JSR C

Number 1
June 2020

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS C

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS C - JUNE 2020 - NUMBER 1

Kutahya Dumlupinar University Scientific Reports C
Evliya Celebi Campus Tavsanli Road 10 KM. 43270 Kutahya
Phone : (0274) 443 19 29 - 30
E-mail : joursrc@gmail.com
www.gsjsrcc.com

Dumlupinar University Press

gate of science

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Sayı 1, Haziran 2020

Journal of Scientific
Reports-C
Number 1, June 2020

Sahibi / Owner
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi adına
Prof. Dr. Kazım UYSAL (Rektör),
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü adına Prof. Dr. Şahmurat ARIK(Müdür)

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Önder UYSAL	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Maden Mühendisliği
Prof. Dr. Cengiz YENİKAYA	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Kimya
Prof. Dr. Cengiz KARAGÜZEL	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Maden Mühendisliği
Prof. Dr. Gürsel YANIK	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği
Doç. Dr. Cemal PARLAK	Ege Üniversitesi / Fizik
Doç. Dr. Nevzat BEYAZIT	Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Çevre Mühendisliği
Doç. Dr. Levent URTEKİN	Ahi Evran Üniversitesi / Makine Mühendisliği
Prof. Dr. Fatih ŞEN	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Biyokimya
Dr. Öğr. Üyesi Ümran ERÇETİN	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Makine Mühendisliği

Journal of Scientific Reports-C dergisi, yayın hayatına 2000 yılında başlayan Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi ayrılmış olup, Haziran ve Aralık aylarında olmak üzere yılda düzenli olarak 2 kez yayımlanan ulusal hakemli bir dergidir. Derginin yazım dili Türkçe ve İngilizce'dir. Dergiye gönderilen makaleler, editör kurulu tarafından seçilen ve konusunda uzman en az iki hakem tarafından değerlendirilmektedir. Dergiye sunulan bütün makaleler çift-körleme yöntemiyle değerlendirilmektedir. Değerlendirilmek üzere dergimize gönderilen makalelerin, daha önce yayınlanmamış, yayınlanmak üzere kabul edilmemiş ve yayınlanmak için başka bir dergide değerlendirilme sürecinde olmaması gerekmektedir. Dergide yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)ına aittir.

Dergi, fen ve mühendislik bilimlerinde ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan bilimsel çalışmaları bilim insanları ve kamuoyu ile paylaşmayı amaçlar. Dergiye, fen ve mühendislik bilim dallarında yapılan, özgün araştırma makaleleri, derleme makaleleri ve kısa notlar kabul edilir. Özgün araştırma makalelerinin başka dergilerde yayınlanmamış olması, teorik ve deneysel sonuçlar içermesi beklenir. Derleme makalelerinde ise belirli bir konu üzerinde bilimsel, teknolojik ve güncel gelişmelerin geniş bir kaynakça kullanılarak yansıtılması ve bunların doyurucu bir değerlendirilmesinin yapılması aranır. Kısa notlar, özgün bir çalışmanın ilk bulgularının duyurulması amacına yönelik hazırlanan kısa yazılar olmalıdır.

Yazışma Adresi: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi Fen Bilimleri Enstitüsü 43270 KÜTAHYA
Telefon: 0 274 443 19 42 **Faks:** 0 274 265 20 60
E-posta: joursrc@gmail.com **Web Sayfası:** gsjsrcc.com

JSR C
Journal of Scientific Reports

Journal of Scientific Reports-C, Sayı 1, Haziran 2020
Journal of Scientific Reports-C, Number 1, June 2020

Journal of Scientific Reports-C was separated from Journal of Science and Technology of Dumlupınar University which started its publication life in 2000 and is a national peer-reviewed journal published regularly twice a year in June and December. The language of the journal is Turkish and English. Articles submitted to the journal are evaluated by at least two referees who are experts in the subject and selected by the editorial board. All articles submitted to the journal are evaluated by the double-blind method. Articles submitted to our journal for review should not be previously published, accepted for publication and in the process of being evaluated for publication in another journal. All responsibility for the articles published in the journal belongs to the author(s).

The journal aims to share scientific studies carried out in the fields of science and engineering at national and international level with scientists and the public. Original research articles, review articles and short notes in science and engineering disciplines are accepted for the journal. Original research articles are expected to contain theoretical and experimental results and should not be published in other journals. In the review articles, it is expected that scientific, technological and current developments on a specific subject are reflected by using an extensive bibliography and made a satisfying evaluation of these. Short notes should be brief writings prepared to announce the first findings of an original study.

Correspondence Address: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi Fen Bilimleri Enstitüsü 43270 KÜTAHYA
Phone: 0 274 443 19 42 **Fax:** 0 274 265 20 60
E-mail: joursrc@gmail.com **Webpage:** gsjsrcc.com

JSR C
Journal of Scientific Reports

Journal of Scientific Reports-C, Sayı 1, Haziran 2020
Journal of Scientific Reports-C, Number 1, June 2020

Bölüm Editörleri / Section Editors

İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering
Prof. Dr. M. Çağatay KARABÖRK — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Makine Mühendisliği / Mechanical Engineering
Prof. Dr. Ramazan KÖSE — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği / Electrical-Electronics Engineering
Dr. Öğr. Üyesi Kadir VARDAR — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Bilgisayar Mühendisliği / Computer Engineering
Doç. Dr. Doğan AYDIN — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Endüstri Mühendisliği / Industrial Engineering
Dr. Öğr. Üyesi Kerem CİDDİ — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Maden Mühendisliği / Mining Engineering
Dr. Öğr. Üyesi Uğur DEMİR — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Jeoloji Mühendisliği / Geology Engineering
Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer ÖZBURAN — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği / Metallurgical and Materials Engineering
Prof. Dr. İskender IŞIK — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Gıda Mühendisliği / Food Engineering
Prof. Dr. Muhammet DÖNMEZ — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Çevre Mühendisliği / Environmental Engineering
Doç. Dr. Nevzat BEYAZIT — Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Matematik / Mathematics
Dr. Öğr. Üyesi Cansu KESKİN — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Fizik / Physics
Doç. Dr. Huriye Sanem AYDOĞU — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Kimya / Chemistry
Doç. Dr. Bülent ZEYBEK — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Biyoloji / Biology
Dr. Öğr. Üyesi Nüket Akalın BİNGÖL — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Biyokimya / Biochemistry
Doç. Dr. Derya KOYUNCU ZEYBEK — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

İş Sağlığı ve Güvenliği / Occupational Health and Safety
Prof. Dr. Cem ŞENSÖĞÜT — Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

JSR C
Journal of Scientific Reports

Journal of Scientific Reports-C, Sayı 1, Haziran 2020
Journal of Scientific Reports-C, Number 1, June 2020

Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. Sibel AKAR	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Kimya
Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK	Selçuk Üniversitesi / Biyoloji
Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK	Gazi Üniversitesi / Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği
Prof. Dr. Uğur ARİFOĞLU	Sakarya Üniversitesi / Elektrik-Elektr. Mühühendisliği
Prof. Dr. Oktay ARSLAN	Balıkesir Üniversitesi / Kimya
Prof. Dr. Şükrü ASLAN	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi / Çevre Mühendisliği
Prof. Dr. Ülfet ATAV	Selçuk Üniversitesi / Fizik
Prof. Dr. Mustafa BAYRAKTAR	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi / Matematik
Prof. Dr. Niyazi BİLİM	Konya Teknik Üniversitesi / Maden Mühendisliği
Prof. Dr. İsmail BOZTOSUN	Akdeniz Üniversitesi / Fizik
Prof. Dr. Erdal ÇELİK	Dokuz Eylül Üniversitesi / Metalurji Malzeme Müh.
Prof. Dr. Hayri DAYIOĞLU	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Biyoloji
Prof. Dr. Muhammet DÖNMEZ	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Gıda Mühendisliği
Prof. Dr. Mehmet Ali EBEOĞLU	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Elektrik-Elektr. Müh.
Prof. Dr. İsmail Göktay EDİZ	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Maden Mühendisliği
Prof. Dr. İsmail EKİNCİOĞLU	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Matematik
Prof. Dr. Kaan ERARSLAN	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Maden Mühendisliği
Prof. Dr. Zeynal Abiddin ERGÜLER	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği
Prof. Dr. Seyhan FIRAT	Gazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği
Prof. Dr. Remzi GÖREN	Sakarya Üniversitesi / Met. Malzeme Müh.
Prof. Dr. Rasim İPEK	Ege Üniversitesi / Makine Mühendisliği
Prof. Dr. Refail KASIMBEYLİ	Eskişehir Teknik Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği
Prof. Dr. Hamdi Şükür KILIÇ	Selçuk Üniversitesi / Fizik
Prof. Dr. Yaşar KİBİCİ	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği
Prof. Dr. İsmail KOCAÇALIŞKAN	Yıldız Teknik Üniversitesi / Moleküler Biy. ve Genetik
Prof. Dr. Mahmut KOÇAK	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Mat.-Bilgisayar
Prof. Dr. Muhsin KONUK	Üsküdar Üniversitesi / Moleküler Biy. ve Genetik
Prof. Dr. Mustafa KURU	Başkent Üniversitesi / Moleküler Biy. ve Genetik
Prof. Dr. Ömer İrfan KÜFREVİOĞLU	Atatürk Üniversitesi / Biyokimya
Prof. Dr. Halim MUTLU	Ankara Üniversitesi / Jeoloji Mühendisliği
Prof. Dr. Ekrem SAVAŞ	İstanbul Ticaret Üniversitesi / Matematik
Prof. Dr. Murat TANIŞLI	Eskişehir Teknik Üniversitesi / Fizik
Prof. Dr. Ali Rehber TÜRKER	Gazi Üniversitesi / Kimya
Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN	Giresun Üniversitesi / Biyoloji
Prof. Dr. Abdülmecit TÜRÜT	İstanbul Medeniyet Üniversitesi / Fizik Mühendisliği
Prof. Dr. Eşref ÜNLÜOĞLU	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği
Prof. Dr. Nurettin YAYLI	Karadeniz Teknik Üniversitesi / Eczacılık
Prof. Dr. Yusuf YAYLI	Ankara Üniversitesi / Matematik
Prof. Dr. Elçin YUSUFOĞLU	Uşak Üniversitesi / Matematik
Prof. Dr. Hüseyin Serdar YÜCESU	Gazi Üniversitesi / Otomotiv Mühendisliği
Prof. Dr. Mehmet Tevfik ZEYREK	Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fizik

JSR C
Journal of Scientific Reports

JOURNAL OF SCIENTIFIC REPORTS-C

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

Yumuşak Porselen Üretiminde Eş Eksenli Pres Atıklarının ve Bisküvi Atıklarının Geri Kazanımı 1-16
Recycling of Co-Axial Press Waste and Biscuit Waste in Soft Porcelain Production
Bülent BÜYÜKKIDAN, Nurgün BÜYÜKKIDAN, Yavuz ÇİÇEK

Kütahya İli Güneş Enerji Potansiyelinin Araştırılması ve Örnek Bir Güneş Enerji Santralinin Ekonomik Analizi 17-37
Investigation of Solar Energy Potential in Kütahya and Economic Analysis of a Sample Solar Power Plant
Zeynep ATALAY AYRAN, Yılmaz ARSLAN

Meteorolojik Faktörlerin Gemi Egzoz Gazı Emisyonu Konsantrasyonları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi 38-54
Investigation of the Effects of Meteorological Factors on Ship Exhaust Gas Emissions Concentration
Aydın TOKUŞLU

Basic Blue 41 Boyar Maddesinin Elma Kabuğundan Elde Edilen Aktif Karbon ile Adsorplanabilirliğinin Matematiksel Olarak Modellenmesi 55-69
Mathematical Modeling of Basic Blue 41 Dyestuff with Adsorbability of Activated Carbon Obtained from Apple Peel
Canan DEMİR, Halime YILDIZ, Ali Rıza KUL, Sıddık KESKİN

DERLEMELER / COMPLIATION

Kinoanın Önemi, Fırın Ürünlerinde Kullanımı ve Sağlık Üzerine Etkileri 70-80
The Importance of Quinoa, Its Use in Bakery Products and its Effects on Health
Fatma HAYIT, Burçin YILMAZ

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Sayı 1, Haziran 2020

Journal of Scientific
Reports-C
Number 1, June 2020

ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)

YUMUŞAK PORSELEN ÜRETİMİNDE EŞ EKSENLİ PRES ATIKLARININ VE BİSKÜVİ ATIKLARININ GERİ KAZANIMI

Bülent BÜYÜKKIDAN[1]*, Nurgün BÜYÜKKIDAN[1], Yavuz ÇİÇEK[1]

[1]Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kütahya, bulent.buyukkidan@dpu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9619-3246
[1] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kütahya, nurgun.buyukkidan@dpu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6879-9355
[1] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kütahya, yavuz4389@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7292-5294

Geliş Tarihi:03.07.2019 *Kabul Tarihi:27.04.2020*

ÖZ

Bu çalışmada, seramik fabrikalarında üretimde eş eksenli pres makinelerinde kullanılan yumuşak porselen pres çamuru granüllerinin ve bisküvi mamullerinin, işletmede herhangi farklı bir üretim aşamasında kullanılmayan atıklarının değirmen ve mikserler yardımıyla geri kazanımını sağlanmıştır. Öğütülüp, belirli oranlarda karıştırılarak geri kazanılan bu çamurların, kimyasal (XRF, DTA-TG) ve fiziksel (mukavemet, renk ölçümü, yoğunluk, akma zamanı, elek bakiyesi, tane boyutu, küçülme, deformasyon, çarpma ve parçacık kopma dayanımı) analizleri yapılarak yeniden işletme prosesine kazandırılmıştır. Pres çamuru granüllerinin atıklarının ve atık bisküvilerin çeşitli öğütme parametreleri(bisküvi ve granül atıklarının aynı anda, ayrı veya aşamalı olarak öğütülmesi) fiziksel özellikleri, kimyasal özellikleri ve bunlarla birlikte reçete çalışmaları yapılıp pişme davranışları incelenmiştir. Yapılan bu incelemeler ışığında, atık numunenin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin yumuşak porselene benzerliklerinden dolayı atıkların geri kazanımı sağlanarak işletmeye alınmasında herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır. Eş eksenli preslerle yaklaşık %80 oranında üretim yapan bir seramik fabrikasında aylık ortalama 700 ton yumuşak porselen granülü kullanılmaktadır. Eş eksenli presle üretimden kaynaklanan %20'lik zayiatın geri kazanımı düşünülürse aylık 140 ton atığın tekrar üretime alınması söz konusu olacaktır. Yapılan deneyler sonunda elde edilen verilerle yapılan bu geri kazanım sayesinde, ortalama ton başına granül maliyetinin 150 euro olduğunda elde edilecek ekonomik kazanım aylık 20000 euronun üzerinde olacaktır. Doğal olarak bu miktar firma için ekonomik getirisinin yanı sıra, bu dövizin yurtdışından hammadde alımında kullanılmayacağı için ulusal bir kazanım olarak geri dönecektir ve döviz çıkışını azaltacaktır.

Anahtar kelimeler:*Geri kazanım, granül, öğütme, yumuşak porselen*

RECYCLING OF CO-AXIAL PRESS WASTE AND BISCUIT WASTE IN SOFT PORCELAIN PRODUCTION

ABSTRACT

In this study, the recovery of soft porcelain press mud granules and biscuit products used in coaxial press machines in ceramic factories and wastes that are not used at any different production stage in

the enterprise were provided with the help of mills and mixers. Chemical (XRF, DTA-TG) and physical (strength, color measurement, density, flow time, sieve balance, grain size, shrinkage, deformation, impact and particle rupture strength) of these muds that are ground and recycled by mixing at certain rates has been added to the business process. Various grinding parameters of waste sludge granules and waste biscuits (simultaneous, separate or progressive grinding of biscuit and granule wastes) physical properties, chemical properties, along with recipe studies and cooking behaviors were examined. In the light of these examinations, no problems were encountered in recycling the wastes and putting them into operation due to the similarity of the chemical and physical properties of the waste sample to soft porcelain. In a ceramic factory producing approximately 80% with coaxial presses, an average of 700 tons of soft porcelain granules are used monthly. Considering the recovery of 20% waste from co-axial press production, 140 tons of waste per month will be put back into production. Thanks to this recovery with the data obtained at the end of the experiments, the economic gain to be achieved when the average cost of granules per ton is 150 euro, will be over 20000 euros per month. Naturally, this amount will return as a national gain and reduce the foreign currency outflow, as this foreign currency will not be used to purchase raw materials from abroad, as well as its economic return for the company.

Keywords: *Recycling granule, grinding, soft porcelain*

1. GİRİŞ

Porselen ilk olarak Çin'de M.Ö.185 yıllarında bulunmuştur. Tanınması ve yaygınlaşması, ilkel porselenden Seladona geçişin olduğu Doğu Han Hanedanlığı ile başlamıştır. Bilinen ilk mavi- beyaz porselen Tang Hanedanlığına (M.S. 618-907) aittir [1]. Avrupa'da tanınması, Marco Polo'nun Çin'den İtalya'ya porselen eşyalar getirmesi ile başlamıştır. Daha sonra Portekizli tüccarlarında taşıdığı porselenler, haçlı seferlerinin de etkisi ile tüm Avrupa'da hayranlık uyandırmış ve giderek yaygınlaşarak kullanıma başlanmıştır [2]. İlk sert porselen 1709 yılında Meissen fabrikasında sır altı mavi ve düşük transparanlıkta üretilmiştir [3]. Sert porselenin standart bileşimi; %50 Kil-Kaolen, %25 Feldispat ve %25 Kuvarstan oluşur. Üretim şartlarına bağlı olarak kullanılan hammaddelerin oranları değişmektedir. Bisküvi pişirimi düşük sıcaklıkta (900–1000 °C), sır pişirimi ise (1350-1400 °C) daha yüksek sıcaklıkta yapılabilmektedir [4]. Yumuşak porselen ise adından anlaşıldığı üzere mukavemetinden ziyade, sert porselen ile kıyaslandığında daha düşük pişirim sıcaklığına sahip olması nedeniyle almıştır. Yarı saydam, genel olarak beyaz renkli ve 1320 °C altında vitrifiye olmuş porselenlerdir [5]. Yumuşak porselen ilk kez 1575 yılında çalışılmaya başlansa da başarılı bir sonuç alınamamıştır [6].

Porselen, sofra eşyası, elektrik izolatörleri, banyo ve sağlık gereçleri gibi sektörleri içine almaktadır.Sinterlenme sıcaklıklarına göre porselenler sert porselen ve yumuşak porselen olmak üzere ikiye ayrılırlar. Sert porselenler 1350-1400 ºC aralığında pişirilirken yumuşak porselenler 1200-1250 ºC aralığında pişirilirler. Sert porselen, geleneksel seramik ürünler içerisinde beyazlığı, transparanlığı ve %0 su emme gibi özellikleri bir arada bulundurması nedeniyle ile ekonomik değeri yüksek bir üründür Porselen üretimi işçilik, yakıt ve hammadde giderlerinin yüksek olmasının yanında teknik anlamda incelendiğinde, proses hata çeşidinin ve fire oranının yüksekliği, üretim süreci, mikroyapı gelişimi gibi nedenlerden ötürü tüm geleneksel seramik üretim süreçleri içinde en yüksek maliyetli ve karmaşık olanıdır. Seramik sektöründeki en kaliteli hammaddeler porselen sektöründe kullanılmaktadır. Kullanılan hammaddeler üretilen nihai ürünün kalitesini direkt olarak belirlemekte bununla birlikte hammadde maliyeti pazardaki rekabet gücünü etkileyebilmektedir. Bu nedenle

porselen üreticileri, düşük maliyetle yüksek kaliteli ürün üretimi hedeflenmekte bu bağlamda alternatif hammaddelerin porselen bünyelerde kullanımı önemli bir araştırma konusu haline gelmektedir [7].

Porselen üretiminde farklı şekillendirme teknikleri kullanılmaktadır. Bu tekniklerden en yoğun olarak kullanılanı eş eksenli preslerle üretimdir. Bu üretim hızlı olmasının yanı sıra bazı kayıpları da beraberinde getirmektedir. Bu kayıplar genelde pres sonrası ortaya çıkan talaşlar, rötuş kayıpları ve fırınlama sonrasında ortaya çıkan bisküvi zayiatlarıdır. Üretim esnasında ortaya atık olarak çıkan yumuşak porselen pres çamuru granül atıkları ve bisküvi atıkların geri kazanımı ve yeniden kullanımı bu çalışmada da irdelendiği gibi yüksek bir potansiyele sahiptir. Dışarı atılan bu yumuşak porselen pres çamuru granül atıklarının ve bisküvi atıklarının geri kazanımı hammaddede dışa bağımlılığı azaltacak ve hammadde tedariğinde karşılaşılan zorlukları azaltacaktır. Bunun yanı sıra döviz çıktısını azaltıp ülke ekonomisine katkıda bulunacaktır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE DEĞERLENDİRME

2.1. Deneysel Yöntem

Deneysel çalışmalar orijinal işletme çamuru fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre yapılmıştır. Kimyasal özellikler bakımından birbirine yakınlık gösterdikleri için ilk olarak tane boyu ve elek bakiyesi ayarlaması yapılmıştır. Bu deneysel çalışmalara öncelikle pres ve bisküvi atıkları öğütülüp, işletme çamurunun tane boyutu ve elek bakiyesine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar elde edildikten sonra atık çamurların işletmede kullanılabilmesi için birbirlerine karışım oranları ayarlaması yapılarak karışımın fiziksel ve kimyasal davranışları incelenmiştir. Yapılan tüm deneylerde optimum işletme şartları göz önünde bulundurulmuştur.

2.1.1. Uygun öğütme koşullarının belirlenmesi

Değirmenlerde uygun öğütme koşullarının bulunması için değirmendeki su oranı, boşluk, kuru madde oranı ve taş oranı iyi belirlenmelidir. Bu oranları belirlerken daha önceki tecrübelere bağlı olarak planlanan uygun öğütme koşulları aşağıdaki Çizelge 1'e göre değirmen oranları belirlenmiştir.

Çizelge 1. Planlanan uygun öğütme koşulları.

Boşluk	%30
Taş(Bilya)	%20
Kuru Madde	%16
Su	%34

Öğütmede kullanılmak için 230 L hacminde bir pilot değirmen ve öğütücü olarak alümina bilya seçilmiştir.

2.1.2. Alümina bilya oranları

Pilot değirmenin hacmine göre alümina bilya oranı %20 olarak belirlenmiştir. Alümina bilya yoğunluğu 3,5 kg/L'dir. Bu verilere göre alınacak alümina bilya miktarı hesabı aşağıda gösterildiği gibidir.

Bilya yoğunluğu: 3,5 kg/L
Değirmen hacmi: 230 L
Alümina bilya miktarı = Değirmen hacmi x Bilya oranı x Alümina bilya yoğunluğu
Alümina bilya miktarı = 230x20/100x3,5

= 161 kg alümina bilya

Öğütme daha kolay şartlarda gerçekleşmesi için alümina bilya boyutlar 30 mm, 40 mm, 50 mm olarak seçilmiştir. Bu ebatlara göre bilya miktarları aşağıdaki gibidir.
30 mm : 42,5 kg
40 mm : 76 kg
50 mm : 42,5 kg
Toplamda 161 kg alümina bilya alınmıştır.

2.1.3. Kuru madde oranları
Pilot değirmenin hacmine göre yumuşak porselen granül atığı ve bisküvi atığı %16 olarak belirlenmiştir. Yumuşak porselen granül atığı ve bisküvi atığının yoğunluğu 2,6 kg/L'dir. Bu verilere göre alınacak kuru madde miktarı hesabı :

Kuru madde miktarı = Değirmen hacmi x Kuru madde oranı x Kuru madde yoğunluğu
Kuru madde miktarı = 230x16/100x2,6
= 95,6 kg yumuşak porselen granül atığı + bisküvi atığı

2.1.4. Su ve boşluk oranları
Öğütme koşullarında belirlenen oranlara göre değirmene alınması gereken su oranı %34 olarak belirlenmiştir. Suyun yoğunluğu 1,0 kg/L olarak kabul edilmiştir.

Su miktarı = Değirmen hacmi x Su oranı x Su yoğunluğu
Su miktarı = 230 x 34/100 x 1,0
= 78,2 kg su miktarı
Değirmende kalan boş hacim boşluk oranı (%30) hesaplanmıştır.

2.1.5. Atıkların öğütülmesi
Atıkların en iyi ve en ekonomik koşullarda öğütülmesi için dört farklı deney yapılmıştır.

i-Bisküvi + Granül atığı (%78 granül + %22 bisküvi atığı)
ii-Sadece bisküvi atığı
iii-Sadece granül atığı
iv-Aşamalı olarak granül ve bisküvi atığı

2.1.6. Bisküvi ve granül atığı öğütülmesi
Pilot değirmene belirli oranlarda bisküvi ve yumuşak porselen granül atığı yüklemesi yapılmıştır. Bu oranlar :

%78 granül atığı
%22 bisküvi atığı

Belirlenen bu oranlara göre atıklar 95,6 kg olarak yüklenmiştir.
Granül miktarı = Toplam atık miktarı x Granül oranı
Granül miktarı = 95,6 x 78/100
= 74,5 kg granül atığı
Bisküvi atığı miktarı = Toplam atık miktarı x Bisküvi atığı oranı
Bisküvi atığı miktarı = 95,6 x 22/100

= 21,1 kg bisküvi atığı
Yapılan bu yüklemeler 1,5 kg/Lyoğunluğa göre yapılmıştır.

Yapılan bu öğütmenin elek bakiyesi oranları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Elek bakiyesi oranları.

Geçen Süre (dakika)	Yoğunluk (kg/L)	63µ Elek Bakiyesi	38µ Elek Bakiyesi
60 dakika	1,545	%8,13	% ---
120 dakika	1,565	%4,54	% ---
180 dakika	1,570	%2,50	%6,07
240 dakika	1,565	%1,49	%4,41

Yapılan öğütmenin tane boyu ve dağılımları Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Tane boyut ve dağılımları.

1 µm	10 µm	63 µm	d50	d97
%8,24	%58,04	%98,12	7,361 µm	53,3 µm

2.1.7. Bisküvi atığı öğütülmesi
Pilot değirmene 95,6 kg bisküvi atığı yüklemesi 1,5 kg/L yoğunluğa göre yapılmıştır. Yapılan bu öğütmenin elek bakiyesi Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. Elek bakiyesi oranları.

Geçen Süre (dakika)	Yoğunluk (kg/L)	63µ Elek Bakiyesi	38µ Elek Bakiyesi
60 dakika	1,500	% ----	% ---
120 dakika	1,505	% ----	% ---
215 dakika	1,505	%6,88	% ---
255 dakika	1,500	%3,91	% ---
330 dakika	1,515	%2,14	%6,95
360 dakika	1,525	%1,31	%4,26
480 dakika	1,520	%0,74	%3,86

Yapılan bu öğütmenin 480 dakika sonundaki tane boyut ve dağılımları Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. 480 Dakika sonundaki tane boyut ve dağılımları.

1 µm	10 µm	63 µm	d50	d97
%6,14	%49,11	%97,82	10,33 µm	56,71 µm

2.1.8. Granül atığının öğütülmesi

Pilot değirmene belirlenen orana göre öğütülmek üzere sadece 95,6 kg yumuşak porselen granül atığı yüklemesi yapılmıştır. Yapılan bu yüklemeler 1,5 kg/L yoğunluğa göre yapılmıştır. Yapılan bu öğütmenin elek bakiyesi Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6. Elek bakiyesi oranları.

Geçen Süre (dakika)	Yoğunluk (kg/L)	63µ Elek Bakiyesi	38µ Elek Bakiyesi
60 dakika	1,505	%8,10	% ---
150 dakika	1,505	%2,97	% ---
210 dakika	1,510	%1,19	%4,30

Yapılan bu öğütmenin tane boyut ve dağılımları Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 7. 210 Dakika sonundaki tane boyut ve dağılımları.

1 µm	10 µm	63 µm	d50	d97
%8,42	%63,57	%99,98	5,84 µm	38,08 µm

2.1.9. Aşamalı granül ve bisküvi atığı öğütülmesi

Pilot değirmene öğütülecek malzeme olan yumuşak porselen granül atığı ve bisküvi atığı yüklemesi aşamalı olarak yapılmıştır. İlk aşamada pilot değirmene 29 kg bisküvi atığı, 12 kg granül atığı ve 35 L su yüklemesi yapılmıştır. Pilot değirmende bir saat öğütme yapılıp elek bakiyesi oranları kayıt altına alınmıştır. İkinci aşamada değirmene 90 kg yumuşak porselen granül atığı, 30 L su ve 262 g Dolopix SPC 7 ilavesi yapılmıştır. Bu yüklemeler 1,7 kg/L yoğunluğa göre yapılmıştır. Yapılan bu öğütmenin elek bakiyesi oranları Çizelge 8'de gösterilmiştir.

Çizelge 8. Elek bakiyesi oranları.

Geçen Süre (dakika)	Yoğunluk (kg/L)	63µ Elek Bakiyesi	38µ Elek Bakiyesi
60 dakika	1,475	%3,04	% ---
120 dakika	1,645	%2,82	% ---
210 dakika	1,665	%0,79	%2,81

Yapılan bu öğütmenin tane boyut ve dağılımları Çizelge 9'da gösterilmiştir.

Çizelge 9. Tane boyut ve dağılımları.

1 µm	10 µm	63 µm	d50	d97
%8,34	%64,51	%99,92	6,02 µm	39,42 µm

2.1.10. Karışım oranlarının belirlenmesi
Yumuşak porselen granül atığı ve bisküvi atığı ile işletmede kullanılan granül çamuru belirli oranlarda karıştırılıp, oluşan bu karışımın fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu karışım oranları aşağıdaki verilmiştir.

Kütlece %5 atık çamur + %95 işletme çamuru
Kütlece %10 atık çamur + %90 işletme çamuru
Kütlece %15 atık çamur + %85 işletme çamuru
Alınan bu çamurlar kuru madde oranlarına göre karıştırılmıştır. Karışımlar toplamda 3000 gr kuru madde olacak şekilde hazırlanmıştır.

2.1.11. Yoğunluk ölçüm deneyi sonucu
Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10, %15 atık ilaveli çamurların yoğunluk ölçümü, TSE (Türk Standartları Enstitüsü) tarafından kalibrasyonu yapılmış hacmi 100 ml ve kütlesi 200 gr olan metal piknometre ile yapılmıştır. Kuru ve temiz olan piknometrenin öncelikle terazide darası alınmış ve içerisine çamur doldurularak delikli kapağı kapatılmıştır. Kapağın deliğinden taşan çamurlar temizlenmiş ve piknometre tartılmıştır. Okunan değer 10 ile çarpılarak sonuç g/ml olarak hesaplanmıştır. Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10, %15 atık ilaveli çamurların yoğunluk ölçümü sonuçları Çizelge 10' da gösterilmiştir.

Çizelge 10. Hazırlanan çamurların yoğunluk ölçüm sonuçları.

Hazırlanan Çamurlar	Yoğunluk (kg/lt)
İşletme çamuru	1,710
%5'lik karışım	1,640
%10'luk karışım	1,640
%15'lik karışım	1,640

2.1.12. Akma zamanı ölçüm deneyi sonucu
Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10, %15 atık ilaveli çamurların akma zamanı ölçüm deneyleri, TSE tarafından kalibre edilmiş 4 mm. çaplı deliğe sahip vizkozite kabı (ford-cup) kullanılarak yapılmıştır. Deliği kapalı tutulan vizkozite kabı içerisine iyice karıştırılmış çamur doldurulmuştur. vizkozite kabının deliği açıldığı anda kronometre çalıştırılmıştır. Kap içerisindeki çamur tamamen boşalıp akış durduğu anda kronometre durdurulmuştur. Kronometrede okunan değer çamurun saniye cinsinden akma zamanını vermektedir. İkinci akma zamanı ölçümü aşağıda anlatıldığı gibi yapılmıştır:

Çamur iyice karıştırılarak vizkozite kabına doldurulmuş ve 10 dakika boyunca hiçbir şekilde karıştırmaya veya sarsıntıya maruz bırakılmadan beklenmiştir. Daha sonra vizkozite kabının deliği açılarak kronometre aynı anda başlatılmıştır. Kap içerisindeki çamur tamamen bitip akış durduğu anda kronometre durdurulmuş ve kronometrede okunan değer saniye cinsinden çamurun ikinci akma zamanını vermiştir. Hazırlanan çamurların akış zamanları Çizelge 11'de gösterilmiştir.

Çizelge 11. Akma zamanı değerleri.

Hazırlanan Çamurlar	Akma Zamanı (s)
İşletme çamuru	21
%5'lik karışım	20
%10'luk karışım	19
%15'lik karışım	20

2.1.13. Elek bakiyesi ölçüm deneyi sonucu

Elek bakiyesi ölçümü için hazırlanan çamurların su yüzdesi belirlenmiştir. Nem ölçüm cihazı ile hazırlanan çamurların nem yüzdesi belirlenmiş ve bu değer üzerinden 100 g çamur içerisindeki kuru madde miktarı Eş. 3.1 ve Eş. 3.2'de belirtildiği gibi hesaplanmıştır. 100 g çamur 63 µm'luk elek üzerinde dökülmüş, elek üzerindeki çamur su ile iyice yıkanmış, elek üzerinde kalan malzeme pipet yardımı ile alınıp etüvde kurutulmuştur. Kurutulan malzeme tartılarak Eş. 3.3'te yerine konularak elek bakiye değeri hesaplanmıştır. 38 µm Elek bakiyesi de aynı şekilde hesaplanmıştır.

Kuru madde Oranı = 100–Nem Yüzdesi (3.1)
Kuru Madde Miktarı = Kuru Madde Oranı x 100/100 (3.2)
% Elek Bakiye Değeri = (B/M) x 100 (3.3)

Hazırlanan çamurların 63 µm ve 38 µm elek bakiyeleri Çizelge 12'de gösterilmiştir.

Çizelge 12. Elek bakiyesi değerleri.

