



Muş Alparslan Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ / MUŞ ALPARSLAN UNIVERSITY

www.alparslan.edu.tr

e-ISSN:2757-5896

Haziran / June 2024

Cilt/Volume 5

Sayı/Issue 1

MÜHENDİSLİK-MİMARLIK
FAKÜLTESİ
DERGİSİ

JOURNAL OF THE FACULTY of
ENGINEERING and
ARCHITECTURE



Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi
Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

YIL/YEAR: 2024 CİLT/VOLUME: 5 SAYI/NUMBER: 1

Yazılarda ifade edilen düşünce ve görüşler yazarların kişisel görüşleridir. Derginin ve bağlı bulunduğu kurumun görüşlerini yansıtmamaktadır.

The views and opinions expressed in the articles are the personal views of the authors. It does not reflect the views of the journal and its affiliated institution.



Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi
Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Dağıtım

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi tarafından yapılmaktadır.

e-ISSN : 2757-5896

Basım Tarihi : 01/07/2024

Cilt : 5

Sayı : 1

İlk Yayın Tarihi : 2020

Basım Yeri : Muş

Yayın Türü : Yılda iki defa olmak üzere, altı ayda bir (Haziran ve Aralık) elektronik olarak yayımlanan uluslararası hakemli ve süreli bir yayındır.

Yayın Dili : Türkçe ve İngilizcedir.

Adres : Muş Alparslan Üniversitesi Kampüsü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Diyarbakır Yolu 7. Km, 49250 – MUŞ / TÜRKİYE

e-posta : b.taskan@alparslan.edu.tr

URL : <https://dergipark.org.tr/tr/pub/maummfd>

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi
Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Yıl/Year: 2024 Cilt/Volume: 5 Sayı/Number: 1

Yayın Kurulu • Editorial Board	
Muş Alparslan Üniversitesi Adına Sahibi / Owner	Prof. Dr. Muhammed ÇINAR (Dekan) Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
Editör / Editor	Dr. Öğr. Üyesi Buşra TAŞKAN Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
Yayın Kurulu Üyeleri / Editorial Board Members	Necattin Cihat İÇYER, Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye Kemal SÜLÜK, Muş Alparslan Üniversitesi / Türkiye
Yayın ve Danışma Kurulu/ Editorial and Advisory Board	Prof. Dr. Malik YOUSEF, malik.yousef@gmail.com , Zefat Academic College; Assoc. Prof. Dr. Shuo GAO, buaa.edu.cn , Beihang University; Asst. Prof. Mohannad Eid Issa JREISSAT, drjreissat@hu.edu.jo , Hashemite University; Dr. Yu WU, yu.wu.09@ucl.ac.uk , London's Global University; Dr. Ziyad ABUNADA, z.abunada@cqu.edu.au , CQUniversity Australia; Prof. Dr. Ahmet GÜRAL, agural@gazi.edu.tr , Gazi Üniversitesi; Prof. Dr. Ali KARCI, ali.karci@inonu.edu.tr , İnönü Üniversitesi; Prof. Dr. Coşkun ÖZALP, coskunozalp@osmaniye.edu.tr , Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi; Prof. Dr. İbrahim CAN, ican@cumhuriyet.edu.tr , Sivas Cumhuriyet Üniversitesi; Prof. Dr. Mustafa BAYRAM, mbayram@gantep.edu.tr , Gaziantep Üniversitesi; Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK, semraselcuk@gazi.edu.tr , Gazi Üniversitesi; Prof. Dr. Ulvi ŞEKER, useker@gazi.edu.tr , Gazi Üniversitesi; Prof. Dr. Yüksel ESEN, yesen@firat.edu.tr , Fırat Üniversitesi; Doç. Dr. Buket KARATOP, buket.karatop@iuc.edu.tr , İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa; Doç. Dr. Elanur ADAR YAZAR, aelanur@artvin.edu.tr , Artvin Çoruh Üniversitesi; Doç. Dr. Hare KILIÇASLAN, hkilicaslan@ktu.edu.tr , Karadeniz Teknik Üniversitesi; Doç. Dr. Kübra ULUCAN ALTUNTAŞ, kualtuntas@itu.edu.tr , İstanbul Teknik Üniversitesi; Doç. Dr. Melih KUNCAN, melihkuncan@siirt.edu.tr , Siirt Üniversitesi; Doç. Dr. Selim BUYRUKOĞLU, sbuyrukoglu@karatekin.edu.tr , Çankırı Karatekin Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahim DAL, adal@atu.edu.tr , Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Arif BALCI, arifbalticikafkas.edu.tr , Kafkas Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Emre YURTKURAN, yurtkuranemre@sivas.edu.tr , Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Fatih BOZKURT, fbozkurt@yildiz.edu.tr , Yıldız Teknik Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Fevzi ŞEVİK, fsevik@bingol.edu.tr , Bingöl

	<p>Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Fulya Pelin CENGİZOĞLU, pelincengizoglu@mu.edu.tr, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Çağrı TÜZEMEN, cagrituzemen@nevsehir.edu.tr, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kürşat ÖKSÜZ, mkoksuz@erzincan.edu.tr, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Taha ETEM, tahaetem@karatekin.edu.tr, Çankırı Karatekin Üniversitesi; Dr. Öğr. Üyesi Yaşar DAŞDEMİR, yasar.dasdemir@erzurum.edu.tr, Erzurum Teknik Üniversitesi.</p>
Yazım ve Dil Editörü Yazım ve Dil Editörü	Arş. Gör. Yusuf BUDAK Arş. Gör. Mustafa Ertürk SÖYLEMEZ

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi
Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Yıl/Year: 2024 Cilt/Volume: 5 Sayı/Number: 1

Amaç ve Kapsam

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi dergisi, temel mühendislik bilimleri alanında, mühendisliğin güncel araştırma konularına odaklı hem deneysel hem de kuramsal çalışmaların yayınına öncelik tanır. Disiplinler arası çalışmaları ve teknolojileri içeren akademik yayınları teşvik eder. İlgili bilimlerin ve bireylerin ulusal ve uluslararası gelişimlerine katkıda bulunmayı, bu alanlarla ilgili kaynakları geliştirmeyi amaçlar. Derginin dili Türkçe ve İngilizcedir.

Mühendislik biliminin temeline ait kuramsal çalışmalara, teknolojik gelişmelere ve mühendislik odaklı disiplinler arası çalışmalara kapsamı dahilinde yer veren dergimiz; kuramsal, deneysel, araştırma ve derleme türünde içeriklerle yılda iki kez (Haziran, Aralık) yayımlanmakta, güncel akademik literatürü araştırmacılara ve kamuoyuna aktarmayı hedeflemektedir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi
Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Yıl/Year: 2024 Cilt/Volume: 5 Sayı/Number: 1

Aims and Scope

Muş Alparslan University Faculty of Engineering and Architecture journal gives priority to the publication of both experimental and theoretical studies in the field of basic engineering sciences, focusing on current research topics in engineering. It encourages academic publications involving interdisciplinary studies and technologies. It aims to contribute to the national and international development of related sciences and individuals, and to develop resources related to these fields. The languages of the journal are Turkish and English.

Our journal, which includes theoretical studies on the foundation of engineering science, technological developments and interdisciplinary studies focused on engineering; It is published twice a year (June, December) with theoretical, experimental, research and compilation content, and aims to convey the current academic literature to researchers and the public.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi

Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Yıl/Year: 2024 Cilt/Volume: 5 Sayı/Number: 1

Yayın Etiği ve Sorumluluklar

Dergimizin yayın süreci, sürece dahil olan herkes için (yazarlar, hakemler, editörler) akademik etik ilkelerine ve standartlara uymayı şart koşmaktadır. Bu kapsamda sürece dahil olan tüm akademisyenlerin aşağıdaki sorumlulukları kabul ettiği varsayılmaktadır. Bu kapsamda ifade edilen sorumluluklar belirlenirken açık erişim kurallarını düzenleyen Committee on Publication Ethics (COPE) tarafından belirtilen kurallar ve sorumluluklar kullanılmıştır.

