasılığı, internet bankacılığında bilgilerin dışarıdan ulaşılabilir korkusu, işlemlerin karışık yapıda olması ve verilen hizmetlerin yetersiz olması; Usta'nın (2005) araştırmasında da, tüketicilerin paralarını sanal aleme teslim etme konusunda duydukları güvenlik kaygıları sonuçlarına ulaşılarak alanyazındaki diğer çalışmalar bir kez daha desteklenmiştir.

Bu bağlamda bu çalışmada da, kamu çalışanlarının internet bankacılığı kullanma durumlarını saptamak, kullanım durumları, gerçekleştirdikleri işlem türleri, internet bankacılığı kullanma/kullanmama sebepleri ile sosyo-demografik değişkenler arasında bir anlamlı bir farklılık olup olmadığını tespit etmek amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda geliştirilen hipotezler aşağıda yer almaktadır:

H<sub>1</sub>: Kamu çalışanlarının internet bankacılığı kullanma durumları ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir fark vardır.

H<sub>2</sub>: Kamu çalışanlarının internet bankacılığı ile gerçekleştirdikleri işlem türleri ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir fark vardır.

H<sub>3</sub>: Kamu çalışanlarının internet bankacılığını kullanma sebepleri ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir fark vardır.

H<sub>4</sub>: Kamu çalışanlarının internet bankacılığını kullanmama sebepleri ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir fark vardır.

### Yöntem

Araştırmanın amacı, kamu çalışanlarının internet bankacılığı kullanma durumlarını saptayarak, internet bankacılığı kullanım durumları ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemektir. Dolayısıyla araştırma, var olan bir problemi, bu problemle ilgili durumları, değişkenleri ve değişkenler arasındaki ilişkileri ortaya koymaya yönelik olması sebebiyle, betimsel araştırma modeli içerisinde yer almaktadır. Araştırma evrenini, 2015 yılında Kırklareli ili Lüleburgaz ilçesinde görev yapan çeşitli kamu çalışanları oluşturmaktadır. Araştırma evreninin genişliği ve evren hacminin hesaplanma zorluğu nedeniyle, evrenin birimlerini oluşturan kamu çalışanlarının seçiminde kolayda örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Toplamda 150 anket formu dağıtılmış, bunlardan 141'i geri dönmüştür. Geri dönen anket formları incelenmiş; soruların yanıtlarının boş bırakıldığı, hatalı veya yanıltıcı yanıtların verildiği formlar değerlendirilmeye alınmamıştır. Sonuçta, kayıp veri içermeyen ve güvenilirlik bakımından şüphe uyandırmayan 138 anket formu değerlendirmeye alınmıştır.

Araştırma verilerinin toplanmasında, veri toplama tekniklerinden anket tekniği (Ural ve Kılıç, 2006) kullanılmıştır. Veriler yazar tarafından oluşturulan ve iki bölümden oluşan bir anket formuyla elde edilmiştir. Birinci bölümde, katılımcıların sosyo-demografik değişkenler (yaş, cinsiyet, eğitim durumu, bilgisayar okuryazarlık düzeyi) ve internet bankacılığı kullanma durumu ile ilgili beş soru; ikinci bölümde ise, katılımcıların internet bankacılığına ilişkin "internet bankacılığı ile gerçekleştirdikleri işlem türlerini, internet bankacılığı kullanma/kullanmama sebeplerini" belirlemeye yönelik üç sorudan oluşan ifadeler bulunmaktadır. Elde edilen veriler, SPSS paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Katılımcıların sosyo-demografik değişkenler ve internet bankacılığı kullanma durumları ile ilgili veriler üzerinde yüzdesel frekans dağılımları yapılmıştır. Katılımcıların internet bankacılığı kullanma

durumlarıyla sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığını belirlemek için Ki-kare (Chi-Square) testinden ve tanımlayıcı istatistiklerden yararlanılmıştır. Bu analiz yapılırken, gözenerlerde 5'in altında veri bulunması gibi nedenlerle ilgili satır ve sütunlar birleştirilmiş ve analizler yenilenmiştir (Özdamar, 1999; Ural ve Kılıç, 2006). Analiz sonucunda aralarında farklılık bulunan veriler çapraz tablolarda belirtilmiştir. Ancak internet bankacılığı kullanmama sebepleri ile eğitim ve bilgisayar okuryazarlık düzeyi açısından bir farklılık olup olmadığı, gözenerlerdeki veri dağılımının işlem yapmaya uygun olmaması sebebiyle sınınamamış, bu nedenle tablolarda sadece yüzdelik değerlere yer verilmiştir. Analiz sonuçları 0,05 anlamlılık düzeyine göre değerlendirilmiştir.

### Bulgular

Tablo 1 incelendiğinde, katılımcıların %57,2'sinin erkek olduğu, çoğunluğun (%68,1) 26-45 yaş aralığında yer aldığı, yarısının (%50,0) lisans ve üzeri eğitime sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen veriler ışığında, katılımcıların çoğunluğunun (%65,2) bilgisayar okuryazarlık düzeylerinin orta seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Buradaki, bilgisayar okuryazarlığı kavramına açıklık getirmek gerekirse; bilgisayar okuryazarlığı, günlük yaşam kalitesini artırabilmek, günlük yaşamı kolaylaştırabilmek amacıyla temel bilgisayar donanımları bilgisine sahip olmak, yazılım türlerini bilmek, elektronik posta kullanabilmek, bilgisayar teknolojilerini takip edip öğrenebilmek gibi genel bir çerçevede bilgisayar bilgisine sahip olmayı ifade eden bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Kılınc ve Salman, 2006). Ayrıca tablodan yine kamu çalışanlarının yarısından fazlasının (%57,2) internet bankacılığı kullandığı sonucuna ulaşılmıştır.

**Tablo 1:** Sosyo-Demografik Değişkenlerin Yüzdesel Frekans Dağılımları

	Değişkenler	N	%
Cinsiyet	Kadın	59	42,8
	Erkek	79	57,2
	TOPLAM	138	100
Yaş Grubu	18-25	14	10,1
	26-35	44	31,9
	36-45	50	36,2
	46 ve +	30	21,8
	TOPLAM	138	100
Eğitim Durumu	Lise	38	27,5
	Ön Lisans	31	22,5
	Lisans	53	38,4
	Lisansüstü	16	11,6
	TOPLAM	138	100
Bilgisayar Okuryazarlık Düzeyi	Başlangıç	32	23,2
	Orta	90	65,2
	İleri	16	11,6
	TOPLAM	138	100
İnternet Bankacılığı Kullanma Durumu	Evet	79	57,2
	Hayır	59	42,8
	Toplam	138	100

Katılımcı kamu çalışanlarının internet bankacılığına ilişkin ifadelerine verdikleri cevaplara Tablo 2'de yer verilmiştir. Bunun ışığında veriler incelendiğinde, internet bankacılığı kullananların (n=79) yarısından fazlasının (%58,2) tüm işlemlerini internet bankacılığı ile gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Araştırmaya katılan kamu çalışanlarının internet bankacılığı kullanma sebeplerinin üst sıralarında "rutin işlemler için bankaya gitmeye gerek duymamak (%37,7), bankaya gidecek vakti olmamak (%34,1), işlemleri hızlı bir şekilde yapmak (%31,9), bankaların kalabalık ve can sıkıcı olduğunu düşünmek (%24,6)" ifadeleri yer almaktadır. İnternet bankacılığı kullanmama sebepleri olarak ise "güvenilir olduğunu düşünmemek (%35,5) ve hatalı işlemlerin yükümlülüğüne girmek istememek (%16,7)" en fazla tercih edilen ifadeler olmuştur.

**Tablo 2:** İnternet Bankacılığına İlişkin İfadelerin Yüzdesele Frekans Dağılımları

Değişkenler		n	%
İnternet Bankacılığıyla Gerçekleştirilen İşlem Türleri	Kira, fatura gibi rutin işlemler	17	21,5
	EFT, havale gibi işlemler	16	20,3
	Tüm işlemler	46	58,2
	Toplam	79	100
İnternet Bankacılığı Kullanma Sebepleri	Rutin işlemler için bankaya gitmeye gerek duymadığımdan	52	37,7
	Bankaya gidecek vaktim olmadığından	47	34,1
	Bankaların kalabalık/can sıkıcı olduğunu düşündüğümünden	34	24,6
	Rahatına düşkün biri olduğumdan	15	10,9
	İşlemlerimi insanlarla iletişime geçmeden yapmak istediğimden	11	8,0
	Güven duyduğumdan	13	9,4
İnternet Bankacılığı Kullanmama Sebepleri	İşlemlerimi hızlı bir şekilde yapmak için	44	31,9
	Güvenilir olduğunu düşünmediğimden	49	35,5
	Yeterli bilgim olmadığından	14	10,1
	Hatalı işlemlerin yükümlülüğüne girmek istemediğimden	23	16,7
	İşlemlerimi insanlarla iletişim halinde yapmak istediğimden	5	3,6
İşlemlerin zor ve karmaşık olduğunu düşündüğümünden	10	7,2	

**H1: Kamu çalışanlarının internet bankacılığı kullanma durumları ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir fark vardır.**

Katılımcıların internet bankacılığı kullanma durumları ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığının belirlenmesine yönelik yapılan Ki-kare testinde yalnızca yaş gruplarına göre ( $\chi^2(2)=6,967$ ,  $p=0,031$ ,  $p<0,05$ ) anlamlı bir farklılık tespit edilmiş, diğer sosyo-demografik değişkenler bakımından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Buna göre;  $H_1$  hipotezi kısmen kabul edilmiştir.

İnternet bankacılığı kullanma durumu ile arasında anlamlı farklılık tespit edilen sosyo-demografik değişkene ilişkin veriler Tablo 3'teki çapraz tabloda sunulmuştur. Buna göre; internet bankacılığı kullanan katılımcıların yarısından fazlası 36 ve üzeri (%58) yaştaadır.

**Tablo 3:** Yaş Grupları ile İnternet Bankacılığı Kullanma Durumu Karşılaştırması

Değişkenler	İnternet Bankacılığı Kullanma Durumu						
	Evet		Hayır		Toplam		
	n	%	n	%	N	%	
Yaş Grubu	18-35	38	27,5	20	14,5	58	42,0
	36-45	30	21,7	20	14,5	50	36,2
	46 ve +	11	8,0	19	13,8	30	21,8
	Toplam	79	57,2	59	43,8	138	100

**H2: Kamu çalışanlarının internet bankacılığı ile gerçekleştirdikleri işlem türleri ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir fark vardır.**

Kamu çalışanlarının internet bankacılığı ile gerçekleştirdikleri işlem türleri ile sosyo-demografik değişkenler arasında farklılık bulunup bulunmadığının belirlenmesine yönelik Ki-kare testi yapılmıştır. Elde edilen verilere göre, katılımcıların eğitim durumları ( $\chi^2(3)=31,094$ ,  $p=0,000$ ,  $p<0,001$ ) ve bilgisayar okuryazarlığı ( $\chi^2(2)=18,720$ ,  $p=0,000$ ,  $p<0,001$ ) ile gerçekleştirdikleri işlem türleri arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Dolayısıyla,  $H_2$  hipotezi kısmen kabul edilmiştir.

Aralarında anlamlı farklılık tespit edilen ifadeler ve değişkenlere ilişkin frekans ve yüzdeler Tablo 4'te yer almaktadır. Bu veriler ışığında, internet bankacılığını kira, fatura, EFT, havale gibi işlemler için kullananların çoğunluğunun ön lisans ve altı eğitim seviyesine ve orta düzey bilgisayar okuryazarlık bilgisine; tüm işlemleri için kullananların ise lisans ve lisansüstü eğitim seviyesine ve ileri düzeyde bilgisayar okuryazarlık bilgisine sahip olduğu görülmektedir.

**Tablo 4:** Eğitim Durumu/Bilgisayar Okuryazarlığı ile İnternet Bankacılığı ile Gerçekleştirilen İşlem Türleri Karşılaştırması

Değişkenler		Kira Fatura, EFT, Havale Gibi İşlemler		Tüm İşlemler		Toplam	
		n	%	n	%	n	%
Eğitim Durumu	Lise	13	16,5	5	6,3	18	22,8
	Ön Lisans	13	16,5	6	7,6	19	24,1
	Lisans	5	6,3	27	34,2	32	40,5
	Lisansüstü	2	2,5	8	10,1	10	12,7
	Toplam	33	41,8	46	58,2	79	100
Bilgisayar Okuryazarlık Düzeyi	Başlangıç	11	13,9	3	3,8	14	17,7
	Orta	21	26,6	3	40,5	43	67,1
	İleri	1	1,3	11	13,9	12	15,2
	Toplam	33	41,8	46	58,2	79	100

**H3: Kamu çalışanlarının internet bankacılığını kullanma sebepleri ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir fark vardır.**

İnternet bankacılığı kullanım sebepleri ve sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir farklılık olup Ki-kare testi ile kullanılmıştır. Analiz sonucunda yaş grubu, eğitim durumu ve bilgisayar okuryazarlık düzeyi ile internet bankacılığı kullanım sebepleri arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; “rutin işlemler için bankaya gitmeye gerek duymadığımdan” ifadesi ile yaş grubu ( $\chi^2(3)=7,884$ ,  $p=0,048$ ,  $p<0,05$ ) ve bilgisayar okuryazarlık düzeyi ( $\chi^2(2)=9,997$ ,  $p=0,007$ ,  $p<0,05$ ); “bankaya gidecek vaktim olmadığından” ifadesiyle yaş grubu ( $\chi^2(2)=7,101$ ,  $p=0,029$ ,  $p<0,05$ ) ve bilgisayar okuryazarlık düzeyi ( $\chi^2(2)=8,675$ ,  $p=0,013$ ,  $p<0,05$ ); “bankaların kalabalık ve can sıkıcı olduğunu düşündüğümünden” ifadesiyle eğitim durumu ( $\chi^2(3)=17,241$ ,  $p=0,001$ ,  $p<0,05$ ) ve bilgisayar okuryazarlık düzeyi ( $\chi^2(2)=20,314$ ,  $p=0,000$ ,  $p<0,001$ ); “rahatına düşkün biri olduğumdan, işlemlerimi insanlarla iletişime geçmeden yapmak istediğimden ve güven duyduğumdan” ifadeleri ile bilgisayar okuryazarlık düzeyi ( $\chi^2(2)=7,893$ ,  $p=0,019$ ,  $p<0,05$ ) ve son olarak “işlemlerimi hızlı bir şekilde yapmak için” ifadesiyle eğitim durumu ( $\chi^2(3)=28,585$ ,  $p=0,000$ ,  $p<0,001$ ) ve bilgisayar okuryazarlık düzeyi ( $\chi^2(2)=17,240$ ,  $p=0,000$ ,  $p<0,001$ ) arasında anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Bu bağlamda, H<sub>3</sub> hipotezi kısmen kabul edilmiştir.