Hazırlanan Çamurlar	63 µm Elek Bakiyesi	38 µm Elek Bakiyesi
İşletme çamuru	%0,11	%1,74
%5'lik karışım	%0,15	%1,90
%10'luk karışım	%0,11	%1,99
%15'lik karışım	%0,17	%2,26

2.1.14. Kuru küçülme deneyi sonucu

Karışımları yapılmış çamurlardan döküm tekniğiyle dökümü yapılan 30x3,0x0,8 cm ebatındaki çubuklara kurumaya bırakılmadan önce ıslak uzunluğu ölçülmüştür. (l_0) 100 °C'de kuruyana kadar bekletilen çubuklar tekrar ölçülmüştür. (l_1) Kuru uzunluk ile ıslak uzunluk arasındaki fark kuru küçülmeyi vermiştir. Ölçülen değerler Eş. 3.4'te yerine koyulup ve kuru küçülme hesaplanmıştır.

Kuru Küçülme = (Islak uzunluk (l_0) – Kuru uzunluk (l_1))/Islak uzunluk (l_0) x 100 (3.4)

Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10 , %15 atık ilaveli çamurların kuru küçülmeleri Çizelge 13'de gösterilmiştir.

Çizelge 13. Kuru küçülme oranları.

Hazırlanan Çamurlar	Kuru Küçülme (%)
İşletme çamuru	%1,93
%5'lik karışım	%2,85
%10'luk karışım	%2,96
%15'lik karışım	%2,62

2.1.15. Toplam küçülme deneyi sonucu

Toplam küçülme testinde, ıslak ölçüleri (l_0) alınan çubuklar 100 °C de kurutulduktan sonra kuru ölçümü yapılmıştır. (l_1) Kuru ölçümü yapılan çubuklar pişirilip ve pişmiş uzunluğu (l_2) alınmıştır. Sonuçlar % toplam küçülme olarak Eş 3.5 kullanılarak hesaplanmıştır.

%Toplam Küçülme = Kuru Küçülme + Pişme Küçülmesi (3.5)

%Toplam Küçülme = $((l_0-l_1)/l_0) + ((l1-l2)/l1))$ x100

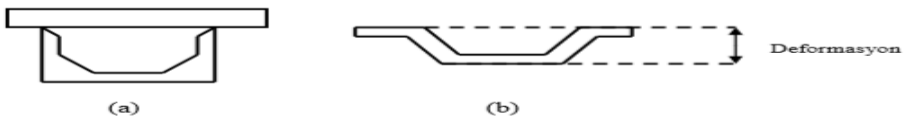
Toplam küçülmeleri hesaplanan karışımların verileri Çizelge 14'de gösterilmiştir.

Çizelge 14. Toplam küçülme oranları.

Hazırlanan Çamurlar	Bisküvi Küçülme (%)	Toplam Küçülme (%)
İşletme çamuru	%2,6	%11,07
%5'lik karışım	%3,6	%13,57
%10'luk karışım	%3,7	%13,51
%15'lik karışım	%3,1	%13,46

2.1.16. Deformasyon ölçüm deneyi sonucu

Özlü hammaddelerde deformasyon ölçümü için, hazırlanan döküm çamurlarından 3.5x20x1 cm boyutlarında çubuklar dökülmüştür ve kalıptan alınan çubuklar önce oda sıcaklığında 24 saat, sonra etüvde 200 -/+5 ºC 'de 2 saat boyunca kurumaya bırakılmıştır. Kurutma çıkışı çubuklar Şekil 1' de görüldüğü gibi deformasyon ayaklarına yerleştirilerek fırına verilmiştir. Pişirim sıcaklığı standart pişirim sıcaklığı olan 1200 °C'dir. Fırın çıkışı eğrilen çubuğun en alt noktası ile çubuğun başlangıç noktası arasındaki mesafe kumpas yardımı ile ölçülerek mm cinsinden deformasyon değeri bulunmuştur.



Şekil 1. Deformasyon ölçümü, (a) Deformasyon ölçüm ayağına yerleştirilmiş numune, (b) Deformasyon ölçümü

Deformasyonları ölçülen karışımların verileri Çizelge 15'de gösterilmiştir.

Çizelge 15. Deformasyon ölçüm sonuçları.

Hazırlanan Çamurlar	Deformasyon (mm)
İşletme çamuru	6.51
%5'lik karışım	5.29
%10'luk karışım	5.74
%15'lik karışım	6.47

2.1.17. Mukavemet ölçüm deneyi sonucu

Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10, %15 atık ilaveli çamurların, mukavemet ölçümleri üç nokta eğme yöntemi ile yapılmıştır. Deneyde 25x2x1 cm boyutlarında döküm yöntemi ile şekillendirilerek kurutulan parçalar kullanılmıştır. Şekillendirilen numuneler ölçümden önce 100 °C' de kurutulmuştur. Karışımların mukavemet değerleri Eş.3.6'da verilen formül kullanılarak hesaplanmıştır.

Kuru Mukavemet = (3xpxl) / (2xbxh2x9.81) (3.6)

p: Ortalama Kırma Kuvveti (N) (kgm/s^2) h: Çubuk Kalınlığı (cm) l: Destek Aralığı (cm) 9.81: Yer Çekimi İvmesi(3 nokta eğme testinde iki nokta sabit, bir nokta orta kısmından aşağıya çektiği için) (m/sn^2) b: Çubuk Genişliği (cm)

Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10, %15 atık ilaveli çamurların mukavemet ölçümleri Çizelge 16'da gösterilmiştir.

Çizelge 16. Mukavemet ölçüm sonuçları.

Hazırlanan Çamurlar	Mukavemet (kg/cm^2)
İşletme çamuru	19,86
%5'lik karışım	21,40
%10'luk karışım	22,06
%15'lik karışım	22,68

2.1.18. Tane boyutu ve dağılım ölçüm deneyi sonucu

Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10, %15 atık ilaveli çamurların, tane boyutu ve dağılımlarının doğru şekilde ölçülebilmesi için alınacak numunelerin iyice karışması ve homojen hale gelmesi sağlanmıştır. Spatülle bir miktar numune alınarak cihaza verilmiştir. Cihazda okunan değer tane boyu ve dağılım sonucunu vermiştir. Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10, %15 atık ilaveli çamurların tane boyutu ve dağılımları Çizelge 17'de gösterilmiştir.

Çizelge 17. Tane boyutu ve dağılımları.

TANE DAĞILIMLARI	ISL CMR	% 5 ATIKLI CMR	% 10 ATIKLI CMR	% 15 ATIKLI CMR
1 µm	% 8,30	% 8,17	% 8,45	% 9,03
10 µm	% 60,80	% 59,21	% 59,47	% 62,60
63 µm	% 99,97	% 99,95	% 99,94	% 100,00
d(0.5)	6,309 µm	6,686 µm	6,640 µm	5,788 µm
d(0.97)	39,89 µm	40,67 µm	41,12 µm	41,64 µm
Mukavemet(kg/cm^2)	19,86	21,40	22,06	22,68

2.1.19. Kimyasal analiz deneyi sonucu

Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10, %15 atık ilaveli çamurların, kimyasal analizleri eritiş yöntemiyle yapılmıştır. Eritiş yönteminde, alınan numuneler yaklaşık 0,92-0,93 g aralığında tartılmış ve üzerine yaklaşık 7,20-7,25 g aralığında ergitici malzeme (Lityumtetraborat) platin krozeye alınarak eritiş cihazına verilmiştir. Eritiş cihazında cam tablet haline getirilen numuneler XRF cihazında analiz edilmiştir. Analizi yapılan %5, %10, %15 atık ilaveli ve yumuşak porselen işletme çamurunun kimyasal analiz sonuçları Çizelge 18'de gösterilmiştir.

Çizelge 18. Kimyasal analiz sonuçları.

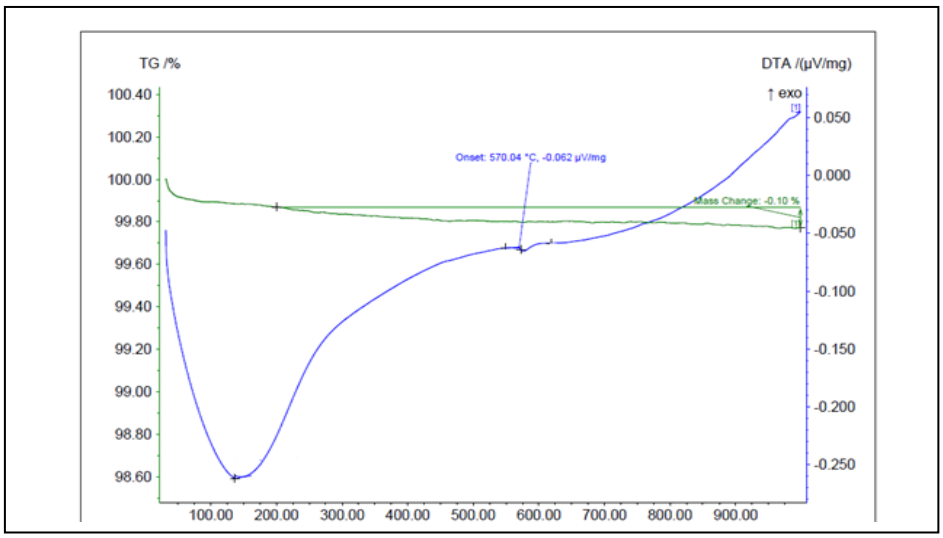
ELEMENTLER	ISL CMR	% 5 ATIKLI CMR	% 10 ATIKLI CMR	% 15 ATIKLI CMR
Na_2O(%)	4,01	3,92	3,96	3,98
MgO(%)	0,437	0,414	0,425	0,423
Al_2O_3(%)	21,71	22,10	22,10	20,98
SiO_2(%)	66,06	65,69	64,30	66,61
K_2O(%)	0,6530	0,6070	0,6140	0,5960
CaO(%)	0,3906	0,4136	0,4038	0,4922
TiO_2(%)	0,0394	0,0417	0,0467	0,0402
MnO(%)	0,00066	0,00056	0,00065	0,00063
Fe_2O_3(%)	0,3288	0,3137	0,3675	0,3556
Mukavemet(kg/cm^2)	19,86	21,40	22,06	22,68

Yumuşak porselen işletme çamuru ve atık ilaveli çamurlardan alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçları işletme şartları açısından değerlendirildiğinde farkın minimal düzeyde olduğu gözlenmiştir. Bu fark işletme kriterleri dahilindedir. %15 Atık ilaveli çamur seçimi maksimum düzeyde en uygun şartları sağlamaktadır.

2.1.20. Isıl davranış analizleri deneyi sonucu

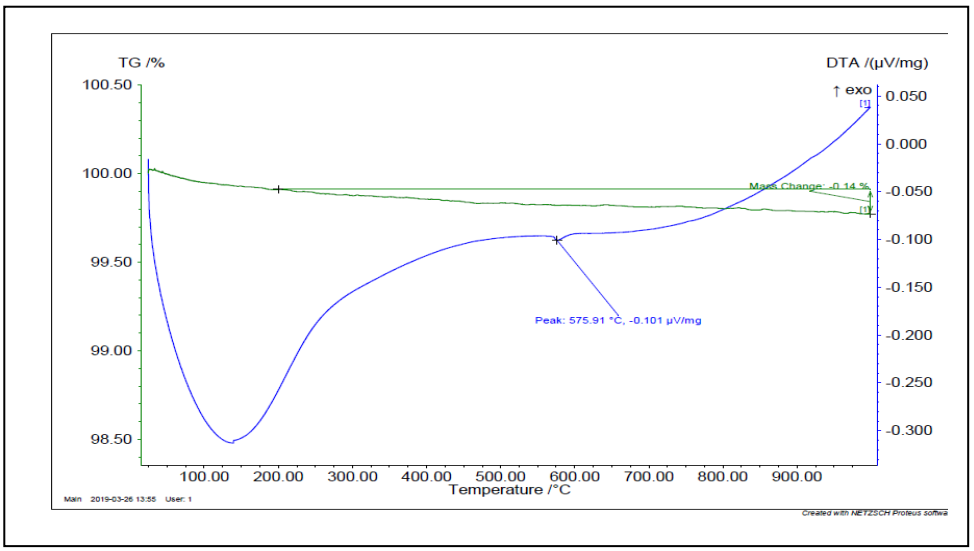
Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10, %15 atık ilaveli çamurların, ısıl davranış analizleri için alınan numuneler etüvde kurutulmuş ve 0,1 g tartılarak DTA-TG cihazına verilmiştir. Analiz 1000 ºC'de gerçekleştirilmiş ve ısının numuneye etkisi görülmüştür.

Analizi yapılan %5, %10, %15 atık ilaveli ve yumuşak porselen işletme çamurunun ısıl davranış analiz sonuçları Şekil 2, 3, 4, 5 ve Çizelge 19'da gösterilmiştir.



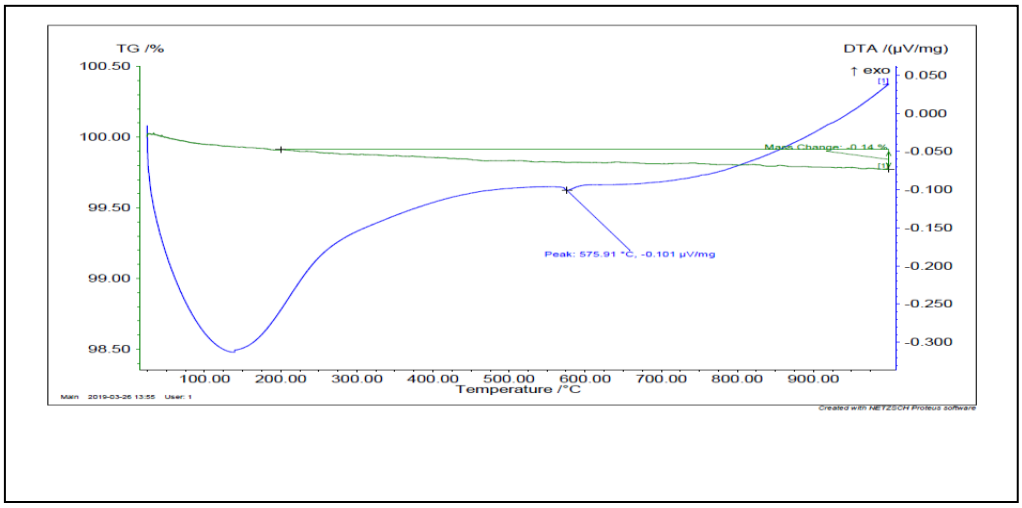
Şekil 2. Yumuşak porselen işletme çamuru DTA-TG analizi.

Yumuşak porselen işletme çamuruna yapılan bu analizde alınan numune, analiz sonunda %0,1 kütle kaybına uğramıştır. Kuvarstaki dönüşüm 570 ºC'de gerçekleşmiştir.



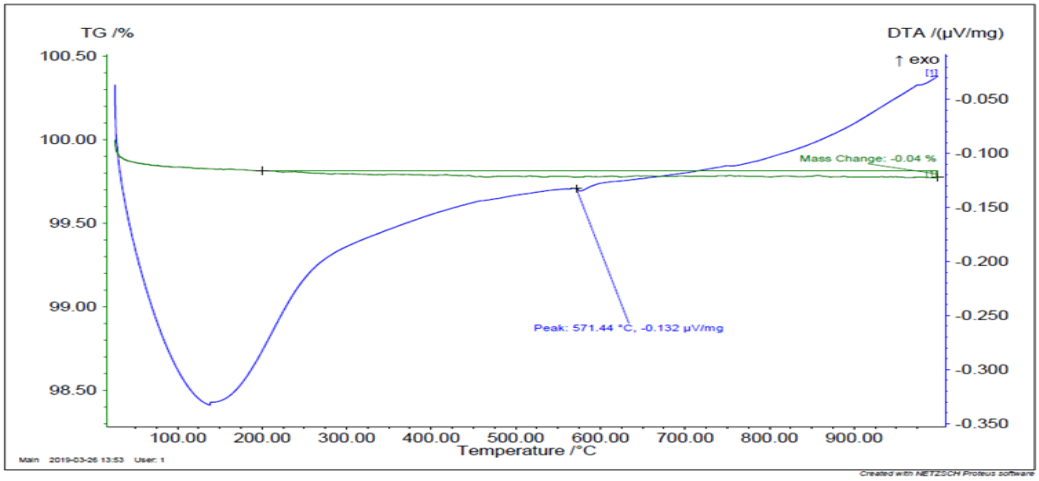
Şekil 3. %5 Atık ilaveli çamur DTA-TG analizi.

%5 Atık ilaveli çamura yapılan bu analizde alınan numune, analiz sonunda %0,14 kütle kaybına uğramıştır. Kuvarstaki dönüşüm 575 ºC'de gerçekleşmiştir.



Şekil 4. %10 Atık ilaveli çamur DTA-TG analizi.

%10 Atık ilaveli çamura yapılan bu analizde alınan numune, analiz sonunda %0,14 kütle kaybına uğramıştır. Kuvarstaki dönüşüm 575 ºC'de gerçekleşmiştir.



Şekil 5. %15 Atık ilaveli çamur DTA-TG analizi.

%15 Atık ilaveli çamura yapılan bu analizde alınan numune, analiz sonunda %0,04 kütle kaybına uğramıştır. Kuvarstaki dönüşüm 571 ºC'de gerçekleşmiştir.

Çizelge 19. Isıl davranış analiz sonuçları.

	ISL CMR	% 5 ATIKLI CMR	% 10 ATIKLI CMR	% 15 ATIKLI CMR
KÜTLE KAYBI(%)	% 0,1	% 0,14	% 0,14	% 0,04
KUVARS DÖNÜŞÜM SICAKLIĞI	570° C	575° C	575° C	571° C

Bu sonuçlara göre farklı reçete çalışmalarındaki ısıl davranışlarda, bünyeyi olumsuz etkileyecek(kütle kaybına bağlı küçülme vb.) herhangi farklı bir sonuca rastlanmamıştır.

2.1.21. Renk ölçüm deneyi sonucu

Renk ölçüm deneyi pişirim sonrası final ürünlerine uygulanmıştır. Karışımları oluşturulan çamurlardan pişirim sonrası alınan mamüllerin renk ölçüm deneyi sonuçları Çizelge 20'de gösterilmiştir.

Çizelge 20. Renk ölçüm deneyi sonuçları (L: Beyazlık +a: Kırmızı –a: Yeşil+b: Sarı -b: Mavi).

Numune adı	L	a	b
YP ISL	89,52	-1,23	4,56
%5	89,47	-1,25	4,58
%10	89,62	-1,20	4,52
%15	89,55	-1,21	4,53

2.1.22. Çarpma ve parçacık kopma dayanıklılığı deneyi sonucu

Kütlece karışımları hazırlanan %5, %10, %15 atık ilaveli ve yumuşak porselen işletme çamurlarından elde edilen nihai ürünlere uygulanan çarpma ve parçacık kopma dayanıklılığı deneyi sonucu Çizelge 21 ve 22'de gösterilmiştir.

Çizelge 21. Çarpma dayanımı testi (N.m).

Numune	İlk Kırılma (N.m)	Parçalanma (N.m)
YP ISL	0,25	0,27
%5 atık ilaveli	0,24	0,27
%10 atık ilaveli	0,25	0,26
%15 atık ilaveli	0,25	0,27

Çizelge 22. Parçacık kopma testi (N.m).

Numune	İlk Kırılma (N.m)	Parçalanma (N.m)
YP ISL	0,23	0,24
%5 atık ilaveli	0,20	0,22
%10 atık ilaveli	0,21	0,22
%15 atık ilaveli	0,22	0,23

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada atık numunenin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin yumuşak porselene benzerliklerinden dolayı atıkların geri kazanımı sağlanarak işletmeye alınmasında herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır. Yapılan karışımların(%5,%10,%15 atık ilaveli çamur) elde edilen deney sonuçlarına bakılarak, atıksız işletme çamuruna göre bünyede olumsuz etki yaratacak herhangi bir değişkenlik görülmemiş olup,en çok atığı kullanmak adına %15 atık ilaveli karışım seçilmiş ve işletmeye alınmıştır. Eş eksenli preslerle yaklaşık %80 oranında üretim yapan bir seramik fabrikasında aylık ortalama 700 ton yumuşak porselen granülü kullanılmaktadır. Eş eksenli presle üretimden kaynaklanan %20'lik zayiatın geri kazanımı düşünülürse aylık 140 ton atığın tekrar üretime alınması söz konusu olacaktır. Yapılan deneyler sonunda elde edilen verilerle yapılan bu geri kazanım sayesinde, ortalama ton başına granül maliyetinin 150 euro olduğunda elde edilecek ekonomik kazanım aylık 20000 euronun üzerinde olacaktır. Doğal olarak bu miktar firma için ekonomik getirisinin yanı sıra, bu dövizin yurtdışından hammadde alımında kullanılmayacağı için ulusal bir kazanım olarak geri dönecektir ve döviz çıkışını azaltacaktır. Azalan döviz çıktısıyla ülke ekonomisine büyük katkı sağlanacaktır. Çevreyi kirletecek bu atıkların geri kazanımı sayesinde atıkların depolanması taşınması ve bertaraf edilmesi gibi, işlemlere gerek kalmayacaktır. Bu şekilde çevre korunacak ve enerji giderleri azalmış olacaktır.

4. TARTIŞMA

Porselen üretiminde farklı şekillendirme teknikleri kullanılmaktadır. Bu şekillendirme tekniklerinden en yoğun kullanılanı ise eş eksenli preslerle yapılan şekillendirmedir. Üretimin yaklaşık %80' i eşeksenli preslerle yapılmaktadır. Bu preslerde %20 civarında kayıplar meydana gelebilmektedir. Bunlar genelde pres sonrası ortaya çıkan talaşlar ve rötuş kayıplarıdır. Bunun yanı sıra fırınlama sonrasında ortaya çıkan %5 civarında bisküvi kayıpları da mevcuttur. Bu kayıpların geri kazanımının maksimum düzeyde olması ve bu kazanımı sağlarken minimum maliyetle yapılması için öğütme parametrelerinden aşamalı öğütme seçilmiştir. Aşamalı öğütme parametresinde yüksek oranda katı en kısa sürede öğütülmüştür. Karışım oranı olarak maksimum karışım olan %15 atık ilaveli karışım seçilmiştir. Yapılan fiziksel ve kimyasal testler neticesinde, %5, %10, %15 atık ilaveli karışım ve yumuşak porselen işletme çamurları arasında yüksek oranda benzerlikler mevcuttur.

KAYNAKÇA

[1] Yanga, Y., Fenga, M., Lingb, X., Maoa, Z., Wanga, C., Sunc, X. ve Guo, M. (2005), Microstructural analysis of the color-generating mechanism in Ru Ware, Modern Copies and its Differentiation with Jun Ware, J. of Arc.Sci., **32**,301 310.

[2] Cooper, J.J. (1995), Bone for Bone China ,Br. Ceram. Trans., **94** (4), 165-168.

[3] Uda, M., Kanno, H. ve Mukoyama, T. (1999) , Preliminary report on porcelain in Meissen (Germany) and Arita (Japon), Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, **150**, 597-600.

[4] Iqbal, Y. ve Lee E. W. (2000), Microstructural Evolution in Triaxial Porcelain, Jour. Am. Ceram. Soc., 83, 3121– 3127.

[5] Arcasoy, A., (1995), Seramik Teknolojisi, Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Ana Sanat Dalı Yayınları, İstanbul.

[6] Ryan, W. ve Redford C. (1997), Whitewares: production, testing and quality control, Institute of Ceramics, Pergamon Press, Oxford.

[7] Güngör, F., (2012), Daha az enerji ile yumuşak porselen üretiminin incelenmesi, Doktora Tezi, Anadolu Üniveritesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Sayı 1, Haziran 2020

Journal of Scientific
Reports-C
Number 1, June 2020

ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)

KÜTAHYA İLİ GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI VE ÖRNEK BİR GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Zeynep ATALAY AYRAN[1], Yılmaz ASLAN[2]

[1] Kütahya Belediyesi, Elektrik-Elektronik Mühendisi, Kütahya, zeynep.atalayayran@kutahya.bel.tr,
ORCID: 0000-0002-8488-4178
[2] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kütahya,
yilmaz.aslan@dpu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8488-4178

Geliş Tarihi:02.12.2019 *Kabul Tarihi:10.06.2020*

ÖZ

Dünya'da artan nüfusla beraber enerji ihtiyacı da artmaktadır ve tükenebilir kaynaklara alternatif yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmaktadır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji için büyük öneme sahip fotovoltaik yapılarla bölgesel olarak çalışılmıştır. Kütahya Belediyesi tarafından, İnköy mahallesi, Suluöz mevkiinde, Şehzade Park içerisinde yer alan lisanssız 336 kWh güce sahip Güneş Enerji Santrali (GES) için farklı tipte fotovoltaik (FV) paneller kullanılarak, elektrik üretiminin sağlanacağı bir sistem tasarımı ve bu sistemin ekonomik analizi yapılmıştır. Şehzade Park GES'in farklı tipte FV panel tipleri kullanılarak benzetim çalışması, PVsyst; "Photovoltaic Sytems Software (FV Sistem Yazılımı)" programında yapılmıştır. Kullanılan programda elde edilen sonuçlar ile bir yıllık enerji üretiminden elde edilen gerçek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak benzetim programından elde edilen veriler ile gerçek veriler arasında sadece %16'lık bir fark olduğu görülmüş, bu farkın da santralin kurulumunun ilk yılı olması nedeniyle meydana gelen arızalara geç müdahale edilmesi ve üretimin belli zaman aralıklarında durmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Elde edilen veriler göz önüne alındığında Kütahya ili gibi karasal iklim özelliklerine sahip illerde kurulacak yeni GES'ler için ince film CdTe yapıda FV panellerin kullanılmasının uygun olabileceği ve 25 $^{\circ}$ panel eğim açısının Kütahya İlinde GES' in kurulduğu saha için en yüksek enerji üretiminin sağlandığı eğim açısı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *FV Paneller, FV Sistem Benzetimi, Güneş Enerjisi, Güneş Enerji Santrali (GES).*

INVESTIGATION OF SOLAR ENERGY POTENTIAL IN KÜTAHYA AND ECONOMIC ANALYSIS OF A SAMPLE SOLAR POWER PLANT

ABSTRACT

With the growing population in the world, energy requirement and the importance of the renewable energy resources which are the alternatives of the exhaustible resources is increasing day by day. In this study photovoltaic structures which have great importance for renewable resources have regionally worked on. Besides, a system design for the unlicensed 336 kWh Solar Power Station (SPS) at Şehzade Park of İnköy neighborhood was carried out by Kütahya Municipality to generate

JSR C
Journal of Scientific Reports

electricity by using different types photovoltaic (PV) panels and then the economic analysis of this system was conducted. The simulation study of Sehzade Park SPS with different PV panel types was done with PVsyst; "Photovoltaic Sytems Software. The data obtained from current program have been compared with the actual results obtained from one-year energy production. Consequently, there is only a 16% difference between the data obtained from the simulation program and the actual data and this gap may be stem from the breakdown of the station as a result of delayed responses to the failures in the very first year of the station. When we consider the obtained data it is obvious that it may be suitable to use PV panels with thin film CdTe types for the new SPSs which are going to be constructed in continental climate provinces such as Kutahya and it is realized that 25 ° panel slope angle is the highest energy product slope angle for the field in Kutahya where GPS was constructed.

Keywords: *PV Panels, PV System Simulation, Solar Energy, Solar Power Plant (SPP).*

1. GİRİŞ

2019 verilerine göre 7,8 milyarı bulan ve her geçen gün artan Dünya nüfusu beraberinde enerji ihtiyacının da artmasına neden olmaktadır [1]. Enerji İşleri Genel Müdürlüğünün 2019 yılı Ağustos ayın da yayınlamış olduğu Aylık Enerji İstatistikleri Raporunda bahsedildiği üzere Türkiye çapında 2019 yılı elektrik enerjisi tüketim miktarı 24.404.251 MWh olarak olarak tespit edilmiştir. Elektrik enerjisi tüketiminin 2023'te 385 TWh'lara ulaşması öngörülmüştür [2]. Türkiye'nin Kurulu gücüne bağlı enerji kaynakları ise Şekil 1.'de verilmiştir.

Türkiye'nin Kurulu gücüne bağlı enerji kaynakları ise Şekil 1.'de verilmiştir.

Şekil 1. Türkiye'de Kurulu güce göre enerji kaynakları dağılımı [3].

Bu tüketim miktarları göz önüne alındığında önümüzdeki yıllarda elektrik üretim kaynaklarının artan Dünya ihtiyacını karşılamada yetersiz kalacağı öngörülmekte ve bu amaçla sonsuz enerji kaynağı olarak atfedilen güneşten yararlanmak üzere bilim insanları tarafından pek çok araştırma yapılmış ve yapılmaya da devam edilmektedir. Güneş enerjisinden FV (fotovoltaik) panellerle enerji elde edilmesi mümkün olmakta ve bu alanda pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu alanda özellikle FV sisteminin saha yerleşimi, iklim ve kurulum yerinin maliyet ve verim üzerine etkileri Beyoğlu tarafından araştırılmıştır [4]. Bunun yanı sıra farklı FV sistemleri ve farklı malzeme türleri kullanılarak bu malzemelerin üretimleri kıyaslaması yapılmak suretiyle enerji üretimi verilerini incelemek için PVsyst, MATLAB vb. programlar kullanılarak farklı senaryolar için ekonomik analizler çalışılmıştır [5-6].

Türkiye'de belirli bölgelerde ve yerleşimlerde yapılan çalışmaların benzerlerine yurtdışında da rastlanmaktadır. Sharma ve Chandel Hindistan'da kurulu bulunan şebekeye bağlı 190 kWp'lik Güneş Enerji Santralinin performans analizini PVsyst benzetim programıyla gerçekleştirmişlerdir. Benzetim programıyla elde ettikleri sonuçları gerçek veriler ile karşılaştırmışlardır. Güneş radyasyonun fazla olduğu aylarda enerji üretiminin daha fazla güneş radyasyonun az olduğu aylarda ise daha az olduğunu gözlemlemişlerdir. Yaptıkları çalışma neticesinde de Kurulu Santralin performans değerinin yıllık olarak %55 ile %83 değerleri arasında değiştiğini, ortalama performansının %74'lük bir değere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarında GES'inde FV Panellerin eğim açısını takip eden bir sistem ile montajı yapılırsa santrale ekonomik olarak fayda sağlayacağının kanısına varmışlardır [7].

Güneş pilleri yarı iletken maddelerden meydana gelmekte ve güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürmektedir. Ancak bu sistemlerin en az %10 verimle çalışması gerekmektedir Ayrıca birbirine seri veya paralel bağlanan pek çok güneş pilinin megavat seviyelerine kadar güçlerini arttıracak tasarımlar yapılabilmektedir [8]. Güneş pillerinde kullanılan farklı üretim teknikleri büyük öneme sahiptir. Bu anlamda kullanılan tek kristalli, çok kristalli, ince film ve nano teknoji olmak üzere dört ana kategoride FV panel kullanılmaktadır. Farklı yapıdaki FV panellerin hepsinin farklı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır [9-10-6].

Güneş Enerji Santrallerinin kurulum aşamasından önce benzetim programları ile güneş santrali kurulacak yer, FV panellerin yerleşimi ve kurulacak santralin ekonomikliği belirlenebilmektedir. Benzetim programları ile ilgili yapılan çalışmalar incelenecek olursa;

Haydaroğlu ve Gümüş çalışmalarında, 250 kWp'lik şebeke bağlantılı Güneş Enerji Santrali için, PVsyst V6.39 benzetim programında; 250 Wp gücünde 1000 adet FV modülü 30^0 eğim açısı ve 0^0 derece azimuth açısı ile güneş panellerini konumlandırdıklarını düşünerek bu sistemde 1 adet 10 kW, 8 adet 30 kW gücünde inverter kullanıldığını varsayıp benzetimini gerçekleştirmişlerdir. Tüm çalışmalarının sonucu olarak santralin kurulduğu alanda yatay düzleme gelen küresel ışınım miktarını1668 kWh/m2 olarak hesaplamışlardır. FV Panellere sabit eğim açısını 30 derece aldıklarında yüzeye gelen ışınımını %11,7 arttığını ispatlamışlardır. Dize kayıplarını %14,9, inverter kayıplarını ise %1,8 olarak hesaplamışlardır. Santrallerinin ise yılda yaklaşık 380,6 MWh üretebileceğini tespit etmişlerdir [11].

Kumar ve arkadaşları çalışmalarında, 323 adet 310 Wp güce sahip Polikristal FV modül ve her biri 20 kW güce sahip 5 adet inverter kullanarak 100 kWp kurulu güçteki şebekeye bağlı güneş enerji santralini tasarlayıp, PVsyst V6.78 programında benzetimini gerçekleştirmişlerdir. Benzetimini gerçekleştirdikleri santral yıllık 165,38 MWh ürettiğini 161,6 MWh kadarının da şebekeye

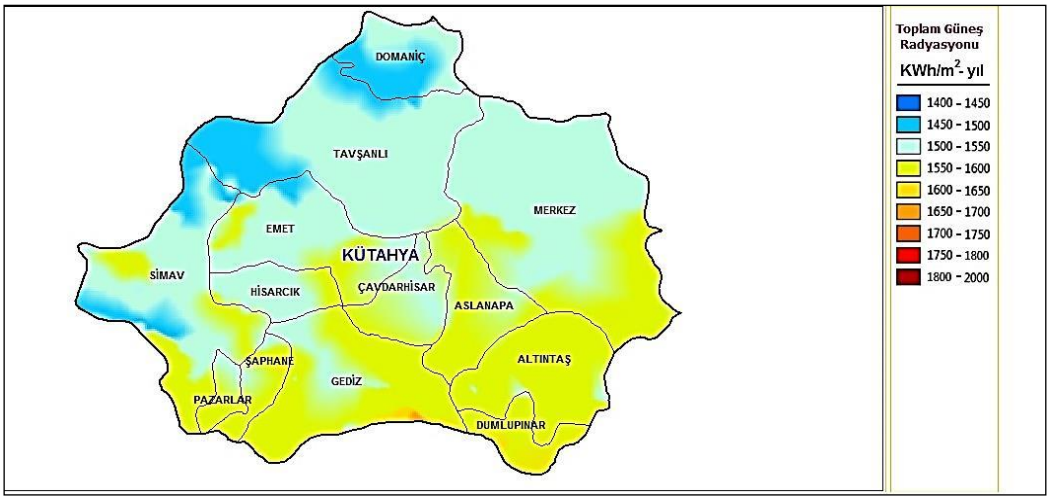
aktarılabileceğini hesaplamışlardır ve GES'nin yıllık performansının %80 oranında olduğunu tespit etmişlerdir [12].