Yazarların Etik Sorumlulukları

Yazar(lar), tüm akademik çalışmalarında özgün olmalıdır. Yaptıkları çalışmalarda diğer akademik çalışmalardan yararlanmaları durumunda eksiksiz bir şekilde kaynak gösterimi ve/veya alıntı yapmaları gerekmektedir. Çalışmaya katkı sunmayan kişiler yazar olarak çalışmaya dahil edilmemelidir. Araştırmacılar, çalışmalarını aynı anda birden fazla yayın organına gönderemezler. Her bir gönderim süreci, önceki başvurunun sonuçlanmasına müteakip yapılmalıdır. Başka bir mecrada yayımlanmış bir çalışma dergimize gönderilmemelidir. Gönderilen çalışmaların, çıkar çatışması teşkil edecek içerikler, durumlar ve ilişkiler barındırması durumunda bilgilendirme yapılmalıdır. Yazarlar, talep edilmesi durumunda çalışmaya ait ham verileri ve deney bilgilerini yayın kurulu ve bilim kuruluna sunmaya hazır olmalıdır. Değerlendirme süreci başlatılmış bir çalışma için, yazar ekleme, sırasını değiştirme veya yazar çıkarma gibi teklifler mümkün değildir. Yazar(lar) çalışmalarında kullandıkları verilerin (varsa) etik haklarına, kullanım haklarına, araştırma/analiz/deney gibi işlemler için gerekli izinlere sahip olduğuna dair belgelere sahip olmalıdırlar. Yazar(lar) değerlendirme sürecine alınmış, erken görünüm aşamasına geçmiş veya yayımlanmış çalışmalarında bir hata fark etmeleri durumunda, dergi editörünü veya dergi yayıncısını bilgilendirmeli, düzeltme veya geri çekme işlemlerinde işbirliği yapılmalıdır.

Editörlerin Etik Görev ve Sorumlulukları

Dergipark sayfasında açıkça belirtilmiş açık erişim kurallar bütünlüğünü sağlayan COPE tarafından ifade edildiği üzere; derginin gelişimine devamlılık kazandırma, dergide yayımlanan akademik çalışmaların kalitesini arttırmaya yönelik aşamaları titizlikle yürütme, okuyucuların ve yazarların ihtiyaçlarına yönelik çalışmalar yapma, düzeltme veya açıklama gerektiren hususlarda açık ve şeffaf iletişim kurma, fikri mülkiyet haklarından ve akademik etik kurallarından taviz vermemek koşuluyla tüm iş süreçlerini devam ettirme gibi işler, editörün başlıca etik görev ve sorumluluklarıdır.

Hakemlerin Etik Sorumlulukları

Bir hakem, kendi uzmanlık alanına ait akademik çalışmaları değerlendirmeye almalıdır. Yaptığı değerlendirmelerde tarafsız ve gizli olmalıdır. Bu ilkeler kapsamında yaptığı çalışmaların değerlendirme sonuçlarını süreç sonunda kamu ile paylaşmamalı ve imha etmemelidir. Değerlendirmesi neticesinde bir çıkar çatışması tespit etmesi durumunda ilgili editör bilgilendirilmeli ve çalışmayı inceleme süreci reddedilmelidir. Yapılan hakemlik değerlendirmesinin sonucunu yapıcı ve kibar bir üslup ile iletmeli, düşmanlık, iftira veya hakaret içeren negatif ve kişisel iletişim üslubu kullanılmamalıdır. Hakemliği kabul edilen çalışmaları taahhüt edilen süre içerisinde ve belirtilen akademik etik kuralları çerçevesinde değerlendirmeli ve sonucu iletmelidir.

Yayıncının Etik Sorumlulukları

Dergimiz sürece dahil ettiği tüm çalışmalar için editörleri sorumlu kılmaktadır. Dergide yapılan çalışmalardan politik veya ekonomik kazançlar elde edilmemesi için gereken tedbir çalışmalarını editör yürütmektedir. Dergimiz editör kararları oluşturulmasında bağımsızlığı taahhüt eder. Dergimiz, kabul ettiği tüm çalışmaların fikri mülkiyet ve telif haklarını koruduğunu taahhüt eder. Editörlerin süreçle ilgili akademik suistimaller ve intihalle ilgili konularda ilgili önlemleri alma sorumluluğu yine dergimizin taahhüdü altındadır.

Yazarlar ile İlişkiler

Editörler, yazarların gönderdiği makalelerde çalışmanın özgünlüğü, anlatımın açıklığı ve derginin amaç-kapsamına uygunluğu noktasında değerlendirme yaparak olumlu veya olumsuz karar vermektedir. Bu kapsamda ciddi bir problem teşkil etmeyen tüm çalışmalar değerlendirme sürecine alınır. Editörler, hakem önerilerini dikkate almalıdır. Editörler, çalışmalarla ilgili önceki editörler tarafından verilen kararları, etik ve kapsam noktasında büyük bir problem tespit edilmemesi halinde değiştirmemelidir.

Hakemler ile İlişkiler

Kör Hakemlik ve Değerlendirme Süreci politikaları, editör tarafından titizlikle yürütülmelidir. Hakemler, ilgili yayının uzmanlık sahasına göre seçilmelidir. Yayınla ve süreçle ilgili tüm bilgiler hakemlerle açık bir şekilde paylaşılmalıdır. Yazar-hakem arası çıkar çatışması olup olmadığı yönündeki tespit editörün sorumluluğundadır. Değerlendirme sürecinin başlamasıyla birlikte hakemlerin kimlikleri gizli tutulmalıdır. Editörler, hakemleri tarafsızlık, bilimsellik ve nesnellik hususlarında teşvik etmelidir. Hakem havuzlarının geniş tutulmasına dikkat edilmelidir. Hakemlerin değerlendirme sürecine yönelik performanslarını arttırmak için uygulamalar ve politikalar güdülmelidir. Bilimsellikten ve akademik etik kurallarından uzak süreçler engellenmelidir.

Okuyucu ile İlişkiler

Editör, derginin hitap ettiği okuyucu kitlesinin ihtiyaç duyduğu beklentileri karşılamaya yönelik kararlar vermelidir. Yayınlanacak çalışmaların akademinin her türlü kademesine (okuyucu, araştırmacı) ve literatüre katkı sağlayacak özgün çalışmalar olmasına dikkat etmelidir. Okuyuculardan ve akademik camiadan gelecek geri bildirimleri dikkate almalı ve açıklayıcı geri bildirimlerde bulunmalıdır.

Yayın Kurulu ile İlişkiler

Editör, yayın kurulunda bulunan üyelerin, ilgili politika ve yönergelere uyumlu şekilde çalışması adına sorumludur. Bu politikalar kapsamında ilgili üyeler bilgilendirilmeli ve gelişmelerden haberdar edilmelidir. Yeni üyelere gerekli eğitim ve bilgilendirme sağlanmalıdır.

Dergi Sahibi ve Yayıncı ile İlişkiler

Akademik etik kuralları çerçevesinde, editör ile yayıncı bağımsızlık sözleşmesi imzalamaktadır. Yani editörler alacakları kararlarda yayıncı ve dergi sahibinden bağımsızdır.

Kişisel Verilerin Korunması

Dergi editörü, dergide yayımlanan çalışmalarda bulunan tüm bilgilerin, deneklerin ve görsellerin korunmasını sağlamakla sorumludur. Çalışmada eğer varsa denek olarak kullanılan bireylerin izinleri belgelendirilmediği sürece çalışmayı reddetmelidir. Ayrıca dergi editörü, yayın sürecinde bulunan herkesin (yazar, hakem ve okuyucu) bireysel verilerini korumakla sorumludur.