Tablo 5’te internet bankacılığı kullanma sebeplerine ilişkin ifadelerle aralarında farklılık saptanan değişkenlere ilişkin verilerin yüzde ve frekans değerlerine yer verilmiştir. Bu bulgulardan yola çıkarak; internet bankacılığı kullanma sebepleri olarak sıralanan “rahatıma düşkünüm, bankaları kalabalık ve can sıkıcı buluyorum, rutin işlemler için bankaya gitmeye gerek duymuyorum, bankaya gidecek vaktim yok, işlemlerini insanlarla iletişime geçmeden hızlı bir şekilde yapmak istiyorum ve internet bankacılığına güven duyduğum için kullanıyorum” ifadelerinden birini ya da birkaçını tercih eden katılımcıların çoğunluğunun 45 yaş altında, lisans ve üzeri eğitim seviyesinde ve en az orta düzeyde bilgisayar okuryazarlık bilgisine sahip olduğu görülmektedir.

**Tablo 5:** Yaş Grubu/Eğitim Durumu/Bilgisayar Okuryazarlığı ile İnternet Bankacılığı Kullanma Sebepleri Karşılaştırması

Değişkenler		Rutin işlemler için bankaya gitmeye gerek duymadığımdan		Bankaya gidecek vaktim olmadıktan		Bankaların kalabalık ve can sıkıcı olduğunu düşündüğümden		Rahatırma düşünün olman, işlemleri insanlarla iletişime geçmeden yapmak istemem ve güven duymam		İşlemlerimi hızlı bir şekilde yapmak için	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Yaş Grubu	18-35	23	18,1	25	18,1	15	10,9	13	9,4	22	15,9
	36-45	17	12,3	17	12,3	14	10,1	12	8,7	14	10,1
	46 ve +	10	7,2	5	3,6	5	3,6	4	2,9	8	5,8
Eğitim Durumu	Lise	9	6,5	9	6,5	2	1,4	3	2,2	3	2,2
	Ön Lisans	11	8,0	9	6,5	7	5,1	7	5,1	6	4,3
	Lisans	23	16,7	20	14,5	17	12,3	15	10,9	26	18,8
	Lisansüstü	9	6,5	9	6,5	8	5,8	4	2,9	9	6,5
Bil. Okuryaz. Düzeyi	Başlangıç	7	5,1	6	4,3	1	0,7	2	1,4	2	1,4
	Orta	35	25,4	32	23,2	24	17,4	21	15,2	33	23,9
	İleri	10	7,2	9	6,5	9	6,5	6	4,3	9	6,5

**H<sub>4</sub>: Kamu çalışanlarının internet bankacılığını kullanmama sebepleri ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir fark vardır.**

Katılımcıların internet bankacılığı kullanmama sebepleri ve sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı bir farklılık olup Ki-kare testi ile sınanmış; yaş grubu ( $\chi^2(2)=10,215$ ,  $p= 0,006$ ,  $p<0,05$ ) ile internet bankacılığı kullanmama sebepleri arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür. Sonuç olarak, H<sub>4</sub> hipotezi kısmen kabul edilmiştir.

İnternet bankacılığı kullanmama sebepleri ile sosyo-demografik değişkenler arasında anlamlı farklılık bulunan ifade ve değişkenlerin yanı sıra gözeneklerdeki veri dağılımı nedeniyle işlem yapmaya uygun olmayan eğitim durumu ve bilgisayar okuryazarlık düzeyine ilişkin verilerin de yüzde ve frekans dağılımları Tablo 6'da sunulmuştur. Buradan hareketle; internet bankacılığı kullanmama nedenleri olarak verilen "internet bankacılığının güvenilir olduğunu düşünmediğimden, yeterli bilgim olmadığından, hatalı işlemlerin yükümlülüğüne girmek istemediğimden, işlemlerimi insanlarla iletişim halinde yapmak istediğimden ve internet bankacılığının zor/karmaşık olduğunu düşündüğümden" ifadelerinden birini ya da birkaçını tercih eden katılımcıların özellikle 36 yaş ve üzeri, lisans mezunu ve orta düzeyde bilgisayar okuryazarlık bilgisine sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 6:** Yaş Grubu/Eğitim Durumu/Bilgisayar Okuryazarlığı ile İnternet Bankacılığı Kullanmama Sebepleri Karşılaştırması

Değişkenler		Güvenilir olduğunu düşünmediğimden		Yeterli bilğim olmadıgından		Hatalı işlemlerin yükümlülüğüne girmek istemediğimden		İşlemlerimi i insanlarla iletişim halinde yapmak istediğimden ve zor/karmaşık olduğunu düşündüğümden	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Yaş Grubu	18-35	18	13,0	5	3,6	5	3,6	5	3,6
	36-45	14	10,1	4	2,9	10	7,2	5	3,6
	46 ve +	17	12,3	5	3,6	8	5,8	5	3,6
Eğitim Durumu	Lise	17	12,3	4	2,9	9	6,5	7	5,1
	Ön Lisans	9	6,5	4	2,9	5	3,6	2	1,4
	Lisans	18	13,0	5	3,6	8	5,8	6	4,3
	Lisansüstü	5	3,6	1	0,7	1	0,7	0	0,0
Bilgisayar Okuryazarlık Düzeyi	Başlangıç	15	10,9	4	2,9	8	5,8	7	5,1
	Orta	31	22,5	9	6,5	14	10,1	8	5,8
	İleri	3	2,2	1	0,7	1	0,7	0	0,0

### Sonuç ve Öneriler

Araştırma kapsamında Kırklareli ili Lüleburgaz ilçesinde görev yapan 138 kamu çalışanına ulaşılmıştır. Katılımcıların çoğunluğunun (%57,2) erkek, 26-45 yaş aralığında (%68,1), orta düzeyde bilgisayar okuryazarlık (%65,2) bilgisine sahip olduğu, yarısının (%50,0) ise lisans ve üzeri eğitim düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca araştırmaya katılan kamu çalışanlarının yarısından fazlasının (%57,2) internet bankacılığı kullandığı ve kullanıcıların yarısından fazlasının 36 ve üzeri (%58) yaşta olduğu tespit edilmiştir. Araştırmanın tek bir ilçe merkezinde yürütülmesi ve görece az sayıdaki bir örnekleme ulaşılmış olması bu çalışmanın sınırlılıkları arasındadır. Daha kapsamlı ve sağlıklı sonuçlar ortaya konulması bakımından, geniş bir demografik kitleye anket uygulaması yapılması getirilecek öneriler arasında yer almaktadır.

Katılımcılardan internet bankacılığı kullananların (n=79) yarısından fazlasının (%58,2) tüm işlemlerini internet bankacılığı ile gerçekleştirdiği belirlenmiştir. İnternet bankacılığını tüm işlemleri için kullananların çoğunluğunun lisans ve lisansüstü eğitim seviyesine ve ileri düzeyde bilgisayar okuryazarlık bilgisine; kira, fatura, EFT, havale gibi işlemler için kullananların ise ön lisans ve altı eğitim seviyesine ve orta düzey bilgisayar okuryazarlık bilgisine sahip olduğu görülmüştür. Alanyazında incelenen diğer çalışmalarda da olduğu gibi bu çalışmada da en sık kullanılan bankacılık hizmetlerinin EFT, kira, fatura ödemeleri gibi işlemler olduğu sonucuna varılmıştır (Armağan ve Temel, 2016; Oktay ve Orçanlı, 2014; Yavuz ve Aslan, 2012; Gülmez ve Kitapçı, 2006).

İnternet bankacılığı kullanma sebeplerinin üst sıralarında “rutin işlemler için bankaya gitmeye gerek duymamak (%37,7), bankaya gidecek vakti olmamak (%34,1), işlemleri hızlı bir şekilde yapmak (%31,9) ve bankaların kalabalık/can sıkıcı olduğunu düşünmek (%24,6)” ifadelerinin yer aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu da alanyazındaki diğer çalışmaları destekler niteliktedir (Oktay ve Orçanlı, 2014; Uzundağ, 2013; Yavuz ve Aslan, 2012; Bayrakdaroğlu, 2012; Çakmak ve diğerleri, 2011). Kullanma sebeplerinin tümü göz önünde bulundurularak internet bankacılığı kullananların çoğunluğunun 45 yaş altında, lisans ve üzeri eğitim seviyesinde ve orta ve ileri düzeyde bilgisayar okuryazarlık bilgisine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

İnternet bankacılığı kullanmama sebeplerinde “güvenilir olduğunu düşünmemek (%35,5) ve hatalı işlemlerin yükümlülüğüne girmek istememek (%16,7)” ifadelerinin en fazla tercih edilen ifadeler olduğu görülmektedir. Kullanmama sebeplerinin tümü dikkate alındığında; internet bankacılığı kullanmayan katılımcıların özellikle 36 yaş ve üzeri, lisans mezunu ve orta düzeyde bilgisayar okuryazarlık bilgisine sahip olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar alanyazındaki çalışmalarla uygunluk göstermektedir (Uzundağ, 2013; Yavuz ve Aslan,



2012; Gülmez ve Kitapçı, 2006; Usta, 2005). Eldeki bulgulardan da anlaşılacağı üzere, bugün hala tüketicilerin internet bankacılığına tam anlamıyla güven duymaları sağlanamamıştır ve bu nedenle azımsanmayacak bir kitle internet bankacılığı hizmetlerini kullanmamaktadır. İnternet bankacılığına olan güvenin daha ileri seviyeye yükseltilebilmesi ve kullanımının arttırılabilmesi için, bankacılık sektöründe faaliyet gösterenlerin muhtemel siber saldırılar karşısında nasıl korunduklarını kamuoyuyla ve müşterileriyle etkin şekilde paylaşmaları ve ayrıca bu olumsuz algıyı kırıcı tedbirler almaları ve bunları çeşitli kanallar aracılığıyla duyurmaları önerilmektedir.

Ayrıca bankacılık sektöründe hizmet gösterenlerin bu ve benzer çalışmaları takip etmeleri de getirilebilecek öneriler arasında yer almaktadır. Böylelikle bankalar müşterilerine daha uygun ve etkili şekilde hizmet sunma imkanını yakalayabilecekleri gibi, internet bankacılığının daha da yaygınlaşmasını sağlayarak bu pazardan elde ettikleri payı büyütebilir ve halihazırdaki müşteri algısını takip edebilirler.

#### Kaynakça

- Armağan, E. ve Temel, E. (2016). Türkiye’de İnternet Bankacılığı Kullanımında Demografik Faktörlerin Tüketici Algısına Etkisi Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 411-436.
- Bayrakdaroğlu, A. (2012). Bireylerin internet bankacılığı kullanımını etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine bir alan araştırması. *Business and Economics Research Journal*, 3(4), 57-75.
- Biçer, M. (2006). İnternet bankacılığı ve internet bankacılığında müşteri eğitimi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara.
- Bora, C. (2010). *Advantages of internet banking*. <http://www.buzzle.com/articles/advantages-of-internet-banking.html> adresinden 16.06.2016 tarihinde alınmıştır.
- Çakmak, A. Ç., Güneşer, M. T. ve Terzi, H. (2011). Bankaların müşterilerine sunduğu internet bankacılığı hizmetinin müşteriler tarafından değerlendirilmesi: karabük şehir merkezinde uygulama. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 31(2), 1-30.
- Çınar, O., Yavuz, S., ve Aslan, İ. (2012). Akademisyenlerin internet bankacılığı hakkındaki tutum, düşünce ve davranışları: erzincan üniversitesi örneği. *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 23, 103-124.
- Eroğlu, N. ve Yücel, İ. S. (2012). Türkiye’deki kurumsal banka müşterilerinin internet bankacılığı kullanım eğilimlerini belirleyen başlıca faktörler üzerine ampirik bir çalışma. *Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü E-Dergisi*, 2(2), 1-25.
- Gaziler, V. (2006). İnternet bankacılığı ve kullanımının etkinliği: kullanım etkinliği - eğitim ilişkisini ortaya koymaya yönelik bir araştırma. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara.
- Gül, O. (2003). İnternet bankacılığı ve bankanın finansal yapısı üzerindeki etkileri. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.
- Gülmez, M. ve Kitapçı, O. (2006). İnternet bankacılığı ve müşteri davranışları: cumhuriyet üniversitesi akademik ve idari personeline yönelik bir uygulama. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 7(2), 83-100.
- Kılınç, A. ve Salman, S. (2006). Fen ve Matematik Alanları Öğretmen Adaylarında Bilgisayar Okuryazarlığı. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 150-166.
- Oktay, E. ve Orçanlı, K. (2014). Atatürk üniversitesinde internet bankacılığının kullanımını etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 57-91.
- Okumuş, A., Bozbay, Z. ve Dağlı, R. M. (2010). Banka müşterilerinin internet bankacılığına ilişkin tutumlarının incelenmesi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 36(Ağustos-Aralık), 89-111.
- Özdamar, K. (1999). *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 1* (2.Baskı). Eskişehir: Kaan Kitabevi.
- Pala, E. ve Kartal, B. (2010). Banka Müşterilerinin İnternet Bankacılığı ile İlgili Tutumlarına Yönelik Bir Pilot Araştırma. *Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 17(2), 43-61.
- Toraman, C. (2002). Bankacılık sektöründe internetin yeri ve Türk bankacılık sistemi uygulaması. *Kamu İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 6(3).