Sağlam çalışmasında, Ülkemizin altı farklı şehrinde yer alan (Adana, Osmaniye, Niğde, Mersin, Karaman, Konya) Güneş Enerji Santralleri için PVsyst programında benzetim çalışmalarını yapıp bir yıllık üretim verileri ile benzetim programından elde edilen enerji üretim verilerini karşılaştırmıştır. Yaptığı çalışma neticesinde üç şehirde bulunan GES'nin benzetim sonuçlarının, gerçek sonuçlara yakın olduğunu tespit etmiş ve diğer üç şehirde bulanan GES'nin enerji üretim verileri benzetim programından elde edilen enerji üretim verileri arasındaki farkın %6 ile %12 arasında olduğunu tespit etmiştir [13].

Bu çalışmada CdTe ince film yapıda FV paneller tercih edilmiş ve farklı tasarımlara göre yerleştirilen sistemin analizleri literatürde yapılan çalışmalar göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir

2.DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmanın ilk aşamasında Türkiye ve Kütahya ili güneş enerji potansiyelleri tespit edilmiştir. Kütahya ili güneş enerji potansiyeli Meteoroloji Genel Müdürlüğü bilgileri doğrultusunda 2004-2018 yılları arası ortalama güneş radyasyonu değeri 4,245 kWh/m²-yıl olmakla birlikte en yüksek güneş radyasyonuna sahip olduğu ay 6,917 kWh/m2-ay değeriyle Temmuz ayı olarak tespit edilmiştir [14]. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler kullanılarak Şekil 2'de Kütahya ilinin güneş enerjisi potansiyeli haritası verilmiştir [15].



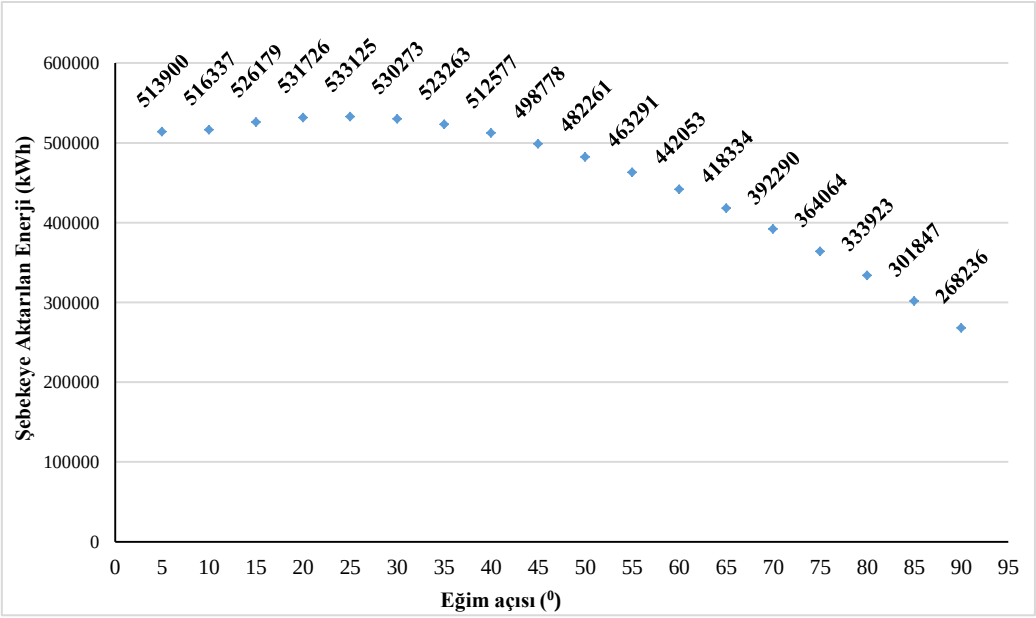
Şekil 2. Kütahya ili güneş enerjisi potansiyeli haritası

2016 yılında OEDAŞ, TEDAŞ ve Zafer Kalkınma Ajansı'na yapılan proje onayı hibe başvurularından alınan olumlu sonuçlar neticesinde Kasım ayında santral kurulumuna başlanmıştır. Öncelikle FV panellerinin montajının yapılacağı çelik konstrüksiyonlar yapılmıştır. 2017 Ekim ayında ihalesi sonuçlanan Şehzade Park GES 120 gün içerisinde tamamlanmış, 2018 Şubat ayında devreye alınmış ve halen de üretime devam etmektedir.

2.1. PVsyst V6.78 Benzetim Programı

PVsyst benzetim programı şebekeye bağlı, şebekeden bağımsız FV sistemleri, FV sulama ve DA şebekelerinin kurulumunun yapılmadan önce tasarımlarının yapılmasını sağlayan bir yazılım programıdır. PVsyst benzetim programında veritabanında bulunan sentetik meteorolojik verilerin kullanılabileceği gibi gerçek verilerin benzetim programında kaydedilip kullanılması da mümkündür. FV sistemlerinin tasarımının yapılmasında PVsyst programı büyük avantaj sağlamaktadır [16].

Program kurulacak GES santralleri için panel ve inverter değerlerini üretici ve nominal güç değerlerine göre seçim imkânı sağlamaktadır [17]. Benzetim programından elde edilen verilerden çıkan sonuçlara göre şebekeye aktarılan enerji 25º eğim açısı ile maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Bu sebeple Güneş Enerjisi santralinin kurulduğu sahada FV paneller 25 ^{0} eğim açısıyla montaj edilmiştir. Şekil 3'te santralde FV panellerin farklı eğim açısı ile kurulumu için şebekeye aktarılacak enerji miktarları (kWh) gösterilmiştir.



Şekil 3. Farklı eğim açıları kullanılarak yıllık olarak şebekeye aktarılan enerji miktarı.

Uluslararası IEC 61724 standardı güneş enerji santrallerinin performansını incelemek için kullanılır. Çalışmada, Şehzade Park GES'nin performans parametreleri de IEC 61724 standardına göre değerlendirilmiştir.

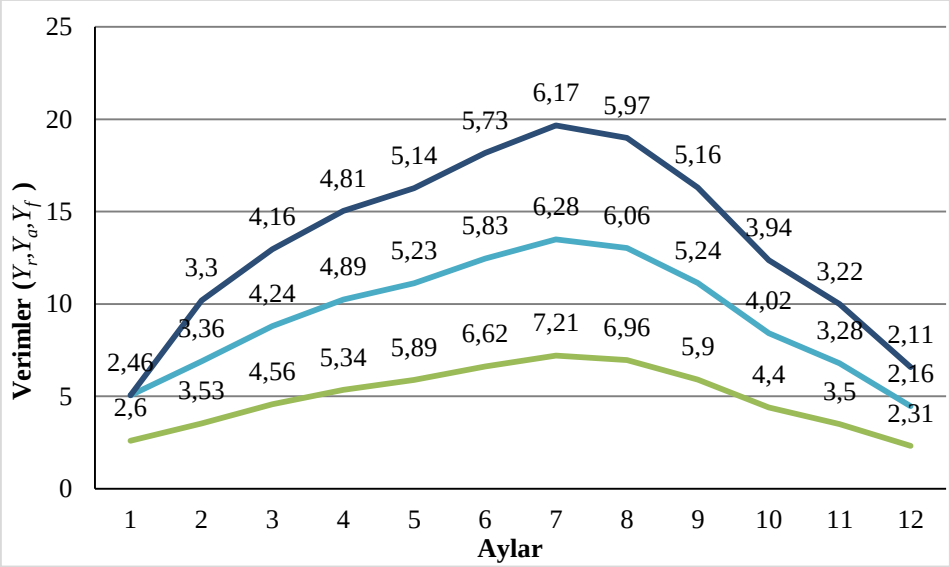
2.2. Şehzade Park Güneş Enerji Santralinin PVsyst Benzetim Programı ile Enerji Üretiminin Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmada, 336 kWp (280 kWe) kurulu güçteki, Şehzade Parkı Güneş Enerji Santralinin PVsyst V6.78 programı üzerinden farklı firmalara ait farklı yapıda (CdTe yapıda ince film, Monokristal ve Polikristal) panel ve inverter tipleri ile benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

JSR C
Journal of Scientific Reports

PVsyst V6.78 benzetim programında, A firmasına ait İnce film (CdTe) yapıda 120 Wp gücünde FV panel ile D firmasına ait 409 kW gücündeki merkez inverter kullanılarak benzetim yapılmış, aylara göre ışıma, enerji ve sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Güneş enerji santrallerinde performans kriterlerinden olan Performans oranı (PO) Nihai verimin (Y_f) ,Referans verime (Y_r) oranı olarak hesaplanmaktadır [18].

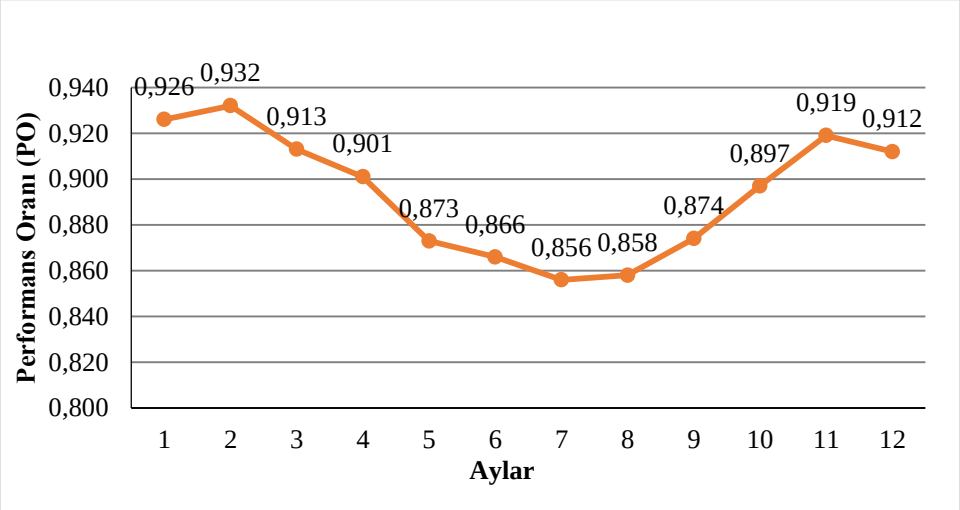
Benzetim Programında elde edilen günlük referans (Y_r), dize (Y_a) ve Nihai (Y_f) verimlerinin aylık ortalama değerleri Şekil 6'da verilmektedir. İnce film FV kullanılmış santralde en düşük referans (Y_r), dize (Y_a) ve Nihai (Y_f) verim değeri ise Aralık ayında olmakla birlikte en yüksek referans (Y_r), dize (Y_a) ve Nihai (Y_f) verim Temmuz ayındadır.



Şekil 4. Referans (Y_r), dize (Y_a) ve nihai (Y_f) verim.

Şekil 6' da referans verimin (Y_r) en yüksek temmuz ayında 7,21 olarak almaktadır. Nihai verimde Nihai (Y_f) en yüksek temmuz ayında 6,17 değerini almaktadır. Bu sebeple Performans Oranı nihai verimin (Y_f), referans verime (Y_r) oranı ile hesaplandığı için temmuz ayında 0,856 değeriyle en düşük şubat ayında ise 0,935 en yüksek değerini almıştır.

Benzetim programında elde edilen performans oranları Şekil 5.'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Aylara göre performans oranı (*PO*) değişimi.

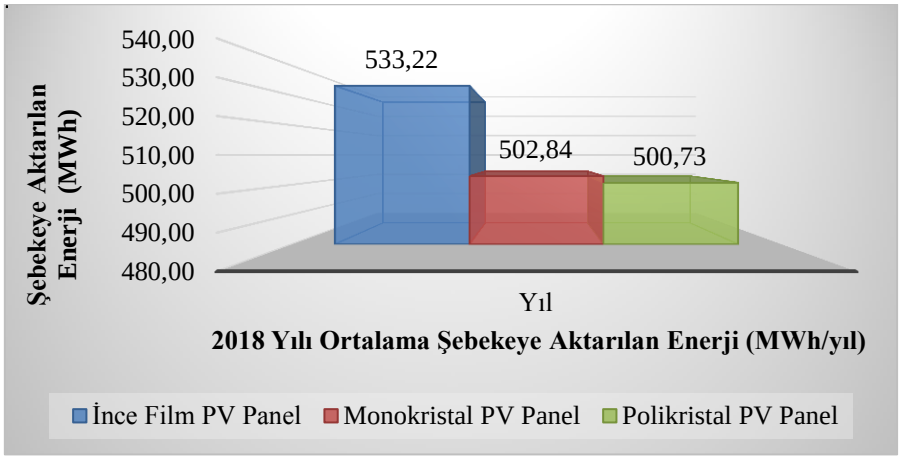
Benzetim programında elde edilen performans oranları değerlendirildiğinde santral en büyük performans oranına 0,935 değeri ile Şubat ayında ulaşmıştır. En alçak değerine de 0,856 değeri ile Temmuz ayında ulaştığı görülmektedir. Benzetim programında yapılan çalışma sonucu elde edilen sistem kayıp diyagramında santralin kurulduğu alanda yatay küresel ışınlanma 1594 kWh/m2 olarak hesap edilmiştir. FV Paneller $25.^0$ eğim açısı ile yerleştirildiği zaman yatay küresel ışınlama değerine göre FV Panel yüzeyine gelen ışıma miktarı % 12,3 olarak artmaktadır. Dize kayıpları toplamda %4,4 ve inverter kayıpları ise %1,8 olarak hesap edilmiştir. Santralde dize (L_c) ve Sistem (L_s) kayıplarının en yüksek Temmuz ayında en az ise Aralık ayında meydana gelmektedir.

PVsyst V6.78 programında B firmasına ait, monokristal yapıda, 120 Wp gücünde FV Panel ile D firmasına ait 409 kW gücündeki merkez inverter kullanılarak benzetim yapılmıştır. Benzetim programında Monokristal FV panel kullanıldığında en düşük referans (Y_r) ,dize (Y_a) ve Nihai (Y_f) verim değerlerine Aralık ayında ulaşılmış ve en yüksek referans (Y_r), dize (Y_a) ve Nihai (Y_f) verim değerine ise Temmuz ayında ulaşılmıştır. Benzetim programında elde edilen performans oranları değerlendirildiğinde santralin en büyük performans oranına 0,89 değeri ile Şubat ayında ulaşmış, en alçak değerine ise 0,80 değeri ile Temmuz ayında ulaşmıştır. Benzetim programında yapılan çalışma sonucu dize kayıpları toplamda % 9,8 ve inverter kayıpları ise %1,8 olarak hesap edilmiştir. Monokristal FV Panel ile yapılan benzetimde; Dize (L_c) ve sistem (L_s) kayıpları değerlendirildiğinde; Santralde dize (L_c) ve Sistem (L_s) kayıplarının en yüksek Temmuz ayında en az ise Aralık ayında meydana geldiği görülmüştür.

PVsyst V6.78 Programında C firmasına ait polikristal yapıda, 120 Wp gücünde FV Panel ile D firmasına ait 409 kW gücündeki merkez inverter kullanılarak benzetim yapılmıştır. Benzetim programında elde edilen günlük referans (Y_r), dize (Y_a) ve Nihai (Y_f) verimlerinin aylık ortalama değerleri incelendiğinde; Monokristal FV kullanılmış bir santralde en yüksek referans (Y_r), dize (Y_a) ve Nihai (Y_f) verime Temmuz ayında ulaşılmıştır. En düşük referans (Y_r), dize (Y_a) ve Nihai (Y_f) verim değeri ise Aralık ayındadır. Santral en büyük performans oranına 0,92 değeri ile Şubat ayında ulaşmış olup en alçak değerine de 0,77 değeri ile Temmuz ayında ulaşmıştır. Benzetim Programında yapılan

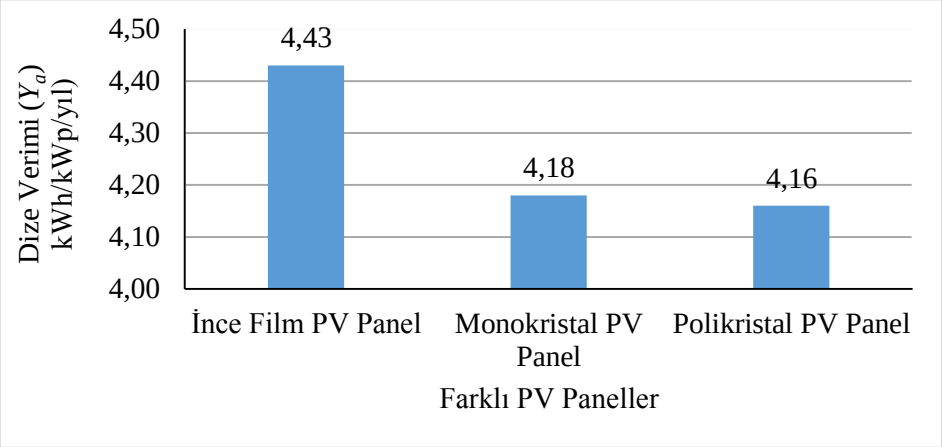
çalışma sonucu dize kayıpları toplamda % 9,1 ve inverter kayıpları ise %1,8 olarak hesap edilmiştir. Santralde dize (L_c) ve Sistem (L_s) kayıp oranlarının en yüksek Temmuz ayında, en az ise Aralık ayında meydana gelmektedir. Temmuz ayında kayıplarının en fazla olmasının sebebi santralin maksimum üretim seviyesine ulaşmış olmasıdır [18].

Şehzade Park GES için farklı panel tiplerinin enerji üretimleri, dize verimleri ve sistem kayıpları karşılaştırıldığında üç farklı panel tipinde şebekeye aktardığı enerji farklılık gösterdiği görülmektedir. Şekil 6'da üç farklı FV Panel tipinin 2018 yılı için ortalama şebekeye aktardıkları enerji gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi en fazla şebekeye aktarılan enerji ince film FV'de sağlanmaktadır.



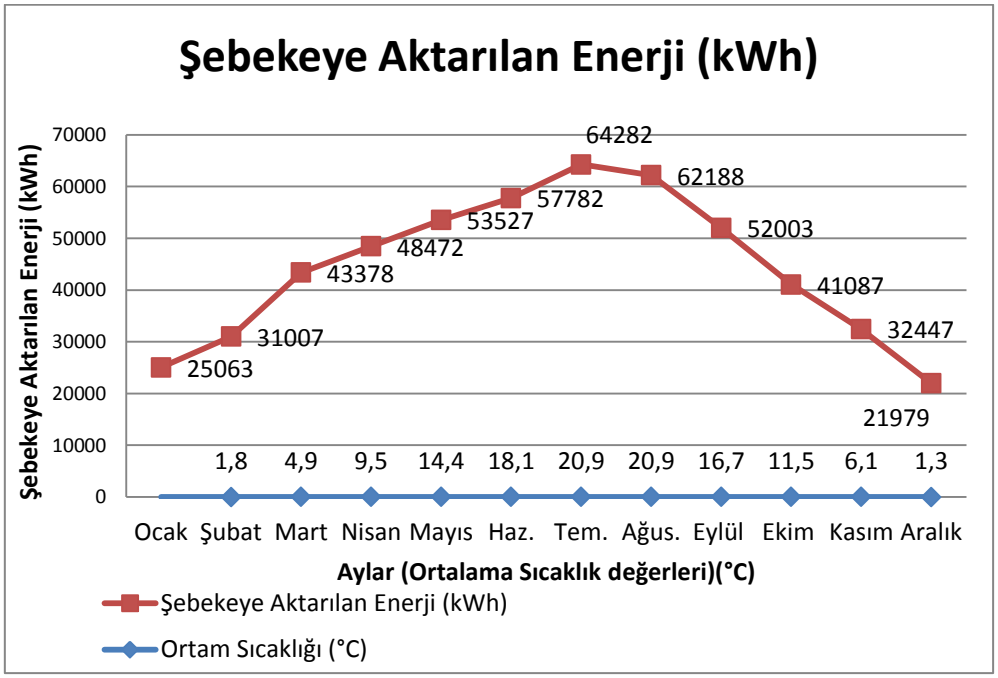
Şekil 6. Farklı FV panel tipleri için şebekeye aktarılan enerji.

Şekil 7'de üç farklı FV Panel tipinin 2018 yılı yıllık ortalama dize verimi (Y_a) gösterilmektedir. Şekilde de gösterildiği üzere ince film FV panel dize verimi polikristal ve monokristal FV panel tiplerine göre daha yüksek olmaktadır. İnce film FV panellerin tercih edilmesinin bir nedeni de Kütahya İli' nin iklimsel yapısından dolayı enerji üretinde yüksek verime sahip olmalarıdır. Şöyle ki; santralde tercih edilen CdTe yapıdaki ince film FV panel gün ışığının az olduğu kış mevsiminde bile enerji üretimi oldukça yüksek seviyededir.



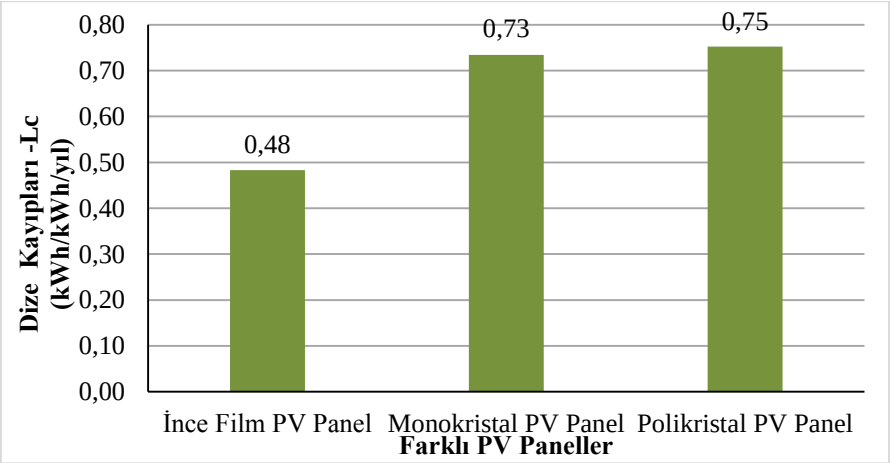
Şekil 7. Farklı FV panel tipleri için dize verimi (Y_a).

Şekil 8'de ince film FV panelin aylık ortalama sıcaklığa göre şebekeye aktarılan enerji miktarları verilmektedir. Şekilde de gözüktüğü gibi temmuz ayında sıcaklık maksimum seviyeye ulaşması sebebiyle şebekeye aktarılan enerjide en yüksek seviyeye ulaşmaktadır.

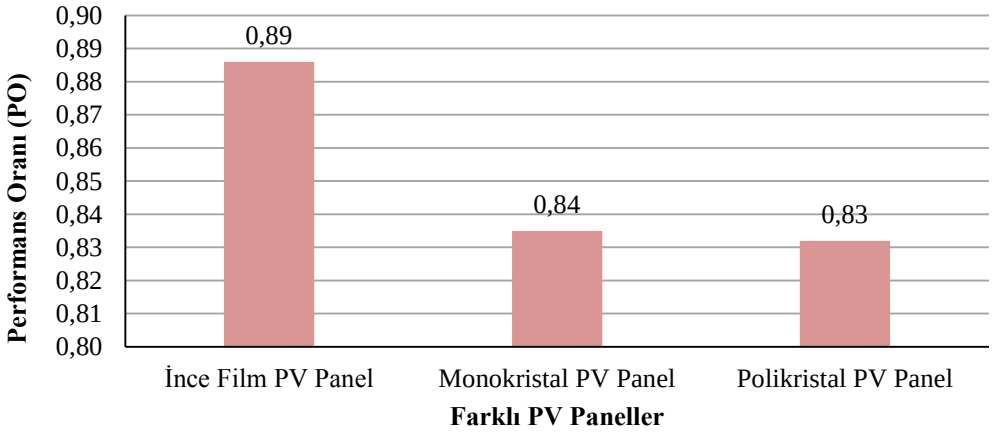


Şekil 8. İnce Film FV panelin aylık ortalama sıcaklık değerine göre şebekeye aktarılan enerji (kWh).

Şekil 9'da üç farklı FV Panel tipinin 2018 yılına ait yıllık ortalama dize kayıpları (L_c) gösterilmektedir. Şekilde de gösterildiği gibi en az dize kaybına sahip ince film FV panel kullanılan GES' de gerçekleşmektedir.



Şekil 9. Farklı FV panel tipleri için dize kayıpları (L_c).



Şekil 10. Farklı FV panel tipleri için performans oranı (*PO*).

Şekil 10' da 2018 yılı için üç farklı FV panel tipine ait yıllık performans oranları (*PO*) gösterilmektedir. Şekilde de gösterildiği üzere ince film FV panelin performans oranının oldukça iyi olmasından dolayı Şehzade GES Projesinde kullanılması tercih edilmiştir.

Benzetim programından elde edilen veriler haricinde Şehzade Park GES projesinde CdTe yapıda ki ince film FV panellerin tercih edilmesinin sebepleri arasında; Mükemmel düşük ışık kaynağı tepkisidir. Yani kadminyum tellürit, tam spektrum için yüksek emilime sahip doğrudan bant boşluğu olan bir malzemedir. Düşük ışık koşullarında, şafak vakti, gün batımı veya dağınık bir aydınlatmada, CdTe ince film güneş panelinin güç üretim performansının kristal slikon malzemeye sahip panellerden

üstün olduğu kanıtlanmıştır. İnce film FV panellerde düşük ışık koşullarında elektron hareketliği devam ettiği için enerji üretimi de devam etmektedir. CdTe ince film yapılı panelin uzatılmış hücre yapısı panelin sıcak nokta efektini azaltmaya yardımcı olur ve bu da güç üretim kapasitesinin artırmaktadır. Ayrıca İnce film FV panelleri kaplayan cam, güneş ışığını yansıtmayan özelliktedir [19]. CdTe FV panellerin gerek enerji üretim verimliliği ve CdTe tip ince film FV panellerin dize kayıpları az ve dize verimliliği de fazladır. Bu yüzden diğer FV (Monokristal ve Polikristal) panellere göre daha avantajlı yapıya sahip olmasından dolayı tercih edilebilir.

Çizelge 1'de Üç farklı FV panel tipi için Performans Oranı (PO) , Kapasite Faktörü (KF) ve Verim verilmektedir.

Çizelge 1. Üç farklı FV panel için- *PO* (Performans Oranı), *KF* (Kapasite Faktörü) ve verim.

	Nihai Verim	**Referans Verim**	**Bir Yıl Boyunca Üretilen Toplam Enerji (kWh)**	**Sistemin Ürettiği AC güç (kWe)**	**Kurulu FV Gücü (kWp)**	**Sisteme Gelen Işınım (kWh/m^2)**	**Sistemin Yüzey Alanı (m^2)**	**Performans Oranı**	**Kapasite Faktörü %**	**Verim %**
FV Paneller	Y_f	Yr	$E_{AC,a}$	E_{AC}	$P_{(FV,rated)}$	H_t	A_a	$PO=(Y_f/Y_a)$	$KF=E_{AC,a}/(8760*P_{FV,rated})$	$\eta_{(sys,m)}=E_{AC}/(H_t*A_a)$
İnce Film	4,34	4,91	533215	542793	336	1791,8	2016	0,89	18	15
Monokristal	4,1	4,91	502844	512066	336	1791,8	2836	0,84	17	10
Polikristal	4,08	4,91	500732	509771	336	1791,8	2805	0,83	17	10

Çizelge 1'de de görüldüğü üzere, ince film panel Kapasite faktörü (KF), verim ve Performans Oranı (PO) açısından, Monokristal ve Polikristal FV panel tiplerine göre üstünlük göstermektedir.

2.3. Şehzade Park Güneş Enerji Santralinin Ekonomik Analizi

Bu çalışmada Şehzade Park GES' in farklı panel tipleri kullanılarak PVsyst V6.78 benzetim programında çalışmaları yapılmış ve üretim verileri ortaya konulmuştur. Benzetim Programından elde edilen veriler gerçek verilerle karşılaştırılmış ve Şehzade Park GES' in ekonomik analizi yapılmıştır.
Çizelge 2'de farklı FV Panel tipleri kullanılarak şebekeye aktarılan enerji ve Şehzade Park GES' de şebekeye aktarılan enerji miktarı gösterilmektedir. Çizelgede gerçek üretim ile benzetim programından elde edilen üretimler arası epeyce fark olduğu görülmektedir. Enerji üretimleri arasındaki farkın sebebi; Şehzade Park GES Projesi için OEDAŞ ile yapılan bağlantı sözleşmesi gereği santralimizin üretim kapasitesi 280 kWe değerinde sınırlandırılmaktadır. Bu nedenle şebekeye aktarılan enerji %83 düzeyindedir.

Çizelge 2. Şehzade park GES' in üretim verileri.

	PVsyst V6.78 Benzetim Programı Üretim Sonuçları			**Gerçek Üretim Sonuçları**
Aylar	**İnce Film FV Şebekeye Aktarılan Enerji (MWh)**	**Monokristal FV Şebekeye Aktarılan Enerji (MWh)**	**Polikristal FV Şebekeye Aktarılan Enerji (MWh)**	**İnce Film FV Şebekeye Aktarılan Enerji (MWh)**
Ocak	25,06	23,84	24,73	
Şubat	31,01	29,49	30,45	6,78
Mart	43,38	41,12	41,98	40,94
Nisan	48,47	45,91	46,73	54,51
Mayıs	53,53	50,42	49,94	46,76
Haziran	57,78	54,28	53,13	36,62
Temmuz	64,28	60,21	57,58	9,93
Ağustos	62,19	58,29	55,83	39,85
Eylül	52,00	48,89	48,02	47,77
Ekim	41,09	38,74	39,01	40,76
Kasım	32,45	30,76	31,65	20,58
Aralık	21,98	20,90	21,69	10,56
Toplam	533,22	502,84	500,73	355,06

Çizelge 2'ye göre ince film FV panelde şebekeye aktarılan enerjinin fazla olduğu görülmektedir. İnce film FV panelin özellikleri sebebiyle FV panel verimi oldukça yüksek, kayıplar ise en az düzeyde olması sebebiyle şebekeye aktarılan enerji diğer FV panel tiplerine göre fazladır.
Çizelge 3' te sınırlı düzeyde şebekeye aktarılan enerji ve Şehzade Park GES' in kurulumundan itibaren aylık olarak şebekeye aktarılan enerji miktarları verilmiştir.

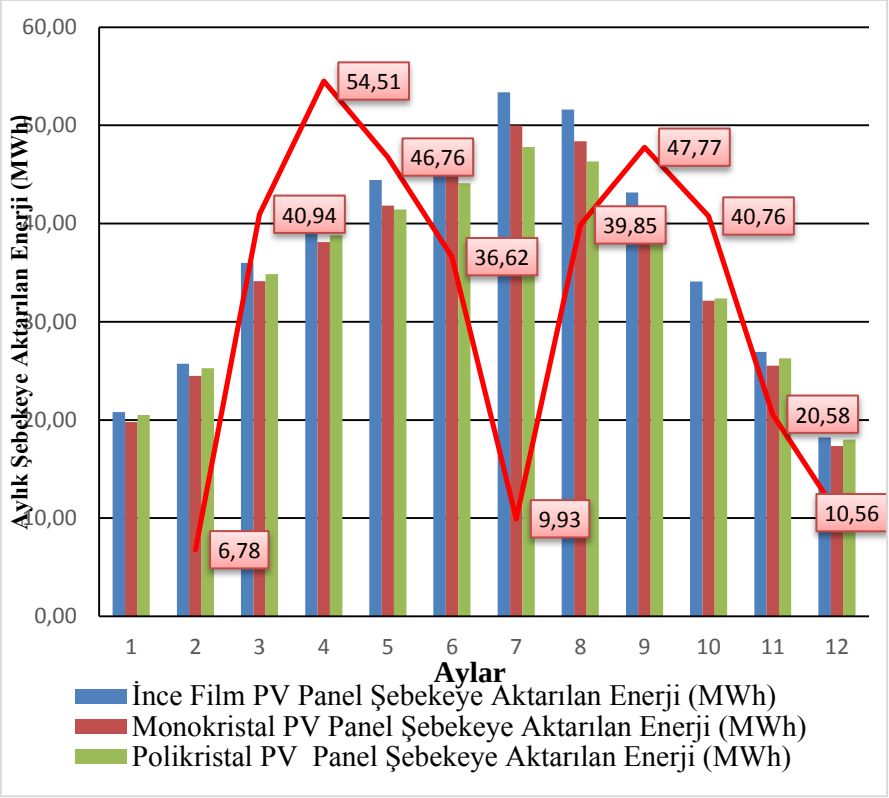
Çizelge 3. Şehzade park GES üretim verileri (280 Kwp kapasite için sınırlandırılmış şebekeye aktarılan enerji miktarları).