Etik Kurul, İnsan ve Hayvan Hakları

Editör, çalışma kapsamında genel anlamda insan ve hayvan haklarının korunmasını sağlamalıdır. Çalışma deneylerinde kullanılan verilere ve deneklere ve araştırmalara ilişkin gerekli izinlerin ve etik kurul raporlarının kontrolünü yapmakla mesuldür.

Olası Suiistimal ve Görevi Kötüye Kullanmaya Karşı Önlem

Suiistimal ve görevi kötüye kullanma hallerine karşı tedbir almak editörün görevidir. Bu konuyla ilgili şikayetlerin tespit edilmesi ve değerlendirilmesi noktasında titiz bir çalışma yürüten editör, ilgili bulguları paylaşmalı ve akademik etik ortamının devam etmesini sağlamalıdır.

Fikri Mülkiyet Haklarının Korunması

Dergi editörü, tüm çalışmaların fikri mülkiyet haklarını korumakla ve akademik etik ihlallerinde ve diğer olumsuzluklarda derginin, yazarların, hakemlerin haklarını savunmakla yükümlüdür. Ayrıca dergi editörü dergide yayımlanan çalışmaların intihal sonucu başka bir akademik çalışmanın fikri mülkiyetini ihlal edip etmediği yönündeki teyidi yapmalı ve gerekli önlemi almalıdır. Bu tedbirlerin başında değerlendirme sürecinde yazardan çalışmasıyla birlikte makalenin intihal raporu da talep edilmektedir.

NOT:Dergimizde akademik etiğe uygun olmayan bir durumla karşılaşmanız durumunda muhmimdergi@alparslan.edu.tr adresi üzerinden ivedi bir şekilde bizimle iletişime geçiniz.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi
Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Yıl/Year: 2024 Cilt/Volume: 5 Sayı/Number: 1

Editorial Ethics and Responsibilities

Publication Ethics and Responsibilities The publication process of our journal requires everyone involved (authors, referees, editors) to comply with academic ethical principles and standards. In this context, it is assumed that all academicians involved in the process accept the following responsibilities. While determining the responsibilities expressed in this context, the rules and responsibilities specified by the Committee on Publication Ethics (COPE), which regulates open access rules, were used.

Ethical Responsibilities of Authors

The author(s) must be original in all their academic works. If they benefit from other academic studies in their studies, they are required to give full reference and/or citation. Persons who do not contribute to the study should not be included as authors. Researchers cannot submit their work to more than one publication at the same time. Each submission process must be made following the conclusion of the previous application. A study published in another medium should not be sent to our journal. In case the submitted works contain content, situations and relationships that will constitute a conflict of interest, information should be provided. Authors should be ready to present the raw data and experimental information of the study to the editorial board and scientific committee, if requested. It is not possible to add an author, change the order or remove an author for a work whose evaluation process has been started. Author(s) should have documents showing that the data they use in their studies (if any) have ethical rights, usage rights, and necessary permissions for research/analysis/experiment. Author(s) should inform the journal editor or journal publisher and cooperate in correction or retraction if they notice an error in their review, early view stage or published work.

Ethical Duties and Responsibilities of Editors

As stated by COPE, which ensures the integrity of open access rules clearly stated on the Dergipark page; To ensure continuity in the development of the journal, to carry out the steps to increase the quality of academic studies published in the journal, to work towards the needs of readers and authors, to communicate openly and transparently in matters that require correction or explanation, to continue all business processes without compromising intellectual property rights and academic ethical rules. are the main ethical duties and responsibilities of the editor.

Ethical Responsibilities of Referees

A referee should evaluate academic studies in his field of expertise. It should be impartial and confidential in its evaluations. Within the scope of these principles, the evaluation results of the studies should not be shared with the public at the end of the process and should be destroyed. If a conflict of interest is detected as a result of its evaluation, the relevant editor should be informed and the review process of the study should be rejected. The result of the refereeing evaluation should be conveyed in a constructive and polite manner, and negative and personal communication style containing hostility, slander or insult should not be used. He/she should evaluate the studies

accepted as referees within the promised time and within the framework of the specified academic ethical rules and communicate the result.

Ethical Responsibilities of Publisher

Our journal makes the editors responsible for all the works included in the process. The editor carries out the necessary measures to prevent political or economic gains from the work done in the journal. Our journal is committed to independence in the creation of editorial decisions. Our journal undertakes to protect the intellectual property and copyrights of all accepted works. The responsibility of the editors to take the necessary precautions regarding academic misconduct and plagiarism related to the process is also under the commitment of our journal.

Relations with Authors

In the articles sent by the authors, the editors make a positive or negative decision by evaluating the originality of the study, the clarity of the narrative, and the suitability of the journal's purpose-scope. In this context, all studies that do not pose a serious problem are included in the evaluation process. Editors should consider referee suggestions. Editors should not change the decisions made by previous editors about the studies unless a major problem in terms of ethics and scope is detected.

Relations with Referees

Blind Review and Review Process policies should be meticulously followed by the editor. Reviewers should be selected according to the field of expertise of the relevant publication. All information about the publication and the process should be shared openly with the referees. It is the editor's responsibility to determine whether there is a conflict of interest between the author and the referee. With the start of the evaluation process, the identities of the referees should be kept confidential. Editors should encourage referees for impartiality, scientificity and objectivity. Care should be taken to keep the referee pools wide. Practices and policies should be pursued to increase the performance of referees in the evaluation process. Processes that are far from being scientific and academic ethical rules should be prevented.

Relations with the Readers

The editor must make decisions to meet the expectations of the audience the magazine addresses. Care should be taken that the studies to be published are original studies that will contribute to all levels of the academy (readers, researchers) and the literature. It should take into account the feedback from the readers and the academic community and provide explanatory feedback.

Relations with the Editorial Board

The editor is responsible for the members of the editorial board to work in compliance with the relevant policies and guidelines. Within the scope of these policies, the relevant members should be informed and informed about the developments. New members should be provided with the necessary training and information. Relations with Journal Owner and Publisher Within the framework of academic ethical rules, the editor and the publisher sign an

independence agreement. In other words, editors are independent of the publisher and journal owner in their decisions.

Relations with Owner of Journal and the Publisher

Within the framework of academic ethical rules, the editor and the publisher sign an independence agreement. In other words, editors are independent of the publisher and journal owner in their decisions.

Protection of Personal Data

The journal editor is responsible for ensuring that all information, subjects and images found in the studies published in the journal are protected. Individuals used as subjects in the study, if any, should refuse to work unless their consent is documented. In addition, the journal editor is responsible for protecting the individual data of everyone involved in the publication process (author, referee and reader).

Ethics Committee, Human and Animal Rights

The editor should ensure the protection of human and animal rights in general within the scope of the work. It is responsible for controlling the necessary permissions and ethics committee reports regarding the data and subjects used in the study experiments and research.

Precaution against Potential Abuse and Abuse

It is the editor's duty to take precautions against abuse and misconduct. The editor, who carries out a meticulous work in detecting and evaluating complaints about this subject, should share the relevant findings and ensure the continuation of the academic ethical environment.

Protection of Intellectual Property Rights

The editor of the journal is responsible for protecting the intellectual property rights of all studies and defending the rights of the journal, authors and referees in case of violations of academic ethics and other negativities. In addition, the journal editor should confirm whether the studies published in the journal violate the intellectual property of another academic work as a result of plagiarism and take the necessary action. At the beginning of these measures, the plagiarism report of the article is requested from the author along with his/her work during the evaluation process.

NOTE: If you encounter a situation that does not comply with academic ethics in our journal, please contact us immediately via muhmimdergi@alparslan.edu.tr.