Türkiye Bankalar Birliği, Bankalarda iç denetim ve bankacılık gözetim otoritesinin iç ve dış denetçiler ile ilişkisi, bankacılık gözetimine ilişkin basel komitesi tarafından yayımlanan danışma belgesi, Basel Temmuz 2000, [https://www.tbb.org.tr/Dosyalar/Arastirma\\_ve\\_Raporlar/internal\\_audit.doc](https://www.tbb.org.tr/Dosyalar/Arastirma_ve_Raporlar/internal_audit.doc) adresinden 16.06.2016 tarihinde alınmıştır.

Türkiye İş Bankası Müze, Müze Hakkında, İş Bankası Tarihçesi. <http://www.muze.isbank.com.tr/isbank.asp> adresinden 16.06.2016 tarihinde alınmıştır.

Ural, A. ve Kılıç, İ. (2006). *Bilimsel Araştırma Süreci ve SPSS ile Veri Analizi*. 2.Baskı. Detay Yayıncılık. Ankara.

Usta, R. (2005). Tüketicilerin internet bankacılığını kullanmama nedenleri üzerine bir araştırma. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 6(2), 279-290.

Uzundağ, Ş. (2013). Türkiye’de internet bankacılığının gelişimi ve internet bankacılığına ilişkin tüketici davranışları analizi: aydın ili il merkezinde görev yapan öğretmenler üzerine bir araştırma. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. *T.C. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Aydın.

YapıKredi Bankası, BDDK Duyuruları, TBB Uyarıları, [https://www.yapikredi.com.tr/\\_assets/pdf/bddk-duyurulari/tbb\\_uyarilari.pdf](https://www.yapikredi.com.tr/_assets/pdf/bddk-duyurulari/tbb_uyarilari.pdf) adresinden 16.06.2016 tarihinde alınmıştır.

## HİYERARŞİK KÜMELEME MODELİ KULLANAN WEB TABANLI BİR ÖDEV DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Erdiñç UZUN<sup>1</sup>, Cihat ERDOĞAN<sup>2</sup>, Ahmet SAYGILI<sup>3</sup>

### ÖZET

Ödevlerin öğrencilerin öğretim sürecinde önemli bir yeri bulunmaktadır. Klasik bir ödev değerlendirme sürecinde ödevin sadece doğru olup olmadığı değerlendirilmektedir. Ancak, ödevin öğretime daha iyi katkı verebilmesi için öğrencilerin yapmış oldukları intihallerin de göz önüne alınması gerekmektedir. İntihalleri ve intihallerin oranını tespit etme son derece zor bir ödev değerlendirme prosedürüdür. Bu çalışmada, bu prosedürü kolaylaştıracak doküman benzerliği ölçütlerini hiyerarşik kümeleme modeli ile bütünleştirebilen web tabanlı bir uygulama tanıtılacaktır. Bu uygulama, kimlerin benzer ödev yaptığını ve ödevlerin hangi oranda benzerliğe sahip olduğunu değerlendirme imkânı vermektedir. Bu uygulamanın doküman benzerliği hesaplanmasında Cosine, Jaccard ve Dice benzerlik ölçütleri denenmiştir. Diğer taraftan hiyerarşik kümeleme tarafında Tek Bağlantı, Tam Bağlantı ve Ortalama Grup olmak üzere üç farklı algoritma incelenmiştir. Önceki yıllara ait iki öğretim dönemini kapsayan 6 farklı öğretim üyesinin 18 farklı dersine ait 54 ödevi içeren bir test verisi oluşturulmuştur. Her ödev için doküman benzerlik ölçütlerinin ve kümeleme algoritmalarının çaprazlanmasından 9 farklı sonuç elde edilmiş ve hiyerarşik kümeleme algoritmalarının ne kadar iyi olduğunu test etmek için cophenetic korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Sonuçlar analiz edildiğinde, doküman benzerliğinde Jaccard ölçütü ve hiyerarşik kümelemede Ortalama Grup algoritmasının en uygun ödev değerlendirme çifti olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Hiyerarşik kümeleme, Doküman benzerliği, Yerel İntihal Tespiti, Yazılım Geliştirme

## A WEB-BASED ASSIGNMENT EVALUATION APPLICATION USING HIERARCHICAL CLUSTERING MODEL

### ABSTRACT

Assignments are one of the most important parts of education process of students. In the classical assignment evaluation process, an assignment can be evaluated whether it is correct or not. However, for the assignments to give better contribution to education, plagiarisms committed by students should be considered. Detection of plagiarism and its extent are extremely difficult assignment evaluation procedures. In this study, in order to facilitate this procedure, a web-based application, which can combine document similarity measures with hierarchical clustering model, is introduced. This application gives the opportunity to evaluate which students submit similar assignments and the assignments' similarity degree. Cosine, Dice and Jaccard similarity measures have been investigated in terms of document similarity calculation of this application. On the other hand, three different algorithms including Single Linkage, Complete Linkage and Average Group are examined in hierarchical clustering side. Test data which covers two education period of previous years and contains 54 different assignments of 18 different courses of 6 lecturers, are created. By using document similarity methods and hierarchical clustering algorithms, 9 different cophenetic correlation coefficients are obtained for each assignment and cophenetic correlation coefficients are calculated to test how well hierarchical clustering algorithms are. When the results were analyzed, it was discovered that Jaccard measure in document similarity and Average Group algorithm in hierarchical clustering is the best matching assignment evaluation pair.

**Keywords:** Hierarchical Clustering, Document similarity, Plagiarism Detection, Software Development

\* Bu çalışma, NKUBAP.00.17.AR.13.15 protokol nolu 'Akıllı Ders Yönetim Sistemi ile Programlama Ödevleri için İntihal Tespiti Uygulaması' başlıklı projemiz kapsamında Namık Kemal Üniversitesi - BAP tarafından desteklenmiştir.

<sup>1</sup> Yrd.Doç.Dr., Namık Kemal Üniversitesi, erdincuzun@nku.edu.tr

<sup>2</sup> Arş. Gör., Namık Kemal Üniversitesi, cerdogan@nku.edu.tr

<sup>3</sup> Arş. Gör., Namık Kemal Üniversitesi, asaygili@nku.edu.tr

## Giriş

Ödev, eğitim kalitesinin artırılmasında öğretimin en önemli öğelerindendir. İyi yapılan bir ödev öğrencinin konu hakkındaki kişisel gelişimini arttırmaya kaçınılmazdır. Ancak, bazı öğrenciler zaman darlığı, sınavlara bağlı not sistemi ve dersi gereksiz görme gibi sebeplerden dolayı ödev hazırlamada intihal yoluna gitmeyi tercih etmektedirler (Arda ve diğerleri, 2007). Bu durumda ödevi değerlendiren kişinin sadece ödevlerin doğruluğunu değerlendirmesi yeterli olmayacaktır. Ödevi değerlendiren kişi intihal yapan öğrencileri bularak ödev değerlendirme işlemini daha sağlıklı bir hale getirebilir. Ancak, intihal belirleme süreci ödevin doğruluğunun belirlenmesi işleminden çok daha zor ve zaman alıcı bir iştir. Bu çalışmada, bu zor ve zaman alıcı işin çok kısa sürelerde gerçekleştirilmesini sağlayacak web tabanlı bir uygulama ve bu uygulamanın çıktıları anlatılacaktır.

İntihal tespiti, sadece ödev alanında değil akademik alanda tez veya makale değerlendirilmesi (Arda, 2003) ve diğer taraftan internet ortamındaki alıntı haberlerin veya web sayfalarının bulunması gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Ödev intihali, sınıf içinde arkadaşın yapılan ödev intihali ve başka kaynaklardan yapılan ödev intihali olmak üzere ikiye ayrılabilir. Tez, makale, haber siteleri ve web sayfaları gibi kaynaklar üzerinde intihalleri / alıntıları bulmak için verilerin depolanması ve hızlı olarak işlenebilmesi için büyük sunuculara ihtiyaç vardır. Büyük kaynaklara sahip olan ve farklı değerlendirmelerin yapılabilmesine olanak sağlayan internet üzerinde birçok yazılım göze çarpmaktadır<sup>4</sup>. Örneğin bu yazılımlardan ithenticate.com 17 milyar web sayfası ve 86 milyon araştırma makalesi gibi büyük bir kaynağa sahiptir. Ancak, bu yazılımlar ticari, algoritmaları gizli ve çok büyük kaynaklara ihtiyaç duymaktadırlar. Bu noktada, günümüzde yaygınlaşan açık kaynak kodlu yazılımlar düşünülebilir. Bunlardan biri WCopyfind<sup>5</sup> yazılımıdır. Bu yazılım sadece iki dokümanı inceleyip benzer kısımların altını çizerek bir html raporu üretmektedir. Diğer bir uygulama ise 1994 yılında Stanford Üniversitesi'nde geliştirilmeye başlanan ve halen güncellemeleri çıkan MOSS (for a Measure of Software Similarity) uygulamasıdır (Schleimer, Wilkerson ve Aiken, 2003). Bu uygulama, yazılım kodları arasındaki benzerlikleri için bir değer üreten ve intihalleri tespit etmekte kullanılan bir programdır. Ancak, sadece üyelik sistemi üzerinden kullanılabilen ve web servisi bazında çalışan bir uygulamadır. Bu web servisi ticari olarak satılmaktadır. Bu uygulama benzer olarak özellikle metin benzerliklerinin araştırılmasına yönelik birçok algoritma literatürde tanıtılmıştır (Donaldson, Green ve Sposato, 1981; Wise, 1992; Heintze, 1996; Lyon, Malcolm ve Dickerson, 2001; Yerra ve Ng, 2005; Samuel ve Zelda, 2006; Lingxiao, Su ve Chiu, 2007). Liu, Xu ve Ouyang (2015) bilgisayar bilimi eğitiminde bilgisayar kodlarında ufak değişiklikler yaparak öğrencilerin klasik intihal tespit sistemlerini atlatılabildiği belirtmişlerdir. Geliştirdikleri "Gelişmiş Longest Common Subsequence" algoritması ile ufak değişiklikleri göz ardı ederek intihalleri tespit edebilen yeni bir algoritma önermişlerdir. Ceglarek (2013) doğal dil işlemeyi algoritması katarak geliştirdiği SHAPD2 algoritmasının etkinliğini göstermiştir. Ancak geliştirilen algoritmalar genelde iki metin arasındaki benzer kısımlarının veya benzerlik oranının bulunması üzerinedir. Bu çalışmada geliştirilen uygulama dendrogram denilen bir ağaç grafiği şeklinde tüm öğrencilerin ödevleri arasındaki yakınlığı görsel olarak görmemize olanak sağlayacaktır. Bu sayede kişilerli gruplar halinde ödevler karşılaştırılması yerine tüm ödevlerin bir grafik üzerinden incelenebilmesi mümkün olacaktır. Bu grafiğin elde edilebilmesi için en uygun yapı hiyerarşik kümeleme modelidir.

Hiyerarşik kümeleme tıp, ekonomi ve bunlar gibi birçok farklı alan problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Örneğin, Fung ve diğerleri (2004) hiyerarşik doküman kümelemede büyük miktarda veride ve anlamlı kümeleme etiketi oluşturmada karşılaşılan zorlukları aşmayı anlatmışlardır. Çiftçi (2011) beyin bölgelerini işlevsel olarak gruplandırma için kullanmıştır. Karabulut ve diğerleri (2008) ise çalışmalarında Türkiye'deki illerin sosyo-ekonomik benzerliklerini bu kümeleme metodu üzerinden incelemişlerdir. Yaptığımız bu çalışma, Fung ve diğerlerine (2004) benzer şekilde doküman kümeleme üzerine olacak fakat onların belirttiği gibi kelimelerin bir kısmı değil öğrencinin ödev içinde kullandığı tüm kelimeler dikkate alınacaktır. Genelde bu tür çalışmalarda kümeleme veya dendrogram çizimi aşamalarında Matlab veya Phyton içindeki hazır kütüphaneler tercih edilir. Bu uygulamada, ödevler web üzerinden öğretim üyesi tarafından verilmekte, öğrenciler ödevi internetten öğretim üyesinin belirlediği süre içinde göndermekte ve ödev gönderme süreci bittiğinde uygulama tüm ödevleri alıp öğretim üyesi için benzerlikleri bulmaktadır. Uygulamada geliştirilen tüm modüller .Net Framework platformunda C# programlama dili ile yazılmıştır. Geliştirilen uygulamanın tüm modülleri tarafımızca kodlandığı için farklı doküman benzerlik ölçütleri ve hiyerarşik kümeleme algoritmalarının getirileri de incelenebilmştir.

<sup>4</sup> www.ithenticate.com, www.turnitin.com, www.jplag.de ve www.plagiarism.com gibi ticari olarak intihal tespit eden sistemler vardır. (Son erişim 20 Eylül 2016 tarihinde yapılmıştır.)

<sup>5</sup> plagiarism.bloomfieldmedia.com (Son erişim 20 Eylül 2016 tarihinde yapılmıştır.)

İkinci bölümde geliştirilen intihal tespit uygulaması hakkında bilgi verilecek ve kelime frekanslarının elde edilmesi, doküman benzerliği, hiyerarşik kümeleme ve dendrogram çizimi örnek veriler üzerinden açıklanacaktır. Üçüncü bölümde test verisi tanıtılacak ve kümelemenin ne kadar iyi olduğunu test etmek için cophenetic korelasyon katsayısına bakılacaktır. Dördüncü bölümde test sonuçları verilecek ve dendrogram üzerinden ödev göndermedeki iyileşmeler gösterilecektir. Son bölümde sonuçlar ve gelecek çalışmalar yer almaktadır.