	PVsyst V6.78 Benzetim Programı Üretim Sonuçları			**Gerçek Üretim Sonuçları**
Aylar	**İnce Film FV Panel Şebekeye Aktarılan Enerji (MWh)**	**Monokristal FV Panel Şebekeye Aktarılan Enerji (MWh)**	**Polikristal FV Panel Şebekeye Aktarılan Enerji (MWh)**	**İnce Film FV Panel Şebekeye Aktarılan Enerji (MWh)**
Ocak	20,80	19,79	20,52	
Şubat	25,74	24,48	25,27	6,78
Mart	36,00	34,13	34,85	40,94
Nisan	40,23	38,11	38,79	54,51
Mayıs	44,43	41,84	41,45	46,76

Haziran	47,96	45,05	44,10	36,62
Temmuz	53,35	49,97	47,79	9,93
Ağustos	51,62	48,37	46,34	39,85
Eylül	43,16	40,58	39,86	47,77
Ekim	34,10	32,15	32,38	40,76
Kasım	26,93	25,53	26,27	20,58
Aralık	18,24	17,35	18,00	10,56
Yıl	421,77	397,57	395,08	355,06

Çizelge 3'de İnce film FV panelde şebekeye aktarılan enerji fazla olmakla birlikte gerçek sonuç ile arasında 66,71 MWh'lik fark bulunmaktadır. Bu farkın sebebi ise santralin 21 Şubat 2018 tarihi itibariyle üretime başlamasından dolayı Ocak ayında üretimin gerçekleşmemesidir. Bir diğer sebebi ise santralin Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında zaman zaman arıza meydana gelmesi nedeniyle bu aylarda üretilmesi gereken değerin altında enerji üretmesidir.

Şekil 8'de benzetim programında farklı FV Panel tipleri, şebekeye aktarılan enerji ve gerçek şebekeye aktarılan gerçek enerji değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 11. Benzetim programı ve santral enerji üretim değerleri.

Şekil 11'de Gerçek üretim değerleri ile benzetim programında elde edilen değerler benzerlik göstermektedir. Şekilde bazı aylarda üretimde azalma olduğu görülmektedir. Ocak ve Şubat aylarında üretimlerin az olmasının sebebi santralin 21 Şubat 2018 tarihinden itibaren üretime başlamış olmasıdır. Bu sebeple benzetim programında elde edilen değerler gerçek üretim değerleriyle uyuşmamaktadır. Yaz aylarında üretimde meydana gelen azalmanın sebebi ise, santralde Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında arızalar meydana gelmesi ve santralde üretim durmasıdır [17].

Çizelge 4'te Şehzade Park GES' in günlük şebekeye aktarılan gerçek enerji değerleri verilmiştir.

Çizelge 4. Şehzade park GES' in günlük şebekeye aktarılan enerji miktarı (kWh).

Gün	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	0	1327	1784	1998	1677	0	0	2050	698	713	163
2	0	1199	1743	1806	2102	0	0	2125	1944	396	579
3	0	1258	2200	2049	2171	235	62	2071	2002	218	394
4	0	933	2211	1663	2357	2207	229	1985	1995	250	202
5	0	651	2177	1828	1550	0	1650	1292	1869	1051	37
6	0	1473	1992	790	1963	9	1841	1692	1601	295	108
7	0	1419	2021	1457	1887	48	1848	1737	1529	1686	316
8	0	1074	93	680	2004	2017	1842	1643	946	1646	1278
9	0	791	1571	1091	2228	1654	613	1180	1154	1391	776
10	0	2043	2177	1149	1790	1593	455	1696	531	1169	347
11	0	1714	1113	1525	2056	2165	0	1934	628	719	485
12	0	2034	1492	883	2340	0	0	1238	1522	1109	264
13	0	1562	2103	2374	2297	0	0	693	1495	1503	751
14	0	1129	2130	2330	1543	0	0	868	1482	795	85
15	0	920	1424	2341	1439	0	234	1761	1343	486	750
16	0	1732	1858	1931	57	0	2152	1433	758	316	308
17	0	1580	1433	1895	723	0	1592	1588	710	250	228
18	0	546	2031	1631	0	0	1914	1892	867	1051	356
19	0	1527	1760	1520	968	0	2167	2063	1325	385	129
20	457	1741	668	1421	0	0	2205	2009	1311	346	222
21	858	1940	1473	1574	0	0	1692	2006	190	507	598
22	884	1243	2289	1144	0	0	2000	1982	1854	201	500
23	714	622	2253	1896	1184	0	1860	1983	1813	745	270
24	1109	1083	2255	1307	1737	0	1737	690	1727	1211	1039
25	324	1467	2144	919	142	0	1825	276	1752	544	0
26	807	774	2008	1143	174	0	1929	1537	1555	342	0
27	1171	1431	1559	1119	0	0	1806	1815	1528	365	0

28	452	1617	2245	1286	0	0	2018	2017	1648	32	74
29	0	188	2249	1384	234	0	2104	1114	1679	61	18
30	0	1952	2050	1192	0	0	2176	1401	1301	0	22
31	0	1968	0	1436	0	0	1901	0	0	0	256
TOPLAM	6776	38970	54506	45326	34623	9928	37951	47771	40757	19783	10299

Çizelge 4'de Şubat ayından itibaren üretime başladığı için çizelgede Ocak ayı göz önünde tutulmamıştır. Çizelgedeki sıfır değerleri ise santralin üretiminin durduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 5' de Şehzade Park GES' in kurulumundan itibaren 2019 yılı Mayıs ayı sonuna kadar üretimin dâhil olduğu ekonomik veriler gösterilmektedir.

Çizelge 5. Yıllara göre aylık toplam üretim miktarı ekonomik verileri.

Yıllara Göre Aylık Toplam Üretim Miktarı Ekonomik Verileri						
YIL	**AY**	**Miktar (kWh)**	**Birim Fiyat (TL/kWp)**	**Tutar (TL)**	**KDV (%18)**	**Toplam Tutar (TL)**
2018	**Şubat**	6775	0,50	3406	613	4019
	Mart	40940	0,52	21133	3804	24936
	Nisan	54507	0,54	29349	5283	34631
	Mayıs	46764	0,58	27256	4906	32162
	Haziran	34624	0,61	21109	3800	24908
	Temmuz	9928	0,62	6107	1099	7206
	Ağustos	39852	0,78	31184	5613	36798
	Eylül	47771	0,84	40307	7255	47562
	Ekim	40761	0,78	31712	5708	37470
	Kasım	20577	0,72	14770	2659	17428
	Aralık	10557	0,71	7443	1339	8782
2019	**Ocak**	12086	0,71	8609	1550	10159
	Şubat	26388	0,70	18456	3322	27779
	Mart	45211	0,73	32858	5914	38772
	Nisan	37719	0,77	28809	5204	34113
	Mayıs	50864	0,80	40873	7357	48231
					TOPLAM=	434957

Çizelge 5'de belirtilen değerlere göre santralimizin benzetim programı ile tespit edilen değerle kazanılan değer arasında 49.173 TL'lik bir fark vardır. Bu farkın nedeni ise GES'in arızalı olduğundan enerji üretiminin durması ve santralin enerji üretimine Şubat ayında başlanmasından dolayıdır. Bu değere göre santralin, yaklaşık olarak bir ay boyunca enerji üretmemiştir.

Çizelge 6'da farklı FV panel tipleri için ilk yatırım maliyetleri gösterilmektedir.

Çizelge 6. Şehzade Park GES'nin ilk yatırım maliyet çizelgesi.

Şehzade Park GES'nin İlk Yatırım Maliyetleri (TL)	
2800 adet ince film FV panel fiyatı toplam	638.087
FV Panel montaj yardımcı donanımlar	185.634
Çelik kondüksiyon fiyatı	178.522
İnverter fiyatı	145.829
Orta gerilim ve alçak gerilim kablolama	37.450
400 kVA trafo fiyatı	17.078
Çift taraflı sayaç fiyatı	900
CCVT-çevre aydınlatma-topraklama	105.000
Saha çevresine tel çit	4.500
Saha düzenleme	82.000
Proje giderleri	15.000
Geçici kabul onay giderleri	10.000
İşçilik ve montaj	65.001
Toplam Maliyet	**1.485.000**

Çizelge 6'da görüldüğü üzere ince film FV paneller diğer panel tiplerine göre ilk yatırım maliyeti yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Fakat önceki bölümlerde de açıklandığı üzere ince film FV panel ile kurulumu yapılan santralde şebekeye aktarılan enerji maksimum seviyede olmaktadır. Dize (L_c) ve sistem kayıpları (L_s) ise minimum seviyede ve performans oranı ise diğer FV panellere göre daha yüksek bir değere sahip olmasından dolayı Şehzade Park GES' in kurulumunda ince film FV paneller tercih edilmiştir.

Çizelge 7'de Şehzade Park GES' in yıllık gider cetveli verilmektedir

Çizelge 7. Şehzade Park GES' in yıllık gider cetveli**.**

Aylar	**Aylık Bakım Gideri TL**	**Elektrik Dağıtım Bedeli TL**	**Harcanan Enerji Bedeli TL**
Mart	238	330	60
Nisan	238	1 367	162
Mayıs	238	1 795	128
Haziran	238	1 308	122
Temmuz	238	1 936	103
Ağustos	238	347	29
Eylül	238	1 391	108
Ekim	238	1 694	126
Kasım	238	1 499	126

Aralık	238	725	202
Ocak	238	984	602
Şubat	238	534	316
Mart	238	1 043	256
Toplam	3 094	14 958	2 344

Çizelge 7'de İlk sütun aylık bakım gideri yani işletme sorumlusu olan elektrik mühendisine ödenen bedel, elektrik dağıtım bedeli GES' in aylık üretim verilerine göre değişiklik gösteren değer, en son sütunda da GES' in aylık olarak sahasında bulundurduğu gerek aydınlatma gerekse güvenlik sistemleri tarafından harcanan enerji bedeli yer almaktadır. Çizelgede yer alan değerler kullanılarak basit olarak yatırım geri dönüşüm süresi hesabı yapmak mümkündür.

Şehzade Park GES' in basit olarak yatırım geri dönüşüm süresi:
Geri dönüşüm süresi = İlk yatırım maliyeti / Yıllık kazanç

Eşitliği kullanılarak hesaplanabilir. Burada çok basit bir hesap yapılmaktadır. GES' in yıllık kayıpları hesaba alınmamıştır. Çünkü farklı FV panel tipleri için üretime bağlı elektrik dağıtım bedeli değişeceği için ve benzetim programından bu değerleri tahmin etmek mümkün olmamaktadır. Bu yüzden de santralde yıllık gider hiç yokmuş gibi hesap edilmiştir.

Çizelge 8'de Şehzade Park GES'nin farklı panel tipleri ile kurulumu yapıldığı düşünülerek santral yatırım geri dönüşüm yılı oranları verilmiştir. Yatırım geri dönüşüm yılı hesapları yapılırken santralin bir yıllık bakım ve diğer giderleri göz ardı edilmiş olup, ilk yatırım maliyeti yıllık kazanca bölünerek yatırım geri dönüşüm yılı hesaplanmıştır.

Çizelge 8. Farklı FV Panel tipleri için Şehzade Park GES'nin geri dönüşüm süreleri.

FV Panel Tipleri	İlk yatırım maliyeti TL	Yıllık kazanç TL	Geri dönüşüm süresi (YIL)
Şehzade GES ince film FV panel ile kurulumu yıllık gerçek kazanç	1.485.000	277.292,5	5
İnce film FV panel ile kurulumu yıllık kazanç	1.485.000	326.466,5	5
Monokristal FV panel ile kurulumu yıllık kazanç	1.408.491	307.626,1	5
Polikristal FV panel ile kurulumu yıllık kazanç	1.382.478	305.193,5	5

Çizelge 8'de görüldüğü gibi yapılan basit geri dönüşüm süresi hesabında FV panellerin yıllara göre verim değerleri göz ardı edilmiştir. Benzetim programıyla hesaplanan üretim değerleri Monokristal, Polikristal ve İnce Film FV panellerinin şebekeye aktardıkları güç birbirine yakın değerlere sahiptir ve güç ile doğru orantılı olarak tüm FV panellerin yıllık kazançları arasında çok büyük fark olmadığı gözükmektedir. Her üç FV panel tipinin ilk yatırım maliyetleri birbirine yakın değerler olarak hesaplanmıştır. Tüm bu sebeplerden dolayı Monokristal, Polikristal ve İnce Film PV panel tiplerinin geri dönüşüm süresi 5 yıl olarak aynı çıkmaktadır.

JSR C
Journal of Scientific Reports

Çizelge 9. Şehzade Park güneş enerji santrali yatırım geri dönüşüm yılı hesabı.

Şehzade Park Güneş Enerji Santrali Yatırım Geri Dönüşüm Yılı Hesabı							
Yıl	**Güneş Paneli Verim Kaybı**	**Güneş Paneli Verimi**	**Enerji Üretimi MWh/yıl**	**Yıllık Gelir TL**	**Yatırım Bedeli (TL)**	**Yıllık Gider TL**	**Yatırım Geri Dönüşümü TL**
1	100%	100%	391,530	313 841	-1 485 000	-20 397	-1 191 556
2		99%	388,985	256 730		-20 397	-955 222
3		99%	386,440	255 050		-20 397	-720 568
4		98%	383,895	253 371		-20 397	-487 594
5		97%	381,350	251 691		-20 397	-256 299
6		97%	378,805	250 011		-20 397	-26 684
7		96%	376,260	248 332		-20 397	201 251
8		95%	373,715	246 652		-20 397	427 506
9		95%	371,170	244 972		-20 397	652 082
10		94%	368,625	243 293		-20 397	874 979
11	94%	94%	366,081	241 613		-20 397	1 096 195
12		93%	363,536	239 933		-20 397	1 315 732
13		92%	360,991	238 254		-20 397	1 533 589
14		92%	358,446	236 574		-20 397	1 749 767
15		91%	355,901	234 895		-20 397	1 964 265
16		90%	353,356	233 215		-20 397	2 177 083
17		90%	350,811	231 535		-20 397	2 388 222
18		89%	348,266	229 856		-20 397	2 597 681
19		88%	345,721	228 176		-20 397	2 805 460
20		88%	343,176	226 496		-20 397	3 011 560
21		87%	340,631	224 817		-20 397	3 215 980
22		86%	338,086	223 137		-20 397	3 418 720
23		86%	335,541	221 457		-20 397	3 619 781
24		85%	332,996	219 778		-20 397	3 819 162
25	90%	84%	330,451	218 098		-20 397	4016 863

Çizelge 9'da Şehzade Park GES'nde kullanılan A firmasına ait ince film CdTe yapıda FV panelin şartnamesinde, FV panelin veriminin 25 yılın sonunda %84'ün altına düşmeyeceği belirtildiği için çizelgede güneş paneli verim değeri 25 yılın sonunda %84 olarak alınmıştır. Santralde yıllık gelir olarak, 2018 Şubat ile 2019 Şubat ayları arasında kazanılan bir yıllık kazanç baz alınmıştır. Sonraki yıllarda kazanılacak değerler bir yıllık ortalama birim fiyat gerçek sonuçlarının ortalamasından elde edilen değer 0,66 TL her yıl kazanılacak bedel enerji üretim değeri ile çarpılarak elde edilmiştir. Yıllık giderler ise; gider hesap cetvelinde verilen değerler 25 yıl boyunca sabit değer olarak kullanılmıştır. Yıllık geri dönüşümü kazancı ise; ilk yıl için, ilk yatırım bedeli, yıllık gider ve yıllık gelir toplanarak elde edilmiştir. Diğer yılların yıllık geri dönüşüm hesabı da yıllık gelir, yıllık gider ve ilk yıla ait yıllık geri dönüşüm bedeli toplanarak hesap edilmiştir. Ayrıntılı olarak yapılan hesap neticesinde Çizelge 9' de görüldüğü gibi GES, 6 yılın sonunda kendisini amorti etmektedir [16].

3.SONUÇLAR

Çalışmada benzetim programından elde edilen sonuçlar ile gerçek sonuçlar arasında %16 fark olduğu görülmektedir. Bu farkın da santralin ilk kurulum yılı olması sebebiyle, meydana gelen arızalara geç müdahale edildiğinden enerji üretiminin belli bir zaman aralığında durması sebebiyle meydana gelmektedir. Aylık bazda tek tek gerçek üretim ile benzetim değerleri karşılaştırılacak olursa, genelde gerçek üretim değerlerinin benzetim değerlerinden yüksek çıktığı görülmektedir. Benzetim programı PVsyst V 6.78'de Kütahya ili için meteorolojik veritabanı olarak SOLARGİS şirketinden alınan 2018 yılına ait güncel veriler kullanılmıştır.

Yapılan çalışmada, Şehzade Park GES' de A firmasına ait CdTe yapıda ince film FV panellerin yapısı gereği gün ışığının minimum olduğu zamanlarda bile FV paneller enerji üretiminde oldukça verimli olmaları ve çevresel etkenlerden (toz, gölge, ve sıcaklık farkları) minimum etkilenmeleri sebebiyle Şehzade Güneş Enerji Santralinde CdTE yapıda ince film FV panel kullanılmıştır. Sonuçta elde edilen veriler göz önüne alındığında; Kütahya ili gibi karasal iklim özelliklerine sahip, gece ile gündüz sıcaklık farklarının fazla olduğu ve güneşlenme süresinin az olduğu illerde kurulacak yeni GES' ler için ince film CdTe yapıda FV panellerin kullanılmasının uygun olabileceği tespit edilmiştir. Paneller verimlilik açısından sahada 25º açı ile yerleştirilmiştir. 25 º panel eğim açısı Kütahya İlinde GES' in kurulduğu saha için en yüksek enerji üretiminin olduğu eğim açısıdır.

Şehzade Park GES' de meydana gelen arızaların, merkezi inverter sistemi kullanılmasından mı kaynaklandığı yoksa orta gerilim tesisatı arızasından mı kaynaklandığı tam olarak anlaşılamamıştır. Fakat yapılan araştırmalar sonucunda merkezi inverter kullanılan bazı santrallerde özellikle mevsim sıcaklığının fazla olduğu aylarda, inverter çalışma sıcaklığı sınırlarını aşan kabin sıcaklığı nedeniyle inverterin santrali devre dışı bıraktığı görülmüştür. Hatta santralde oluşabilecek herhangi bir bölgesel arıza durumunda bile merkezi inverter sistemi bağlantı yapısı gereği tüm enerji üretiminin durmasına sebebiyet vermektedir.

Çalışmada GES' in yatırım geri dönüşüm yılı hesabı yapılmış; bu hesap doğrultusunda da bu sürenin 6 yıl gibi bir süre olduğu tespit edilmiştir. Önceki çalışmalara bakıldığında FV panel teknolojisindeki hızlı ve olumlu gelişmeler sayesinde güneş enerji santralleri için ilk yatırım maliyetleri zamanla düşmektedir. Bu sebeple de kurulacak santrallerin yatırım geri dönüşüm yılı süresi azalmaktadır. Güneş Enerji Santralleri yenilenebilir kaynaklı çevre dostu bir santrali olması sebebiyle gelecek yıllarda daha fazla önem kazanması ve GES konusunda yatırımların daha da artması beklenmektedir
Çalışmada kullanılan PVsyst V6.78 benzetim programı ve meteorolojik verileri elde etmek için kullanılan SOLARGIS (Güneş Enerjisi Yatırımları İçin Hava Durumu Verileri ve Yazılımı) programı gerçeğe yakın sonuçlar sağlamasından dolayı ileride yapılacak benzetim çalışmalarda da kullanılması önerilebilmektedir.

4.TARTIŞMA

FV panel eğim açısı, hem yapısal faktörler (FV panel tipi ve ışınım) hem de iklimsel faktörler açısından farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle ileri çalışmalarda inşası yapılacak olan GES'lerde; ya en verimli sistem olan güneş takip sistemi kullanılmalı, ya da GES' in yapısal ve iklimsel faktörlere göre FV panel eğim açısı değerlendirilerek kullanılmalıdır.

İleride kurulacak olan GES'lerde kullanılacak inverter tipi, santralin kurulu gücü doğrultusunda ve bölgenin iklimsel şartlarına göre değerlendirilmelidir. Kurulu gücü büyük olan güneş enerji

santrallerinde genelde merkezi inverter kullanılmaktadır. Fakat mevsim sıcaklıkları aşırı artan bölgelerde merkezi inverter kurulması gerekirse, merkezi inverter kabin içi sıcaklığını belirli bir seviyede tutulmasını sağlayacak ilave tedbirler alınması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

[1] www.worldometers.info.(2018, Aralık 01)

[2] https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/EIGM-Raporlari (2020, Mayıs 5)

[3] www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik. (2020, Nisan 01).

[4] Beyoğlu, M. F. (2011), Balıkesir ilinde çift eksenli güneş takip sistemi ile sabit eksenli pv sistemin verimlerinin karşılaştırılması, Balıkesir üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, s.83.

[5] Girgin, M. H. (2011), Bir fotovoltaik güneş enerjisi santralinin fizibilitesi, karaman bölgesinde 5 mw'lık güneş enerjisi santrali için enerji üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizi, Doctoral dissertation, Enerji enstitüsü, s. 223.

[6] Ayaz, R., (2012), Farklı pv teknolojilerinin gerçek ortam verileri kullanılarak modellenmesi ve İstanbul şartlarında optimum eğim açılarının belirlenmesi, Fen bilimleri enstitüsü, Yüksek lisans tezi, İstanbul, s.57.

[7] Sharma, V., ve Chandel, S. S. (2013), Performance analysis of a 190 kWp grid interactive solar photovoltaic power plant in India. energy, 55, 476-485.

[8] Öztürk, H. (2012), Güneş enerjisi ve uygulamaları, Birsen yayın evi.

[9] Kantaroğlu, F. (2010), Fotovoltaik sistemler, Tiirk tesisat mühendisleri derneği, 28-34.

[10] Sayın, S., ve Koç, İ. (2011), Güneş enerjisinden aktif olarak yaralanmada kullanılan fotovoltaik (pv) sistemler ve yapılarda kullanım biçimleri, Selçuk üniversitesi, Mühendislik mimarlık fakültesi dergisi, 89-106.

[11] Haydaroğlu, C., ve Gümüş, B. (2016). Dicle Üniversitesi güneş enerji santralinin PVsyst ile simulasyonu ve performans paramatrelerinin değerlendirilmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Dergisi, 7.3, 402-500.

[12] Manoj, N., Kumar, M., Rejoice, P., ve Mathew, M. (2017). Performance analysis of 100 kWp grid connected Si-poly photovoltaic system using PVsyst simulation tool. ScienceDirect, 180-189.

[13] Sağlam, E. (2018), Fotovoltaik sistemlerin kurulum aşamaları ve işletimdeki santrallerin gerçekleşen üretim değerlerinin simulasyon sonuçları ile karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, İstanbul teknik üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, s.189 .

[14] www.mgm.gov.tr. (2019, Nisan 12).

[15] www.yegm.gov.tr (2020, Mayıs 5)

[16] Mermoud, A., ve Wittmer, B., (January,2014). PVSYST USER'S MANUAL.

[17] Manoj, N., Kumar, M., Rejoice, P., ve Mathew, M. (2017), Performance analysis of 100 kWp grid connected Si-poly photovoltaic system using PVsyst simulation tool. ScienceDirect, 180189

[18] Marion, B., Adelstein, J., Boyle, K. E., Hayden, H., Hammond, B., Fletcher, T., ve Rich, G. (2005, January). Performance parameters for grid-connected PV systems. In Conference Record of the Thirty-first The Institute of Electrical and Electronics Engineers Photovoltaic Specialists Conference, 2005. (s. 1601-1606). The Institute of Electrical and Electronics Engineers.

[19] www.firstsolar.com (2020, Mayıs 5)

[20] Atalay Ayran Z. (2019), Kütahya İli Güneş Enerji Potansiyelinin Araştırılması Ve Örnek Bir Güneş Enerji Santralinin Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, s.94.

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Sayı 1, Haziran 2020

Journal of Scientific
Reports-C
Number 1, June 2020

ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)

METEOROLOJİK FAKTÖRLERİN GEMİ EGZOZ GAZI EMİSYONU KONSANTRASYONLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Aydın TOKUŞLU[1,*]

[1]Türk Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, Ankara, aydintokuslu78@gmail.com, ORCID:0000-0002-5851-6902

Geliş Tarihi:21.03.2020 *Kabul Tarihi: 16.06.2020*

ÖZ

Mevsimsel değişikliklere bağlı olarak ortaya çıkan meteorolojik faktörler (hava sıcaklığı, yağış, nisbi nem, rüzgar ve hava basıncı), soluduğumuz havanın kalitesini (temiz veya kirli) etkilemede önemli bir etkiye sahiptir. Hali hazırda İstanbul Boğazı çevresinde yaşayan insanlar, geçiş yapan transit ve yerel gemi trafiğinden kaynaklı egzoz gazı emisyonları kirliliğine her gün maruz kalmaktadır. Gemi egzoz gazı emisyonları içinde insan sağlığına direk zararlı etkisi bulunan NO_X, SO_X ve PM emisyonları ile meteorolojik faktörler arasında bir ilişki olup olmadığının incelenmesi, meteorolojik faktörlerin emisyonların yayılmasındaki rolünün incelenmesi bu açıdan çok önemlidir. Bu çalışmada, İstanbul Boğazı'ndaki bir yıllık gemi trafiği emisyon konsantrasyonu (NO_X, SO_X ve PM) ile meteorolojik faktörler arasında bir ilişkinin olup olmadığı ortaya koyan adımsal çoklu doğrusal regresyon analizi ve korelasyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonucunda NO_X, SO_X ve PM emisyonları ile nisbi nem ve hava basıncı arasında "doğru orantılı" bir ilişki, yağış, rüzgar ve sıcaklık arasında "ters orantılı" bir ilişki tespit edilmiştir. Yapılan korelasyon analizinin sonucunda NO_X, SO_X ve PM ile yağış ve rüzgar arasında "güçlü bir ilişki" bulunmuş, hava basıncı, nisbi nem ve sıcaklık arasında "zayıf bir ilişki" bulunmuştur. Yağış ve rüzgarın arttığı zamanlarda kirletici konsantrasyonların etkisinin azalacağı, tersi durumda ise artacağı tespit edilmiştir. Yapılan tüm analizlerin sonucunda Boğaz çevresindeki hava kirliliğinin etkilerinin azaltılması için, transit ve yerel gemi trafiğinin hava basıncı ve nisbi nemin yüksek olduğu zamanlarda yavaşlatılmasının faydalı olacağı değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Gemi trafiği, Hava kirliliği, İstanbul Boğazı, Meteorolojik faktörler, Regresyon analizi*

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF METEOROLOGICAL FACTORS ON SHIP EXHAUST GAS EMISSIONS CONCENTRATION

ABSTRACT

The meteorological factors (air temperature, precipitation, relative humidity, wind, and air pressure) that occur depending on the seasons changes have an important effect on the quality (clean or dirty) of the air we breathe. People currently living around the Istanbul Strait are daily exposed to the pollution of exhaust gas emissions from transit and domestic ship traffic. In this respect, it is very important to examine whether there is a relationship between meteorological factors and ship exhaust gas

JSR C
Journal of Scientific Reports

emissions (NO_X, SO_X, and PM) which have a direct harmful effect on human health. In this study, a stepwise multiple linear regression analysis and correlation analysis was conducted, which reveals whether there is a relationship between the meteorological parameters and the one-year ship-borne air emission results (NO_X, SO_X, and PM) in the Istanbul Strait. As a result of the regression analysis, a "directly proportional" relationship between NO_X, SO_X and PM emissions, and air pressure and relative humidity was found and "an inversely proportional" relationship was detected between precipitation, wind and temperature. As a result of the correlation analysis, a "strong relationship" was found between NO_X, SO_X and PM, and precipitation and wind, and a "weak relationship" between air pressure, relative humidity and temperature. It has been determined that the effect of pollutants concentrations will decrease when the precipitation and wind increase, and vice versa. As a result of all analyses, it is considered that it will be beneficial to slow down the ship traffic (transit and domestic) in times of high air pressure and relative humidity in order to reduce the effects of air pollution around the Istanbul Strait.

Keywords: *Vessel traffic, Air pollution, Istanbul Strait, Meteorological parameters, Regression analysis*

1. GİRİŞ

Gemilerden kaynaklanan egzoz gazı emisyonları temel olarak, azot oksit (NO_X), sülfür oksit (SO_X), karbondioksit (CO_2), karbonmonoksit (CO), partiküler madde (PM), uçucu organik bileşikler (VOC) ve hidrokarbonlar (HC)'dır. Bu emisyon kirliliklerinden NO_X, SO_X ve PM'lerin insanların yaşadığı kıyı ve sahil kesimlerinde insanlar ve çevre üzerinde doğrudan zararlı etkisi bulunmakta, karbondioksit (CO_2) ve karbonmonoksit (CO) emisyonlarının ise küresel seviyede zararlı etkisi bulunmaktadır [1]. Deniz ticaret filosu gemilerinin yaklaşık %80'i zamanlarını ya limanda veya demir durumunda, %55'i ise zamanlarını kıyıya yakın bölgede seyir yaparak geçirmekte ve bu faaliyetler boyunca ortaya çıkardığı baca gazı emisyonları boğazlar, kanallar, körfezler ve liman alanları boyunca yoğunlaşmaktadır [2]. Gemi emisyonlarının etkileri insan sağlığı üzerinde astım, solunum yolu hastalıkları, kardiyovasküler hastalık, akciğer kanseri ve bebeklerde erken ölüm olarak ortaya çıkmaktadır [1,3,4]. Dünya Sağlık Örgütünün yayımladığı bir çalışmada, küresel seviyede dış ortam hava kirliliğinin her yıl 1,3 milyon prematüre ölüme neden olduğu ve bunun 800.000 kadarının Asya kıtasında meydana geldiği belirtilmiştir [5]. Kalkınma ve Ekonomik İşbirliği Örgütü tarafından 2012 yılında yapılan bir projeksiyonda PM'nin neden olduğu bebeklerdeki erken ölümlerin 2050 yılına kadar iki kattan fazla artacağı ve yılda 3,6 milyon kişinin ölmesine sebep olacağı hesaplanmıştır. Bu ölümlerin en fazla yaşanacağı ülkelerin başında Çin ve Hindistan geleceği öngörülmüştür. Dünyada $PM_{2.5}$ kirliliği nedeniyle yılda 500.000 den fazla insanın yaşamını kaybettiği öngörülmektedir [4-6]. Mevsimsel değişikliklere bağlı olarak ortaya çıkan atmosferik parametreler (hava sıcaklığı, yağış, nisbi nem, rüzgar ve hava basıncı), soluduğumuz havanın kalitesini (temiz veya kirli) etkilemede önemli bir etkiye sahiptir ve kirletici konsantrasyonların havada dağılmasında ve uzak mesafelere taşınmasında önemli bir rol oynamaktadır [7-11]. Hali hazırda İstanbul Boğazı çevresinde yaşayan insanlar, geçiş yapan transit ve yerel gemi trafiğinden kaynaklı egzoz gazı emisyonların kirletici etkilerine her gün maruz kalmaktadır ve NO_X, SO_X ve PM emisyonlarının insan sağlığı üzerinde zararlı etkileri hissedilmektedir. NO_X'ler asidik karakterli uçucu gazlar olması sebebiyle rüzgar yardımı ile çok uzun mesafelere taşınabilmektedir. Atmosferde kalma süresi yaklaşık 1 gündür. İnsan sağlığına etkisi büyük olup, solunum yolu hastalıklarına sebebiyet vermektedir [2,5]. SO_X'ler yanıcı olmayan renksiz bir gaz olup, atmosferde kalma süresi yaklaşık 40 gündür ve bu süre yağmur yağışı ile beraber 43 günü bulmaktadır. Bu gazlar solunum yolu rahatsızlıklarının ortaya çıkmasına sebep

olur [2,5]. PM, NO_X ve SO_X gazlarına göre daha tehlikeli olup, insan sağlığına zararlı etkisi çok fazladır, üst yolunum yolu rahatsızlıkları ile astım, bronşit olarak etkisini göstermektedir. PM, toz şeklinde çok küçük (2,5 mm, 10 mm) parçalar şeklinde olması sebebiyle atmosferde uzun süre asılı kalabilmekte, rüzgar ve hava akımları yardımı ile kilometrelerce mesafeye taşınabilmektedir [2,5]. Gemi egzoz gazı emisyonları (NO_X, SO_X ve PM) konsantrasyonları ile meteorolojik faktörler arasında bir ilişki olup olmadığının incelenmesi, meteorolojik faktörlerin emisyonların yayılmasındaki rolünün tespit edilmesi bu açıdan çok önemlidir. Bu ilişkinin bulunmasıyla meteorolojik faktörlerin yoğunlaştığı zamanlarda Boğaz'daki gemi trafiğinin işleyişinde gerekli düzenlemelere gidilebilecektir. Meteorolojik faktörlerin hava kirliliği ile olan ilişkisine baktığımızda;

a. Hava sıcaklığı: İstanbul ilinde hava sıcaklığının en yüksek olduğu aylar Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları olup, yıllık ortalama güneş süresi 2.460 saattir [12]. Hava sıcaklığının azalmasıyla beraber havadaki NO_X, SO_X ve PM emisyonları konsantrasyonu artmakta, havanın yoğunlaşmasına sebep olarak hava basıncı yükselmektedir. Hava sıcaklığının arttığı zamanlarda kirletici konsantrasyonlarında düşüş gözlenmektedir. Bunun sebebi, sıcaklığın artmasıyla ısınma amaçlı kullanılan yakıt tüketiminin azalması, bunu sonucunda ısınma kaynaklı evsel emisyonların düşmesidir. Bunun tam tersi durumda havaların soğumasıyla birlikte ısınma amaçlı yakıt tüketiminin artmasıyla evsel emisyonların artmasıdır [13].

b. Yağış: hava kirliğine sebep olan kirletici konsantrasyonlar yağışların artması ile birlikte azalmaktadır. Yağışlar havanın temizlenmesini sağlayarak kirletici konsantrasyonların zararlı etkilerini sınırlamaktadır. İstanbul ilinde çoğunluğu kış mevsiminde olmak üzere yıllık 124 yağışlı gün bulunmaktadır [12]. Kış mevsimindeki yağışlar yeterli seviyede olmadığı için hava gerektiği oranda kirletici konsantrasyonlardan temizlenememektedir [14].

c. Nisbi nem: İstanbul ilinde nem miktarı aylık ortalama %75 oranında olup, kışın bu ortalama %80'nin üzerine çıkmaktadır. Nisbi nem etkisini sonbahar ve kış aylarında (Eylül, Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart) daha fazla göstermektedir [12]. Hava sıcaklığının azalması sonucu nisbi nem yoğunlaşarak havada sis tabakasını oluşturmakta ve oluşan sis tabakası havada asılı halde bulunan SO_X emisyonların sülfürik asite dönüşmesini sağlayarak hava kirliliğinin insan sağlığına zararlı etkilerini artırmaktadır. Aynı zamanda nisbi nemin yüksek olduğu zamanlarda güneş ışınları yerküreye ulaşamakta ve bunun sonucunda hava sıcaklığının dolaylı olarak artmamasına sebebiyet vermektedir. Nisbi nem oranı yükseldikçe SO_X ve PM kirletici konsantrasyonları da atmosferde daha fazla kalıcı hale gelmektedir [14].