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARASTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Şevin EKMEN, Zeynep ALGIN, Kasım MERMERDAŞ

“Experimental Study on Engineering Properties of Basalt Fiber Reinforced Lightweight Mortar” 1-14

“Bazalt Elyaf Takviyeli Hafif Harcın Mühendislik Özellikleri Üzerine Deneysel Çalışma”

Erkan KARAKOYUN

“Evaluating the Correlation Between Land Surface Temperature (LST) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)” 15-25

“Yer Yüzey Sıcaklığı (LST) ve Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü (NDVI) Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi”

Mehmet Çağrı TÜZEMEN 26-35

“Kafes Yapılarda Ek Dikmelerin Mekanik Davranışa Etkisi”

“Effect of Additional Struts on Mechanical Behavior in Lattice Structures”

Gülbahar BİLGİÇ TÜZEMEN 36-45

“Güneş Enerjili Yeşil Hidrojen Üretimi: Fotokatalitik Su Ayrıştırma”

“Solar Green Hydrogen Production: Photocatalytic Water Splitting”

DÜZELTME MAKALESİ / CORRECTION/ERRATUM ARTICLE

Necattin Cihat İÇYER, Muhammed Zeki DURAK 46-47

“Düzeltilme Makalesi”

“Correction/Erratum Article”

Experimental Study on Engineering Properties of Basalt Fiber Reinforced Lightweight Mortar

Şevin EKME^{1*}, Zeynep ALGIN², Kasım MERMERDAŞ³

^{1*}Harran University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Şanlıurfa/Turkey.
ORCID: 0000-0002-2577-696X

²Harran University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Şanlıurfa/Turkey.
ORCID: 0000-0001-7004-8403

³Harran University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Şanlıurfa/Turkey.
ORCID: 0000-0002-1274-6016

Corresponding Author: ekmensevin@harran.edu.tr

Arrival Date: 22.02.2024

Acceptance Date: 18.04.2024

Abstract

Basalt fiber is a new inorganic fiber type that has recently taken attention in cementitious materials reinforcing applications. In this study, the effect of the chopped basalt fiber inclusion and volume fractions on workability, mechanical properties, and capillarity of mortars were investigated. Lightweight mortars (LWM) were prepared by partial replacement of river sand with pumice aggregate as 0%, 25%, and 50% by volume. The chopped basalt fibers with a volume fraction of 0%, 0.25%, and 0.5% were utilized in LWM mixes. According to the applied tests, it was concluded that the increase of pumice aggregate content is significantly effective on obtained values, whereas, the influence of adding basalt fiber is changeable for the performed test results. Additionally, the statistical analysis of experimental results was implemented by general linear model ANOVA.

Keywords: Basalt Fiber, Lightweight Mortar, Engineering Properties

Bazalt Elyaf Takviyeli Hafif Harcın Mühendislik Özellikleri Üzerine Deneysel Çalışma

Özet

Bazalt elyaf, takviyeli çimentolu malzeme uygulamalarında son zamanlarda dikkat çeken bir inorganik elyaf türüdür. Bu çalışmada, kırılmış bazalt lif katkısının ve hacim oranlarının harçların işlenebilirliği, mekanik özellikleri ve kapilaritesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Hafif harçlar (HH), nehir kumunun hacimce %0, %25 ve %50 oranlarında pomza agregası ile kısmi olarak değiştirilmesi ile hazırlanmıştır. HH karışımlarında hacim oranı %0, %0,25 ve %0,5 olan kırılmış bazalt lifleri kullanılmıştır. Uygulanan testlere göre, pomza agregası içeriğindeki artışın elde edilen değerler üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu, bazalt lif ilavesinin etkisinin ise gerçekleştirilen test sonuçları için değişebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, deneysel sonuçların istatistiksel analizi genel doğrusal model ANOVA ile gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bazalt Elyaf, Hafif Harç, Mühendislik Özellikleri



Bu makale Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License ile lisanslanmıştır.

1. INTRODUCTION

Lightweight concrete (LWC) has some superiorities such as the lower dead load of structure [1], better thermal insulation [2-4], durability properties [5-6], and fire resistance [7-9] when compared to normal weight concrete (NWC). Therefore, LWC has been an interesting subject to be investigated with various experimental and real cases [10, 14-17]. Bouguerra et al. [18] studied the impact of microstructure on the mechanical and thermal properties of LWC that consists of cement, clay, and wood aggregates. It was found that the pore structure is substantially effective in the thermal properties of LWC. Şengül et al. [19] focused on the influence of expanded perlite replacement with natural aggregate on unit weight, compressive strength, modulus of elasticity, and thermal conductivity of LWC. The increase of expanded perlite content provided a reduction in the values obtained for all properties mentioned above. Chen and Liu [20] prepared lightweight concrete, using polystyrene beads as artificial aggregate, and various amounts of foam. Yıldız and Toktaş [21] studied on ultra high foam concrete. The results indicated that the workability, thermal and strength features of polystyrene beads foamed concrete can be enhanced with suitable foam content.

It is well known that the conventional concrete that commonly used as a structural material in the construction industry has some disadvantages such as brittleness, lower tensile strength and insufficient resistance to crack formation in the structure industry [22]. To achieve the deficiencies and improve the engineering properties of plain concrete the first application appeared in the early 1960s [23]. Fibers have been incorporated in the cementitious matrices. Adding fiber to the cementitious materials by considering the various types, different amounts and volume ratio of fibers is an efficient way to improve the undesirable characteristics of the conventional concrete [24-26]. The usage of fiber in concrete production provides higher toughness, energy absorption, flexural strength, compressive strength, and durability while prohibiting crack width propagation [27-33]. It has also been found that the fiber usage in concrete may cause some negative effects, such as higher dead load, prolonged mixing/placing time and reduction of workability of fresh concrete [34-36].

Basalt fiber (BF), is a new reliable, eco-friendly fiber type attained by extracting melted rock without adding any additive material [37]. Due to its high mechanical performance and more economical manufacturing process compared with other fiber types, BF has recently attracted manufacturers' and researchers' interest to be used as reinforcing material in many areas [38-43]. Jiang et al. [44] carried out a study on the mechanical and microstructure of basalt fiber reinforced concrete. While using BF had a positive effect on flexural strength, tensile strength, and toughness index of LWC, a slight increase in compressive strength of concrete was sighted. Results demonstrated that the BF length influenced the mechanical characteristics of LWC and the addition of BF changed pore structure. High et al. [45] confirmed that the BF usage fiber showed a slight impact on the compressive strength of LWC, whereas, it considerably improved flexural rupture modulus. Ayub et al. [46] searched the combined effects of additive and BF on high-performance fiber reinforced concrete. The results showed that, though, adding BF up to 2% volume increased compressive strength, the higher volume of BF decreased the strength values due to the occurrence of voids. It was also concluded that there was no important impact of BF on Young's modulus.

The target of the study is to reach the impact of BF content and pumice aggregate amount on the flowability, mechanical of lightweight mortars (LWM). The fundamental features of BF reinforced LWM such as sorptivity, water absorption, workability, compressive strength and flexural strength were experimentally examined and the correlations between these parameters were demonstrated in this study. Besides, the experimental results were assessed by statistical analysis and determined the effects of variables on each other.

2. EXPERIMENTAL STUDY

2.1. Materials Properties

Portland cement (CEM I 52.5 N) according to TS EN 197-1 is preferred as a basic binding material for all mixtures in this study. The table provided in Table 1 contains the chemical components of the cement that has been utilized.

Table 1. The chemical properties of the cement

Oxides(%)	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂
CEM I 52.5 N	0.68	1.60	0.14	2.42	63.28	3.12	5.02	18.91

River sand, having 0.5 and 2.63 values for water absorption value and specific gravity, respectively, and Nevşehir (in Turkey) pumice aggregate, having 25.6% and 1.37 values for water absorption value and specific gravity, respectively, were used as fine aggregate in the experimental study. The chemical properties of pumice aggregate were also given in Table 2.