### Uygulama Hakkında

Geliştirilen intihal tespit uygulaması bölümümüzde geliştirilen ADYS<sup>6</sup> (Akıllı Ders Yönetim Sistemi) üzerinde çalışmaktadır. ADYS'nin başlıca özellikleri:

- Web üzerinden öğrencilerin ders notlarına ulaşması ve ödev gönderebilmesi
- Öğretim üyelerinin kolayca dünya veya sadece kendi öğrencileri ile ders notu paylaşabilmeleri
- Öğretim üyelerinin ödev verebilmesi ve ödev süresini kolayca belirleyebilmesi
- Öğretim üyelerinin gönderilen ödevler arasındaki benzerlikleri kolayca tespit edebilmesi

Bu çalışmada, ADYS içindeki birçok kısımdan sadece gönderilen ödevlerin intihal tespiti için hazırlanması ve hiyerarşik kümeleme algoritması kısmı anlatılacaktır.

Ödev değerlendirme süreci ödev bitiş süresi bittikten sonra başlar ve 4 ana bölümden oluşur.

- Gelen ödev dokümanları içinden kelimelerin ve kelime frekanslarının çıkarılması
- Metinler üzerinden dokümanların benzerliklerinin bulunması
- Bu benzerlik değerleri üzerine Hiyerarşik kümelemenin uygulanması
- Dendrogram üretimi ve dendrogram üzerinden öğretim üyesinin küme sayısının belirlenmesi

### Kelimelerin ve Kelime Frekanslarının Elde Edilmesi

Genelde bilgisayar ortamında hazırlanan ödevler bir çok dosya tipinde (örneğin .c, .cs, .java, .py, .php, .docx, .doc, .xls, .xlsx, .ppt, .pptx, .pdf, .zip ve .rar gibi) gönderilmektedir. Gönderilen ödevler MySQL veritabanında BLOB formatında depolanmaktadır. Ödevlere veritabanında depolandığı için yetkilendirme ve ödevleri görebilme imkânı kullanıcı tabanlı verilebilmektedir. Ödevler sadece öğretim üyesi ve ödevi gönderen öğrenci ulaşabilmektedir. Ödev süresi dolduktan sonra sunucu üzerinde çalışan zamanlayıcı bir uygulama sayesinde değerlendirme süreci başlar. Ödev sürecinde öncelikle her öğrencinin ödevi bir doküman havuzuna atılır.

$$D = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_n\}$$

$D$  öğrenci ödevleri olmak üzere  $d$ 'ler her bir öğrencinin dokümanını temsil etsin. Değerlendirme sürecinde öncelikle  $d$  içinden metinler elde edilir.  $d$  sıkıştırılmış (.zip veya .rar) dosya ise bir klasör içersine tüm dosyalar açılır, eğer açılan klasörde sıkıştırılmış dosya var ise açma işlemi rekürsif bir şekilde sıkışmış dosya kalmayınca kadar devam eder. Tüm dosyalarda yer alan metinlerden bir kelime havuzu oluşturulur.

$$d_i = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$$

$d_i$  bir öğrencinin dosyası/dosyaları olmak üzere  $w$  gibi kelimelerden oluşur. İki öğrencinin ödevindeki kelimelerin karşılaştırılması için iç içe döngüye ihtiyaç vardır. Birinci döngüden elde edilen kelimeler ikinci döngüde elde edilen kelimelerle karşılaştırılır ve örtüşen kelime sayısı hesaplanır. Bu karşılaştırma işlemi  $O(N^2)$  karmaşıklığa sahiptir. Bu karmaşıklığı azaltmak için Hash fonksiyonları kullanılabilir. Hash fonksiyonlar anahtar ve kelime çiftlerinden oluşur ve arama karmaşıklığı  $O(1)$ 'dir. Bunun için kelime havuzu hazırlanırken veriler hash fonksiyonuna atılır.

$$hd_i = \{(w_1, f_1), (w_2, f_2), (w_3, f_3), \dots, (w_n, f_n)\}$$

<sup>6</sup> ADYS uygulamasına tüm üniversite tarafından <http://bilgmuh.nku.edu.tr/adys/> adresi üzerinden erişilebilmektedir.

Burada  $w$  anahtar hash değeri ve  $f$  kelimenin geçme frekansı olmak üzere kelime havuzu aranır. Bu sayede iki dokümanı karşılaştırma maliyeti  $O(N)^2$ 'e düşürülmüş olur. Doküman havuzları hazırlandıktan sonra doküman benzerliklerinin bulunmasına geçilir.

### Doküman Benzerliği

Metinler elde edildikten sonra ikinci aşamada tüm öğrenci dokümanları birbiri ile karşılaştırılıp bir sayısal değer üretilmelidir. Bu sayısal değer üretimi için Bilgi Erişimi (Information Retrieval) alanında kullanılan Cosine Benzerliği (Cosine Similarity), Jaccard Benzerlik Katsayısı (Jaccard Similarity Coefficient) ve Dice'in Katsayısı (Dice's Coefficient) olmak üzere üç farklı benzerlik ölçütü denenmiştir. Bu üç benzerlik ölçütü, metin madenciliğinde dokümanların karşılaştırılmasında ve veri madenciliğinde ise kümeler arasındaki uyumu ölçmede sıklıkla kullanılmaktadır (Tan, Steinbach ve Kumar, 2005).

Cosine benzerlik metodunda, iki vektör arasındaki kosinüs açısının ölçümünden elde edilen değer benzerlik için kullanılır. Bu değer aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\cos\_sim(d_x, d_y) = 1 - \frac{d_x \cdot d_y}{|d_x||d_y|} = 1 - \frac{x_i x_j + y_i y_j}{\sqrt{x_i^2 + x_j^2} \sqrt{y_i^2 + y_j^2}}$$

Burada,  $d_x$  ve  $d_y$  farklı iki doküman olmak üzere  $x_i x_j - y_i y_j$  benzer kelime sayısını ve  $x_i - x_j - y_i - y_j$  dokümanlardaki tüm kelime sayısını vermektedir. Jaccard Benzerlik Katsayısı, benzer eleman sayısının toplam kelime sayısına oranıdır.

$$jac\_sim(d_x, d_y) = 1 - \frac{d_x \cap d_y}{d_x \cup d_y} = 1 - \frac{x_i}{x_j + y_j - x_i}$$

Burada,  $x_i - y_i$  benzer kelime sayıları eşit olduğu için sadece  $x_i$  alınmıştır. Başka bir deyişle  $x_i$  iki dokümandaki benzer kelime sayısıdır. Dice katsayısı, "Lee Raymond Dice" tarafından farklı bir alan için önerilmiş fakat doküman benzerliğinde kullanılan bir ölçüttür (Dice, 1945).

$$dice\_sim(d_x, d_y) = 1 - \frac{2|d_x \cap d_y|}{|d_x| + |d_y|} = 1 - \frac{2x_i}{x_j + y_j}$$

Burada, benzer kelime sayısı toplam kelime sayısından çıkarma işlemi yerine 2 ile çarpılmaktadır. Tüm ölçütlerde  $[0,1]$  arasında bir değer üretilmektedir. Değer 0'a yakın çıktığında benzerlik fazla iken değer 1'e yaklaştığında benzerliğin az olduğu anlamına gelmektedir. Testler bölümünde tüm ölçütlerin incelemesi yapılacak ve ödev değerlendirme işlemi için en uygun ölçüt belirlenecektir.

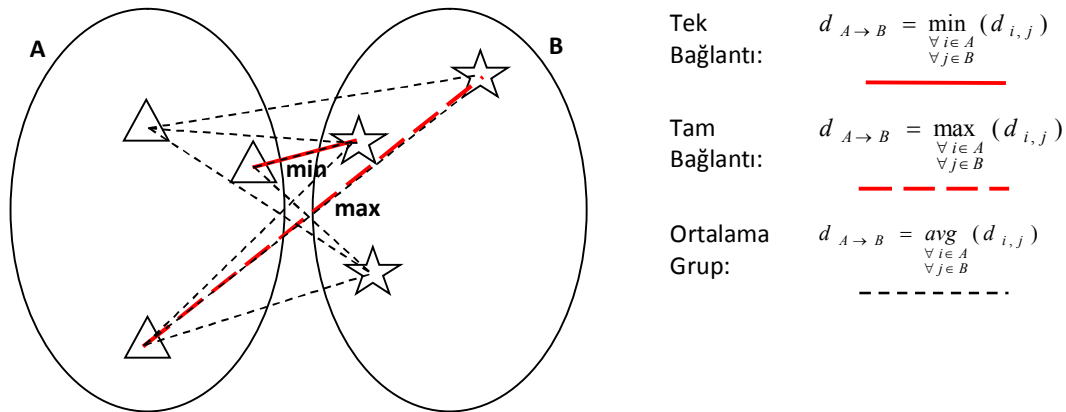
### Hiyerarşik Kümeleme

Problemimizin en zor yönlerinden biri ödevdeki benzerlik miktarına karar verip öğrencinin benzer ödev yapıp yapmadığının tespitidir. Örneğin öğrenci bir ödev için %60 benzer ödev yaptıysa kopya çekmemiş olabilir ancak başka bir ödev için kopya çekmiş olabilir. Bazı programlama ödevlerinde hazır fonksiyonlar ve kodların bir kısmı öğrenciye verilmektedir. Öğrenci boş fonksiyonları hazırlayıp göndermektedir. Bu durumda öğrenci ödev benzerlikleri %80'e kadar çıkabilmektedir. Ödev sistemini verilen ödevlere göre esnek olarak yapabilmek ve görsel olarak sonuçlardan benzerlik kümelerine karar verebilmek için en uygun yapı hiyerarşik kümelemedir.

Hiyerarşik kümeleme, diğer kümeleme yöntemlerine göre daha bilgilendirici bir çıktı üretir. Hiyerarşik kümelemede, küme sayısının önceden belirlenmesi gerekmemektedir. Hiyerarşik kümeleme, birleştirici ve ayrıştırıcı hiyerarşik kümeleme yöntemleri olmak üzere iki türe sahiptir. Birleştirici hiyerarşik kümelemede başlangıçta her bir değer bağımsız bir küme olarak değerlendirilir ve bu değerler çeşitli algoritmalarla birleştirilip her aşamada bir üst küme oluşturulur. Ayrıştırıcı kümelemede ise başlangıçta tüm değerler bir küme olarak değerlendirilip yine çeşitli ayrıştırma algoritmalarıyla alt kümeler elde edilir. Genelde literatürde, bu çalışmada olduğu gibi birleştirici kümeleme yöntemi tercih edilmektedir (Manning, Raghavan ve Schütze, 2008).

Hiyerarşik kümelemede, öncelikle özellikler arası uzaklıklar hesaplanır. Bu çalışmada uzaklık değeri olarak doküman benzerliği kullanılmıştır. Doküman benzerliğinden elde edilen sayısal değerler üzerinden farklı kümeleme algoritmalarına göre kümeler üretilebilir. Bu noktada Tek Bağlantı, Tam Bağlantı ve Ortalama Grup algoritmalarından biri kullanılabilir. Tek bağlantı kümeleme, her adımda en küçük mesafeye sahip en yakın üyeleri kullanarak iki kümenin birleştirilmesidir. Bu algoritmaya, en yakın komşu algoritması da denir. Tam bağlantı kümeleme, tek bağlantının tam tersine her adımda en büyük mesafeye sahip en uzak üyeler kullanılarak iki kümenin birleştirilmesidir. Bu algoritmaya bu sebepten dolayı en uzak komşu algoritması da denir. Ortalama grup algoritması ise iki karşılıklı küme arasındaki tüm mesafelerin ortalamasıdır. Bu algoritma ile tek bağlantı ve tam bağlantı algoritmalarında elde edilen değerlerin arasında bir değer elde edilir (Manning, Raghavan ve Schütze, 2008).

Şekil 1’de, A ve B adında iki küme verilmiştir. Öncelikle, iki kümenin her elemanının mesafeleri hesaplanır. Sonra istenilen algoritmaya göre min, max veya avg değerleri hesaplanır. Şimdi, ödev değerlendirme için geliştirilen hiyerarşik kümeleme algoritmasını inceleyelim. Aşağıda bu algoritmanın kaba kodu gösterilmektedir.



Şekil 1: Tek Bağlantı, Tam Bağlantı ve Ortalama Grup Algoritmaları

1. Küme Sayısı: Öğrenci Sayısı;
2. Benzerlik Matrisi: Öğrenci Ödev Benzerlik oranlarını içeren matris
3. **while** Küme Sayısı = 1 **do**
4. Benzerlik Matrisi içindeki minimum değeri bul
5. Minimum değere ait satır ve sütunu matriste birleştir
6. Matriste işlem yapılan satır ve sütun değerini güncelle (min, max veya avg)
7. Küme sayısı bir azalt
8. **end**

Algoritma 1: Ödev Değerlendirme için Hiyerarşik Kümeleme Algoritması

Algoritma 1, küme sayısı tek oluncaya kadar devam eder. Başlangıç aşamasında (öğrenci sayısı X öğrenci sayısı) kadar bir matris yaratılıp her döngü sonunda matris boyutu bir azalır. Döngü işlemi başlarken öncelikle matris içindeki minimum değer bulunur. Bu Minimum değer tek bağlantı (min) algoritması ile karıştırılmamalıdır. Minimum değere ait satır ve sütun bilgilerinden istenilen üç algoritmadan birisi kullanılarak yeni matris oluşturulur. Şimdi, hiyerarşik kümeleme algoritması daha iyi anlaşılması için sayısal bir örnek üzerinden anlatılacaktır. Bu örnekte 6 öğrencinin ödevleri arasında doküman benzerliğinden elde edilen değerler kullanılacaktır.