ç. Rüzgar: İstanbul ilinde rüzgar yıllık ortalama 2,8 m/s hızla esmekte ve yönü genel olarak kış mevsiminde kuzeybatılı (karayel) ve güneybatılı (lodos) yönde, yaz mevsiminde ise kuzeyli (poyraz) yönlerdedir [12]. Rüzgarlar yönü ve şiddeti ile havanın temizlenmesinde, kirletici konsantrasyonların dağılmasında veya uzaklaştırılmasında önemli bir yere sahiptir [14]. İstanbul ilindeki mevcut rüzgar sürati (2,8 m/s) havanın temizlenmesinde yeterli etkiye sahip değildir. Rüzgar şehir içinde aynı şiddette ve sürekli esmediği için hava kirliliğinin zararlı etkileri şehir üzerinde temizlenememektedir.

d. Hava basıncı: İstanbul'da hava basıncının yüksek olduğu aylar genel olarak Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak ayları olup, bu aylar aynı zamanda hava kirliliğinin (NO_X, SO_X, ve PM) ve solunum yolu hastalıkların da en fazla görüldüğü aylardır. Yüksek hava basıncı, kirletici konsantrasyonlarının havada asılı kalmasına sebebiyet vermekte ve atmosferde dağılmasına engel olmaktadır. Alçak hava

basıncı hava kirliliğinin azalmasını sağlayarak hava sıcaklığının artmasına ve nisbi nemin azalmasına katkıda bulunmaktadır [14].

Meteorolojik faktörler ile hava kirliliğinin arasındaki ilişkiyi ortaya koyan çeşitli bilimsel çalışmalar [15-29] literatürde mevcuttur. Özcan ve Çubukcu [15], 2007-2010 yılları arasında İzmir iline bağlı 6 ilçeye ait verileri kullanarak astım vakaları ile sülfür dioksit (SO_2) ve partiküler madde (PM_{10}) arasındaki ilişkiyi tespit etmek amacıyla regresyon analizi yapmış ve astım vakaları ile sülfür dioksit (SO_2) ve partiküler madde (PM_{10}) arasında "kuvvetli" bir ilişki saptamıştır. Dursun ve İbrahimova [16] tarafından Bakü Şehir Merkezinde SO_2 konsantrasyonu ile meteorolojik faktörler (sıcaklık, nem, basınç, yağış ve rüzgâr) arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışma dönemi içinde en yüksek SO_2 değeri 0,035 mg/m^3 günlük ortalama olarak bulunmuş ve meteorolojik faktörler ile SO_2 arasında korelasyon analizinin negatif yönde olduğu hesaplanmıştır. Çapraz vd. [17] İstanbul ilinde 2007-2012 yılları arasındaki verileri kullanarak hava kirliliği ile şehirdeki ölüm oranları arasındaki ilişkiyi ortaya koyan bir lineer model kullanmış ve modelde hava kirleticiler (PM_{10}, SO_2, NO_2) ile meteorolojik faktörler (sıcaklık, nisbi nem) değerlendirmeye katılmıştır. Yapılan analiz sonucunda, hava kirliliği ile kardiyovasküler (kalp-damar) hastalıkları ve solunum kaynaklı günlük ölümler arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Zhang vd. [18] tarafından hava kirleticileri ile meteorolojik faktörler arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Rüzgar hızı ile kirleticiler arasında ters bir korelasyon, sıcaklık ile kirleticiler arasında doğru bir korelasyon olduğu gözlemlenmiştir. Kunt ve Dursun [19] Türkiye'de birinci derecede önemli hava kirliliğinin yaşandığı Konya il merkezine ait bazı meteorolojik parametreler ile kükürt dioksit ve partikül madde arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Sari ve Esen [20] tarafından 2017 yılında Türkiye'de 103 ölçüm istasyonundaki veriler yardımıyla ölçülen PM_{10} ve SO_2'lerin konsantrasyon seviyeleri değerlendirilmiştir. Kirletici konsantrasyonları ile meteorolojik faktörlerin haritalandırılması sonucunda, sıcaklık oranı ile rüzgar hızının kirletici konsantrasyonların dağılımında etkili olduğu tespit edilmiştir.

Yaklaşık 15 milyon insanın yaşadığı İstanbul ili nüfusunun %35'i İstanbul Boğazı'na yaklaşık 4/5 km mesafede yaşamaktadır [21]. Gemiler tarafından atmosfere salınan baca gazlarından NO_X, SO_X ve PM emisyonlarının insan sağlığı ve çevre üzerinde doğrudan zararlı etkileri bulunmaktadır [2,3,5,7]. Bu çalışmada Boğaz'daki mevcut gemi trafiğinin ortaya çıkardığı baca gazı emisyonları ile Boğaz bölgesindeki meteorolojik faktörler arasında bir ilişki olup olmadığı, meteorolojik faktörlerin emisyonların yayılmasındaki rolü araştırılmış, aralarındaki ilişkinin yönü ve derecesi yapılan regresyon ve korelasyon analizi ile ölçülmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada, sadece Boğaz'daki gemi trafiğinin ortaya çıkardığı emisyonların konsantrasyonları ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişki araştırmış olup, İstanbul ilindeki diğer emisyon kaynakları (araç trafiği emisyonları, evsel ısınma, sanayi vb.) incelemeye dahil edilmemiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR ve DEĞERLENDİRME

2.1. Regresyon ve Korelasyon Analizi

Meteorolojik faktörler ile egzoz gazı emisyonu (NO_X, SO_X, ve PM) konsantrasyonları arasında bir ilişkinin bulunup bulunmadığının tespit edilmesi için regresyon ve korelasyon analizleri yapılması gerekmektedir. Regresyon analizi, farklı değişken parametreler arasında bir ilişki olup olmadığını anlamamıza yardımcı olan bir analiz yöntemidir [30]. Hali hazırda yaptığımız çalışmada analiz için elimizde çok fazla parametre (meteorolojik faktörler ile hava kirliliği emisyonları (NO_X, SO_X ve PM) olması sebebiyle adımsal çoklu doğrusal regresyon analizini (stepwise multiple linear regression analysis) yapılması daha uygundur. Bu analizde meteorolojik parametreler (hava sıcaklığı, yağış,

JSR C
Journal of Scientific Reports

nisbi nem, rüzgar ve hava basıncı) bağımsız değişken (X1, X2, X3, X4, X5 vb.), hava kirliğine neden olan emisyonlar (NO_X, SO_X ve PM) ise bağımlı değişkenlerdir (Y1, Y2, Y3) [30]. Her bir emisyon kirliliğinin meteorolojik faktörlerle analizinin sırayla yapılması gerekmektedir. Buna göre NO_X için ortaya çıkacak formül Eş. 1'de gösterilmiştir. Bu formülün aynısı diğer hava kirliliği emisyonları (SO_X, PM) için de kullanılacaktır. Regresyon analizi, Microsoft Office Excel'deki veri çözümleme bölümünden regresyon analizinin seçilmesiyle ve bağımlı ve bağımsız değişkenlerin tabloya girilmesiyle yapılmaktadır.

$$Y\ (NO_X) = A\ (\text{intercept}) + B1*\text{Hava sıcaklığı} + B2*\text{Yağış} + B3*\text{Nisbi nem} + B4*\text{Rüzgar} + B5\ *\text{Hava basıncı} + E\ (\text{hata derecesi}) \quad (1)$$

Korelasyon analizi, iki farklı değişken arasında regresyon analizine göre ortaya çıkan ilişkinin birlikteliğini ve yönünü belirlemek için kullanılan bir istatistik yöntemidir. Korelasyon değer aralığı $-1<R^2<+1$ arasında değişir ve $R^2=0$ değeri doğrusal bir ilişki olmadığını, R^2 değerinin 0'a yaklaşmasıyla doğrusal ilişkinin zayıf bir ilişki olduğunu, + 1'e yaklaşmasıyla pozitif yönlü bir ilişki olduğunu, - 1'e yaklaşmasıyla negatif (ters) yönlü bir ilişki olduğunu belirtmektedir. Korelasyon katsayılarının ilişki dereceleri Çizelge 1'de sunulmuştur. Korelasyon katsayısına göre bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki oran %50'ye kadar ise bu değişkenler arasında zayıf seviyede bir ilişkinin bulunduğunu, %51-%70 arasında ise bu değişkenler arasında orta seviyede bir ilişkinin bulunduğunu, %71-%100 arasında ise kuvvetli seviyede bir ilişkinin bulunduğunu belirtmektedir [30]. Korelasyon analizi, Microsoft Office Excel'deki veri çözümleme bölümünden korelasyon analizinin seçilmesiyle ve çıkan tabloya bağımlı ve bağımsız değişkenlerin girilmesiyle yapılmaktadır.

Çizelge 1. Korelasyon katsayılarının ilişki dereceleri [30].

Korelasyon Katsayısı (%)	İlişki Derecesi
0	İlişki yok
01-10	Çok zayıf
11-20	Nispeten çok zayıf
21-30	Zayıf
31-40	Nispeten zayıf
41-50	Çok az zayıf
51-60	Çok az güçlü
61-70	Nispeten güçlü
71-80	Güçlü
81-90	Nispeten çok güçlü
91-100	Çok güçlü

Regresyon analizi sonucunda elde ettiğimiz Düzeltilmiş R Kare (Adjusted R Square) değeri, korelasyon analizinde kullanılmaktadır ve elde ettiğimiz değerin % karşılığına göre Tablo 1'den yapılan analizin ilişki derecesi ortaya çıkarılmaktadır. Bu ilişki derecesi, analizini yaptığımız bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü (pozitif/negatif) anlamamıza yardımcı olmaktadır [30]. Yaptığımız analizlerde kullanılmak üzere İstanbul Boğazı'ndaki gemi trafik bilgilerine Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'nden, Boğaz bölgesindeki meteorolojik verilere Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden ulaşılmıştır [21]. Analizlere sağlık istatistikleri de eklenmek

istenmiş ancak hastanelerin ellerindeki verileri (solunum sistemi ve dolaşım sistemi hastalıklarına maruz kalmış hasta sayıları vb.) paylaşmaması sebebiyle bu bölüm analizlere dahil edilememiştir.

2.2. Gemi Emisyon Analizi

Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'nden ve yerel deniz trafiğini oluşturan firmalarından elde ettiğimiz veriler ışığında Carlo Trozzi ve Rita Vaccaro isimli iki akademisyen tarafından geliştirilen gemi hareketlerine dayalı emisyon analiz metodolojisi [31-33], Boğaz bölgesindeki gemi egzoz gazı emisyonlarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Metodolojide gemilerin operasyonel durumlarına (seyir, manevra ve liman) göre her gemi tipi için emisyon faktörleri oluşturulmuştur. Gemi tiplerine göre gemilerin tam yükte harcadıkları yakıt, yaptıkları seyir, manevra ve liman durumlarına göre ortaya çıkardıkları baca gazı emisyonları (CO_2, NO_X, SO_X, CO, VOC ve PM) metodolojide hesaplanabilmektedir. Metodolojide kullanılan veriler; gemi tipi, gemi tonajı, geminin gittiği mesafe, geminin ana ve yardımcı makine tipi ve ana ve yardımcı makine gücüdür [31-33]. Bu verilerle birlikte metodolojideki formüller Microsoft Office Excel içerisinde VBA (Visual Basic Applications) ile birleştirilerek emisyon analizi programı oluşturulmuş ve Boğaz bölgesindeki yerel ve transit gemi trafiğinin ortaya çıkardığı baca gazı emisyonlarının detaylı analizi yapılmıştır. Boğaz bölgesindeki gemi emisyonlarının emisyon hesaplaması bu metodoloji ile Tokuşlu [21] tarafından yapılmıştır.

2.3. Yerel Gemi Trafiği

İstanbul Boğazı'nda yerel deniz trafiğini, şehir hatları, deniz otobüsleri ve yolcu taşımacılığında kullanılan özel yolcu motorları oluşturmaktadır. Yerel trafiği oluşturan tüm gemilerin yıllık ortalama 515.160 adet sefer yaptığı hesaplanmıştır [21]. Bu seferlerin hemen hepsi, Avrupa ve Anadolu kıyısında karşılıklı yapılan yolcu taşımacılığı faaliyetleridir. Yerel trafiği oluşturan firmaların sefer sayılarına göre günlük yoğunluklarını (%) incelediğimizde;

- İstanbul Şehir Hatları Turizm San. ve Tic. A.Ş., 28 adet gemi ile günlük 464 sefer (% 33),
- Turyol Turizm ve Yolcu Taşıyıcılar Kooperatifi, 52 adet gemi ile günlük 460 sefer (% 32),
- Mavi Marmara Kooperatifi, 29 adet gemi ile günlük 156 sefer (% 11),
- Dentur Deniz Taşımacılığı A.Ş., 41 adet gemi ile günlük 144 sefer (% 10),
- Beyden Deniz Ulaşım Hizmetleri Turizm ve Ticaret Ltd.Ş., 22 adet gemi ile günlük 120 sefer (% 8),
- İstanbul Deniz Otobüsleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., 21 adet gemi ile günlük 61 sefer (% 4),
- Boğaziçi Yolcu ve Turizm Kooperatifi, 20 adet gemi ile günlük 26 sefer (% 2) yaptığı görülmüştür [21].

Yerel trafiğin 2015 yılında ortaya çıkardığı baca gazı emisyonları 315.310 ton CO_2, 4.101 ton NO_X, 3.566 ton SO_X, 2.372 ton CO, 767 ton VOC, 330 ton PM olmak üzere toplam emisyon 326.446 tondur [21]. En çok emisyon ortaya çıkaran firmalar, İstanbul Şehir Hatları Turizm San. ve Tic. A.Ş., Turyol Turizm ve Yolcu Taşıyıcılar Kooperatifi, Mavi Marmara Kooperatifi, Dentur Deniz Taşımacılığı A.Ş. ve diğerleridir [21].

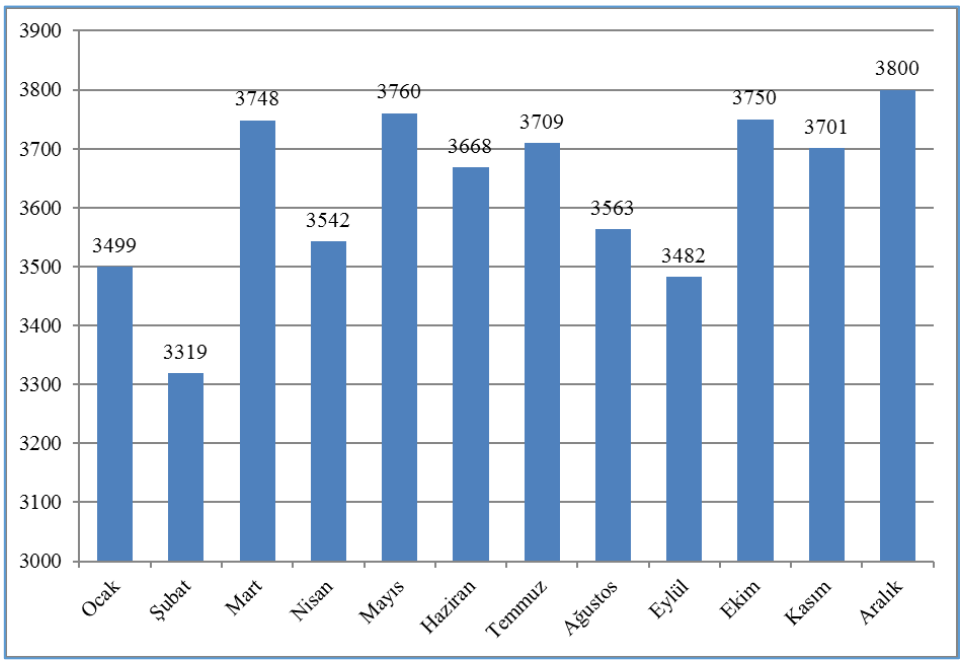
2.4. Transit Gemi Trafiği

İstanbul Boğazı'ndan 2015 yılında 43.541 adet gemi transit geçiş yapmıştır [34]. Transit gemilere ait bilgiler Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'den temin edilmiştir. Transit gemilerin tipleri, sayıları ve genel ortalamadaki yoğunlukları (%) incelendiğinde;

- 22.412 adet kuru yük gemisi (%51),

- 8.633 adet tanker gemisi (%20),
- 7.494 adet dökme yük gemisi (%17),
- 2.664 adet konteyner gemisi (%6),
- 889 adet yolcu, ro-ro ve kargo Gemisi (%2),
- 413 adet hizmet gemileri (%1),
- 382 adet römorkör (%1),
- 321 adet askeri gemi (6 adet Denizaltı) (%1),
- 429 adet yolcu gemisi, yelkenli gemi ve diğer tip gemilerdir (%1) [34].

Transit gemi geçişin en çok olduğu ay, Aralık ayı olup, bu ayda gemi geçişinin 3.800 adet olduğu, ikinci en çok gemi geçişinin Mayıs ayında olduğu ve sayısının 3.760 olduğu Şekil 1'de gösterilmiştir. Boğaz'dan en az transit gemi geçişi Şubat ayında gerçekleşmiş olup, sayısı 3.319 olarak kayıt edilmiştir. Boğaz aylık transit gemi geçiş ortalaması 3.628 gemidir. Hava kirliliği aylık konsantrasyonlarının transit gemi geçiş sayılarına paralel olarak artıp azalacağı değerlendirilmektedir. 2015 yılında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan transit gemilerin ortaya çıkardığı egzoz gazı emisyonları 937.017 ton CO_2, 18.324 ton NO_X, 5.294 ton SO_X, 2.138 ton CO, 693 ton VOC, 692 ton PM olmak üzere toplam emisyon 964.158 tondur [21]. En çok hava kirliliğine sebep olan gemi tipleri ise kuru yük gemileri, tanker gemileri, dökme yük gemileri, konteyner gemileri ve diğer tip gemilerdir.



Şekil 1. Transit gemi geçişlerinin aylara göre dağılımı [21].

İstanbul Boğazı'nda toplam (yerel ve transit) gemi kaynaklı egzoz gazı kirliliği 18.324 ton NO_X, 2.138 ton CO, 937.017 ton CO_2, 693 ton VOC, 692 ton PM ve 5.294 ton SO_X'dir [21]. Yapacağımız

JSR C
Journal of Scientific Reports

regresyon ve korelasyon analizinde, yerel ve transit gemi trafiğinin ay ay ortaya çıkardığı SO_X, NO_X ve PM emisyon oranları bağımlı değişken olarak hesaplamaya katılmıştır.

2.5. Meteorolojik Parametreler

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen İstanbul Boğaz bölgesi 2015 yılı aylık meteorolojik parametreler (yağış, hava basıncı, nisbi nem, rüzgar, sıcaklık) Çizelge 2'de sunulmuştur. Elimizdeki verilere göre yağışın en yüksek olduğu ay, Şubat ayı (123,6 mm), yağışın en düşük olduğu ay, Temmuz ayı (26,4 mm) olarak görülmüştür. Hava basıncının en yüksek olduğu ay, Aralık ayı (1026,1 hPa), en düşük olduğu ay, Ağustos ayıdır (1009,9 hPa). 1013 hPa üstü yüksek hava basıncı olarak kabul edilmekte olup, yüksek basıncın görüldüğü aylar Ocak, Mart, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık aylarıdır. Nisbi nemin en yüksek olduğu ay, Şubat ayı (%83,6), en düşük olduğu ay ise Nisan ayıdır (%72,7). Rüzgarın en yüksek olduğu ay, Şubat ayı (3,6 knot), en düşük olduğu ay, Mayıs ayıdır (2,2 knot). Sıcaklığın en yüksek olduğu ay ise Ağustos ayı (26,1 ºC), en düşük olduğu ay Ocak ayıdır (6,9 ºC). Regresyon ve korelasyon analizinde aylık meteorolojik parametreler, bağımsız değişken olarak analizlere katılmıştır.

Çizelge 2. Aylık meteorolojik parametreler [12].

Aylar	Yağış (mm)	Hava Basıncı (hPa)	Nisbi Nem (%)	Rüzgar (knot)	Sıcaklık (°C)
Ocak	99,6	1014,8	77,7	3,5	6,9
Şubat	123,6	1012,3	83,6	3,6	7,0
Mart	61,2	1013,5	83,3	2,4	8,0
Nisan	62,2	1013,9	72,7	2,7	11,3
Mayıs	56,0	1011,0	80,0	2,2	17,4
Haziran	71,4	1010,9	82,3	2,4	20,8
Temmuz	26,4	1011,1	75,7	2,8	24,3
Ağustos	48,9	1009,9	76,1	3,0	26,1
Eylül	96,1	1011,6	80,1	3,0	23,3
Ekim	116,5	1015,9	82,3	3,0	17,5
Kasım	55,7	1015,8	78,7	2,9	14,5
Aralık	40,8	1026,1	79,3	2,9	8,8

2. SONUÇLAR

İstanbul Boğazı'ndaki gemi trafiğinin ortaya çıkardığı egzoz gazı emisyonu konsantrasyonu ile meteorolojik faktörler arasında bir ilişkinin mevcut olup olmadığını anlamak için regresyon ve korelasyon analizi yapılmıştır. Yapılan analizlerde elimizdeki meteorolojik faktörler (hava sıcaklığı, yağış, nisbi nem, rüzgar ve hava basıncı) bağımsız değişken, gemi egzoz gazı emisyonları (NO_X, SO_X ve PM) ise bağımlı değişkenler olarak hesaplamaya katılmıştır. Gemi trafiğinin (yerel ve transit gemi) ortaya çıkardığı baca gazı emisyonları (NO_X, SO_X ve PM) miktarları ve meteorolojik faktörler ay ay hesaplanarak analize katılmıştır. Yaptığımız adımsal çoklu doğrusal regresyon analizi ve korelasyon analizinde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler, Çizelge 3'te sunulmuştur.

JSR C
Journal of Scientific Reports

Çizelge 3. Adımsal çoklu doğrusal regresyon analizi bağımlı ve bağımsız değişkenler [12, 21].

Aylar	Bağımlı değişkenler			Bağımsız değişkenler				
	NOx (Ton)	SOx (Ton)	PM (Ton)	Yağış (mm)	Hava Basıncı (hPa)	Nisbi Nem (%)	Rüzgar (knot)	Sıcaklık (°C)
Ocak	1.793	708	81	99,6	1014,8	77,7	3,5	6,9
Şubat	1.734	710	82	123,6	1012,3	83,6	3,6	7,0
Mart	1.906	769	90	61,2	1013,5	83,3	2,4	8,0
Nisan	1.840	738	86	62,2	1013,9	72,7	2,7	11,3
Mayıs	1.940	770	90	56,0	1011,0	80,0	2,2	17,4
Haziran	1.907	758	88	71,4	1010,9	82,3	2,4	20,8
Temmuz	1.913	754	88	26,4	1011,1	75,7	2,8	24,3
Ağustos	1.812	701	80	48,9	1009,9	76,1	3,0	26,1
Eylül	1.796	708	81	96,1	1011,6	80,1	3,0	23,3
Ekim	1.898	735	85	11,.5	1015,9	82,3	3,0	17,5
Kasım	1.938	750	87	55,7	1015,8	78,7	2,9	14,5
Aralık	1.951	769	90	40,8	1026,1	79,3	2,9	8,8

Yaptığımız analizlerde öncelikle NO_X bağımlı değişkeni için, NO_X ile meteorolojik faktörler arasında adımsal çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmış, sonra sırasıyla SO_X ve PM bağımlı değişkenleri ile meteorolojik faktörler arasında regresyon analizi yapılmıştır. NO_X ile meteorolojik faktörler arasında yapılan regresyon analizine göre ortaya çıkan formül Eş. 2'de gösterilmiştir.

$$Y\ (NO_X) : -6405{,}21 - 0{,}818 * \text{Yağış} + 8{,}151 * \text{Hava Basıncı} + 2{,}675 * \text{Nisbi Nem} - 56{,}535 * \text{Rüzgar} - 1{,}331 * \text{Sıcaklık} \quad (2)$$

Bu formüle göre ortaya çıkan regresyon analizinin anlamı; NO_X ile hava basıncı ve nisbi nem arasında "doğru orantılı" bir ilişki, yağış, rüzgar ve sıcaklık arasında "ters orantılı" bir ilişki mevcuttur. Yani hava basıncı ve nisbi nem değerlerinde ortaya çıkacak bir birimlik artış NO_X değerinin artmasına, yağış, rüzgar ve sıcaklık değerlerinde ortaya çıkacak bir birimlik artış ters orantılı olarak NO_X değerinin azalmasına neden olacaktır. Bu analiz ile elimizdeki meteorolojik faktörlerin değerlerinin girilmesiyle istenilen güne ait NO_X emisyon kirliliği bulunabilecektir. Yaptığımız regresyon analizi sonucu Çizelge 4'te gösterilmiştir. Analizde düzeltilmiş R kare değeri 0,6186222 olarak bulunmuş olup, bu değere göre korelasyon analizi açısından NO_X ile meteorolojik faktörler arasında "nispeten güçlü bir ilişki" tespit edilmiştir. Bu değere göre, NO_X ile meteorolojik faktörler arasında %62'lik bir oranda ilişki bulunduğu, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birbirlerini bu yüzdelik oranda etkiledikleri, %38'lik farkın başka sebeplerden kaynaklandığını değerlendirilmiştir. Anova tablosundaki Anlamlılık (significance) F değeri 0,045843679 bulunmuş olup, bu değer 0,05 değerinden küçük olduğu için regresyon analizi "bütün" olarak anlamlıdır ve bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında istatiksel bir ilişki mevcuttur.

JSR C
Journal of Scientific Reports

Çizelge 4. NO_X, SO_X, PM ile meteorolojik faktörler arasında çoklu doğrusal regresyon analizi sonucu.

Regresyon Analizi Sonucu	Adımsal Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi		
	NO_X ile Meteorolojik Faktörler Çoklu Regresyon Analizi	SO_X ile Meteorolojik Faktörler Çoklu Regresyon Analizi	PM ile Meteorolojik Faktörler Çoklu Regresyon Analizi
Çoklu R (Multiple R)	0,8899302	0,913972743	0,9031815
R Kare (R Square)	0,7919757	0,835346176	0,8157368
Düzeltilmiş R Kare (Adjusted R Square)	0,6186222	0,698134655	0,6621842
Anlamlılık (Significance) F	0,045843679	0,024051059	0,032868079
Kesişim Noktası (Intercept)	-6405,207	-691,8363529	-97,142966
Yağış	-0,818194	-0,403500571	-0,0595223
Hava Basıncı	8,1507025	1,381005645	0,1773208
Nisbi Nem	2,6752216	1,828126874	0,2470211
Rüzgar	-56,53531	-23,39019684	-3,2457635
Sıcaklık	-1,330613	-1,113727747	-0,1847121

Yaptığımız regresyon analizine göre NO_X'in, meteorolojik faktörler ile arasındaki ilişki durumu ve derecesi ortaya koyan korelasyon analizi sonucu Çizelge 5'te sunulmuştur. Buna göre NO_X ile yağış ve rüzgar arasında "nisbeten güçlü bir ilişki" bulunduğu, yağış ve rüzgarın ters orantılı olarak NO_X üzerinde artma veya azalma yönünde etkisinin bulunduğu, yağış ve rüzgar arttığında NO_X'in azaldığı, yağış veya rüzgarın azaldığı durumlarda NO_X'in arttığı görülmüştür. NO_X ile hava basıncı, nisbi nem ve sıcaklık ile arasında "zayıf bir ilişki" olduğu, NOx üzerinde bir etkilerinin bulunmadığı anlaşılmıştır. Hava basıncı ile NO_X arasında "nispeten zayıf bir ilişki" olduğu, bu ilişkinin özellikle kış aylarında kendisini fazlasıyla gösteren yüksek basınç (1013 hPa) sebebiyle ortaya çıktığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 5. NO_X ile meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon analizi.

Kirletici Etken (Bağımlı Değişken)	Bağımsız Değişkenler	R^2 (R Kare) (%)	İlişkinin Derecesi
NO_X	Yağış	-0,633522698	Nispeten Güçlü
	Hava Basıncı	0,382957461	Nispeten Zayıf
	Nisbi Nem	-0,015454634	İlişki Yok
	Rüzgar	-0,683196346	Nispeten Güçlü
	Sıcaklık	0,12679405	Nispeten Çok Zayıf

İkinci olarak SO_X ile meteorolojik faktörler arasında yaptığımız regresyon analizine göre ortaya çıkan formül Eş. 3'te gösterilmiştir.

Y (SO_X) : - 691,836 - 0,404 * Yağış + 1,381 * Hava Basıncı + 1,828 * Nisbi Nem – 23,390 * Rüzgar – 1,114 * Sıcaklık (3)

Bu formüle göre ortaya çıkan SO_X regresyon analizi, NO_X regresyon analizi ile paralellik arz etmektedir. SO_X ile hava basıncı ve nisbi nem arasında "doğru orantılı" bir ilişki, yağış, rüzgar ve

sıcaklık arasında "ters orantılı" bir ilişki mevcuttur. Hava basıncı ve nisbi nem değerlerinin artmasıyla SO_X değerleri de artacak, tam tersi olarak hava basıncı ve nisbi nem değerlerinin azalmasıyla SO_X değerleri de azalacaktır. Yağış, rüzgar ve sıcaklık değerlerinde ortaya çıkacak bir birimlik azalış ters orantılı olarak SO_X değerinin artmasına sebep olacaktır. Bu analiz ile elimizdeki meteorolojik verilerin formüle girilmesiyle birlikte istenilen güne ait SO_X emisyon kirliliği değeri bulunabilecektir. Yaptığımız regresyon analizi sonucu Çizelge 4'te gösterilmiştir. Düzeltilmiş R Kare değeri 0,698134655 olarak bulunmuş olup, bu değerin sonucuna göre korelasyon analizi açısından SO_X ile meteorolojik faktörler arasında "nispeten güçlü bir ilişki" olduğu tespit edilmiştir. Bu değere göre, SO_X ile meteorolojik faktörler arasında %70'lik bir oranda ilişki bulunduğu, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birbirlerini bu yüzdelik oranda etkiledikleri, %30'luk farkın başka sebeplerden kaynaklandığını değerlendirilmiştir. Anova tablosundaki Anlamlılık (significance) F değeri 0,024051059 bulunmuş olup, bu değer 0,05 değerinden küçük olduğu için regresyon analizi "bütün" olarak anlamlıdır ve bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında istatiksel bir ilişki mevcuttur.

Yaptığımız regresyon analizine göre SO_X'in, meteorolojik faktörler ile arasındaki ilişki durumu ve derecesi ortaya koyan korelasyon analizi sonucu Çizelge 6'da sunulmuştur. Buna göre SO_X ile yağış ve rüzgar arasında" güçlü bir ilişki" bulunduğu, yağış ve rüzgarın arttığı zamanda SO_X'in azaldığı, yağış ve rüzgarın azaldığı durumlarda SO_X'in arttığı görülmüştür. SO_X ile hava basıncı, nisbi nem ve sıcaklık arasında "çok zayıf bir ilişki" olduğu, SO_X üzerinde bir dikkate değer bir etkilerinin bulunmadığı anlaşılmıştır. Hava basıncı ile SO_X arasında "nispeten zayıf bir ilişki" olduğu, bu ilişkinin yüksek basınç (1013 hPa) sebebiyle ortaya çıktığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 6. SO_X ile meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon analizi.

Kirletici Etken (Bağımlı Değişken)	Bağımsız Değişkenler	R^2 (R Kare) (%)	İlişkinin Derecesi
SO_X	Yağış	-0,564590027	Çok Az Güçlü
	Hava Basıncı	0,335292608	Nispeten Zayıf
	Nisbi Nem	0,133455897	Nispeten Çok Zayıf
	Rüzgar	-0,71905995	Güçlü
	Sıcaklık	-0,134320315	Nispeten Çok Zayıf

Son olarak PM ile meteorolojik faktörler arasında yaptığımız regresyon analizine göre ortaya çıkan formül Eş. 4'te gösterilmiştir.

Y (PM) : -97,143 – 0,060 * Yağış + 0,177 * Hava Basıncı + 0,247 * Nisbi Nem – 3,246 * Rüzgar -0,185 * Sıcaklık (4)

PM regresyon analizinde elde ettiğimiz sonuç, NO_X ve SO_X regresyon analiz sonuçları ile paralellik arz etmektedir. PM ile hava basıncı ve nisbi nem arasında "doğru orantılı" bir ilişki, yağış, rüzgar ve sıcaklık arasında "ters orantılı" bir ilişki mevcuttur. Hava basıncı ve nisbi nem değerlerinin artmasıyla PM değerleri de artacak veya tam tersi olarak azalacaktır. Yağış, rüzgar ve sıcaklık değerlerinde ortaya çıkacak bir birimlik azalış veya artış ters orantılı olarak PM değerinin artmasına veya azalmasına sebep olacaktır. İstenilen güne ait PM emisyon kirliliği oranı, elimizdeki meteorolojik verilerin formüle girilmesiyle hesaplanabilmektedir. PM için yaptığımız regresyon analizi sonucu Çizelge 4'te gösterilmiştir. Düzeltilmiş R Kare değeri 0,6621842 olarak hesaplanmış olup, bu değere göre korelasyon analizi açısından PM ile meteorolojik faktörler arasında "nispeten güçlü bir ilişki"

bulunmuştur. PM ile meteorolojik faktörler arasında %66'lık bir oranda ilişki bulunduğu, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birbirlerini bu yüzdelik oranda etkiledikleri, %34'lük farkın başka sebeplerden kaynaklandığını değerlendirilmiştir. Anova tablosundaki Anlamlılık (significance) F değeri 0,032868079 bulunmuş olup, bu değer 0,05 değerinden küçük olduğu için regresyon analizi " bütün" olarak anlamlıdır ve bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında istatiksel bir ilişki mevcuttur.