Table 2. The chemical properties of lightweight aggregate

Oxides(%)	K ₂ O	TiO ₂	Na ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
LWA	4.32	0.15	3.17	70.14	16.44	1.01	0.74	0.2

The maximum particle sizes of both river sand and pumice aggregate were 4 mm in the study. Figure 1 illustrates the particle size distributions of fine aggregates.

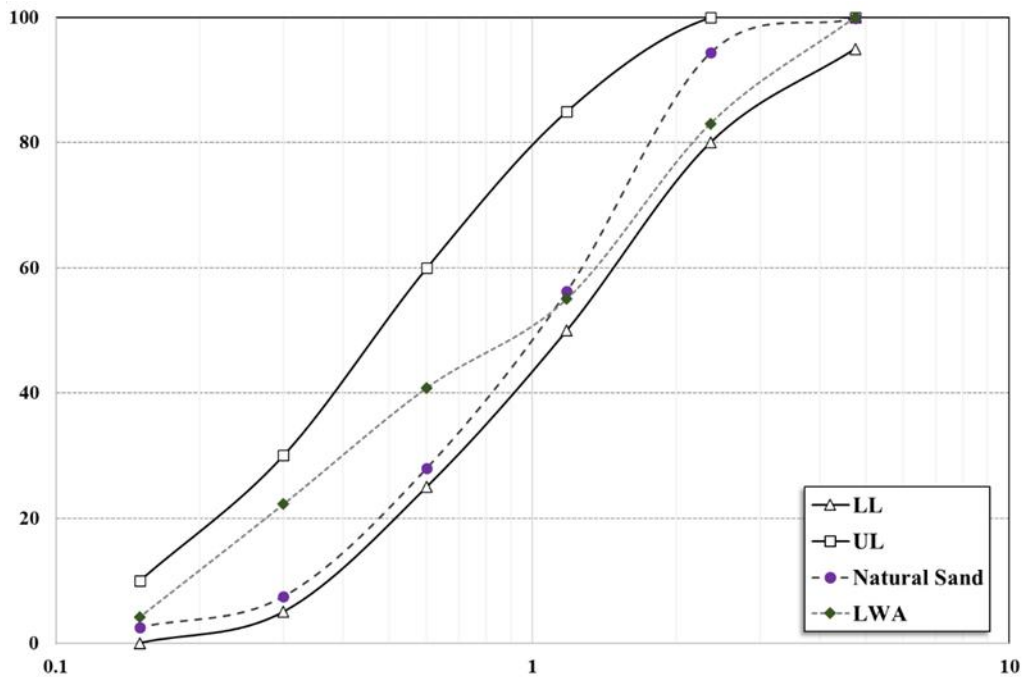


Figure 1. Particle size distributions of the fine aggregates

Basalt fiber with a length of 3 mm was utilized in this research. Specific gravity and aspect ratio of the BF are 2.78 and 214, respectively. Polycarboxylate ether-based superplasticizer was preferred to obtain proper viscosity and workability in fresh fiber-reinforced lightweight mixtures.

2.2. Mixtures and Testing Methods

Laboratory tests were carried out before pumice aggregate substitution rates and basalt fiber amounts were determined, and the engineering properties of the mortars produced were aimed to remain within certain limits, taking into account the effects of these two materials on each other. When the literature studies were examined,

it was seen that there were studies using basalt fiber at a maximum rate of 0.2% [48] as well as studies using a maximum rate of 2% [49]. In this study, fiber was added at a maximum rate of 0.5% by volume, taking into account the decrease in strength values when used with aggregate. All mixtures have a constant aggregate-cement ratio of 2.75 and a water-cement ratio of 0.49. Aggregate combinations were prepared by partially replacing river sand with pumice aggregate at 0%, 25%, and 50% of the volume of the river sand. BF contents of the mixtures were determined as 0%, 0.25%, and 0.5% of the total volume of mortar. In the laboratory, nine distinct LWM mixtures were created under normal room temperature conditions. The table labeled "Table 3" contains this experimental study's relevant mixing details. The description of each mix varies according to the amount of the lightweight aggregate (LWA) and basalt fibers added during mixing. For instance, LW50-F0.25 demonstrates that for this LWM mixture the content of LWA and volume fraction of BF were 50% and 0.25%, respectively.

Table 3. Mix proportions of mixtures for 1 m³

Mix description	Cement	Sand	Water	BF	Lightweight aggregate		
					2-4 mm	1-2 mm	0-2 mm
LW0-F0	500	1375	242.5	0	0	0	0
LW25-F0	500	1031.25	242.5	0	27.71	29.27	121.55
LW50-F0	500	687.5	242.5	0	55.42	58.55	243.11
LW0-F0.25	500	1375	242.5	18.9	0	0	0
LW25-F0.25	500	1031.25	242.5	18.9	27.71	29.27	121.55
LW50-F0.25	500	687.5	242.5	18.9	55.42	58.55	243.11
LW0-F0.5	500	1375	242.5	37.8	0	0	0
LW25-F0.5	500	1031.25	242.5	37.8	27.71	29.27	121.55
LW50-F0.5	500	687.5	242.5	37.8	55.42	58.55	243.11

After mixing the combined aggregate with basalt fiber for about 3 minutes, the other materials were added to the pan mixer and it took another 5 minutes to mix them all. All specimens were unmoulded after 24 h and stored in water curing tanks until testing at the age of 28 days.

A flow table test was conducted to determine the consistency of the fresh fiber-reinforced LWMs. The compressive strengths of hardened LWMs with 50 × 50 × 50 mm dimensions at 28 days were tested using a 3000 kN capacity universal testing machine. Flexural strengths of the LWMs were measured on prismatic samples of 40x40x160 mm at the age of 28 days through three-point bending test apparatus having a span of 100 mm. The loading rate of the compressive strength and flexural strength tests were determined as 0.5 kN/s and 0.1 kN/s, respectively.

Water absorption and capillary water absorption values were reached through experiments on cubic samples with dimensions of 50x50x50 mm. The LWM specimens were dried in an oven at 105 ± 5 °C for 24 h and recorded the dry weights of the samples. After being submerged in water for 24 hours, the weight of the specimens was measured at their saturated surface dryness. Three samples were tested at 90 and 28 days. Figure 2 illustrates flowchart of mixing procedure and experiments conducted.