	1	2	3	4	5	6
1	0.000	0.458	0.177	0.419	0.400	0.161
2	0.458	0.000	0.486	0.263	0.263	0.462
3	0.177	0.486	0.000	0.000	0.300	0.004
4	0.419	0.263	0.300	0.000	0.000	0.276
5	0.419	0.263	0.300	0.000	0.000	0.276
6	0.161	0.462	0.004	0.276	0.276	0.000

	1	2	3	4	5	6
1						
2	0.458					
3	0.177	0.486				
4	<b>0.419</b>	<b>0.263</b>	<b>0.300</b>			
5	<b>0.419</b>	<b>0.263</b>	<b>0.300</b>	<b>0.000</b>		
6	0.161	0.462	0.004	<b>0.276</b>	<b>0.276</b>	

Şekil 2: Hiyerarşik kümeleme algoritması başlangıç durumu - 1

Şekil 2’de, matris incelendiğinde matristeki değerlerin yarısının tekrar olduğu görülmektedir. Bu yüzden  $i < j$  türünden bir şart ile matrisin sadece bir kısmını incelemek yeterlidir. Kalan elemanlar arasında en küçük değer 4 ve 5. öğrenci ödevlerinin benzerlik oranını gösteren 0 değeridir. Başka bir deyişle bu iki öğrencinin ödevleri tamamen aynıdır. 4 ve 5’ten yeni bir küme üretilebilir. Şimdi algoritmadaki 5. ve 6. adımları uygulayalım. (Şekil 3)

	1	2	3	4,5	6
1					
2	0.458				
3	0.177	0.486			
4,5	???	???	???	????	
6	0.161	0.462	0.004	???	

	1	2	3	4,5	6
1					
2	0.458				
3	0.177	0.486			
4,5	<b>0.419</b>	<b>0.263</b>	<b>0.300</b>		
6	0.161	0.462	0.004	<b>0.276</b>	

???: Algoritma tarafından belirlenecek değerler

Şekil 3: Hiyerarşik kümeleme algoritması başlangıç durumu - 2

(4, 5) kümesi yapıldıktan sonra yeni değerler hesaplanmalıdır. Bu hesap sırasında Şekil 1’deki matris bilgileri kullanılır. Bu aşamada min, max veya avg algoritmalarından biri kullanılır. Bu örnekte min değerini kullanılacaktır. Min yani Tek Bağlantı hesabı:

$$d_{(4,5) \rightarrow 1} = \min( 0.419, 0.419 ), d_{(4,5) \rightarrow 2} = \min( 0.263, 0.263 ), d_{(4,5) \rightarrow 3} = \min( 0.300, 0.300 ),$$

$$d_{(4,5) \rightarrow 6} = \min( 0.276, 0.276 )$$



Tek bağlantıya göre bu kümelerden en küçük değerler seçilir. İki ödev birbiriyle aynı olduğu için tüm benzerlikler aynı çıkmıştır. Şimdi ikinci döngüye geçelim. Yeni oluşan matriste en küçük değer 0.004'tür. Başka bir deyişle 3 ve 6'nci öğrencilerden yeni bir küme oluşturulacaktır. (Şekil 4)

2. Döngü Başlangıç						2. Döngü Sonu				
	1	2	3	4, 5	6		1	2	3,6	4, 5
1						1				
2	0.458					2	0.458			
3	0.177	0.486				3, 6	0.161	0.462		
4, 5	0.419	0.263	0.300			4, 5	0.419	0.263	0.276	
6	0.161	0.462	0.004	0.276						

Şekil 4: Hiyerarşik kümeleme algoritması 2. Döngü

Her döngünün sonunda küme sayısı 1 azalır ve küme sayısı 1 oluncaya kadar aynı işlemler tekrar eder. Her adım sonunda bir birleşim işlemi olur. Tablo 1'de adım adım oluşan küme, seçilen minimum değer ve küme ilişkisi verilmiştir.

Tablo 1: Algoritma Adımları ve Sonuçlar

Adım	Kümeler	Minimum
0.	1, 2, 3, 4, 5, 6	-
1.	4, 5	0.000
2.	3, 6	0.004
3.	1, (3, 6)	0.161
4.	2, (4, 5)	0.263
5.	(1, (3, 6)), (2, (4, 5))	0.276

Algoritma içindeki minimum değer dendrogram çiziminde ve test aşamasındaki copenetic korelasyon matrisinin oluşturulmasında kullanılacaktır. Bu korelasyon matrisi sayesinde kullanılan doküman benzerliği ölçütlerinin ve hiyerarşik kümeleme algoritmalarının etkinliği test edilecektir.

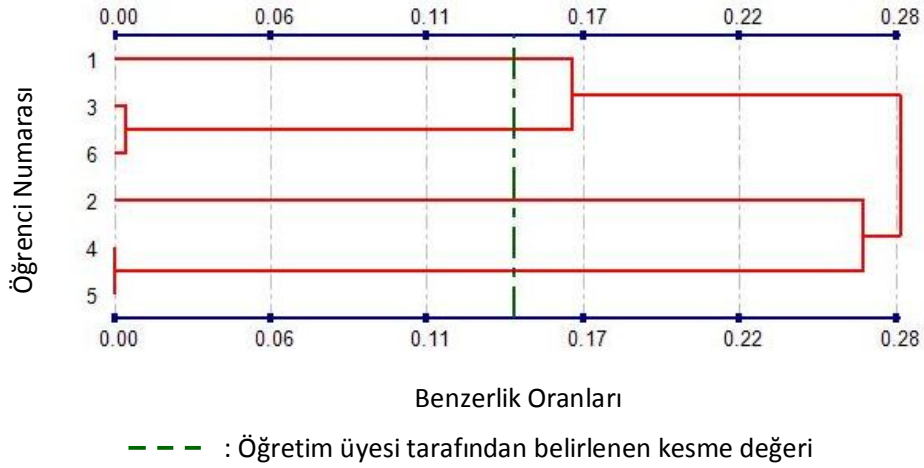
#### Dendrogram ve Küme Sayısı

Hiyerarşik kümelemenin en güzel taraflarından biri bir uzman tarafından belirlenen kesme değerine göre kümelerin belirlenmesidir. Bu uygulamada uzman öğretim üyesi olmaktadır. Bu belirleme işleminde hiyerarşik kümeleme çıktılarını en iyi şekilde yorumlamak için dendrogram kullanılır. Öğretim üyesi bu dendrograma bakıp ve benzerliği yakın öğrencilerin ödevlerini inceleyip bir kesme değerine karar verir. Bu kesme değerine göre de kümeler şekillenir. Uygulamamızda kesme işlemine göre öğrenciler farklı renklerle gruplanmaktadır. Öğretim üyesi benzer grupların ödevlerini indirip rahat bir şekilde inceleyebilmektedir. Dendrogram çizimi Algoritma 2'deki gibidir.

Uygulamamızda geliştirdiğimiz C# ortamında dendrogram çizimi için hazır bir kütüphaneye yoktur. Bunun için C# System.Drawing kütüphanesini kullanan resim üretici bir kütüphane geliştirilmiştir. Üretilen resim sunucudan istemciye gönderilir. İstemci tarafında öğretim üyesi kesme değerini değiştirdiğinde çizim işlemi tekrar sonucu da yapılır ve istemciye gönderilir. Bu çizim işleminin hızlı şekilde yapılabilmesi için Tablo 1'deki değerler kullanılır. Algoritma 2'de 5. satırda dersin öğretim üyesi kesme değeri belirlemektedir. Bu kesme değeri oluşacak küme sayısını belirler. Oluşan dendrogram Şekil 5'de gösterilmiştir.

1. Öğrenci sayısına uygun beyaz bir çizim alanı oluşturun.
2. Maksimum değer: Kümeleme sonuçlarındaki maksimum sayı.
3. Maksimum değere göre üst ve alt cetvelleri x koordinatında oluşturun.
4. y koordinatına öğrenci numaralarını kümeleme sonuçlarına göre yerleştirin.
5. Dersin öğretim üyesinin belirlediği kesme değerini çiz
6. **while** tüm kümeleme sonuçları bitinceye kadar **do**
7. Kümeleme sonucundaki minimum değere göre uygun koordinatları hesapla
8. Bulunan koordinata kadar iki kümeleme sonucundan x ekseninde birer doğru çiz
9. İki doğrunun sonunu birleştir
10. **end**

**Algoritma 2:** Dendrogram çizimi Algoritması



**Şekil 5:** Örnek veriler için oluşturulan dendrogram

Tablo 1'deki en büyük değer 0.28 olarak alınmıştır. Öncelikle (4, 5)'in 0 değeri çizilmiş ardından (3, 6)'nın 0.004 değeri çizilmiştir. Bu şekilde çizim algoritması tüm kümeleme sonuçlarının çizimini yapar. Dendrogram sayesinde öğretim üyesi çok rahat bir şekilde yapılan ödevleri yorumlayabilir. Örneğin 4 ve 5 nolu öğrencilerin aynı ödevi gönderdiği 3 ile 6 nolu öğrencilerin ise çok az bir farklılık içerdiğini görmektedir. 1 nolu öğrenci ise 3 ve 6 nolu öğrencilere benzer bir ödev göndermiştir. Bu benzerliğin öğretim üyesi tarafından intihal oluşturacağı düşünülürse 0.161'den büyük bir kesme değeri seçilebilir. Eğer farklı bir ödev yaptığı düşüncesinde ise şekildeki gibi 0.15 kesme değerini seçebilir. Bu kesme değeri kullanıldığında 1, (3, 6), 2, (4, 5) olmak üzere 4 adet küme oluşmaktadır.

#### Test Verisi ve Kriterleri

Uygulamadaki doküman benzerlik ölçütlerinden ve hiyerarşik kümeleme algoritmalarından hangi çiftin en iyi sonuç verdiği bulmak için 54 adet ödevden oluşan bir veri seti hazırlanmıştır. Bu veri seti, 2012-2013 ve 2013-2014 öğretim dönemini kapsayan 6 öğretim üyesine ait 18 farklı dersten oluşmaktadır. Genelde, Nesneye Yönelik Programlama, İşletim Sistemleri, Web Programlama, C Programlama Dili ve Sayısal Analiz gibi kod tabanlı dersler içermektedir. Bu kodlar, C#, Java, HTML, PHP ve Javascript gibi dillerle yazılmıştır.

Hiyerarşik kümelemenin ne kadar iyi olduğunu test etmek için hiyerarşik kümelemeden çıkan sonuçlar ile başlangıç değerlerinin cophenetic korelasyon katsayısına bakılır.

$$c = \frac{ks * \sum_{i<j} y_{i,j}^2 - \sum_{i<j} y_{ij} * \sum_{i<j} z_{ij}}{\sqrt{(ks * \sum_{i<j} y_{i,j}^2 - (\sum_{i<j} y_{ij})^2) * (ks * \sum_{i<j} z_{i,j}^2 - (\sum_{i<j} z_{ij})^2)}}$$

Burada,  $y \in Y$  başlangıç matrisi ve  $z \in Z$  hiyerarşik kümelemeden çıkan sonuçlardan elde edilen matristir.  $ks$  matris içinde  $i<j$  bölümünde bulunan eleman sayısıdır. Bu değerler üzerinden cophenetic korelasyon katsayısı ( $c$ ) hesaplanır. Hiyerarşik kümeleme işlemindeki örnek veriler üzerinden cophenetic korelasyon katsayısını bulalım. (Şekil 6)

Y matrisi							Z Matrisi						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
1							1						
2	0.458						2	0.276					
3	0.177	0.486					3	0.161	0.276				
4	0.419	0.263	0.300				4	0.276	0.263	0.276			
5	0.419	0.263	0.300	0.000			5	0.276	0.263	0.276	0.000		
6	0.161	0.462	0.004	0.276	0.276		6	0.161	0.276	0.004	0.276	0.276	

Şekil 6: Cophenetic korelasyon katsayısına için kullanılan matrisler

Şekil 6'teki Y matrisi başlangıç değerlerini içerir. Z matrisi oluşturulurken ise Tablo 1'deki değerler göz önüne alınır. Örneğin 1, (3, 6) değeri 0.161 Z matrisindeki (1,3) ve (1,6)'ya yazılır. Bu örnek için  $c$  değeri %87.02'dir. Hiyerarşik kümeleme ölçütlerin ve algoritmaların uygunluğu  $c$  değerinin yüksek çıkması ile ölçülebilir.