Yapılan regresyon analizine göre elde edilen korelasyon analiz sonucu Çizelge 7'de sunulmuştur. Korelasyon analizi sonucuna göre PM ile yağış ve rüzgar arasında "güçlü bir ilişki" bulunduğu, yağış ve rüzgar arttığında PM'nin azaldığı, yağış ve rüzgarın azaldığı zamanlarda PM değerinin arttığı görülmüştür. PM ile hava basıncı, nisbi nem ve sıcaklık arasında "çok zayıf bir ilişki" olduğu veya dikkate değer bir etkilerinin bulunmadığı anlaşılmıştır. Yüksek hava basıncı (1013 hPa) nedeniyle, hava basıncı ile PM arasında "nispeten zayıf bir ilişkisi" olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 7. PM ile meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon analizi.

Kirletici Etken (Bağımlı Değişken)	Bağımsız Değişkenler	R^2 (R Kare)(%)	İlişkinin Derecesi
PM	Yağış	-0,558736061	Çok Az Güçlü
	Hava Basıncı	0,339056365	Nispeten Zayıf
	Nisbi Nem	0,121091423	Nispeten Çok Zayıf
	Rüzgar	-0,692195078	Nispeten Güçlü
	Sıcaklık	-0,167245561	Nispeten Çok Zayıf

3. TARTIŞMA

Gemiler tarafından atmosfere salınan baca gazlarından azot oksit (NO_X), sülfür oksit (SO_X) ve partiküler madde (PM) emisyonlarının insan sağlığı ve çevre üzerinde doğrudan zararlı etkileri bulunmaktadır [1,3,4]. Yaklaşık 15 milyon insanın yaşadığı İstanbul ilinin nüfusunun %35'i İstanbul Boğazı'na yaklaşık 4/5 km mesafede yaşamaktadır [21]. Boğaz'daki mevcut gemi trafiği emisyonu konsantrasyonlarının bölgedeki meteorolojik faktörler ile arasındaki ilişkinin incelenmesi ve bu ilişkinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi çok önemlidir. Bu çalışmada İstanbul Boğazı'ndaki bir yıllık gemi trafiği emisyon sonuçları (NO_X, SO_X ve PM) ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişki durumu, adımsal çoklu doğrusal regresyon analizi ve korelasyon analizi yapılarak incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda gemi emisyonu konsantrasyonları ile meteorolojik faktörler arasında bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan regresyon analizinde ortaya çıkan ortak sonuca göre NO_X, SO_X ve PM emisyonları ile nisbi nem ve hava basıncı arasında "doğru orantılı" bir ilişki, yağış, rüzgar ve sıcaklık arasında "ters orantılı" bir ilişki ortaya çıkmıştır. Hava basıncı ve nisbi nem değerlerinde ortaya çıkacak bir birimlik artış veya azalış NO_X, SO_X ve PM emisyonlarının etkisinin artmasına veya azalmasına, yağış, rüzgar ve sıcaklık değerlerinde ortaya çıkacak bir birimlik artış veya azalış ters orantılı olarak NO_X, SO_X ve PM emisyonlarının etkisinin azalmasına veya artmasına sebep olacaktır. Hava basıncı ve nisbi nemin kış ve ilkbahar aylarında yüksek seviyede görülmesi ve emisyonlarla doğru orantılı bir ilişkisinin ortaya çıkması sebebiyle, diğer şehir emisyonlarının (taşıt trafiği, sanayii ve evsel ısınma vb.) da bu aylarda artış gösterdiği düşünüldüğünde gemilerden salınan NO_X, SO_X ve PM emisyonlarının şehir üzerinde zararlı etkisini daha fazla göstereceği değerlendirilmiştir. Yağış, rüzgar ve sıcaklık ile

emisyonlar arasındaki ortaya çıkan "ters orantılı" ilişkinin sebebi, bu meteorolojik faktörlerin artması ile kirletici konsantrasyonların azalması, zararlı etkisini kaybetmesidir.

Korelasyon analizlerinde de benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Buna göre NO_X, SO_X ve PM ile yağış ve rüzgar arasında "güçlü bir ilişki" bulunmuş, meteorolojik faktörlerin ters orantılı olarak NO_X, SO_X ve PM üzerinde artma veya azalma yönünde etkisinin bulunduğu görülmüştür. NO_X, SO_X ve PM ile hava basıncı, nisbi nem ve sıcaklık arasında "zayıf bir ilişki" ortaya çıkmıştır. Hava basıncı, nisbi nem ve sıcaklık değerlerinin zayıf bir ilişkiye sahip olmasının sebebi, havadaki kirletici konsantrasyonların temizlenmesine katkı sağlıyacak kadar bu meteorolojik faktörlerin etkisinin yüksek seviyede görülmemesidir. Yağış ve rüzgar arttığında kirletici konsantrasyonlar havadan temizlenecek ve zararlı etkileri azalacaktır.

PM'ler hava kirliliğini oluşturan önemli bir bileşenlerden biridir ve insan sağlığı, çevre ve iklim değişikliği üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle küresel seviyede endişe uyandırmaktadır [35-38]. NO_X ve SO_X emisyonlarını azaltıcı tedbirler (emisyon kontrol alanları, sülfür emisyon kontrol alanları, yakıttaki sülfür oranının düşürülmesi, dizel makinelerde konfigürasyon vb.) Uluslaraarsı Denizcilik Örgütü tarafından yürürlüğe konulmasına rağmen, PM'lerin zararlı etkilerinin ortadan kaldırılmasına yönelik bir tedbir bulunmamaktadır. Bu durum da PM'lerin emisyonlardaki olumsuz etkisinin kaybolmamasına sebebiyet vermektedir. PM'lerin toz şeklinde olması ve atmosferde uzun süre asılı kalabilmesi sebebiyle insan sağlığına zararlı etkisi diğer emisyon türlerine (NO_X, SO_X) göre daha fazladır [37,39]. PM'lerin büyüklüğüne göre (2,5 mm, 10 mm) üst solunum yolu rahatsızlıkları, akciğer rahatsızlıkları, astım, bronşit vb. ortaya çıkmaktadır [40,41]. Emisyonların sonbahar ve kış aylarında daha fazla artması sonucu bu rahatsızlıklar da daha fazla görülmektedir. İlkbahar aylarında Cezayir, Libya ve Tunus çöllerinden kalkıp İstanbul'a gelen sahra tozu taşınımlarının [21] da ayrı bir PM kirliliği kaynağı olduğunu düşündüğümüzde, İstanbul ili üzerinde hemen hemen bütün yıl boyunca PM kirliliği ve zararlı etkileri görülmektedir.

Yapılan tüm analizlerin sonucunda gemi emisyonları konsantrasyonları ile meteorolojik faktörler arasında doğru orantılı ve güçlü bir ilişki bulunduğu, emisyonların zararlı etkilerinin artması veya azalması yönünde birbirlerini etkiledikleri görülmüştür. Boğaz çevresindeki hava kirliliğinin etkilerinin azaltılması için, gemi trafiğinin meteorolojik faktörler göz önünde bulundurularak hava basıncı ve nisbi nemin yüksek olduğu zamanlarda yavaşlatılmasının gerekli olduğu değerlendirilmektedir. Bunun yanında İstanbul ilinin diğer hava kirliliği kaynakları olan taşıt trafiği, sanayii ve evsel ısınma ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkinin araştırılmasının ve ortaya çıkacak ilişki durumuna göre hava kirliliği konsantrasyonlarının zararlı etkilerinin azaltılmasını amaçlayan bir eylem planı hazırlanmasının gerekli olduğu kıymetlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR

Makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılardan dolayı Journal of Scientific Reports-B Dergisi editör ve hakemlerine çok teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

[1] Natural Resources Defense Council (NRDC). (2004). Harboring Pollution: Strategies to Clean up U.S. Ports. NewYork, USA: The Natural Resources Defense Council, 97p.

[2] The International Council on Clean Transportation (ICCT). (2007). Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-Going Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. Washington, USA: The International Council on Clean Transportation Publications. 102p.

[3] Rai, A.C., Kumar, P., Pilla, F., Skouloudis, A.N., Di Sabatino, S., Ratti, C., Yasar, A. and Rickerby, D. (2017). End-User Perspective of Low-Cost Sensors for Outdoor Air Pollution Monitoring. Science of The Total Environment, 607-608, 691-705.

[4] Franchini, M. and Mannucci, P.M. (2018). Mitigation of Air Pollution by Greenness: A Narritive Review. European Journal of Internal Medicine, 2018.

[5] World Health Organization. (2011). Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide for Global update 2005. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe. ISBN 92-890-2192-6, 484p.

[6] Wang, J.F., Hu, M.G., Xu, C.D., Christakos, G. and Zhao, Y. (2013). Estimation of citywide air pollution in Beijing. PLoS One, 8 (1).

[7] Barbulescu, A. and Barbes, L. (2017). Mathematical Modeling of Sulfur Dioxide Concentration in the Western Part of Romania. Journal of Environmental Management, 204 Part 3, 825-830.

[8] Biancofiore, F., Busilaccihio, M., Verdecchia, M., Tomassetti, B., Aruffo, E., Bianco, S., Di Tommaso, S., Colangelli, C., Rosatelli, G. and Di Carlo, P. (2017). Recursive Neural Network Model for Analysis and Forecast of PM_{10} and $PM_{2.5}$. Atmospheric Pollution Research, 8, 652-659.

[9] Bari, MD. and Kindzierski, W.B. (2015). Fifteen-Year Trends in Criteria Air Pollutants in Oil Sands Communities of Alberta, Canada. Environmental International, 74, 200-208.

[10] Zafra, C., Ángel, Y. and Torres, E. (2017). ARIMA Analysis of the Effect of Land Surface Coverage on PM_{10} Concentrations in a High-Altitude Megacity. Atmospheric Pollution Research, 8, 660-668.

[11] Asl, F.B., Leili, M., Vaziri, Y., Arian, S.S., Cristaldi, A., Conti, G.O. and Ferrante, M. (2018). Health Impacts Quantification of Ambient Air Pollutants Using Airquality Model Approach in Hamadan, Iran. Environmental Research, 161, 114-121.

[12] Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2019). Meteorolojik veriler, http://www.mgm.gov.tr, 2019.

[13] Öztürk, M. (2009). Çevre Komisyonu Raporu: Hava kirliliğini artıran sıcaklık inversiyon. Çevre ve Şehir Kütüphanesi Yayınları, Ankara, 18s.

[14] Müezzinoğlu, A. (2000). Hava kirliliği ve kontrolünün esasları. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, ISBN 9756981369, İzmir, 328s.

[15] Özcan, N.S. and Çubukcu, K.M. (2014). Evaluation of air pollution effects on asthma disease: the case of Izmir. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 202, 448-455.

[16] Dursun, Ş. ve İbrahimova, İ. (2014). Bakü Hava Kirlenmesinde SO_2'nin Rolü ve Meteorolojik Olaylarla İlişkisinin Araştırılması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt. 1, No. 3, S. 84-91, Haziran 2014.

[17] Çapraz, Ö., Efe, B. and Deniz, A. (2014). Study on the association between air pollution and mortality in Istanbul, 2007-2012. Atmospheric Pollution Research, 7, 147-154.

[18] Zhang, H., Wang, Y., Hu, J., Ying, Q. and Hu, X.M. (2015). Relationships between meteorological parameters and criteria air pollutants in three mega cities in China. Environmental Research, 140 (2015), 242-254.

[19] Kunt, F. ve Dursun, Ş. (2018). Konya Merkezinde Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 1(1): 54-61 (2018).

[20] Sari, M.F. ve Esen, F. (2019). PM_{10} ve SO_2 Konsantrasyonları ve Meteorolojik Parametrelerin Konsantrasyonlar Üzerine Etkileri. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 8, Sayı 2, (2019), 689-697. doi: 10.28948/ngumuh.598226.

[21] Tokuşlu, A. (2019). İstanbul Boğazı'nda Gemi Kaynaklı Hava Emisyonlarının Analizi ve Etkilerinin Ortaya Konulması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul, 189s.

[22] Nastase, G., Serban, A., Nastase, A.F., Dragomir, G. and Brezeanu, A.I. (2018). Air Quality, Primary Air Pollutants and Ambient Concentrations Inventory for Romania. Atmospheric Environment, 184, 292-303.

[23] Tokuşlu, A. (2020). Assessing the Environmental Costs of Port Emissions: The Case of Trabzon Port. Journal of International Environmental Application & Science, Vol. 15(2): 104-111 (2020).

[24] Mersin, K., Bayırhan, I. and Gazioğlu, C. (2019). Review of CO_2 Emission and Reducing Methods in Maritime Transportation. Thermal Sciences, 1-8.

[25] Bozkurt, Z., Üzmen, Ö.Ö., Döğeroğlu, T., Artun, G. and Gaga, E.O. (2018). Atmospheric Concentrations of SO_2, NO_2, Ozone and VOCs in Düzce, Turkey Using Passive Air Samplers: Sources, Spatial and Seasonal Variations and Health Risk Estimation. Atmospheric Pollution Research, 9, 1146-1156, 2018.

[26] Bayırhan, .İ, Mersin, K., Tokuşlu, A., Gazioğlu, C. (2019). Modelling of Ship Originated Exhaust Gas Emissions in the Strait of Istanbul (Bosphorus). International Journal of Environment and Geoinformatics, 6 (3), 238-243. https://doi.org/10.30897/ijegeo.457184.

[27] Belusic, A., Herceg-Bulic, I. and Klaic, Z.B. (2015). Using a Generalized Additive Model to Quantify the Influence of Local Meteorology on Air Quality in Zagreb. Geofizika, 32, 47-77.

[28] Yin, Q., Wang, J., Hu, M. and Wong, H. (2016). Estimation of Daily $PM_{2.5}$ Concentration and Its Relationship with Meteorological Conditions in Beijing. Journal of Environmental Sciences, 48, 161-168.

[29] Avşar, E., Alp, K. ve Toröz, İ. (2015). Balıkesir İli Burhaniye İlçesi (İskele Mahallesi) Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 4, 68–82.

[30] Norusis, M.J. (1990). SPSS Base System User's Guide. Chicago, USA: SPSS Inc. 520p.

[31] Trozzi, C. and Vaccaro, R. (1998). European Commission Under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme Technical Report: Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships. Roma, Italy:Techne.

[32] Trozzi, C. and Vaccaro, R. (2006). Methodologies for estimating air pollutant emissions from ships: a 2006 update. Environment & Transport 2th International Scientific Symposium including 15th conference Transport and Air Pollution, Proceedings 108, 425, 12-14 June 2006, Reims, France.

[33] Trozzi, C. (2010). Techne Consulting Report: Emissions estimate methodology for maritime navigation. San Antonio, Texas:Techne.

[34] Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2019). Denizcilik İstatistikleri, https://atlantis.udhb.gov.tr/istatistik/istatistik_filo.aspx, 2019.

[35] West, J.J., Cohen, A., Dentener, F., Brunekreef, B., Zhu, T., Armstrong, B., Bell, M.L., Brauer, M., Carmichael, G., Costa, D.L., Dockery, D.W., Kleeman, M., Krzyzanowski, M., Kunzli, N., Liousse, C., Lung, S.C.C., Martin, R.V., Poschl, U., Pope, C.A., Roberts, J.M., Russell, A.G. and Wiedinmyer, C. (2016). What we breathe impacts our health: improving understanding of the link between air pollution and health. Environment Science Technology, 50, 4895–4904.

[36] Fan, Q.Z., Zhang, Y., Ma,W.C.,Ma, H.X., Feng, J.L., Yu, Q., Yang, X., Ng, S.K.W., Fu, Q.Y. and Chen, L.M. (2016). Spatial and seasonal dynamics of ship emissions over the Yangtze River Delta and East China Sea and their potential environmental influence. Environment Science Technology, 50, 1322–1329.

[37] Liu, H., Fu, M.L., Jin, X.X., Shang, Y., Shindell, D., Faluvegi, G., Shindell, C. and He, K.B. (2016). Health and climate impacts of ocean-going vessels in East Asia. Nature Climate Change, 6 (11). http://dx.doi.org/10.1038/NCLIMATE3083.

[38] Xie,M., Liao, J.B.,Wang, T.J., Zhu, K.G., Zhuang, B.L., Han, Y., Li, M.M. and Li, S. (2016). Modeling of the anthropogenic heat flux and its effect on regional meteorology and air quality over the Yangtze River Delta region, China. Atmospheric Chemistry and Physics, 16 (10):6071–6089. http://dx.doi.org/10.5194/acp-16-6071-2016.

[39] Pérez, N., Pey, J., Reche, C., Cortes, J., Alastuey, A. and Querol, X. (2016). Impact of harbour emissions on ambient PM_{10} and $PM_{2.5}$ in Barcelona (Spain): evidences of secondary aerosol

formation within the urban area. Science of the Total Environment, 571:237–250. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.025.

[40] Scerri, M., Kandler, K., Weinbruch, S., Yubero, E., Galindo, N., Prati, P., Caponi, L. and Massabo, D. (2018). Estimation of the contributions of the sources driving $PM_{2.5}$ levels in a Central Mediterranean coastal town. Chemosphere, 211, 465.

[41] Du, W.J., Zhang, Y.R., Chen, Y.T., Xu, L.L., Chen, J.S., Deng, J.J., Hong, Y.W. and Xiao, H. (2017). Chemical characterization and source apportionment of $PM_{2.5}$ during spring and winter in the Yangtze River Delta, China. Aerosol Air Quality Research, 17, 2165–2180.

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Sayı 1, Haziran 2020

Journal of Scientific
Reports-C
Number 1, June 2020

ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)

BASIC BLUE 41 BOYAR MADDESININ ELMA KABUĞUNDAN ELDE EDILEN AKTIF KARBON ILE ADSORPLANABILIRLIĞININ MATEMATIKSEL OLARAK MODELLENMESI

Canan DEMİR[1*], Halime YILDIZ[2], Ali Rıza KUL[3], Sıddık KESKİN[4]

[1*]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Van, canandemir@yyu.edu.tr,
ORCID: 0000-0002-4204-9756
[2]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Van halimeyildiz@yyu.edu.tr,
ORCID: 0000-0002-0603-1815
[3]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Van alirizakul@yyu.edu.tr,
ORCID: 0000-0001-9331-775X
[4] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 65100,Van, skeskin973@gmail.com,
ORCID: 0000-0001-9355-6558

Geliş Tarihi:11.03.2020 *Kabul Tarihi:26.06.2020*

ÖZ

Basic Blue 41, tekstil endüstrisinde boyar madde olarak kullanılır. Boyar maddelerin bazıları doğal kökenli olmakla birlikte, bunların çoğu sentetiktir. Atık su arıtma tesislerinde işlem boyunca değişmeden kalan boyar maddeler toksik etkilere sahiptir. Tekstil atık sularının toksik olması, hem insan sağlığı hem de çevre açısından zararlı olduğu için arıtılması gerekmektedir. Bu çalışmada, elma kabuğundan elde edilen aktif karbon ile sulu ortamdan adsorbe edilen basic blue 41 boyar madde miktarının matematiksel olarak modellenmesi amaçlandı. Aktif karbon elde etmek için elma kabuğu, 2 mm'lik parçalar halinde ön işleme tabi tutulduktan sonra $ZnCl_2$ ile kimyasal olarak aktive edildi. Farklı sıcaklıklarda (25, 35, 45 ^oC) ve konsantrasyonlarda (85, 100, 125 ppm) adsorbe edilen madde miktarı belirlendi. Adsorplanan boyar madde miktarını tahmin etmede doğrusal modele ek olarak 4 farklı doğrusal olmayan model (logaritmik, kuadratik, kübik, lojistik) kullanılarak en uygun model belirlendi. Hesaplamalarda istatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak alındı ve hesaplamalar için SPSS (ver: 22.0) istatistik paket programı kullanıldı. Bu çalışma ile atık sulardan basic blue 41 boyar maddesinin gideriminde hem elma kabuğunun diğer adsorbanlar kadar iyi bir adsorban olduğu hem de adsorplanan madde miktarını tahmin etmek için en iyi modelin, %96 ile %99 arasında değişen R^2 değerleri ile kübik model olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: *Adsorpsiyon, aktif karbon, boyar madde, matematiksel modelleme*.

MATHEMATICAL MODELING of BASIC BLUE 41 DYESTUFF with ADSORBABILITY of ACTIVATED CARBON OBTAINED from APPLE PEEL

ABSTRACT

Basic blue 41 is used in textile industry as dyestuff. Some of the dyestuffs are of natural origin, but most of them are synthetic. Dyestuffs which remain unchanged throughout the process in the

JSR C
Journal of Scientific Reports

wastewater treatment plants have toxic effects. Textile wastewater should be toxic, and it should be purifyed because it is harmful to both human health and the environment. In this study, it was aimed to mathematically model the amount of basic blue 41 dye substances from the aqueous environment with activated carbon obtained from apple peel. The apple peel was chemically activated with $ZnCl_2$ after being pretreated in 2 mm pieces to obtain activated carbon. The amount of substance adsorbed at different temperatures (25, 35, 45 ^oC) and concentrations (85, 100, 125 ppm) was determined. In addition to the linear model, the most suitable model was determined by using 4 different nonlinear models (logarithmic, quadratic, cubic, logistic) in estimating the amount of adsorbed dyestuff. In calculations, statistical significance level was taken as $p < 0.05$ and SPSS (ver: 22.0) statistical package program was used for calculations. This study shows that the apple blue peel is as good as other adsorbents in the removal of basic blue 41 dye from wastewater, and the best model for estimating the amount of adsorbed substance is the cubic model with R^2 values ranging from 96% to 99%.

Keywords: *Activated carbon, adsorption, dyestuff, Mathematical modeling*.

1. GİRİŞ

Boya, cisimlere güzel bir görünüm sağlamak ve onları dış etkilerden korumak amacıyla renklendirmede kullanılan maddelerdir. Boya ve boyar madde sözcükleri eş anlamlı değildir. Boyalar, genellikle inorganik yapıda olup, bir bağlayıcı ile karışmış fakat çözünmemiş karışımlardır. Bunlar, yüzeye uygulandıklarında yüzeyde hiçbir değişikliğe neden olmaz ve kazımakla büyük parçalar halinde yüzeyden uzaklaştırılabilirler [1]. Oysa boyar maddeler organik bileşiklerdir. Boyanmak istenen materyal, boyarmadde ile kimyasal veya fizikokimyasal bir etkileşime girerek materyal yüzeyinin yapısını değiştirmektedir. Boyanan yüzey kazıma, silme, yıkama gibi fiziksel işlemlerle başlangıçtaki renksiz durumunu alamaz. Boyar maddeler kumaş ve elyaf gibi materyallerin renklendirilmesinde kullanılırlar [2].

Boyar maddelerin bazıları doğal kökenli olmakla birlikte, bunların çoğu sentetiktir. Doğal boyar maddeler genellikle hayvanların deri ve salgı bezlerinden, bitkilerin kök, kabuk, tohum, meyve gibi kısımlarından ve maya bakterileri gibi mikroorganizmalardan basit kimyasal işlemler sonucu elde edilebilmektedir [3]. Tekstil endüstrisinde kullanılan boyar maddelerin birçoğu atık su arıtım tesislerinde işlem boyunca değişmeden kalır [4]. Boyar maddeler kısmi olarak parçalandıklarında oluşan ürünler daha toksik olabilir. Tekstil atık sularının toksik olması, hem insan sağlığı hem de çevre açısından zararlı olduğu göz önünde bulundurularak arıtılması gerekmektedir.

Boyanacak tekstil ürünlerinin özelliğine bağlı olarak farklı kimyasal yapıda (asidik, bazik, dispers, azo, pigment, reaktif, vb) boyar maddeler kullanılmaktadır [5]. Boyar maddelerin yapısındaki farklılıklar, bu maddelerin giderimini (arıtılmasını) zorlaştırmakta ve çoğu zaman aynı süreçte, farklı arıtma yöntemlerinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır [6]. Endüstriyel atık sulardaki renkli ve renksiz organik kirleticilerin giderilmesinde uygun adsorbanların kullanılması adsorpsiyon sürecinin önemli bir uygulaması olarak dikkat çekmektedir [7].

Adsorpsiyon, gaz ya da sıvı karışımlarda bulunan organik ve kimyasal bileşenleri ortamdan uzaklaştırmak için özel katıların kullanıldığı bir prosestir ve bu özel katılara "adsorbent" (adsorban) denir. Katı maddenin yüzeyinde bulunan moleküller arasındaki kuvvetlerin denkleşmemiş olmasından dolayı akışkan içindeki moleküllerle katı yüzeyindeki moleküllerin etkileşmesi sonucunda

adsorpsiyon meydana gelir. Eğer kütle aktarımı katı fazdan sıvı veya gaz faza doğru gerçekleşiyorsa, bu olay desorpsiyon adını alır. Adsorpsiyon derecesi, adsorplananın ve adsorbanın cinsine, sıcaklığına, adsorplanan maddenin derişimine veya basıncına ve adsorban ile adsorplanan (adsorbat) arasındaki kimyasal benzerliğe bağlıdır [8].

Adsorpsiyon işlemini etkileyen en önemli parametre adsorbentin yüzey alan değeridir ve yüzey alan değerinin artması ile adsorpsiyon miktarı da artış gösterir. Dolayısıyla gözenekli malzemeler ya da çok küçük parçalara bölünmüş katılar yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahiptir. En çok kullanılan adsorbent aktif karbondur. Aktif karbon, yapısında %87–%97 oranında karbon atomu bulunan gözenekli yüzeye sahip, tabakalı yapıda organik ve organik olmayan kirliliklerin giderilmesinde kullanılan potansiyel bir adsorbandır [9]. Ayrıca kitosin, zeolitler, killer, bazı endüstriyel atıklar ve tarımsal atıklar da sıkça kullanılan adsorbentler arasında yer almaktadır [10].

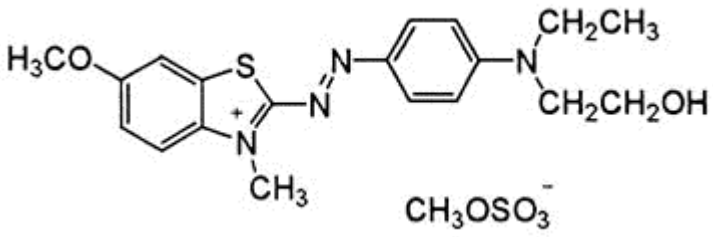
Bu çalışmada, elma kabuğundan elde edilen aktif karbon ile sulu ortamdan adsorbe edilen basic blue 41 boyar madde miktarının matematiksel olarak modellenmesi incelenmiştir. Adsorplanan madde miktarının sıcaklık ve zamana göre değişimi üzerine çok sayıda çalışma yapılmış olmakla birlikte, bu madde miktarının zamana bağlı olarak modellenmesi konusundaki çalışmalar az sayıdadır. Bu nedenle, bu çalışmada farklı konsantrasyon (85, 100, 125 ppm) ve sıcaklıklarda (25, 35, 45 ^{o}C) adsorplanan boyar madde miktarının zamana bağlı değişimi için doğrusal modele ilaveten, dört adet doğrusal olmayan matematiksel model kullanılarak, tahmin denklemlerinin elde edilmesi ve bu denklemlerin kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada adsorban madde olarak elma kabuğundan elde edilen aktif karbon kullanıldı. Öncelikle elma kabukları kurutulduktan sonra yaklaşık 2 mm'lik parçalar olacak şekilde öğütüldü. Kimyasal aktivasyon için, elma kabuğu çinko klorür ($ZnCl_2$) ile karıştırıldı. Karışıma gerekli miktarda saf su ilave edilerek, fırında 105 ^{0}C'de kurutuldu. Daha sonra aktivasyon sıcaklığı olan 500 ^{0}C'de 1 saat süre ile N_2 akımı altında ısıtıldı. Aktivasyon işleminden sonra elde edilen ürün, N_2 akımı altında soğutularak buna 0.5 N HCI ilave edildi. Filtreleme işleminden sonra, üzerindeki kimyasal kalıntılardan ve klordan arındırılmak üzere birkaç defa saf su ile yıkama işlemi yapıldı. Son olarak Van elması kabuğundan elde edilen aktive edilmiş karbon 105 ^{0}C'de 24 saat boyunca kurutulduktan sonra bir desikatöre alınıp oda sıcaklığına soğutuldu. Soğutulan numune 230 mesh elekte (63µm) elendi. Aktif karbon üretiminde toplam verimin (yüzde) hesaplanması için, elde edilmiş olan karbonun ağırlığı elma posası ve $ZnCl_2$'e bölündü. Ardından 500 ppm stok çözelti hazırlandı. Çalışma çözeltileri (85, 100 ve 125 ppm) stok çözeltiden seyreltilerek hazırlandı ve pH-5 esas alınarak çalışıldı. Hazırlanan çözeltilere 1g aktif karbon ilave edildi. Su banyosunda 25, 35 ve 45 °C'de çalkalandı. 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90 105, 120, 140, 180 ve 240 dakika zaman aralıklarıyla numuneler alındı. Bu numunelerin UV/VIS spektrofotometresi (PG Instruments Ltd, T80)'nde ölçümleri yapılarak sonuçlar değerlendirildi.

Çalışmada adsorbat olarak kullanılan ve katyonik boyar madde olan BB 41, Sigma-Aldrich Şirketi'nden satın alınmış ve saflaştırılmadan kullanılmıştır. Basıc Blue 41'in molekül ağırlığı 482.6 g/mol ve molekül formülü $C_{20}H_{26}N_4O_6S_2$'dir (Şekil 1).

JSR C
Journal of Scientific Reports



Şekil 1. Basıc Blue 41'in molekül yapısı.

2.1 İstatistik Analiz

Üzerinde durulan bağımlı değişken ile ilişkili olabileceği düşünülen bağımsız değişkenlerin bir fonksiyonu regresyon olarak ifade edilmektedir. Değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel şekli regresyon modelleri ile incelenmektedir. Kullanılması gereken regresyon modeli verinin yapısına göre farklılık göstermekte ve yanlış model kullanılması hatalı sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir.

Regresyon denkleminin genel ifadesi:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (1)$$

olarak yazılmaktadır [11].

Y: Bağımlı (sonuç) değişken olup belli bir hataya sahip olduğu varsayılır.
X: Bağımsız (sebep) değişken olup hatasız ölçüldüğü varsayılır.
β_0: Sabit olup X=0 olduğunda Y'nin aldığı değerdir. Doğrunun y-eksenini kestiği noktadır.
β_1: Doğrunun eğimi veya regresyon katsayısıdır. X'in kendi birimi cinsinden 1 birim değişmesine karşılık Y'de kendi birimi cinsinden meydana gelecek değişme miktarını ifade eder.
ε: Rasgele hata değeridir [12].

2.1.1 En küçük kareler yöntemi

Regresyon katsayılarının tahmini için en çok kullanılan yöntem en küçük kareler yöntemidir. En küçük kareler yöntemi ile hata kareler toplamı minimize edilir.

$$Min \sum e_i^2 = \sum (Y - (\beta_0 + \beta_1 X))^2 \quad (2)$$

İkinci dereceden bir fonksiyonun minimum olması için türevleri alınıp sıfıra eşitlenir. Buna göre yukarıdaki ifade için ayrı ayrı türevleri sıfıra eşitlenerek gerekli sadeleştirmeler yapıldığında regresyon sabiti β_0 ve regresyon katsayısı β_1 aşağıdaki gibi elde edilir [13].

$$\beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \bar{X} \quad (3)$$

$$\beta_1 = \frac{\sum (Y-\bar{Y})(X-\bar{X})}{\sum (X-\bar{X})^2} \quad (4)$$

JSR C
Journal of Scientific Reports

Üzerinde durulan özellikler için tanımlayıcı istatistiklerden;

Ortalama; $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$, (5)

Standart sapma; $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$ (6)

değerleri hesaplanmış, minimum (x_{min}) ve maksimum (x_{max}) değerler belirlenmiştir. Üç konsantrasyon için de hem zaman hem de sıcaklık seviyeleri arasında fark olup olmadığını belirlemek için varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Varyans analizi sonucu farklılığın hangi gruptan/gruplardan kaynaklandığını tespit etmek için Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Ayrıca farklı sıcaklık ve konsantrasyonlarda, adsorplanan boyar madde miktarını tahmin etmede;

Lineer; $Y = a_0 + a_1 X$ (7)

Logaritmik; $Y = a_0 X^{a_1} => lnY = a_0 + a_1 lnX$ (8)

Kuadratik; $Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$ (9)

Kübik; $Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 + a_3 X^3$ (10)

Lojistik; $Y = a_0 + a_1(logX) + a_2(logX)^2$ (11)

modeller kullanılarak en uygun model belirlenmiş ve saçılım diyagramları üzerinde modeli temsil eden yaklaşık eğriler gösterilmiştir [14]. Modellerin uyum iyiliğini belirlemede R^2 (determinasyon katsayısı) dikkate alınmıştır. Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak alınmış ve analizler için SPSS (ver: 22.0) istatistik paket programı kullanılmıştır.

3. BULGULAR

BB 41 boyar maddesinin, elma kabuğundan elde edilen aktif karbon üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları; konsantrasyon (85, 100, 125 ppm) ve zamana (5, 15, 30, 45, 60, 75, 90 105, 120, 140, 180 ve 240 dk) bağlı olarak Çizelge 1 'de verilmiştir.

Çizelge 1. Tanımlayıcı istatistikler ve çeşitli zaman aralıkları için adsorplanan madde miktarının karşılaştırma sonuçları.