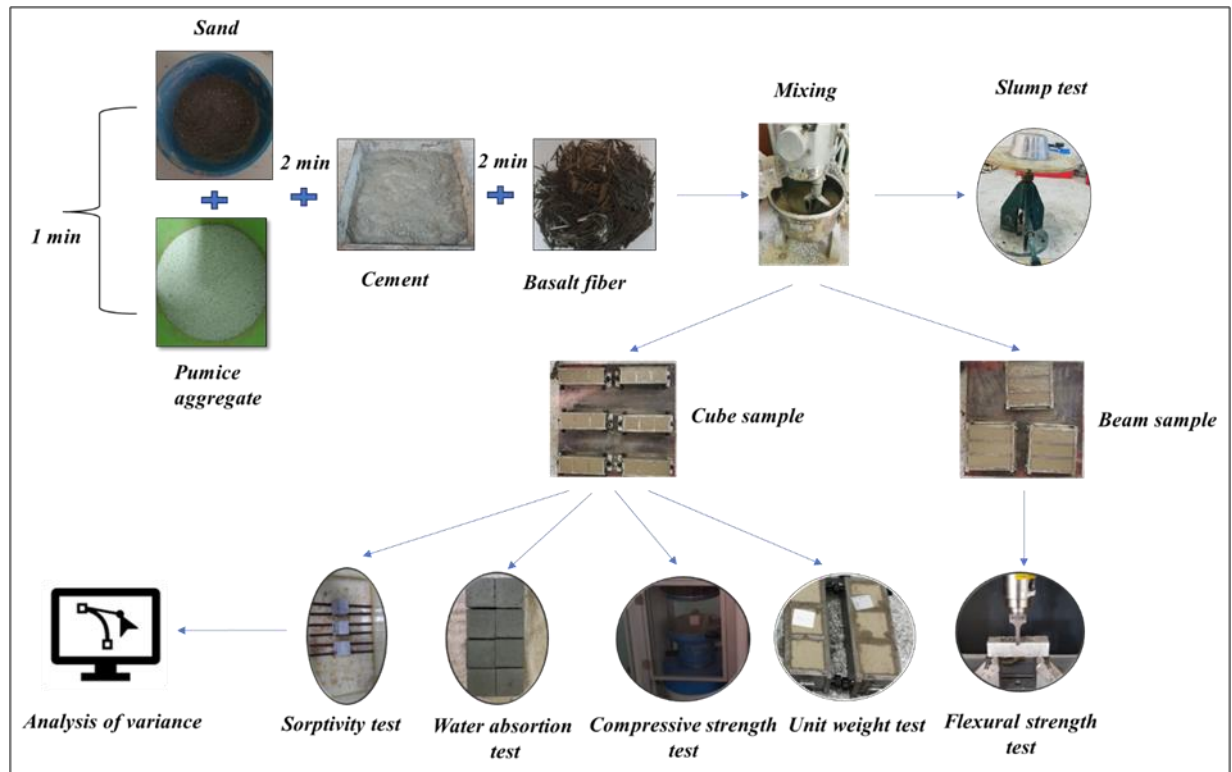


Figure 2. Flowchart of mixing procedure and experiments

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1. Flow Table Test Results

The results of slump flow measurements demonstrate the free deformation ability of the fresh mixtures and flowability is a significant parameter due to representing compactness, porosity, and density of samples in the hardened state. The fibers usage in cementitious matrices has a negative effect on the workability performance of fresh mixtures [25, 34].

The determination of fresh mortar spread was performed by the average of two perpendicular measurements. Flow properties of fresh mortars considering BF content and LWA amount were indicated in Figure 3. The highest flow value of 55.5% and the lowest flow value of 15% were measured in the BF free LW0 mix and LWM50 mix that contains BF volume of 0.5%, respectively. As expected, the increase in BF volume negatively affected the fluidity of all the mixtures. LWM25 and LWM50 mixtures had almost the same flow values with decreasing trends. It means that adding LWA also decreased the fluidity of mortars. This can be attributed to the angular shape of the LWA particles and pore structure [47].

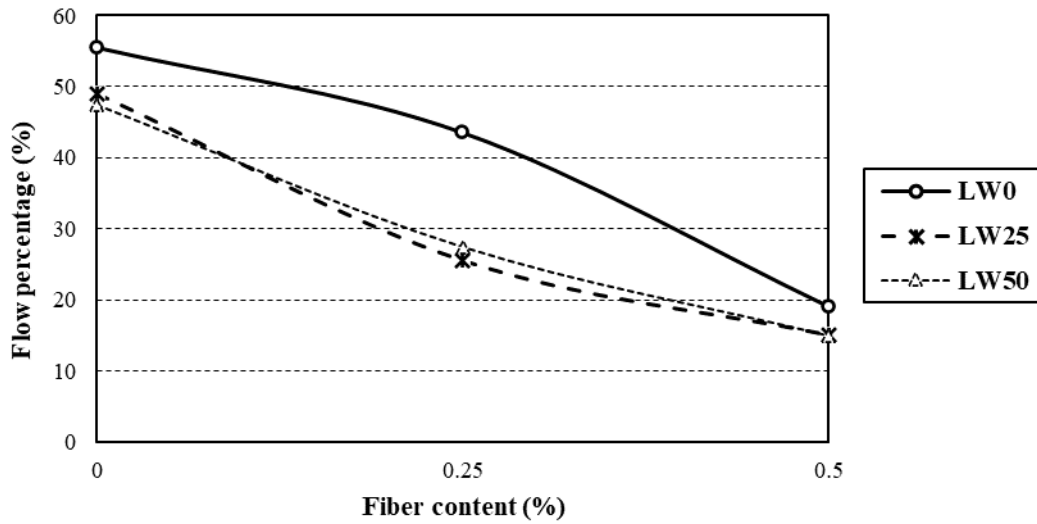


Figure 3. Slump flow results of fresh mixtures

3.2. Dry Unit Weight

The dry unit weight values of specimens were given in Figure 4. Results showed that the dry unit weight of mortars decreased with increasing LWA content. The BF content had no substantial effect on decreasing dry unit weight values. Unit weight results ranged between 1520-2070 kg/m³. The maximum dry unit weight value was obtained with BF-free specimens in the LWM0 mix. The minimum dry unit weight value was achieved with a BF volume of 0.5% in the LWM50 mix.

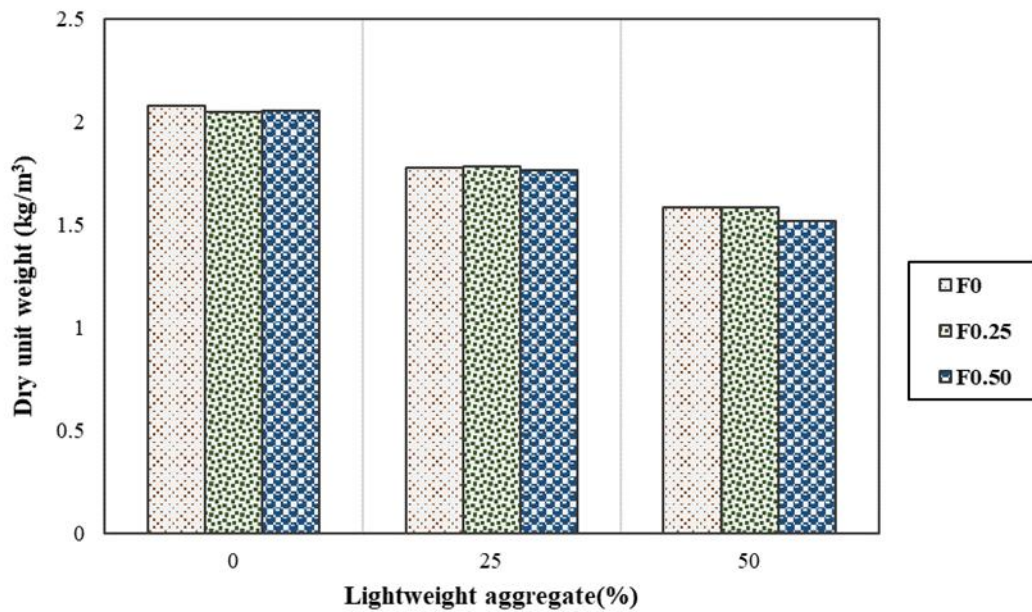


Figure 4. Dry unit weight results of cubic samples

3.3. Compressive and Flexural Strength

The compressive strength values of mortar specimens at 28 days were presented in Figure 5. As the LWA content increased, the strength of all mixes declined independently of the amount of BF. In the LWA0 mix, the addition of BF with the volume fractions of 0.25% and 0.50% increased the compressive strength of the mortars by 0.21% and 13.55% respectively. The effect of BF amount change on the compressive strength of LWM for LWA25 mix was fluctuant, whereas, adding BF with 0.25% and 0.50% volume fractions resulted in a decrease of the compressive strength of LWM in the LWA50 mix by 10.16% and 13.21%, respectively.