#### Testler

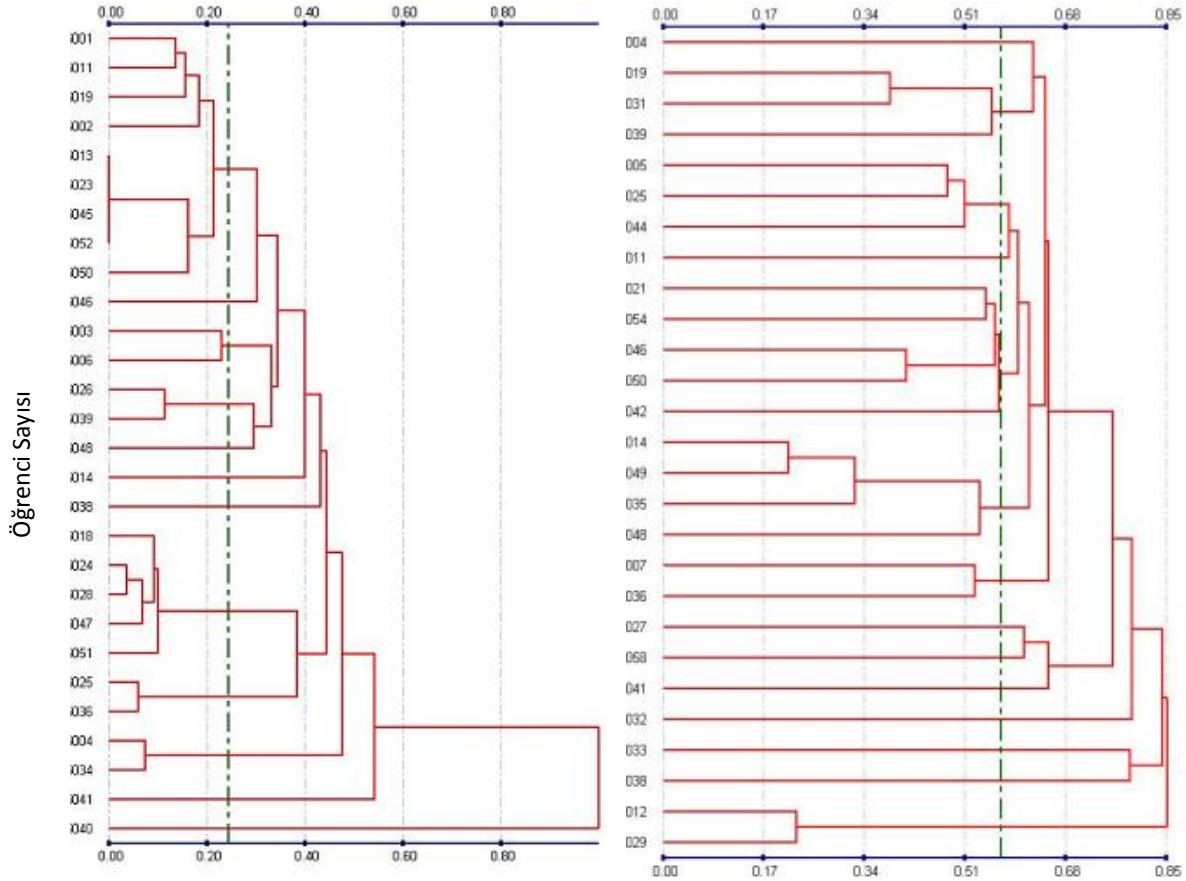
Sonuçların değerlendirilmesi açısından iki ayrı test yapılmıştır. Birinci test, en iyi doküman benzerliği metodu ve hiyerarşik kümeleme algoritmasını seçimi üzerinedir. Bu seçim için cophenetic korelasyon katsayısına kullanılacaktır. İkinci test, uygulamadan çıkan dendrogramların karşılaştırılması üzerine olacaktır. Tablo 2'de, doküman benzerliği ölçütlerinden Cosine Benzerliği (cos), Jaccard Benzerlik Katsayısı (jac), Dice'in Katsayısı (dic) ve hiyerarşik kümeleme algoritmalarından Tek Bağlantı (min), Tam Bağlantı (max), Ortalama Grup (avg) algoritmalarının oluşturduğu cophenetic korelasyon katsayıları ve standart sapma değerleri verilmektedir.

Tablo 2: Doküman benzerliği ölçütlerinin ve hiyerarşik kümeleme algoritmalarının cophenetic korelasyon katsayıları ve standart sapmaları

	cos	jac	dic
min	0.852 ± 0.135	0.958 ± 0.058	0.949 ± 0.063
max	0.869 ± 0.119	0.959 ± 0.055	0.948 ± 0.063
avg	0.910 ± 0.086	<b>0.977 ± 0.033</b>	0.970 ± 0.039

Tablo 2'deki sonuçlara göre Jaccard doküman benzerliği metodu ve Ortalama Grup algoritmasının oluşturduğu çift en iyi sonucu vermiştir. Cosine hiyerarşik kümeleme algoritması her üç durumda en kötü sonuçları üretmektedir. Jaccard ve Dice doküman benzerliği ölçütleri birbirine yakın sonuçlar üretirken Jaccard ölçütü tüm hiyerarşik kümeleme algoritmalarında en iyi sonucu verdiği görülmüştür. Diğer bir taraftan hiyerarşik kümeleme algoritmaları açısından üç doküman benzerliği metodunda ortalama grup algoritması en iyi sonuçları verirken tek bağlantı ve tam bağlantı algoritmaları birbirine yakın sonuçlar üretmektedir. İkinci testte, Şekil 7'de 2012-2013 eğitim-öğretim yılında Nesneye Yönelik Programlama dersine ait iki farklı ödevde öğrencilerin intihal durumlarını gösteren iki dendrogram görülmektedir. Her iki dendrogramda Jaccard doküman benzerliği metodu ve Ortalama Grup algoritması kullanılmıştır.

Şekil 7'de Nesneye Yönelik Programlama konusunda verilen birinci ödevde öğrencilerin gruplar halinde birbirine yakın ödev yaptıkları hatta 4 öğrencinin tamamen aynı ödevi gönderdikleri görülmektedir. Son üç rakamı "040" olan öğrenci en orijinal ödevi göndermiştir. İkinci ödevde öğrencilerin ödevlerinin bir intihal tespit sisteminde geçtiği öğrencilere aktarılmıştır. Böyle bir sistem sayesinde dendrogramda öğrencilerin hiçbirinin tamamen benzer ödev göndermedikleri görülmektedir. Kesme değeri ise ödevin türüne, ödevin büyüklüğüne ve sınıfın intihal durumuna göre büyük farklılıklar gösterir. Bu yüzden kesme değeri için kesin bir sonuç söylemek çok zordur. Web ortamında öğretim üyesi kesme değerini üretilen dendrogramı inceleyerek kolayca belirleyebilir. Kesme değeri belirlendikten sonra öğrenci isimleri renklendirilmiş olarak öğretim üyesine gösterilir.



(a) Nesneye Yönelik Programlama 1. Ödev

(b) Nesneye Yönelik Programlama 2. Ödev

**Şekil 7:** Ödevlerde intihal durumları gösteren dendrogramlar

İntihal tespiti uygulamasının kullanılmadığı düşünen öğrencilerin ödevde orijinallikten uzaklaştıkları görülmektedir. İntihal tespit uygulaması sayesinde intihal yapan öğrencilerin sonraki ödevlerde daha orijinal ödev yaptıkları görülmüştür. Sonuç olarak, intihal tespiti yapıldığını bilen öğrenciler daha iyi ödev hazırlamaya yönelmektedirler.

### Sonuçlar

Bu çalışmada, hiyerarşik kümeleme yardımıyla öğrencilerin birbirlerinden yaptıkları intihalleri kolayca tespit etmemizi sağlayan ve bölümümüzde geliştirilen web tabanlı bir uygulama anlatılmıştır. Bu uygulama tüm üniversite öğretim üyeleri ve öğrenciler tarafından kullanılabilir. Sınıf içi intihal tespiti konusunda ülkemizde pek kontrol yapılmamaktadır. Tezler için yapılan intihalleri kontrol etmek için uluslararası ticari çözümler kullanılmaktadır. Ticari çözümleri sayfa sınırı olan ve tezleri kontrol etmekte kullanılabilecek çözümlerdir. Diğer taraftan öğrencilere verilen bir ödevde bu kontrolün yerel olarak yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada doküman

karşılaştırmasındaki dikkat edilecek noktalar, doküman benzerliklerinin kıyaslanması, hiyerarşik kümelemenin sisteme adapte edilmesi, farklı hiyerarşik kümeleme algoritmalarının kıyaslanması ve dendogramın ödev değerlendirme sürecinde kullanılması sağlanmıştır. Uygulama geliştirilirken denenen doküman benzerliği ölçütleri arasından Jaccard Benzerlik Katsayısı ve denenen hiyerarşik kümeleme algoritmaları arasından da Ortalama Grup algoritması çifti en iyi sonuçları vermiştir.

Uygulamanın getirileri iki farklı başlık altında toplanabilir.

- Öğretim üyeleri ödevleri daha kısa sürede ve ödev orijinalliğini daha rahat değerlendirme imkânına kavuşmuşlardır. Bu sayede ödev notu verilirken sadece ödevin doğruluğuna değil ayrıca orijinalliğinin de göz önüne alınma imkânı oluşmuştur.
- Bu sistem sayesinde öğrencilerin hazırladıkları ödevlerdeki intihal oranı azalmıştır ve bunun yanında öğrencilerin ödevleri daha dikkatli hazırladıkları gözlenmiştir.

Açılan üniversite/bölüm sayısının artması öğretimin en önemli parçalarından biri olan ödevin verilmesini ve değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. 8 yıldır öğrenci alan bölümümüzde öğretim üyesi ve asistan sıkıntısı olması sebebiyle ödevlerin genelde doğruluğuna bakılmaktaydı. Ödev açısından sadece doğruluğa bakıldığını fark eden öğrenciler intihal yoluna başvurmaya başlamışlardı. Bölümüzde geliştirilen bu uygulama sayesinde intihal oranının azalmaya başladığı ve öğrencilerin daha orijinal ödev hazırlamaya teşvik edildiği görülmüştür.

Hazırlanan test verisi genelde programlama ödevlerini kapsamaktadır. Bundan sonraki çalışmalarda metin tabanlı ödevlerde test verisine eklenecektir. Mevcut uygulamamızda kelimeler kullanılarak benzerlik karşılaştırması yapılabilir. Ancak, arama motorlarında kullanılan kelimelerin gövdesini bulma işlemi (Can ve diğerleri, 2008; Uzun, 2012) ile farklı doküman benzerliği sonuçları üretilebileceği ve bu durumun mevcut sistemi iyileştirebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, mevcut sistemdeki diğer bir sorun ödev sayısı ve ödev boyutu arttıkça değerlendirme sürecinin uzamasıdır. Bu durumu çözmek için HADOOP<sup>7</sup> benzeri birden fazla bilgisayarı aynı anda farklı ödevleri karşılaştırmak için kullanıp karşılaştırma süresi azaltılmaya çalışılacaktır.

#### Kaynakça

- Arda, B. (2003). Üniversitenin araştırma işlevi ve etik. *C. Ü. Tıp Fakültesi Dergisi*, 25 (4), 7-11.
- Can, F., Kocberber, S., Balcık, E., Kaynak, C., Ocalan, H. C. ve Vursavas, O. M.(2008). Information retrieval on Turkish texts. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59 (3), 407-421.
- Çiftçi, K.(2011). Minimum spanning tree reflects the alterations of the default mode network during Alzheimer's Disease. *Annals of Biomedical Engineering*, 39, 1493-1504.
- Dice, L. R.(1945). Measures of the Amount of Ecologic Association Between Species. *Ecology*, 26 (3), 297-302.
- Donaldson J. L., Green, B. ve Sposato, P. H.(1981). A plagiarism detection system. *Proceedings of the 12th SIGCSE symposium on Computer science education*, 13 (1), 21-25.
- Fung, B. K., Wang, K. ve Ester, M.(2004). Hierarchical Document Clustering. *Encyclopedia of Data Warehousing and Mining, Idea Group Reference*, 1 (A-H), 555-559.
- Heintze, N.(1996). Scalable document fingerprinting. *In Proceedings of the Second USENIX Workshop on Electronic Commerce*, 191-200.
- Karabulut, M., Gürbüz, M. ve Sandal, E. K.(2008). Hiyerarşik Küme Tekniği Kullanılarak Türkiye'deki illerin Sosyo-ekonomik Benzerliklerinin Analizi. *SDÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3 (5), 65-78.
- Lingxiao, J., Su, Z. ve Chiu, E.(2007). Context-based detection of clone-related bugs. *Proceedings of the 6th joint meeting of the European software engineering conference and the ACM SIGSOFT symposium on The foundations of software engineering*, 55-64, Dubrovnik, Croatia.
- Liu, X., Xu, C. ve Ouyang, B. (2015). Plagiarism Detection Algorithm for Source Code in Computer Science Education. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)*, 13(4), 29-39.

---

<sup>7</sup> <http://hadoop.apache.org/> (Son erişim 20 Eylül 2016 tarihinde yapılmıştır.)

- Ceglarek, D.(2013). Evaluation of the SHAPD2 algorithm efficiency in plagiarism detection tasks. *Technological Advances in Electrical, Electronics and Computer Engineering (TAECE), 2013 International Conference on. IEEE*, 9-11 May, Konya, Turkey.
- Lyon, C., Malcolm, J. ve Dickerson, B.(2001). Detecting short passages of similar text in large document collections. *In Proceedings of Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 118-125.
- Manning, C. D., Raghavan, P. ve Schütze, H., *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press, <http://informationretrieval.org/>, 2008.
- Samuel, M. ve Zeld, F.(2006). Similarity and originality in code: plagiarism and normal variation in student assignments. *Proceedings of the 8th Australian conference on Computing education*, 52, 143-150, Hobart, Australia, Australian Computer Society.
- Schleimer, S., Wilkerson, D. S. ve Aiken, A.(2003). Winnowing: local algorithms for document fingerprinting. *In Proceedings of the 2003 ACM SIGMOD - International Conference on Management of Data*, pp. 76-85.
- Tan, P. N., Steinbach, M. ve Kumar, V.(2005). *Introduction to Data Mining*. Addison-Wesley, ISBN 0-321-32136-7, Bölüm 8: pp. 500.
- Uzun, E.(2012). A fuzzy ranking approach for improving search results in Turkish as an agglutinative language. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 5658-5664.
- Uzun, E., Karakuş, T., Kurşun, E. ve Karaaslan, H.(2007). Öğrenci gözüyle aşırma (intihal): neden ve çözüm önerileri. *Akademik Bilişim '07, Bildiri Kitabı* (pp. 183-188), Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.
- Wise, M.(1992). Detection of similarities in student programs: YAP'ing may be preferable to plague'ing. *SIGCSE '92 Proceedings of the twenty-third SIGCSE technical symposium on Computer science education*, 24 (1), 268-271.
- Yerra, R. ve Ng, Y.(2005). A Sentence-Based Copy Detection Approach for Web Documents. *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, Lecture Notes in Computer Science 557-570, Springer.
- Yeşilbudak, M., Kahraman, H.T. ve Karacan H.(2011). Veri madenciliğinde nesne yönelimli birleştirici hiyerarşik kümeleme modeli. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi*, 26 (1), 27-39.