	Zaman(dk)	n	Ortalama	Std.sapma	Min	Max	p
85 ppm	5	3	27.12g	3,55	24,09	31,02	0,001
	15	3	32.61g	3,57	29,29	36,39	
	30	3	39.87f	3,19	36,53	42,88	
	45	3	48.39e	2,14	46,21	50,48	
	60	3	53.42de	4,35	48,53	56,86	
	75	3	56.17cd	4,59	51,26	60,36	
	90	3	58.05cd	5,47	52,21	63,06	
	105	3	59.51cd	5,53	53,42	64,21	

JSR C
Journal of Scientific Reports

	120	3	62.23bc	6,92	54,39	67,49	
	140	3	68.95ab	2,13	67,51	71,39	
	180	3	70.00a	1,93	68,19	72,04	
	240	3	71.23a	2,85	69,21	74,49	
100 ppm	5	3	31.27f	2,59	29,31	34,21	0,001
	15	3	38.01fg	5,78	31,49	42,53	
	30	3	42.15fg	7,34	35,28	49,88	
	45	3	46.18ef	8,45	39,48	55,67	
	60	3	53.70de	5,48	49,36	59,86	
	75	3	57.89cd	3,81	54,29	61,88	
	90	3	65.34bc	8,09	59,16	74,5	
	105	3	69.19ab	9,55	61,49	79,87	
	120	3	71.01ab	8,46	63,21	80	
	140	3	77.15a	3,06	74,59	80,53	
	180	3	77.98a	2,63	75,63	80,82	
	240	3	79.12a	2,42	76,48	81,24	
125 ppm	5	3	38.31g	5,38	34,29	44,42	0,001
	15	3	44.97fg	5,68	39,33	50,69	
	30	3	54.74ef	2,19	52,49	56,86	
	45	3	63.75de	9,79	56,49	74,88	
	60	3	67.86cde	9,83	59,21	78,55	
	75	3	72.26bcd	9,24	64,46	82,46	
	90	3	80.39abc	8,24	74,99	89,88	
	105	3	83.13ab	9,68	76,31	94,21	
	120	3	85.60ab	9,78	79,26	96,87	
	140	3	87.24ab	9,03	79,91	97,33	
	180	3	88.48a	8,52	80,88	97,69	
	240	3	89.29a	8,87	81,41	98,9	

Farklı harfler farklı grup ortalamalarını temsil eder ($p < 0.001$)
n: Üç farlı sıcaklık değeri için ölçüm sayısı

Çizelge 1'de görüldüğü üzere; her konsantrasyon için zamanlar arası fark istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). Buna göre BB 41 boyar maddesi 85 ppm konsantrasyonunda 5 dk çalkalandığında ortalama 27.12 birim madde adsorplanırken, aynı derişimde 240 dk çalkalandığında ortalama 71.23 birim madde adsorplanmıştır. Benzer şekilde, 100 ppm konsantrasyonda; 5 dk çalkalandığında ortalama 31.27 birim madde adsorplanırken, aynı derişimde 240 dk çalkalandığında ortalama 79.12 birim madde adsorplanmıştır. BB 41 boyar maddesinin konsantrasyonu 125 ppm'e çıktığında ise 5 dk süre ile çalkalamada ortalama 38.31 birim madde adsorplanırken, 240 dk süreyle çalkalandığında ortalama 89.29 birim madde adsorplanmıştır.

Çizelge 2. Tanımlayıcı istatistikler ve çeşitli sıcaklıklar için adsorplanan madde miktarının karşılaştırılması.

ppm	°C	n	Ortalama	Std.Sapma	Min	Max	p
85	25	12	50,07	14,59	24,09	69,21	0,47
	35	12	54,43	14,6	26,25	69,99	

JSR C
Journal of Scientific Reports

	45	12	57,39	14,52	31,02	74,49	
100	25	12	54,15	17,22	29,31	76,48	0,28
	35	12	58,01	16,6	30,29	79,63	
	45	12	65,08	16,78	34,21	81,24	
125	25	12	65,12	16,47	34,29	81,41	0,11
	35	12	68,66	17,09	36,21	87,57	
	45	12	80,23	19,65	44,42	98,9	

BB 41 boyar maddesinin, elma kabuğundan elde edilen aktif karbon üzerindeki adsorpsiyonuna ait tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları konsantrasyon (85, 100, 125 ppm) ve sıcaklığa (25, 35, 45 ^{o}C) bağlı olarak Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde; sıcaklık arttıkça adsorplanan madde miktarının ortalama olarak arttığı ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir.

BB 41 boyar maddesinin, elma kabuğundan elde edilen aktif karbon üzerindeki adsorpsiyonunu belirlemeye yönelik; kullanılan modellere ait sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'te görüldüğü üzere; 85 ppm konsantrasyon ve 25 ^{o}C sıcaklık için kübik model %96 R^2 değeri ile en iyi model olmuştur (Şekil 2). Bunu %95 ile kuadratik model, %93 ile logaritmik model ve % 85 ile lineer model izlemiştir. Lojistik model ise %76 R^2 değeri ile en son sırada yer almıştır. Sıcaklık 35 ^{o}C'ye çıkarıldığında kübik model %99 R^2 değeri ile en iyi tahmini veren model olurken, bunu %97 ile kuadratik ve logaritmik modeller, %77 ile lineer model izlemiştir. Lojistik model ise %68 R^2 değeri ile en son sırada yer almıştır (Şekil 3). Sıcaklık 45 ^{o}C'ye çıkarıldığında ise; %99 R^2 değeri ile kübik ve kuadratik modeller en iyi tahmini yapmıştır. Bunu %95 ile logaritmik ve %81 R^2 değeri ile lineer model izlemiştir. En düşük tahmini ise %74 R^2 değeri ile lojistik model vermiştir (Şekil 4).

Çizelge 3, 100 ppm konsantrasyon ve 25 ^{o}C sıcaklık için incelendiğinde; kübik model %99 tahmin değeri ile en iyi model olmuştur. Bunu %98 ile kuadratik, %88 ile lineer, %86 ile logaritmik, ve %83 ile lojistik model takip etmiştir (Şekil 5). Aynı konsantrasyonda 35 ^{o}C sıcaklıktaki değerler incelendiğinde; kübik model %99 tahmin değeri ile en yüksek R^2 değerine sahip olurken, bunu %98 ile kuadratik, %89 ile logaritmik, %88 ile lineer ve %81 ile lojistik modeller takip etmiştir (Şekil 6). Aynı konsantrasyondaki 45 ^{o}C'lik sıcaklık için, kübik model %98 tahmin ile en iyi model olmuştur. Bunu %97 ile kuadratik, %92 ile logaritmik ve %75 ile lineer model takip etmiştir. Lojistik model ise %70 tahmin değeri ile en son sırada yer almıştır (Şekil 7).

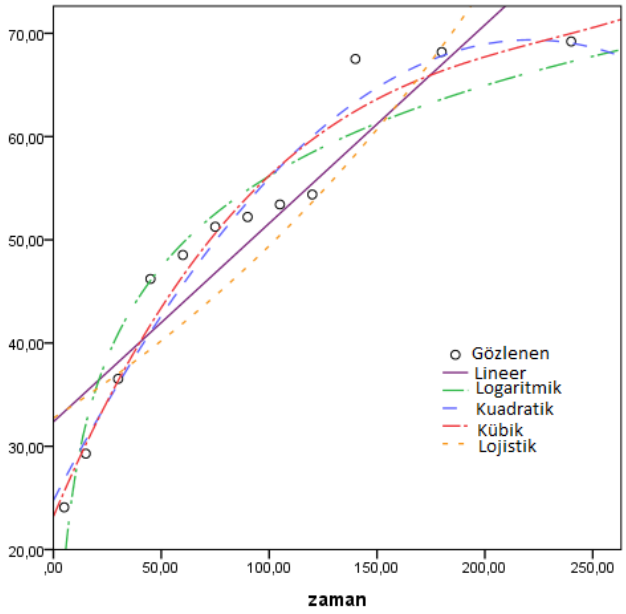
Çizelge 3: Model Özeti ve Parametre Tahminleri.

^{o}C	85 ppm	R^2	sabit	b_1	b_2	b_3
25	Lineer	0.85**	32.37**	0.19**		
	Logaritmik	0.93**	-2,19	12.67**		
	Kuadratik	0.95**	24.76**	0.40**	-0.001**	
	Kübik	0.96**	23.21**	0.49**	-0,002	2.74E-006
	Lojistik	0.76**	0.03**	0.99**		
35	Lineer	0.77**	37.57**	0.18**		
	Logaritmik	0.97**	0,99	12.96**		
	Kuadratik	0.97**	26.95**	0.48**	-0.001**	
	Kübik	0.99**	23.50**	0.68**	-0.003**	6.10E-006*

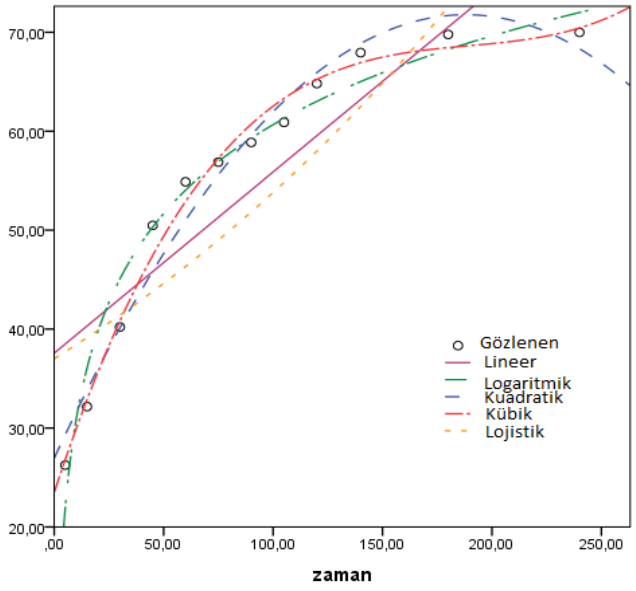
	Lojistik	0.68**	0.03**	0.99**		
45	Lineer	0.81**	40.18**	0.19**		
	Logaritmik	0.95**	4,64	12.79**		
	Kuadratik	0.99**	30.36**	0.46**	-0.001**	
	Kübik	0.99**	27.71**	0.61**	-0.003**	4.68E-006**
	Lojistik	0.74**	0.03**	0.99**		
°C	100 ppm	R^2	sabit	b_1	b_2	b_3
25	Lineer	0.88**	32.86**	0.23**		
	Logaritmik	0.86**	-5,34	14.42**		
	Kuadratik	0.98**	24.03**	0.48**	-0.001**	
	Kübik	0.99**	26.12**	0.36**	0	-3.69E-006
	Lojistik	0.83**	0.03**	0.99**		
35	Lineer	0.88**	37.55**	0.22**		
	Logaritmik	0.89**	-0,31	14.14**		
	Kuadratik	0.98**	28.77**	0.47**	-0.001**	
	Kübik	0.99**	30.15**	0.39**	0	-2.45E-006
	Lojistik	0.81**	0.03**	0.99**		
45	Lineer	0.75**	46.01**	0.21**		
	Logaritmik	0.92**	5,3	14.49**		
	Kuadratik	0.97**	33.10**	0.57**	-0.002**	
	Kübik	0.98**	31.67**	0.65**	-0,002	2.53E-006
	Lojistik	0.70**	0.02**	0.99**		
°C	125 ppm	R^2	sabit	b_1	b_2	b_3
25	Lineer	0.75**	46.39**	0.20**		
	Logaritmik	0.94**	5,77	14.39**		
	Kuadratik	0.97**	33.81**	0.55**	-0.002**	
	Kübik	0.98**	31.24**	0.70**	-0.003*	4.53E-006
	Lojistik	0.68**	0.02**	0.99**		
35	Lineer	0.80**	48.53**	0.22**		
	Logaritmik	0.96**	6,23	15.14**		
	Kuadratik	0.99**	36.47**	0.55**	-0.001**	
	Kübik	0.99**	33.81**	0.71**	-0.003**	4.70E-006**
	Lojistik	0.72**	0.02**	0.99**		
45	Lineer	0.72**	58.22**	0.24**		
	Logaritmik	0.93**	9,67	17.11**		
	Kuadratik	0.97**	42.36**	0.68**	-0.002**	
	Kübik	0.99**	38.04**	0.93**	-0.005**	7.63E-006*
	Lojistik	0.67**	0.02**	0.99**		

R^2: Determinasyon katsayısı
Sabit: Regresyon sabiti
b_1,b_2,b_3: Regresyon katsayısı

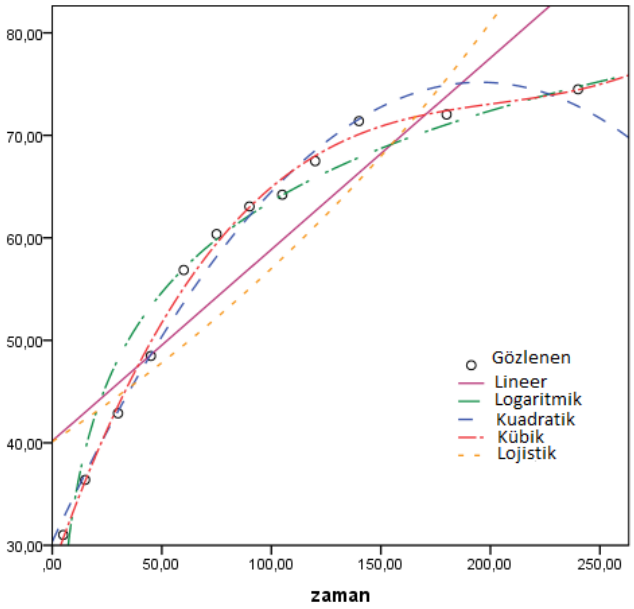
Çizelge 3, 125 ppm konsantrasyon ve 25 °C sıcaklık için incelendiğinde ise; kübik model % 98 ile en iyi tahmini veren model olmuştur. Bunu %97 ile kuadratik, %94 ile logaritmik, %75 ile lineer ve %68 ile lojistik modeller takip etmiştir (Şekil 8). Aynı konsantrasyon ve 35 °C sıcaklık için, en iyi modeller %99 R^2 değeri ile kübik ve kuadratik modeller olmuştur. Bunu %96 ile logaritmik, %80 ile lineer model izlemiştir. %72 ile lojistik model bunları takip etmiştir (Şekil 9). Aynı konsantrasyondaki 45 °C'lik sıcaklık için yine %99 R^2 değeri ile kübik model en iyi model olmuştur. Bunu takip eden modeller %97 ile kuadratik, %93 ile logaritmik, %72 ile lineer model olmuştur. Lojistik model ise %67 R^2 değeri ile en son sırada yer almıştır (Şekil 10).



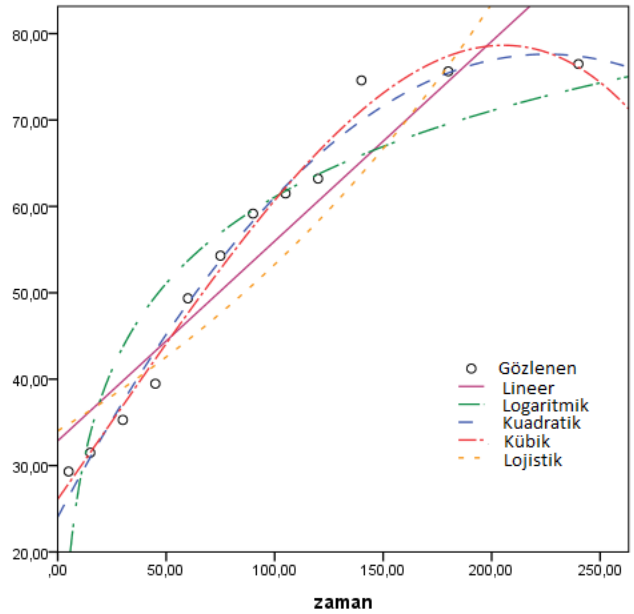
Şekil 2. 85 ppm ve 25 ^{0}C'de adsorplanan madde miktarının zamana göre modellenmesi.



Şekil 3. 85 ppm ve 35 ^{0}C'de adsorplanan madde miktarının zamana göre modellenmesi.

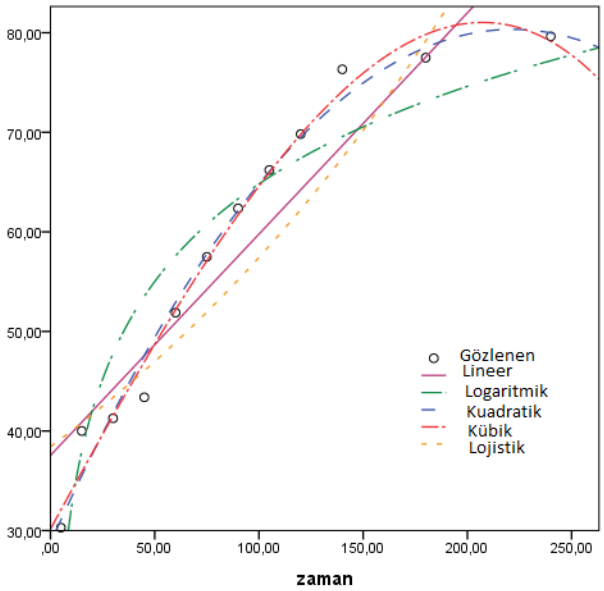


Şekil 4. 85 ppm ve 45 ^{0}C'de adsorplanan madde miktarının zamana göre modellenmesi.

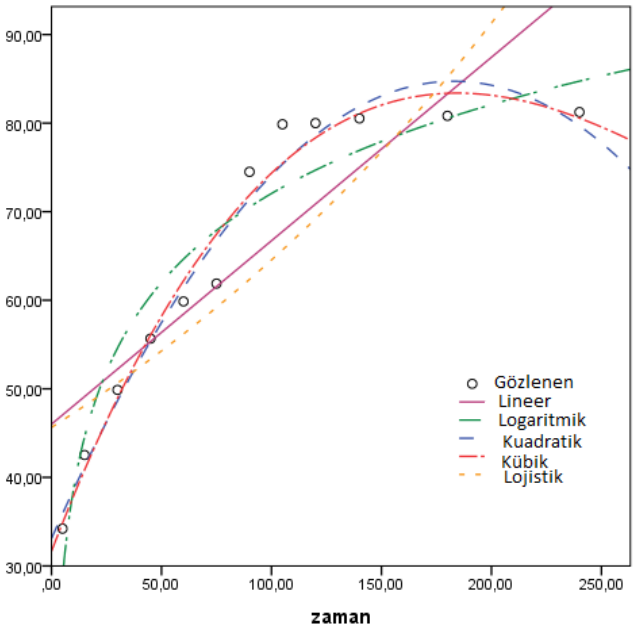


Şekil 5. 100 ppm ve 25 ^{0}C' de adsorplanan madde miktarının zamana göre modellenmesi.

JSR C
Journal of Scientific Reports

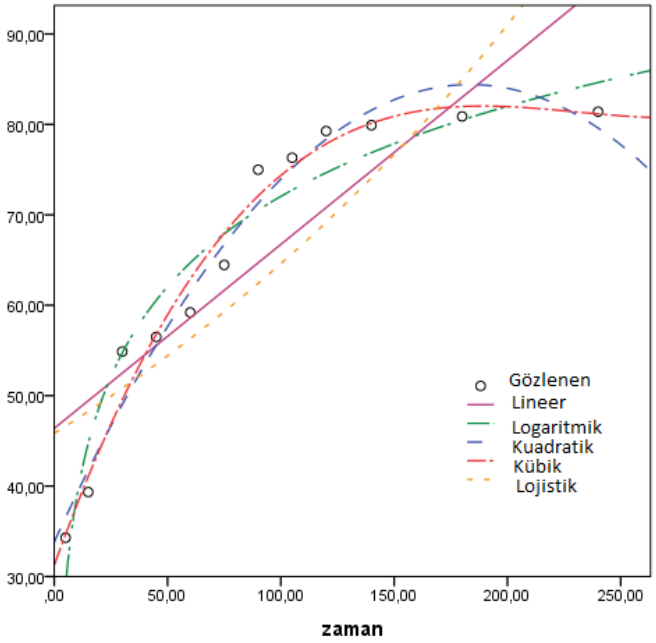


Şekil 6. 100 ppm ve 35 ^{0}C' de adsorplanan madde miktarının zamana göre modellenmesi.

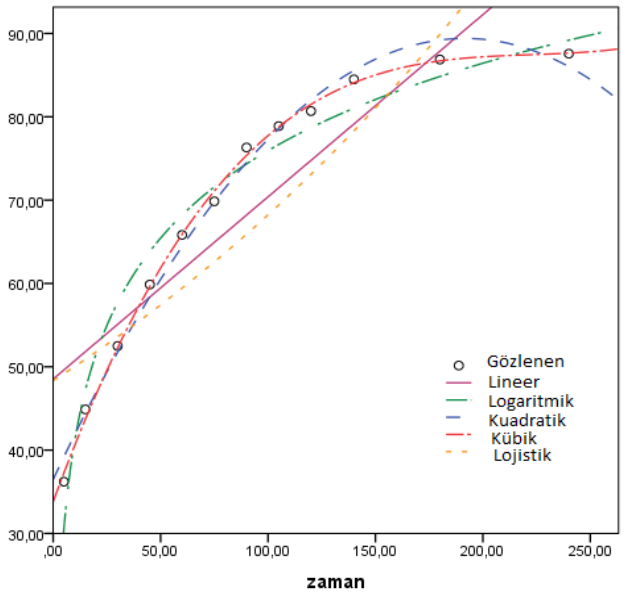


Şekil 7. 100 ppm ve 45 ^{0}C'de adsorplanan madde miktarının zamana göre modellenmesi.

JSR C
Journal of Scientific Reports

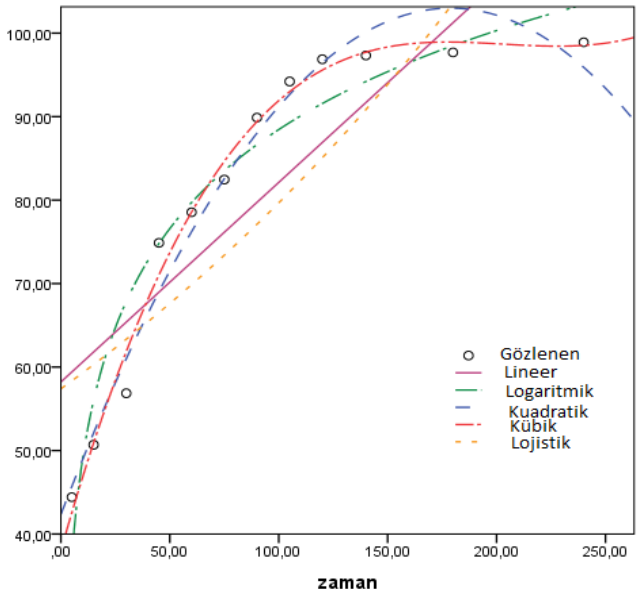


Şekil 8. 125 ppm ve 25 ^{0}C' de adsorplanan madde miktarının zamana göre modellenmesi.



Şekil 9. 125 ppm ve 35 ^{0}C' de adsorplanan madde miktarının zamana göre modellenmesi.

JSR C
Journal of Scientific Reports



Şekil 10. 125 ppm ve 45 ^{0}C' de adsorplanan madde miktarının zamana göre modellenmesi.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada BB 41 boyar maddesinin elma kabuğundan elde edilen aktif karbon üzerindeki adsorpsiyonunu belirlemeye yönelik modeller kullanıldı. Çözeltideki BB 41 boyar madde konsantrasyonu ve aktif karbon ile temas süresinin artmasıyla adsorpsiyon olayının çoğunlukla arttığı gözlendi. Adsorpsiyonun karışma zamanı ile doğru orantılı olarak arttığı ve bu artışın ilk dakikalarda hızlı daha sonra sabitleştiği görüldü. Muslu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da BB 41 boyar madde adsorpsiyonunda karıştırma süresi artırıldığında adsorpsiyonun da arttığı görülmüştür [15]. Yapılan bir çalışmada atık sulardan BB 41 gideriminde sucul bitkilerin etkili adsorban olarak kullanılabileceği bulunmuştur [4]. Başka bir çalışmada okaliptüs kabuğunun BB 41 boyar maddesini adsorplama yeteneğinin olduğu kanıtlanmıştır [16]. Elma üretiminin fazla olduğu ülkemizde yan ürün olarak ortaya çıkan elma kabuğunun aktif karbon üretiminde hammadde olarak değerlendirilmesi gerek çevresel gerekse de ekonomik açıdan avantaj sağlayacaktır. Bu çalışma ile Van elma kabuğundan elde edilen aktif karbonun atık sulardan BB 41 boyar madde gideriminde alternatif bir biyoadsorban olarak kullanılabileceği önerilmektedir.

Çalışmada kullanılan modellerden parametre tahminleri anlamlı bulunan, determinasyon katsayısı (R^2) en yüksek ve standart hata değerleri en küçük olan modeller en uygun model olarak kabul edildi. Bu modellerden hem tüm sıcaklık değerleri (25, 35, 45 ^{o}C) hem de konsantrasyonlar için (85, 100 ve 125 ppm) en iyi tahmini sırasıyla kübik, kuadratik, logaritmik, lineer ve lojistik modeller verdi. Kul ve arkadaşlarının kobalt adsorpsiyonu için Van pomzası kullandıkları bir çalışmada adsorplanan madde miktarını en iyi tahmin eden modelin kübik model olduğu tespit edilmiştir [17]. Yine neutral red boyar madde adsorpsiyonu için elma kabuğundan elde edilen aktif karbon kullanılan bir çalışmada kübik model, adsorplanan madde miktarını tahmin etmede en iyi model olmuştur [18]. Daha önce

yapılan benzer çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmada da en iyi tahmini kübik model vermiştir. Bu çalışma ile atık sulardan basic blue 41 boyar maddesinin gideriminde hem elma kabuğunun diğer adsorbanlar kadar iyi bir adsorban olduğu hem de adsorplanan madde miktarını tahmin etmek için en iyi modelin, %96 ile %99 arasında değişen R^2 değerleri ile kübik model olduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

[1] Eser, E., (2013), Van Elması Atıklarından Aktf Karbon Eldesi ve Tekstil Boyalarının Adsorpsiyonunda Kullanılması. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Yüksek lisans tezi (basılmış)

[2] Özcan, Y., Ulusoy, E., (1978), Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği. İstanbul Üniversitesi Yayınları, 2557 (39): 371-376.

[3] Başer, İ., İnanıcı, Y., (1990), Boyarmadde Kimyası.Marmara Üniversitesi Yayınları, 47.

[4] Savcı, S., (2005), Basic blue 41 boyar maddesinin canlı ve inaktif sucul bitki Myrıophyllum Spıcatum tarafından Adsorplanabilirliğinin İncelenmesi**.** Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).

[5] Işık, M., Sponza, D., (2001), Tekstil Atıksularının Oluşumu, Karakterizasyonu ve Arıtım Yöntemleri. IV. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, 5-8 Ekim 2001, Bodrum.

[6] Correıa,V.M., Stephenson, T., Judd ,S.J., (1994), Characterization of Textile Wastewaters a review. Environmental Technology,15: 917- 929.

[7] Al-Qudah ,Z., (2000), Adsorption of Dyes Using Shale OilAsh. Water Research, 34 (3): 4295-4303.

[8] Doğan, A., (1989), Bir Pamuklu Tekstil Fabrikası Atık suyunun Adsorpsiyon Yöntemiyle Arıtılabilirliğinin İncelenmesi. Anadolu Üniversitesi, Yüksek lisans tezi(basılmamış).

[9] Küçükgül,E.Y., (2004), Ticari Aktif Karbon Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi. DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 6 (3): 41-56.

[10] Demir, E., Yalçın, H., (2014), Adsorbentler: Sınıflandırma, Özellikler, Kullanım ve Öngörüler. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 7 (2):70-79.

[11] Arı ,A., Önder, H., (2013), Farklı Veri Yapılarında Kullanılabilecek Regresyon Yöntemleri. Anadolu Tarım Bilim Dergisi, 28(3):168-174.

[12] Hamzaoğlu, S., (2013), Çoklu Regresyon Yöntemlerinde Güç Analizi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Samsun.

[13] Demirelli, H., (2018), Bölgeler arası boşanma nedenlerinin incelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.

[14] Spiegel, M.R., Stephens, L.J.,(2018), Statistics, Sixth Edition. United States: McGraw-Hill Education, p.578.

[15] Muslu, N., Makaracı, Ö., İmamoğlu, M., (2015), Fındık Çotanağı ile Bazik Mavi 41 Boyarmaddesinin Sulu Çözeltisinde Adsorpsiyonu. ISITES Valencia -Spain, 1931-1937.

[16] Balcı, B., (2007), Atıksulardan tekstil boyar maddelerinin sürekli ve kesikli sistemlerde ağaç kabuğu (*Eucalyptus camaldulensis*) kullanılarak adsorpsiyon ile giderilmesi. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).

[17] Kul, A.R., Keskin, S., Demir, C., Alkan, S., (2018), Statistical Modeling of Cobalt Adsorption on Van Pumice. Eurasian Journal of Analytical Chemistry, 13(2):em09.

[18] Demir, C., Yıldız, H., Kul A. R., Keskin, S.,(2019**),** Modeling of Neutral Red Adsorption on Apple Peel Based Activated Carbon. Asian Journal of Environment & Ecology, 11(2): 1-10.

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Sayı 1, Haziran 2020

Journal of Scientific
Reports-C
Number 1, June 2020

DERLEME (Compliation)

KİNOANIN ÖNEMİ, FIRIN ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Fatma HAYIT[1]* , Burçin YILMAZ[2]

[1]Yozgat Bozok Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, fatma.hayit@bozok.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0097-406X
Yozgat Bozok Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, burcin.yilmaz@bozok.edu.tr, ORCID: 000-003-0719-4090

Geliş Tarihi:24.12.2019 *Kabul Tarihi: 06.05.2020*

ÖZ

Kinoa doğal olarak sahip olduğu bileşenleri ile son zamanlarda adından bahsettirmektedir. Çok farklı iklim şartlarında yetiştirilebilir olması, üretimine ve ürün tedariğine kolaylık sağlamaktadır. Önemli miktarlarda protein, yağ, diyet lif içermesi, bazı mineral ve vitaminlerce zengin olması özellikle içerdiği esansiyel aminoasitlerden dolayı besleyici değeri yüksektir. Gluten içermemesinden dolayı çölyak hastaları için üretilen ürünlerin çeşitliliğini arttırması yanında ekmek üretiminde kullanımı ile ekmeklerde protein, yağ ve kül miktarını olumlu etkilemektedir. Ekmek hacmi üzerinde gluten içermemesinden dolayı olumsuz etkiye neden olurken çölyak hastalarına yönelik olarak üretilen ekmeğin besinsel değerini ve duyusal özelliklerini arttırmaktadır. Bu çalışmada kinoa bitkisi incelenmiş, sağlıkla olan ilgisini değerlendirebilmek için özellikleri araştırılmıştır. Ekmek ve unlu mamüller üretiminde kullanımı ve bu ürünlerde oluşturduğu fiziksel, kimyasal, tesktürel ve duyusal etkileri hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kinoa, Ekmek, Kalite

THE IMPORTANCE OF QUINOA, ITS USE IN BAKERY PRODUCTS AND ITS EFFECTS ON HEALTH

ABSTRACT

Quinoa is very popular recently with its natural content. Being able to be cultivated in very different climatic conditions ensures advantages of convenience in farming and procurement. Quinoa includes protein, oil, dietary fibre, mineral and vitamin and especially essential amino acids which increase its nutritive value. Due to has no gluten, provide diversity in products for celiac patients. Amount of protein, oil and ash are effected positively when it used in bread making. While improving the nutritional value and sensory propeties of the bread produced for celieac dieseas, causes a negative effect on the volume due to not containing gluten. In this study, the quinoa plant was examined and its characteristics were investigated in order to evaluate its relevance to health. It contains information about the use of bread and bakery products and the physical, chemical, textrual and sensory applications it creates in these products.

Keywords: Quinoa, Bread, Quality

JSR C
Journal of Scientific Reports

1. GİRİŞ

Kinoa kazayağıgiller ve ıspanakgiller familyasının bir üyesidir. C-3 bitkileri grubunda, çift çenekli ve tek yıllık, tetraploid bir bitkidir. Peru ve Bolivya'da yaygın yetiştirilir [1]. Deniz seviyesinden 3800m yüksekliğe kadar olan bölgelerde dahi yetiştirilebilmektedir. Derin nüfuz kökleri vardır. Uzun boylu, ve geniş yapraklıdır [2]. And (Andean) bölgesinden gelen besleyici bir ürün olarak kabul edilen yalancı tahıldır [3]. Farklı iklim şartlarında ve farklı yükseklikllerde yetiştirilebilir. Soğuk ve farklı zorlu ortamlara uyum sağlayan geniş genetik çeşitliliği vardır [4]. Kinoa (Chenopodium quinoa Wild.) dünya çapında insan ve hayvan beslenmesinde geleceğin bitkisi olarak dikkat çekmektedir. Arkeolojik çalışmalar Kinoa Bitkisinin M.Ö. 3000 yılından buyana yetiştirildiğini göstermektedir [5]. Kuraklık, tuzluluk ve dona karşı dayanıklıdır ve marjinal topraklarda büyüme yeteneğine sahiptir [2]. Kinoa daire şeklinde 2 mm çapında 0.5 mm kalınlığındadır. Perikarp, perisperm ve embriyodan oluşmaktadır [6]. Zor koşullar altında yüksek proteinli tahıl ürünü üretmek için özellikle Himalaya bölgesi ve Küzey Hint ovalarında tarım sistemlerinin çeşitlendirilmesi için önemli olmaktadır [2]. 5000 yıldır insanlar tarafından tüketilmekle [7] birlikte çok amaçlı tarım ürünü olarak kabul edilir. Tohumlarından un üretilerek insan gıdası için veya yüksek besin değerinden dolayı hayvan besleme içinde kullanılabilir [8].