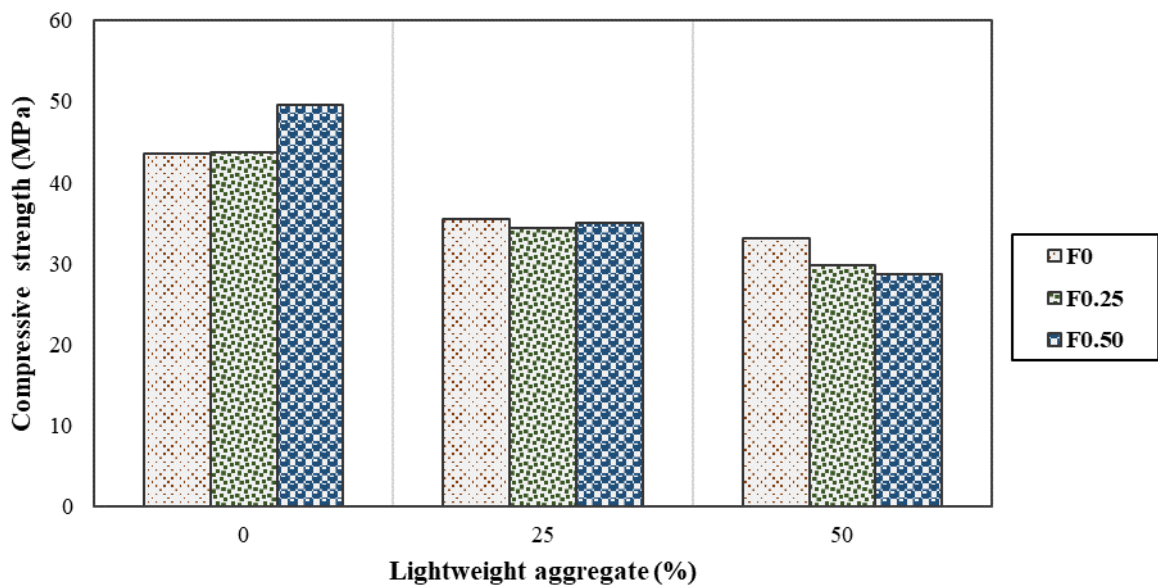


Figure 5. Compressive strength (MPa) values of hardened samples

Considering all specimens, the highest compressive strength value of 49.5 MPa was attained with BF content of 0.5% and LWA amount of 0% in the LWA0 mix. The minimum compressive strength result of 28.75 MPa was obtained with a BF volume of 0.5% and LWA amount of 50% in the LWA50 mix. Deterioration of the strength with the incorporation of both BF and LWA can be attributed to void occurrence due to fiber addition and weaker bond of LWA and fiber-reinforced matrix.

Figure 6 shows the flexural strength results of mortar specimens. The LWA content increment caused a decline in flexural strength values of specimens reinforced with BF volume fractions of 0.25% and 0.50%. In the mixes without BF, the flexural strength of samples with the LWA content of 25% slightly improved by 2.24%, but the increase of LWA content up to 50%, caused a decrease of flexural strength value by 19.66%. It is also seen that the increase of BF content had a positive effect on flexural strength characteristics of specimens without LWA addition. According to the results, the maximum flexural strength value of 11.74 MPa, and the minimum flexural strength value of 7.73 MPa were reached at the same BF volume fraction of 0.5% with an LWA amount of 0% and LWA amount of 50%, respectively.

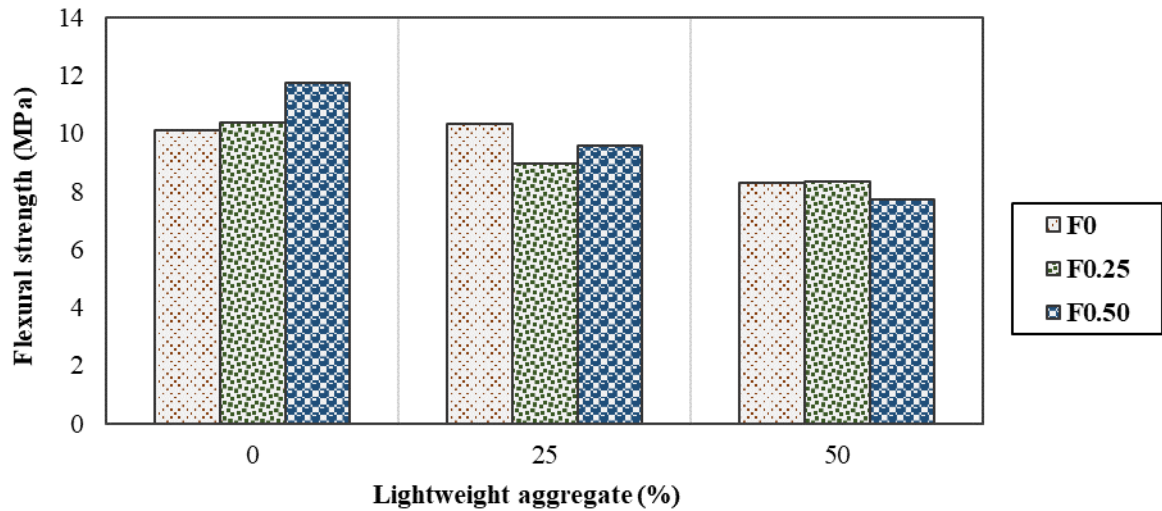


Figure 6. Flexural strength (MPa) values of hardened samples

The correlation between compressive strength and flexural values of all LWMs obtained from experimental test results was illustrated in Figure 7. The obtained best fit curve can be expressed by a simple exponential function. The coefficient of correlation (R) between the flexural and compressive strengths of LWMs at 28 days was obtained as 0.91. It is obvious that there is a strong link between these two critical parameters. Wang et al. [48] reached a similar conclusion in their study investigating the effect of basalt fiber.

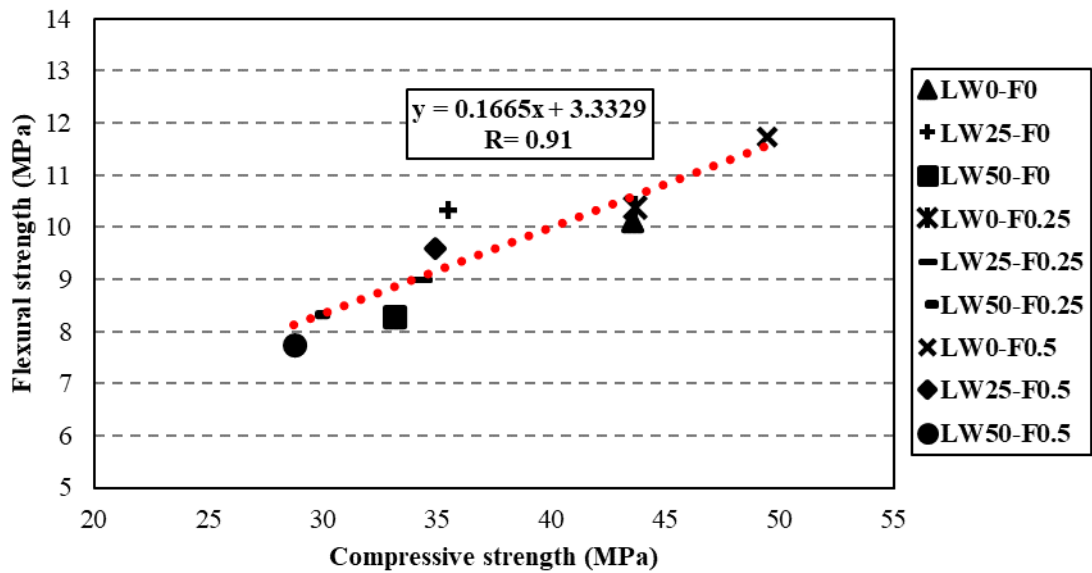


Figure 7. The correlation between flexural strength and compressive strength values

3.4. Water Absorption and Sorptivity

Variations of water absorption values of specimens at 28 days were presented in Figure 8. Water absorption percentage of mortars increased with increasing LWA content in mixes. For both LWA25 and LWA50 mixes, the lowest water absorption percentages were obtained with specimens without containing BF. Whereas, the minimum water absorption value of 8.33% in the LWA0 mix was reached with a BF volume of 0.5%.