## KARBON ELYAF KUMAŞ İLE SARGILANMIŞ BETONLARIN DAYANIMININ İNCELENMESİ

Aylin AKYILDIZ<sup>1</sup>, Ahmet Özgür AĞIRGAN<sup>2</sup>

### ÖZET

Son yıllarda meydana gelen depremler sonrasında Türkiye’de bu bölgelerde bulunan betonarme yapıların büyük bir kısmının onarım ve güçlendirilmesinin gerektiği belirlenmiştir. Güçlendirme ile ilgili sorunların en önemlisi, bu binaların boşaltılarak güçlendirilmesinin uygulaması kolay bir çözüm olmamasıdır. Bu sorunun çözümü için güçlendirme aşamasında binanın kullanımına mani olmayacak yöntemler geliştirmek gerekmektedir. Karbon lifleri, beton güçlendirme ve onarım amaçlı yüksek dayanım ve performans özellikli takviye elemanları olarak, uzun yıllardan beri yapı sektöründe kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, karbon elyaf ile güçlendirilen sargılı numunelerin sargısız numunelere göre farklı dayanım sınıfına sahip beton numunelerin dayanım özelliklerinin araştırılmasıdır. Deney aşamasında temin edilen numuneler laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. Numunelerin üzerine yapıştırıcı yardımıyla karbon elyaf kumaş sarılarak hazırlanan numuneler ve sargısız numuneler üzerinde dayanım deneyleri yapılmıştır. Yapılan deney sonuçlarına göre genel olarak sargılanan numunelerde sargılanmayan numunelere göre dayanım değerlerinde %42 artış sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Beton, Dayanım, Güçlendirme, Karbon fiber, Kendiliğinden Yerleşen Beton

## CONCRETE STRENGTHENING WITH CARBON FIBER

### ABSTRACT

After the earthquakes occurred in Turkey in recent years, it has been determined that a large portion of the concrete structures in these regions need to be repaired and reinforced. The most important issue is that application of reinforcement along with discharging the buildings is not an easy solution. For the solution of this issue, it is necessary to develop methods which will not obstruct the use of building during the reinforcement stage.

The aim of this study is to investigate the strength properties of concrete samples being in different strength classes, such as wrapped and unwrapped. The samples obtained in the experimental phase were prepared in the laboratory. The strength tests were performed on samples which were prepared by wounding the carbon fiber on the sample by using an adhesive and unwrapped samples which does not contain any carbon fiber. According to the experimental results, the samples wrapped with carbon fiber showed 42% higher strength as compared to unwrapped samples.

**Keywords:** Concrete, Strength, Strengthening, Carbon Fiber, Self-Compacting Concrete

---

<sup>1</sup>Yrd. Doç. Dr, Namık Kemal Üniversitesi, Civil Eng.Dept. aakyildiz@nku.edu.tr

<sup>2</sup>Öğr. Gör. Dr, Namık Kemal Üniversitesi, Textile Eng Dept aoagirgan@nku.edu.tr

## Giriş

Türkiye'nin büyük bir bölümü, dünyanın önemli deprem bölgelerinden birinde bulunmasına rağmen, yapılaşmadaki yetersizlikler ve hatalar son yıllarda meydana gelen depremlerde büyük hasarlara yol açmakta ve aynı zamanda çok sayıda can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Türkiye'de olması beklenen depremlere karşı önlemlerin alınması ve yapı hasarlarının önlenmesi en önemli konuların başında gelmektedir. Ülkemizin depremselliği bilinmesine karşın depreme dayanıklı yapı tasarımına önem verilmemiş, depreme karşı dayanımı, dayanıklılığı ve davranışı belirsiz yapılar ortaya çıkmıştır.

Son yıllarda meydana gelen depremler sonrasında Türkiye'de bu bölgelerde bulunan betonarme yapıların büyük bir kısmının onarım ve güçlendirilmesinin gerektiği belirlenmiştir. Güçlendirme ile ilgili sorunların en önemlisi, bu binaların boşaltılarak güçlendirilmesinin tatbiki kolay bir çözüm olmamasıdır. Bu sorunun çözümü için güçlendirme aşamasında binanın kullanımına mani olmayacak yöntemler geliştirmek gerekmektedir.

21. yüzyılda, malzeme teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak ileri teknoloji ürünü malzemelerin inşaat sektöründe kullanımı yaygınlaşmıştır. Özellikle yapı kimyasalları ve fiber teknolojisindeki yenilikler yapı onarım ve güçlendirmeleri üzerine yeni metotlar geliştirilmesini kolaylaştırmıştır (Coza, 2011). Karbon kumaş ile güçlendirme de bu yeni tekniklerden biri olup, uygulamanın kolaylığı ve yapı kullanım alanının olumsuz etkilenmemesinden dolayı büyük avantaja sahiptir. Bu sayede yapılar boşaltılmadan yapının taşıyıcı sisteminin depreme karşı güçlendirilmesi sağlanabilmektedir. FRP malzemeler betonarme elemanların onarım ve güçlendirmesinde uygun şekilde kullanıldığında, deprem etkisindeki bir yapının yatay rijitlik ve yatay yük taşıma kapasitesini, sistemin dayanımını, süneklik ve enerji yutma kapasitesini önemli ölçüde artırmaktadırlar.

Karbon fiber kompozitlerin kullanımda sağladığı avantajlar, çok kolay ve güvenilir uygulama alanları, hızlı ve gerçekçi sonuçlar vermesi tercih sebebi olmuştur. Betonarme yapı elemanları, meydana gelen şiddetli depremler sonucu oluşan yapısal hasarın giderilmesi ve güçlendirilmesine ihtiyaç duyarlar. Bu elemanlar geliştirilen yeni tekniklerle güçlendirilerek eski durumuna göre daha güvenli hale getirilirler.

Karbon fiber takviyeli polimer (FRP) plakalar kullanarak betonarme elemanların güçlendirilmesi teknikleri üzerine gerçekleştirilen çalışmalar akademik ve uygulamalı araştırmalara konu olmuştur. Karbon lifleri yüksek mukavemet ve yüksek rijitlik özellikleri nedeniyle en çok kullanılan takviye malzemesidir (Hollaway, Leeming., 2000). Karbon kumaş ile güçlendirilmiş Betonlarda (CFRP), betonun eksenel yük taşıma kapasitesini, sünekliğini, mukavemetini ve şekil değiştirme özelliklerini arttırdığı literatürdeki çalışmalarda belirtilmiştir (Tan, İlki, Chaallal, Koç, Peker ve ark. 2002, 2003, 2004, 2005).

Tekstil takviyeli çimentolu kompozitlerin kırılma davranışını multifilament iplik inceliği ve filamentlerin dağılımı, çimento matrisi içindeki tekstil kumaşının dağılımı, fiber-matris ara yüzünde gelişen bağ (adezyon, sürtünme nedeni veya mekanik bağ vb.) gibi birçok değişken etkilemektedir (Peled, Scheffler, Pakravan, Çelik ve diğ., 2003, 2009, 2010, 2011)

Farklı uzunluktaki karbon kumaşlarla güçlendirilmiş çeşitli boyuna donatı oranlarına sahip sürekli betonarme kirişler üzerine yapılan deneyler, yapıştırılmadan başka bir ek önlemle kirişe sabitlenmemiş kumaşların sıyrılmamasının kirişlerin taşıma gücünü önemli ölçüde etkilemediğini göstermiştir (Ashour ve diğ.2004,). Karbon kumaşlarla güçlendirilmiş yüksek donatı oranlı betonarme kirişlerde karbon kumaşın kabuk beton katmanıyla beraber sıyrıldığını belirlemiştir (Esfani ve diğ., 2007).

Depremsellik özelliklerine bakıldığında, karbon takviyeli betonların çelik takviyeli Betonlara göre daha düşük eksenel yüklemeye, yüksek performans özellikleri gösterdiği (Lacobucci ve ark.,2003), enerji tüketme kapasitesini arttırdığı (Lee ve diğ. 2010), korozyonu ve artan yükü azalttığı, donatıda daha az kayma etkisi gösterdiği önceki çalışmalarda irdelenmiştir (Kharatmol ve ark, 2014).

Bu çalışmada karbon elyaf dokuma kumaş ile beton yüzeyine sarılarak güçlendirilmiş beton sınıfı 25 MPa ve 30 MPa (C25, C30) ve kendiliğinden yerleşen beton (CK) sınıfı beton numunelerin güçlendirme öncesi ve sonrası basınç dayanım özellikleri incelenmiş ve takviye edilen beton numunelerinin dayanımları hakkında değerlendirilmeler yapılmıştır.



## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Bu çalışmada projenin materyallerini karbon elyaf kumaş, epoksi yapıştırıcı, temin edilen beton sınıfı 25 MPa ve 30 MPa olan beton ve kendiliğinden yerleşen beton oluşturmaktadır.

### Epoksi

Çalışmada Bostik firmasından temin edilen epoksi malzemesi kullanılmıştır. Kullanılan epoksi yapıştırıcının özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.


**Tablo 1:** Epoksi’nin teknik verileri

Üretim verileri	
Yoğunluk	1.05 g/cm <sup>3</sup>
Isı dayanımı	-40°C +80°C
Çalışma sıcaklığı	+5°C +40°C
Kopmada uzama	250%
Kürleme zamanı (23°C, 50% RH)	24 saat/mm

### Karbon Elyaf Kumaş

Bu çalışmada, Toho Tenax Europe GmbH (TEIJIN) firmasının Tenax-E HTA 40 1k F15 ticari isimli karbon liflerinden yine aynı firmada bezayağı dokuma kumaşı olarak üretilmiş takviye malzemesi kullanılmıştır. Kumaş 245g/m<sup>2</sup> gramajda 3 katlı F15 67 tex iplikle atkı ve çözgüde 6 adet/cm olarak dokunmuştur. Kumaşın mekanik özellikleri ve resmi Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2:** Karbon lif kumaşın özellikleri

KUMAŞ	Özellik	Değer
	Filament diameter [µm]	7
	Yoğunluk [g/cm <sup>3</sup> ]	1.76
	Germe dayanımı [MPa]	3950
	Germe modülü [GPa]	2382
	Kopma uzaması [%]	1.7
	Isıl iletkenliği [W/mK]	17
	Elektriksel uzama katsayısı [10 <sup>-6</sup> /K]	-0.1
	Elektriksel özdirenç [W cm]	1.6 x 10 <sup>-3</sup>

Malzeme	Açı	Hacim Oranı (%)	Yoğunluk (g/m <sup>2</sup> )
Dokuma Karbon Kumaş	(0/90)	35	176

### Beton

Deneylerde kullanılacak olan beton numuneler Betonsa hazır beton santralinden temin edilen beton sınıfı 25 ve 30 MPa (C25, C30) ve kendiliğinden yerleşen beton (CK) numuneleridir. Sarılanmış ve sargılanmamış beton numuneler Tablo 3’teki gibi isimlendirilmiştir. Deneylerde kullanılan betonların mekanik özellikleri Tablo 4’te verilmiştir.

**Tablo 3:** Beton numuneleri isimlendirilmesi

Sargılanmamış Numuneler		Sargılanmış Numuneler	
C25	Beton sınıfı 25 MPa beton	CS25	Sargılanmış beton sınıfı 25 MPa beton
C30	Beton sınıfı 30 MPa beton	CS30	Sargılanmış beton sınıfı 30 MPa beton
CK	Kendiliğinden yerleşen beton	CSK	Sargılanmış kendiliğinden yerleşen beton

**Tablo 4:** Deneyleerde Kullanılan Betonların Mekanik Özellikleri

Beton sınıfı	Karakteristik dayanım, MPa		Eşdeğer küp basınç dayanımı, MPa	28 günlük elastisite modülü, MPa
	Basınç	Çekme		
C25	25	1.8	31	30000
C30	30	1.9	35	32000
CK	25	1.9	31	21000

### Yöntem

Deneye başlamadan önce numunelerin sarma yüzeyleri, tel fırça ile fırçalanarak yapışmaya engel teşkil edecek bozukluklardan toz ve benzeri maddelerden arındırılmıştır. Beton yüzeyi ve karbon elyaf kumaşın arasındaki kenetlenmeyi sağlamak için, adersanı yüksek olan epoksi yapıştırıcı ile rulo ve fırça yardımıyla kısa sürede reaksiyona geçtiğinden zaman kaybetmeden beton yan yüzeylerini tamamen kaplayacak şekilde bir kat sürülmüştür. Karbon elyaf kumaşlar gerekli miktarda ölçülüp kesilerek hazırlanmış ve test sırasında sıyrılmaması için ürün şartnamesine uygun olarak 130 mm bindirme boyu olacak şekilde beton yüzeylerine enine sarılmıştır (Şekil 1).