Kinoa; biyolojik değeri yüksek proteinleri ve Omega-3 ve 6 yağ asitleri yüksek miktarda içermesi, glisemik indeksi düşük olması ve sahip olduğu fitosteroidleri ile insan sağlığı açısından önemli faydalar sağlayan, tahıl benzeri (pseudocereal) bir ürün olarak değerlendirilebilir. Bunlar ile beraber, mineral maddeler, vitaminler ve biyoaktif bileşenler gibi önemli mikro-besinsel bileşenlerini de yeterli ve dengeli miktarda içerir. Ayrıca diyet lifinin de önemli bir kaynağıdır [9]. Bu çalışmada kinoanın kimyasal özellikleri, ekmek ve diğer fırıncılık ürünlerinin üretiminde kullanımı ve kullanımında yaşanan olumlu ve olumsuz durumlar hakkında bilgi verilmiştir.

2. KİNOANIN KİMYASAL BİLEŞİMİ

Kinoa dünya çapında gıda güvenliğinde rol oynayan eski bir üründür [10]. Cazip bezlenme profilinden dolayı popülerlik kazanmıştır. Kinoanın ana bileşeni nişastadır ve kuru maddenin %70'ini oluşturmaktadır [11]. Nişastası küçük partiküllerde ve yüksek vizkoziteye sahip olup çeşitli endüstriyel uygulamalar için kullanılabilir [2]. Nişasta içeriği yanında önemli düzeyde mineral madde içerir [7]. Gluten içermemesine rağmen, yüksek oranda metionin ve lisin içeriği ile yüksek proteinli bir gıda olarak bilinmektedir. Nişasta, mineral ve protein içeriği yanında lifçe de zengindir [7]. Yapılan çalışmalarda farklı kinoa ununun nem değeri 9.13-14.1 aralığında, protein içeriği 9.1-18 aralığında, yağ içeriği 3.20-8.75, kül miktarı %1.77-3.65 aralında ve diyet lif içeriği % 2.1-16.48 aralığında olduğu belirlenmiştir [10, 11, 12, 13]. Ayrıca kinoa unu önemli antioksidan aktivite ve biyolojik özelliklere sahip doğal bileşiklerin kaynağıdır. Farklı gıda ürünlerinde fenolik bileşenleri, omega 3 yağ asitlerini, diyet lifi, organik asitleri ve şeker miktarını arttırmak için kullanılabilmektedir [14].

Kinoa proteinlerinin kalitesi süt proteini kazein ile eşleşmektedir [15]. Olağan üstü protein kalitesi, mineral ve vitamin içeriği ile oldukça besleyicidir [2]. Kinoanın tüm esansiyel ve bazı esansiyel olmayan amino asitlerce ekmeklik buğday ununa göre zengin olduğu belirlenmiştir [16]. FAO 'nun 3-10 yaşındaki çocuklar için tavsiye edilen esansiyel aminoasit puanlama modeline kıyasla kinoa sekiz temel amino asit içinde tavsiye edilen miktarın üstünde aminoasit içeriğine sahiptir [17]. Özellikle lisin esansiyel amino asidini yüksek oranda içermektedir [16]. Oleik ve linoleik asitler açısından

zengin [18] olmasının yanı sıra diğer tahıllar ile karşılaştırıldığı zaman folik asit ve riboflovin açısından da iyi bir kaynaktır fakat niasin içeriği ortalamalardan düşüktür. Pişirme ve farklı proses işlemlerinden sonra miktarının düştüğü belirlense de E vitaminini önemli miktarda içermektedir [17]. Comai ve ark. [19] tarafından yapılan çalışmada kinoa, buğday, pirinç, arpa, yulaf, çavdar süpürge darısı ve darı unlarındaki proteinler ve triptofan içeriği belirlenmiştir. Kinoanın triptofan ve protein içeriği buğdaya benzer fakat diğer tahıllardan daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Kinoa ununun serbest triptofan içeriği ise buğday, yulaf ve sorguma benzer, arpadan daha düşük fakat pirinç, çavdar ve süpürge darısından daha yüksek olduğu raporlanmıştır. Kinoa ve amaranth nişastasının karakterizasyonunun belirlendiği çalışmada [20]; amiloz içerikleri amaranth da %7.8, kinoa da %11.2 olarak bulunmuştur. Kinoa nişastası amaranthdan daha viskoz ve daha düşük sıcaklıkta jelatinize olmaktadır. Amaranth nişastası kinoa nişastasından daha geniş bir jelatinleşme sıcaklık aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Kinoanın kepek kısmı, acı ve besin olmayan bir bileşen olan saponin içerir [6]. Bu yüzden kinoa çoğu durumda parlatılır ve yıkanır [21]. Kinoanın içerdiği saponinler, bioaktif bileşenler ve besin içeriğinde çevresel ve çeşit farklılıkları önemlidir [10].

Yapılan bir çalışmada [7]; öğütülmüş tohumun besin bileşimi tüm tohuma benzer bulunmuştur. Mineral analizi sonucunda kinoa K, Mg, Ca, P ve Fe ce zengin olduğu belirlenmiştir. Jelleşme sıcaklığı 54 derece ile 71 derece aralığında olduğu, doymamış yağ asidi toplam yağ asidinin %87.2-%87.8'ini oluşturduğu belirtilmiştir. Emriyoda lipoksigenaz aktivitesi ve tripsin inhibitör aktivitesi yüksek bulunmuştur. Kepek kısmının saponin içeriği ise toplam saponin miktarının %86'sını oluşturduğu raporlanmıştır. Tohum kabuğu acı saponin bileşikleriyle kaplı olduğundan, tüketilmeden önce çıkarılması gerekmektedir. Mekanik veya kimyasal yollarla perikarp ve saponinlerin çıkarılması tohumun mineral içeriğini etkilememektedir [22]. Valencia ve Serna [23], saponinlerin uzaklaştırılması için en yaygın metodun tohumların sekiz katı kadar su ile yıkanması olduğunu ifade etmişlerdir.

Kinoa bir çok potansiyel kullanımı olan tohum bitkisidir. Aminoasit ve mineral madde kompozisyonu besinsel değeri yüksek gıdaların hazırlanmasında kinoa tohumlarını önemli kılmaktadır [16]. Un, bisküvi, ekmek ve işlenmiş gıda yapımı yanında çorba, kahvaltılık tahıl, alkol üretiminde de kullanım alanı bulmaktadır [2]. Kinoanın yenilebilir tohumları küçük ve düzdür. Tohum rengi griden beyaz ve siyaha kadar değişebildiği gibi sarı ve kırmızıda olabilmektedir. Kahvaltılık bir tahıl olarak patates ve mısır gibi tüketilebilmektedir. Geçmişte sadece And bölgesinde en çok tüketilen bir gıdayken şuan pirinç ve makarna gibi ucuz ithal edilen gıdalara ilave edilebilmektedir [8].

3. KİNOANIN EKMEK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Graminaeae ailesinden olmadığından ''yalancı tahıl'' olarak kabul edilen kinoa, una öğütülerek tahıllar gibi kullanılabilmektedir [23]. Yalancı tahıllar gluten içermediği için [24] kinoanın ekmek formülasyonuna eklenmesinde bazı yapısal sorunlar yaşanmaktadır. Bunun yanı sıra ekmeklerin besinsel değerini olumlu etkilemektedir. Bu olumlu ve olumsuz özelliklerden aşağıda bahsedilmiştir.

Kinoa buğday ununa göre diyet lif, yağ, Ca, Fe ve Zn minerallerini daha fazla içermektedir [18]. Alencar ve ark. [24] tarafından yapılan çalışmada; kinoa içeren ekmek; kontrol ekmeğe benzer spesifik hacim, sertlik ve su aktivitesi değerleri gösterirken, kontrol gruba kinoa ilavesinin protein, yağ ve kül içeriğinin artmasına sebep olduğu bildirilmiştir. Farklı (%10, %15 ve %20) oranlarında

kinoa ilave edilerek ekmek üretiminin yapıldığı çalışmada [16], buğday ununa kinoa eklenmesi hamurda su absorbsiyonunu azaltmıştır. Ekmek spesifik hacmi ise sadece %20 kinoa eklenmesi ile azalmıştır. Çalışma sonucunda, %20 kinoa (kabuksuz) unu kullanımı ile hamur reolojisinin olumlu etkilendiği, ekmek protein içeriğini %2 civarı arttırdığı duyusal özelliklerin bu seviyede kinoa eklenmesi ile olumlu olduğu, ekmek üretiminde kinoa kullanımının ekmek özelliklerini geliştirebileceği bildirilmiştir. Codina ve ark. [25] tarafından yapılan çalışmada, buğday ununa %0, %5, %15 ve %20 kinoanın ilavesinde artan kinoa unu miktarının, güçlü ancak daha az genişleyebilen hamur elde edilmesine neden olduğu, ekmek hacimlerinde, elastikiyette ve gözeneklilikte azalma gözlendiği ve %5-%10 düzeyinde kinoa unu içeren ekmeklerin daha yüksek oranda kinoa unu içeren örneklere göre daha iyi fiziksel özellik gösterdiği raporlanmıştır. Buğday ununa %10 oranında kinoa ilavesi hamurun reolojik özelliklerinde önemli bir değişiklik yapmazken, daha yüksek oranlarda (%20 ve %30) kinoa kullanımı stabilite, yumuşaklık ve elastikiyette önemli değişikliklere sebep olmaktadır [26].

Kinoa ununun yüksek oranda kullanılması ekmeklerin hacim ve sertlik değerlerini olumsuz yönde etkilemektedir [27]. 100g buğday unu ile yer değiştirme prensibine göre 25g ve 50g kinoa ilave edilerek ekmek üretilen bir çalışmada [18], kinoa ilavesinin ekmeklerde ekmek spesifik hacmi bakımından 4.48-3.46'den 2.63 cm3/g'a kadar önemli oranda azaldığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada ekmek içi sertliğin 0.77 N'den 1.55/2.64 N'a yükseldiği, kabul edilebilirlik bakımından puanların 7.94'den 7.58-5.94'e düştüğü dolayısıyla kinoa ilavesiyle ekmeklerin kalitede değer kaybetmesine sebep olduğu bildirilmiştir. Benzer olarak Tömösközi ve ark. [26] tarafından yapılan çalışmada; buğday ununa %10 oranında kinoa ilavesi, un karışımının su tutma kapasitesinde artış sağlarken ekmeklerin spesifik hacimde azalmaya neden olduğu raporlanmıştır.

Tüm kinoa unu ekmek formülasyonlarında 25 g/100g şeklinde eklendiğinde ekmek kalitesinde küçük bir değer kaybı ile sağlıklı, faydalı bir ürün elde edilebilmektedir [18]. Kinoa unu ekmeklerin mineral ve protein değerleri bakımından lif içeriğini 5.5'den 7.2 g/100 g'a ve mineral maddelerin de (kalsiyumu 0,35'den- 1,28 mg'a, demiri 17 den 34 mg'a, çinkoyu 23'den 48 mg/g'a) yükselmesini sağlayarak ekmek besin değerini arttırmaktadır [18]. Ekmeklik buğday ununa %10,15 ve 20 oranlarında kinoa ilavesinden sonra ekmeklerde yapılan mineral madde analizi sonuçlarına [16] göre; fosfor, magnezyum ve demir mineralleri kinoa ilavesi ile artarken; potasyum, kalsiyum, sodyum, çinko ve manganez minerallerinde kinoa ilavesinin istatistiki bir artışa sebep olmadığı raporlanmıştır.

Kinoa ununun ekmek içeriğinde mineral madde üzerinde yaptığı olumlu etkilere rağmen başka bir çalışmada [27], beslenme açısından negatif etki gösteren fitik asit miktarı kontrol örneğinde 53.23 mg/100g bulunmuşken; %10 oranında kinoa unu kullanılmasıyla bu değerin 109.13 mg/100g düzeyine çıktığı, %20 oranında kinoa unu kullanılmasıyla 137.80 mg/100g olduğu raporlanmıştır. Fitik asit insan beslenmesinde gerekli olan minerallerle kompleks oluşturarak bunların emilimini engellemektedir. Bunun yanı sıra, fitik asidin minerallerle birleşmesiyle oluşan fitatlar, protein emilimini de olumsuz yönde etkilemektedir [28].

Rosell ve ark. [29] tarafından yapılan çalışmada; buğday ununa %0, %12.5, %25, %50 ve %100 oranında kinoa eklenerek denemeler yapılmıştır. Artan kinoa miktarının hamur konsistensini düşürdüğü, sadece kinoa ununun kullanımının ise çok düşük konsistenste hamur meydana getirdiği tespit edilmiştir. Kinoa unu ilavesiyle birlikte ekmeğin parlaklık değerinde azalma gözlenmiştir. Ayrıca ürünün nem içeriğinde artış meydana gelirken, spesifik hacimde doğrusal bir azalma söz konusu olmuştur. Sertlik, çiğnenebilirlik gibi faktörlerde ise artış meydana gelmiş, toplam kabul

edilebilirlikte azalma olduğu saptanmıştır. Ekmek hacminde karşılaşılan azalmanın sebebinin kinoada gluten bulunmaması ile eklendiği formülasyonda gluten miktarını azaltmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Kinoa gluten içermediği için son zamanlarda çölyak hastalarına yönelik olarak geliştirilen gıdalarda da kullanılmaktadır. Kinoa ununun glutensiz ekmek kalite parametreleri, özellikle hacim üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada [30], kinoa unu glutensiz kontrol formülasyonunda pirinç ve mısır unu ile %40-100 olarak yer değiştirilerek ekmek üretilmiştir. Çalışma sonucunda, glukooksidaz aktivitesi ve kinoanın kepeksiz olması ile ilişkili olarak spesifik hacim %33'e kadar arttığı bildirilmiştir. Ayrıca ekmek içi homojen özellikte, gaz kabarcıkları küçük ve homojen dağılmış, ve tadın sorunsuz olduğu, bu nedenle kepeksiz kinoa unu kullanılarak glutensiz ekmeklerin kalitesini geliştirmenin mümkün olabileceği raporlanmıştır.

Pirinç unu ve patates nişastası miktarının toplam kütlede %50 oranında tutulduğu başka bir glutensiz ekmek çalışmasında; kinoa ve karabuğday ununun ters orantılı olarak ilave edilmesiyle elde edilen ekmek hamurunun teknolojik, reolojik ve duyusal özellikleri incelendiğinde kinoa unu miktarındaki artışın ekmeğin kül miktarında ve su tutma kapasitesinde artış sağladığı, ekmek hamurunu daha elastik hale getirdiği ve yapıyı gluten gibi iyileştirdiği gözlenmiş, karabuğday ve kinoa ununun ekmeğin spesifik hacminde olumsuz etki yapmadığı saptanmıştır. Artan kinoa miktarı ürünün parlaklığında artış sağlamış ve %25 oranında kinoa ilave edilmiş ekmekte lezzet ve toplam beğeni açısından en yüksek puanlar elde edilmiştir [13].

Farklı bir çalışmada, %50 pirinç unu ile %50 patates nişastasından oluşan glutensiz formülasyona kinoanın ilavesi ekmek hacmini önemli oranda arttırmıştır. Yalancı tahıl ilavesi ile glutensiz ekmek içi yumuşaklığının arttığı bununda bu ürünlerde doğal halde bulunan emilsüfiyerlerden kaynaklandığı, kontrol ekmekleri ile karşılaştırdıkları zaman ekmek örneklerinin kabul edilebilirliğinde anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada glutensiz ekmeklerin ekmek içi renk özelliklerinden L değeri yalancı tahılların ilavesi ile kontrol gruba göre azalmıştır. L/b değeri ise kontrol grupta en yüksek iken en düşük değerleri kinoa ve amaranth ilaveli ekmekler göstermiştir. Yalancı tahıl ilavesi ile kohezif yapışkanlık ve elastikiyet değerlerini arttırmıştır. Depolama süresinin genel olarak ekmek içi sertliğini arttırdığı belirtilmiştir. Kohezif yapışkanlığın amaranth içerenler hariç tüm ekmek örneklerinde depolama süresi ile azaldığı tespit edilmiştir. Yalancı tahıl unları ekmeklerin duyusal özelliklerini olumsuz etkilemeden glutensiz ekmek formülasyonunda kullanılabilir olduğu; sağlıklı, iyi kalitede glutensiz ekmek üretiminde kabul edilebileceği raporlanmıştır [31].

Glutensiz ekmek formülasyonuna artan kinoa unu oranının sertlikte artışa, esneklik ve çiğnenebilirlikte azalmaya, gözeneklilikte artışa, aroma ve tat ile toplam kabul edilebilirlikte azalmaya neden olduğu saptanmış ancak kabuk renginde bir değişim olmadığı bildirilmiştir [32].

4. KİNOANIN DİĞER UNLU MAMULLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Kinoa, protein içeriği açısından buğday ile benzerlik göstermesine rağmen; gluten içermemesi nedeniyle makarna gibi ürünlerin üretiminde kullanımı sınırlı kalmakta ve karışım halinde kullanımı tercih edilebilmektedir [33]. Lorussa ve ark. [34] sadece buğday irmiği ile, buğday irmiği ve onun %20 oranında doğal ya da fermente kinoa unları kullanarak üç farklı makarna hazırlamış, teknolojik ve besleme karakterlerini incelemişlerdir. Fermente kinoa unu ile yapılan makarnanın daha besleyici olduğu, pişirme sırasında su absorbsiyonunun daha az olduğu ancak pişirme kaybı meydana geldiğini;

kinoa unu kullanımıyla yapışkanlıkta ve fermantasyonla da ek olarak elastikiyette artış meydana geldiğini bildirmişlerdir.

D'amico ve ark. [35] tarafından yapılan çalışmada, buğday makarnasının üretimi sırasında yüksek sıcaklıkta (>60°C) kurutma yapılmasının ürün kalitesini olumlu yönde etkilediği belirtilerek, glutensiz makarna karışımlarındaki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, amarant (%20), kinoa (%20) ve karabuğday (%60) ile darı (%70) ve beyaz fasulyeden oluşan iki farklı glutensiz un karışımı ve buğday makarnası üretimi gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda yüksek sıcaklıkta kurutma işleminin glutensiz makarna kalitelerinde iyileşme sağladığı, daha yüksek kurutma sıcaklığında pişirme kaybının ve protein çözünürlüğünün azaldığı, bu etkilerin kinoalı karışımda daha belirgin olduğu belirtilmiştir.

Çeşitli oranlarda kinoa, amarant, pirinç unu ve yumurta beyazı ile optimizasyon yapılarak üretilen makarnalarda kinoa unu miktarının artması ile parlaklık değerinde ve pişme kaybında azalma, su absorpsiyonunda artma meydana gelmiştir [36].Yumurta beyazı ve patates nişastası karışımına farklı oranlarda ekstrüde edilmiş ve edilmemiş kinoa unu eklenerek yapılan glutensiz makarnada, ekstrüde un eklenmesi ile pişme süresinde azalma, pişme kaybında artma, sertlik değerinde ise azalma gözlenmiştir. [37].

Farklı oranlarda kinoa unu kullanılarak yapılan bisküvilerde kinoanın iyi bir lif kaynağı olduğu, protein ve esansiyel yağ asidi açısından besleyici özellik gösterdiği ve duyusal açıdan kabul gördüğü tespit edilmiştir [38].Haader ve ark. [39] tarafından yapılan çalışmada, kinoa ilaveli bisküvilerde protein, lif, kalsiyum, demir, çinko gibi ögelerde artış ve karbonhidrat içeriğinde azalma tespit edilmiştir. Ayrıca kontrol gruba göre ağırlık, hacim, kalınlık gibi parametrelerde pişmiş ürünler arasında bir farklılık gözlenmemiştir. Kinoa unu kullanılarak bisküvi üretilen başka bir çalışmada ise, %100 pirinç unu ile yapılan ticari bisküvilere kıyasla, artan kinoa unu nedeniyle duyusal açıdan beğenide azalma olduğu belirlenmiştir [40]. Kinoa unu ile yapılan bisküvilere tragakant ve ksantan gam eklenmesinin duyusal açıdan olumlu olduğu ve ürünlerin parlaklık değerini artırdığı bildirilmiştir [41].

Makpoul ve Ibrahem [42] tarafından yapılan çalışmada, buğday unu ve %10, 15, 20 oranlarında kinoa unu eklenmiş bisküvileri karşılaştırdıklarında, artan kinoa miktarı ile birlikte lif, protein, yağ gibi ögelerde artışın yanı sıra α- tokoferol, B_1, B_2 ve B_3 vitamininde artış olduğunu bildirilmiştir. Aynı çalışmada ürünlerin duyusal özellikleri incelendiğinde ise kabul edilebilirlik açısından en yüksek değerin %20 kinoa unu içeren karışımda elde edildiği belirtilmiştir. İkame olarak kinoa unu ile birlikte tatlı patates unu kullanılan başka bir çalışmada ise %80 buğday, %10 kinoa ve %10 tatlı patates unu kullanılarak hazırlanan kurabiyelerin, görünüş ve renk açısından çok beğenildiği; tekstür, lezzet ve toplam kabul edilebilirlik değerlendirmesinde ise %100 buğday unu ile hazırlanan ürünün daha iyi olduğu belirtilmiştir [43].

Bozdogan ve ark. [44] tarafından yapılan çalışmada %0-75 aralığında kinoa unu ve eşit miktarlarda pirinç unu ile patates nişastası içeren kek karışımları hazırlamışlardır. Artan kinoa ununa bağlı olarak pişirme kaybında azalma, özgül hacimde ise artış tespit etmişlerdir. Yine artan kinoa miktarı ile birlikte un karışımlarının su tutma kapasitesinde artış keklerin parlaklık değerinde ise azalma meydana geldiği, duyusal açıdan %50 kinoa unu içeren kek karışımının en iyi örnek olduğu belirtilmiştir.

Bu ürünlerin dışında ekstrüzyon pişirme teknolojisi kullanılarak tahıl esaslı atıştırmalıklar üretilebilmektedir. %20, 35 ve 50 oranında kinoa unu içeren mısır unu karışımı kullanılarak ekstrüde

atıştırmalık üretilmiştir. Artan kinoa miktarına bağlı olarak acılık ve toplam lezzet değeri artış gösterirken; yapışkanlık değerinde azalma, sertlik değerinde ise artış gözlenmiştir. Gözeneklilik değerinde önemli bir artış olmadığı halde, gözenek hacimlerinde artan kinoa miktarına bağlı olarak azalma meydana gelmiştir [45].

5. SONUÇ

Kinoa besin değeri yüksek olan, lif açısından zengin önemli bir bitkidir. Gluten içermemesi ile çölyak hastalarına yönelik üretilen gıdalarda kullanım alanı bulmuştur. Sahip olduğu bileşenlerden dolayı son zamanlarda adından bahsettirmektedir. İçerdiği esansiyel aminoasitlerden dolayı sağlık açısından önemli bir yer edinmiştir. Çölyak hastası bireylerin glutene duydukları hassasiyet dolayısıyla tüketebilecekleri gıda seçeneği azdır. Glutensiz ürünlerde en büyük sorun mineral madde ve vitamin eksikliğidir. Kinoanın mineral maddeleri, vitaminleri ve önemli besinsel bileşenleri yeterli miktarda içerdiği için kinoa ilaveli ürünlerin besinsel özellikleri de artacaktır. Fakat kinoanın sahip olduğu olumlu özelliklere rağmen kabuk kısmının saponin içeriği yüksektir. Bununla ilgili olarak kullanılacak ürünlerde saponin içeriği yüksek olan kepek kısmının alınması gerekmektedir. Bu sırada kepekte bulunan diğer önemli besin elementlerinin de azalması olağandır. Bu yüzden saponin içeriği düşük olan farklı türler için çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Kinoa gluten içermediği için ekmek üretiminde kullanılması buğday ekmeği hacmini önemli oranda olumsuz olarak etkilemektedir. Ekmek kalite kriterlerinde ekmek hacmi önemli bir kriter olduğundan kinoa ilaveli ürünlerde kinoanın sebep olduğu bu hacim azalmasını önlemek için yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ekmek formülasyonuna ilave edilen kinoa ununun ekmekte fitik asit miktarını arttırması kinoa kullanımının olumsuz özelliklerindendir. Bu durumun formülasyona fitaz enzimi katkısı ile ya da fermantasyon sürecinin uzatılması ile önlenebileceği düşünülmektedir. Glutensiz bisküvi ve glutensiz makarna üretiminde kinoa kullanımı yapıyı olumsuz etkilemezken ürünün lif, protein ve mineral medde miktarını arttırmaktadır. Fakat kinoa ilavesi ile bisküvilerin duyusal olarak beğenilirliğinin azaldığı görülmektedir. Bu durumun önlenmesi için yapılacak farklı çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

[1] Simmonds, N.W. (1971). The Breeding System of Chenopodium Quinoa. I. Male Sterility. Heredity, 27: 73-82.

[2] Bhargava, A., Shukla S., Ohri D. (2006). Chenopodiumquinoa—An Indianperspective. Industrıal Crops and Products, 23: 73-87.

[3] Vilcacundo, R., Hernández B.L. (2017). Nutritional and biological value of quinoa

[4] (Chenopodium quinoa Willd.). Current Opinion in Food Science, 14:1-6.

[5] Jacobsen, S.E. (2003). The World wide potential for quinoa (Chenopodiumquinoa Willd.). Food Reviews International, 19: 167–177.

[6] Tan, M., Yöndem Z. (2013). İnsan ve Hayvan Beslenmesinde Yeni Bir Bitki: Kinoa (ChenopodiumquinoaWilld.). Alınteri, 25: 62-66.

[7] Mastebroek, H.D., Limburg H., Gilles I., Maroim H.J. (2000). Occurrence of Sapogenins in Leaves and Seeds of Quinoa (Chenopodiumquinoa Willd). Journal Scientif Food Agriculture, 80: 152–156.

[8] Ando, H., Chen Y.C., Tang H., Shimizu M., Watanabe K., Mitsunaga T. (2002). Food Components in Fractions of Quinoa Seed. Food Science and Technology Research, 8: 80–84.

[9] Carrasco, R.R., Espinoza C., Jacobsen S.E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (Chenopodiumquinoa) and kaniwa (Chenopodiumpallidicaule). Food Reviews International, 19: 179– 189.

[10] Demir, M.K., Kılınç M. (2016). Kinoa: Besinsel ve Antibesinsel Özellikleri. Journal of Food and Healthy Science, 3: 104-111.

[11] Nowak, V., Du J., Charrondiere U.R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (Chenopodiumquinoa Willd.). Food Chemistry, 193: 47-54.

[12] Li, G., Zhu F. (2018). Quinoa starch: Structure, properties, and applications. Carbohydrate Polymers, 181: 851-861.

[13] Keskin, Ş., Evlice K.A. (2015). Fırın Ürünlerinde Kinoa Kullanımı. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 24: 150-156.

[14] Turkut, M.G., Cakmak H., Kumcuoğlu S., Tavman Ş. (2016). Effect on quinoa floor on gluten-free bread batter rheology and bread quality. Journal of Cereal Science, 69: 174-181.

[15] Pellegrini, M., Gonzales R.L., Ricci A., Fontecha J., López J.F., Álvarez J.A.P., Martos M.V. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (Chenopodium quinoa Willd) seeds. Industrial Crops and Products, 111: 38-46.

[16] Ranhotra, G.S., J.A. Gelroth, B.K. Glaser, K.J. Lorenz, D.L. Johnson. (1993). Composition and Protein Nutritional Quality of Quinoa. Cereal Chemistry 70. 303-305.

[17] Stikic, R., Glamoclija D., Demin M., Vucelic-Radovic B., Jovanovic Z., Milojkovic-Opsenica D., Jacobsen S.E., Milovanovic M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoaseeds (ChenopodiumquinoaWilld.) as an ingredient in bread formulations. Journal of Cereal Science, 55: 132-138.

[18] Koziol, M. (1992). Chemical Composition and Nutritional Evaluation of Quinoa (ChenopodiumquinoaWilld.). Journal of Food Composition and Analysis, 5: 35-68.

[19] Comai, S., Bertazzo A., Bailoni L., Zancato M., Costa C.V.L., Allegri G. (2007). The Content of Proteic and Nonproteic (free and protein-bound) Tryptophanin Quinoa and Cereal Flours. Food Chemistry, 100: 1350-1355.

[20] Iglesias-Puig. E., Monedero V., Haros M. (2015). Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. Food Scienceand Technology, 60: 71-77.

[21] Qian, J.Y., Kuhn M. (1999). Characterization of Amaranthuscruentus and Chenopodiumquinoa Starch. Forschungsbeiträge, 51: 116-120.

[22] Garcia, L. (2007). Quinoa: A Traditional Andean Crop with New Horizons. Cereal Foods World, 5: 52. 2.

[23] Ward, S.M. (2000). Response to selection for reduced grain saponin content in quinoa. Field Crop Res, 68: 157-163.

[24] Valencia, R.A.M.R., Serna L.A. (2011). Quinoa (Chenopodiumquinoa, Willd.) as a source of dietary fiber andotherfunctionalcomponents. Ciencia e Technologia de Alimentos, 31: 225-230.

[25] Alencar, N.M.M., Steel C.J., Alvim I.D., Morais E.C., Bolini H.M.A. (2015). Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-freebreads: Temporal profile and instrumental analysis. Food Science and Technology, 62: 1011-1018.

[26] Codina, G.G., Franciuc S.G., Todosi-Sanduleac E. (2016). Studies on the influence of quinoa flour addition on bread quality. Food and Environment Safety, 2: 165-174.

[27] Tömösközi, S., Gyenge L., Pelceder A., Abonyi T., Schönlechner R., Lasztity R. (2011). Effects of flour and protein preparations from amaranth and quinoa seeds on the rheological properties of wheat-flour dough and bread crumb. Czech Journal of Food Science, 29: 109-116.

[28] Bilgiçli, N., İbanoğlu Ş. (2015). Effect of pseudo cereal flours on some physical, chemical and sensory properties of bread,. Journal of Food Science Technology, 52: 7525-7529.

[29] Bilgiçli, N. (2002). Fitik Asitin Beslenme Açısından Önemi Ve Fitik Asit Miktarı Düşürülmüş Gıda Üretim Metotları. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 16: 79-83.

[30] Rosell, C.M., Cortez G., Repo-Carrasco R. (2009). Breadmaking use of Andean crops quinoa, kaniwa, kiwicha and tarwi. Cereal Chemistry, 86: 386-392.

[31] Elgeti, D., Nordlohne S.D., Föste M., Besl M., Linden M.H., Heinz V., Jekle M., Becker T. (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. Journal of Cereal Science, 59: 41-47.

[32] Alvarez-Jubete, L., Auty M., Arendt E.K., Gallagher E. (2010). Baking properties and microstructure of pseudocereal Xours in gluten-free bread formulations. European Food Research and Technology, 230: 437-445.

[33] Buresova, I., Tokar M., Marecek J., Hrivna L., Famera O., Sottnikova V. (2017). The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour

on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. Journal of Cereal Science, 75: 158-164.

[34] Valcarcel-Yamani, B., Lannes, S.C.S. (2012). Applications of quinoa (chenopodium quinoa willd.) And amaranth (amaranthus spp.) And their ınfluence in the nutritional value of cereal based foods. Food and Public Health, 2(6): 265-375.

[35] Lorusso, A., Verni, M., Montemurro, M., Coda, R., Gobbetti, M., Rizzelo, C.G. (2017). Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. LWT- Food Science and Technology, 78: 215-221.

[36] D'amico, S., Maschle, J., Jekle, M., Tömösközi, S., Lango, B., Schoenlechner, R. (2015). Effect of high temperature drying on gluten-free pasta properties. LWT-Food Science and Technology, 63: 391-399.

[37] Makdoud, S., Rosentrater, K.A. (2017). Development and testing of gluten-free pasta based on rice, quinoa and amaranth flours. Journal of Food Research, 6(4): 91-110.

[38] Linare-garcia L., Valencia, R.R.C., Paulet, P.G., Schoenlechner, R. (2019). Development of gluten‑free and egg‑free pasta based on quinoa (*Chenopdium quinoa* willd) with addition of lupine flour, vegetable proteins and the oxidizing enzyme POx. European Food Research and Technolgy, 245; 2147-2156.

[39] Brito, I. L., de Souza, E. L., Felex, S. S., Madruga, M. S., Yamashita, F., Magnani, M. (2015). Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)-based cookies development using an experimental mixture design. Journal of food science and technology, 52(9): 5866–5873.

[40] El-Hamid, H. El-Makhzangy, A. (2019). Preparation and evaluation of physical and chemical properties of gluten-free biscuits. Journal of Productivity and Development, 24: 77-94.

[41] [40] Paucean, A., Man, S., Pop, A. (2015). Effect of quinoa flour addition on quality characteristics of rice gluten-free cookies. Journal of Agroalimentary Process and Technolgies, 21(4): 371-378.

[42] Thejasri, V., Hymavathi, Tv., Roberts, T.P., Anusha, B., Devi, S. (2017). Sensory, physico-chemical and nutritional properties of gluten free biscuits formulated with quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), foxtail millet (*Setaria italica*) and hydrocolloids. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6: 1710-1721.

[43] Makpoul, K.R., Ibrahem, A.A. (2015). Improving biscuits nutritional value using quinoa flour, Journal of Food and Dairy Science, 6(12): 771-780.

[44] Chopra, N., Dhillon, B., Rani, R., Singh, A. (2018). Physico-nutritional and sensory properties of cookies formulated with quinoa, sweet potato and wheat flour blends. Current Research in Nutrition and Food Science, 6(3): 798-06.

[45] Bozdogan, N., Kumcupglu, S., Tavman, Ş. (2019). Investigation of the effects of using quinoa flour on gluten-free cake batters and cake properties. Journal of Food Science Technology, 56: 683-694.

[46] Diaz, J.M.R., Suuronen, J.P., Deegan, K.C., Serimaa, R., Tuorila, H., Jouppila, K. (2015). Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kaniwa flour. LWT-Food Science and Technology, 64: 1047-1056.