**Şekil 1:** Karbon kumaşın beton üzerine uygulanması

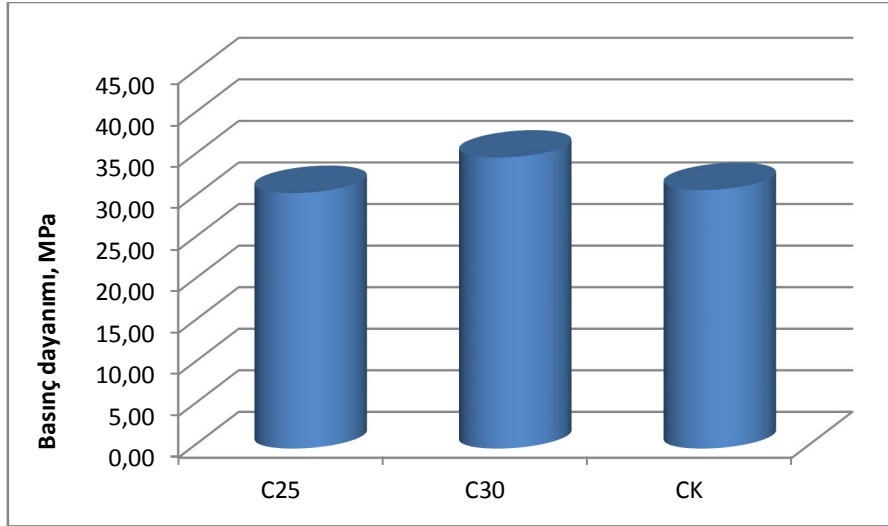
Yapıştırma işlemi biten numuneler, sertleşme sürecini tamamlanıncaya kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir. Sargılı numuneler beton sınıfı 25 ve 30 MPa (CS25, CS30) ve kendiliğinden yerleşen beton (CSK) sembolleriyle sırayla isimlendirilmiştir. Daha sonra sargılı ve sargısız numuneler üzerinde eksenel yük altında basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Basınç deneyi, Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Laboratuvarında TS EN 12390-4 standardına göre 1000 kN kapasiteli ALŞA marka Beton test presinde 0,9 N/s hız ile yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Basınç Dayanımı (Beton Presi) Test Cihazı ve Numuneler

### Bulgular

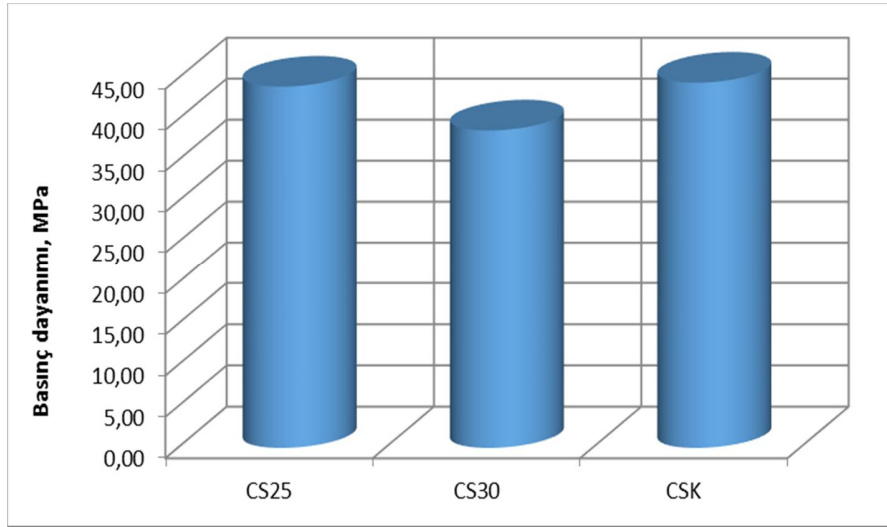
Basınç dayanım değerleri sargısız ve sargılı betonlara göre basınç dayanımları Şekil 3, Şekil 4'de verilmiştir. Şekillerde görüldüğü gibi numunelerin dayanım değerleri incelendiğinde sargılanarak güçlendirilen numuneler sargılanmayan numunelere göre daha yüksek dayanım sağlamışlardır. Sargılanmamış beton numunelerde preste aksenal yükleme altında kırılmış en yüksek basınç dayanımı değeri 32.50 MPa dır.



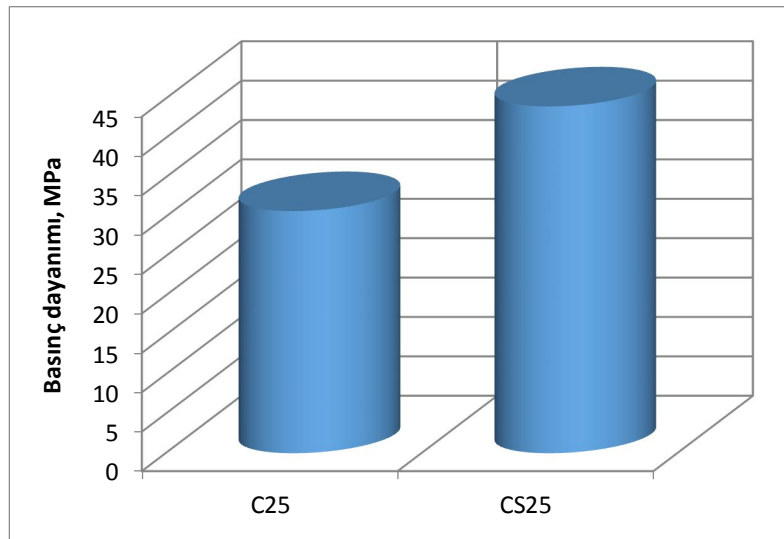
Şekil 3: Sargısız betonların basınç dayanımı

Sargılanmış beton numunelerde en yüksek basınç dayanımı değeri ise 44.00 MPa dır. En düşük basınç dayanımı ise 32.50 MPa dır.

Farklı beton sınıflara göre değerlendirdiğimiz de C25 beton sınıfında sargılı betonlar sargısıza göre %43 oranında dayanım artışı Şekil 5'te görülmektedir.

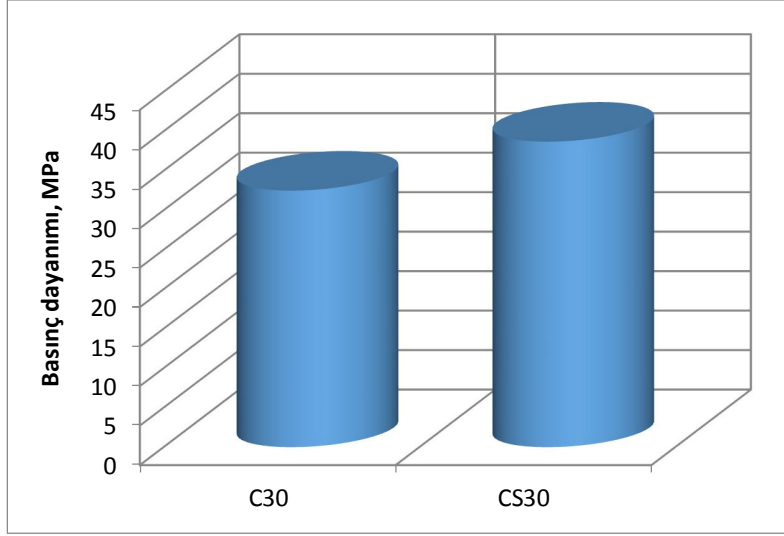


Şekil 4: Sargılı betonların basınç dayanımı



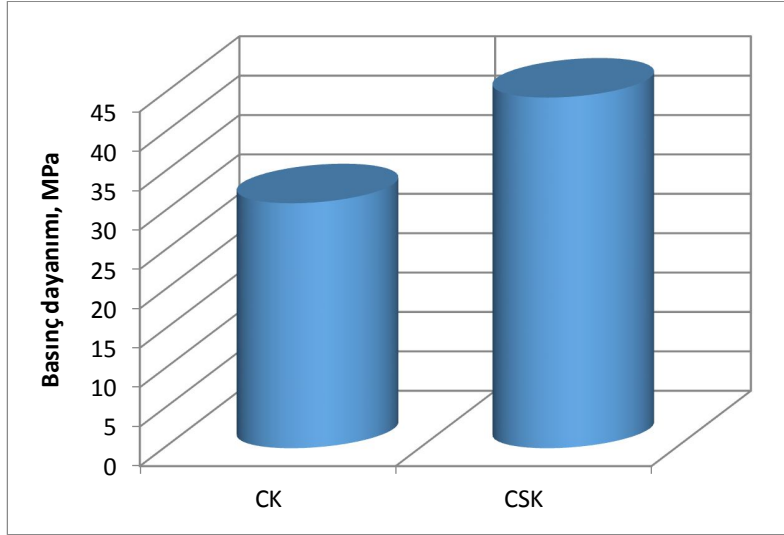
Şekil 5: C25 sınıfı betonun sargılı ve sargısız basınç dayanımı

Farklı beton sınıflara göre değerlendirdiğimiz de C30 beton sınıfında sargılı betonlar sargısız göre %19 oranında dayanım artışı Şekil 6'te görülmektedir.



Şekil 6: C30 sınıfı betonun sargılı ve sargısız basınç dayanımı

Farklı beton sınıflarına göre değerlendirdiğimiz de kendiliğinden beton sınıfında sargılı betonlar sargısız göre %42 oranında dayanım artışı Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7: Kendiliğinden yerleşen betonun sargılı ve sargısız basınç dayanımı

### Sonuçlar

Bu çalışmada numunelerin bir kısmı sargısız bir kısmı karbon elyaf malzemeyle sarılarak deneyler yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre numunelerin dayanım değerleri incelendiğinde sargılanarak güçlendirilen numuneler sargılanmamış numunelere göre iyi bir dayanım artışı göstermişlerdir. Sargılanmamış beton numunelerde en yüksek basınç dayanımı değeri 32.50 MPa'dır. Sargılanmış beton numunelerde en yüksek basınç dayanımı 44.50 MPa'dır. Sargılanmış numunelerde sargılanmamış numunelere göre C25 betonunda %43 dayanım artışı, C30 betonunda %19 dayanım artışı ve kendiliğinden yerleşen betonda %42 oranında dayanım artışı olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlarda karbon elyaf ile sargılanmış olan numunelerin yük altında deforme olarak genişlemek isteyen numuneyi engellediği ancak elyafın yırtılması sonucunda numunelerin aniden maruz kaldığı yük altında deformasyona uğradığı görülmüştür. Karbon elyaf ile sargılanmış numunelerin sargılanmamış numunelere göre önemli bir dayanım artışı gösterdiği ortaya konmuştur hatta karbon elyaf kumaş ile sargılanmanın düşük dayanımlı

betonlarda bile dayanım değerlerinin oldukça olumlu yönde etkilendiği belirlenmiştir. Bu değerler incelendiğinde karbon elyaf ile sargılanarak güçlendirilen düşük beton sınıfına sahip numuneler, beton sınıfı yüksek olan numunelere oranla daha sünek ve oransal olarak dayanım bakımından daha iyi performans göstermiştir. Sonuç olarak bu yöntem, uygulama kriterlerine bağlı kalındığında, taşıyıcı sistem güçlendirme uygulamaları için etkili bir seçenektir.

#### Kaynakça

- Coza, H., Özgen, K. ve Yalçın, C., (2011) "Dolgu duvarlı çerçevelerin karbon lifli kompozitlerle güçlendirilmesi. *itüdergisi/a mimarlık, planlama, tasarım* Cilt: 10, Sayı: 1, 137-150
- Hollaway, L.C., Leeming M.B., (2000) "Strenghtening of reinforced concrete structures, Woddhead Pub.Ltd England
- Tan, K.H., (2002) "Strength Enhancement of Rectangular Reinforced Concrete Columns using Fiber-Reinforced Polymer", *ASCE Journal of Composites for Construction*, Vol. 6, No. 3, 175-183,2002.
- Chaallal, O., M. ASCE, Shahawy, M., and Hassan, M., (2003) "Performance of axially loaded short rectangular columns strengthened with carbon fiber-reinforced polymer wrapping", *ASCE Journal of Composites for Construction*, Vol. 7, No. 3, 200-208,2003.
- Ilki, A. and Kumbasar, N., (2002) "Behaviour of Damaged and Undamaged Concrete Strengthened by Carbon Fiber Composite Sheets", *Structural Engineering and Mechanics*, Vol. 13, No. 1, 75-90, 2002.
- Ilki, A. and Kumbasar, N., (2003) "Compressive Behavior of Carbon Fibre Composite Jacketed Concrete with Circular and Non-Circular Cross Sections", *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 7, No. 3, 381-406, 2003.
- Ilki, A., Kumbasar, N. and Koc, V.,(2003) "Low and Medium Strength Concrete Members Confined by Fiber Reinforced Polymer Jackets", *ARI,The Bulletin of the Istanbul Technical University*, Vol. 53, No. 1, 118-123, 2003.
- Ilki, A., Koc, V., Ergun, B., Altan, M.O., and Kumbasar, N., (2003) "Photogrammetrically measured deformation of FPR wrapped low strength concrete", *6th International Symposium on FRP Reinforcement for Concrete Structures, FRPRCS-6*, July, Singapore.
- Ilki, A., Kumbasar, N., and Koc, V., (2004) "Low strength concrete members externally confined with FRP sheets", *Struct. Eng. And Mech.*
- KOÇ, V., ( 2004). Karbon Lif Takviyeli Polimer Malzemeler İle Güçlendirilmiş Düşük ve Normal Dayanımlı Beton Elemanların Davranışı, *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul
- Peker, Ö., (2005). Düşük Dayanımlı Betonarme Elemanların CFRP ile Güçlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Peled, A., Bentur, A., (2003) "Fabric Structure and Its Reinforcing Efficiency in Textile Reinforced Cement Composites", *Composites: Part A*, s. 34, 107-118.
- Pakravan, H. R., Jamshidi, M., Latifi, M., (2010) "Performance of Fibers Embedded in a Cementitious Matrix", *Journal of Applied Polymer Science*, s. 116, 1247–1253.
- Scheffler, C., Gao, S.L., Plonka, R., Mäder, E., Hempel, S., Butler, M., Mechtcherine, V., (2009) "Interphase Modification of Alkali-Resistant Glass Fibres and Carbon Fibres for Textile Reinforced Concrete I: Fibre Properties and Durability", *Composites Science and Technology*, s. 69,531- 538 .
- Çelik, R., (2011), "FARKLI TÜRDE KUMAŞ DONATILI ÇİMENTO ESASLI KOMPOZİTLERİN EĞİLME PERFORMANSLARININ KARIILAŞTIRILMASI"İTÜ Fen Bilimleri Inst. Y.Lisans Tezi, İstanbul
- Ashour, A.F., El-Refaie, S.A., ve Garrity, S.W., (2004) "Flexural Strengthening of RC Continuous Beams Using CFRP Laminates", *Cement and Concrete Composites*, Cilt 26, 765-775, 2004.
- Esfahani, M.R., Kianoush, M.R., ve Tajari, A.R., (2007), "Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams Strengthened by CFRP Sheets",*Engineering Structures*, Cilt 29, 2428-2444,Iacobucci, R. D., and Sheikh, S. A.,

Bayrak O., (2003), " Retrofit of Square Concrete Columns with CarbonFiber-Reinforced Polymer for Seismic Resistance", ACI Structural Journal/November-December

Lee W.T., Chiou Y.J., Shih M.H (2010) "Reinforced concrete beam–column joint strengthened with carbon fiber reinforced polymer", Composite Structures Volume 92, Issue 1, January 2010, Pages 48–60

Kharatmol R., Sananse P., Tambe R., Khare R.J., (2014) "Strengthening of Beams Using Carbon Fibre Reinforced Polymer" International Journal of Emerging Engineering Research and Technology Volume 2, Issue 3, June 2014, PP 119-125