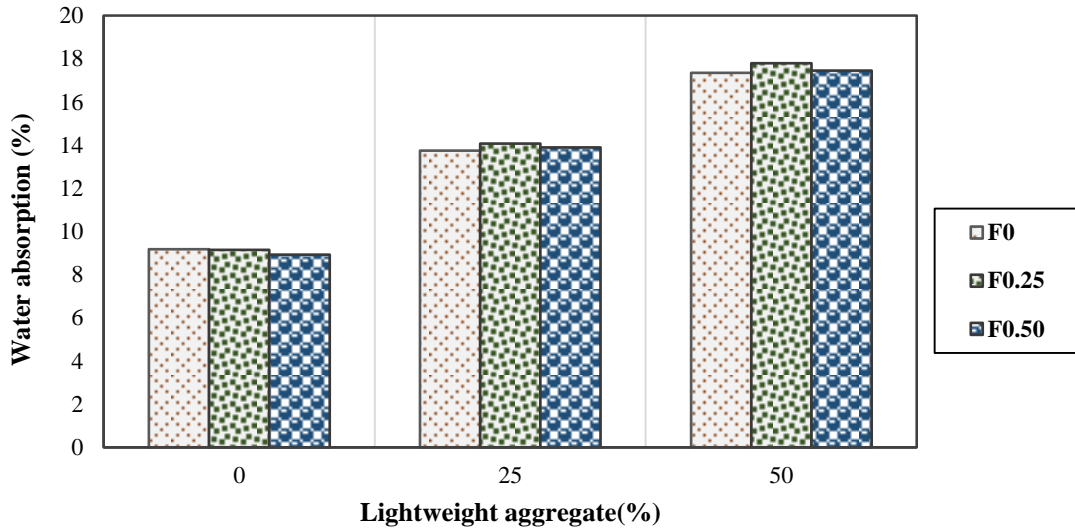


Figure 8. Water absorption (%) values of hardened samples

Figure 9 shows the correlation between compressive strength and water absorption. As seen, there is an inverse relationship between the two important parameters that affect the mechanical and durability performance of cementitious materials. The coefficient of correlation (R) between the water absorption (%) and compressive strengths of LWMs at 28 days was obtained as 0.95.

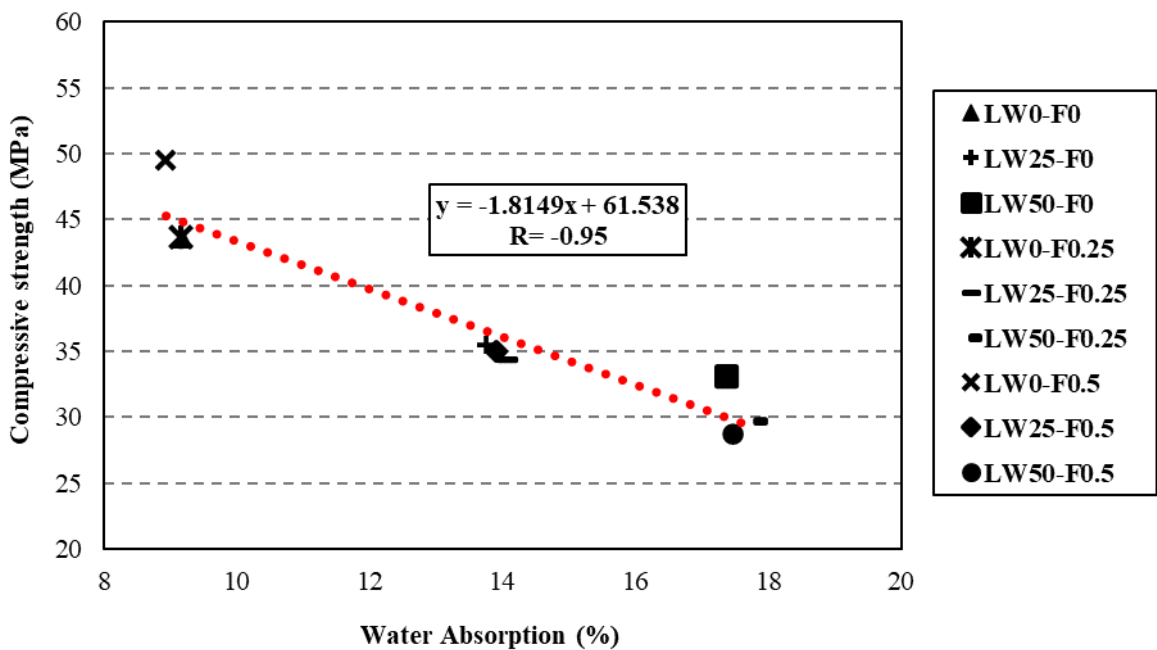


Figure 9. The correlation between compressive strength (MPa) and water absorption (%) results

Sorptivity results of specimens can be seen in Figure 10. The increase of LWA percentage in mixes resulted in a decrease in sorptivity values. Generally, reduction of sorptivity is presented as improvement of pore structure. However, sometimes, when a large open porous structure occurs in the mortar or concrete, the rise of water by capillary action can reduce.

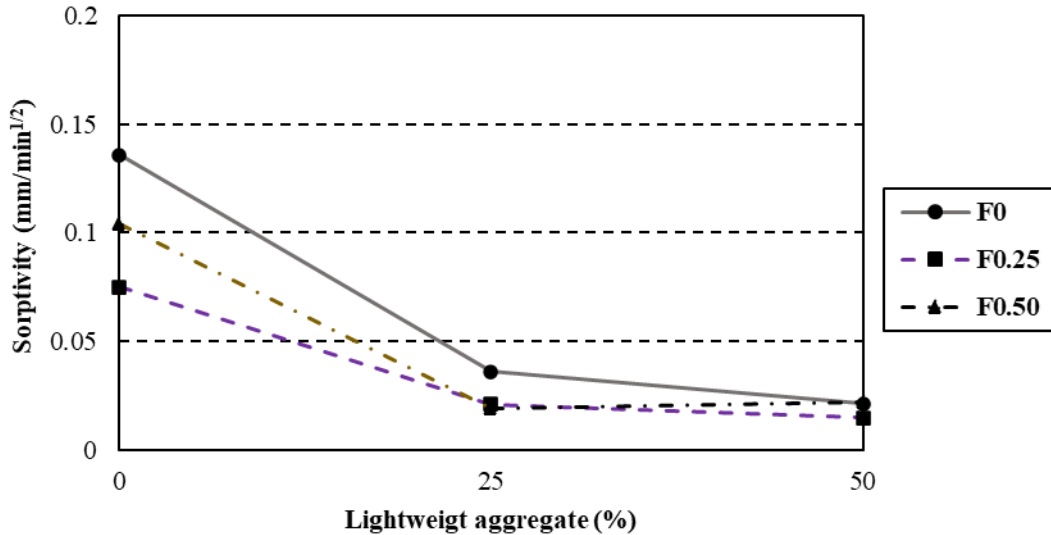


Figure 10. Water sorptivity (mm/min^{1/2}) values of hardened samples

The maximum sorptivity value of 0.13 was obtained in the LWM0 mix with specimens without BF addition. It was also seen that while BF content was considerably effective on sorptivity values of LWM0 mix, it slightly changed the sorptivity results of LWM25 and LWM50 mixes. The lowest sorptivity value was attained with the LWM0 mix that has a BF volume fraction of 0.5%.

The correlation between sorptivity and water absorption values of specimens were shown in Figure 11. The correlation coefficient (R) between the sorptivity and water absorption results of all specimens at 28 days were found as 0.94. It is clear that there is a nonlinear inverse relation between the two characteristics.

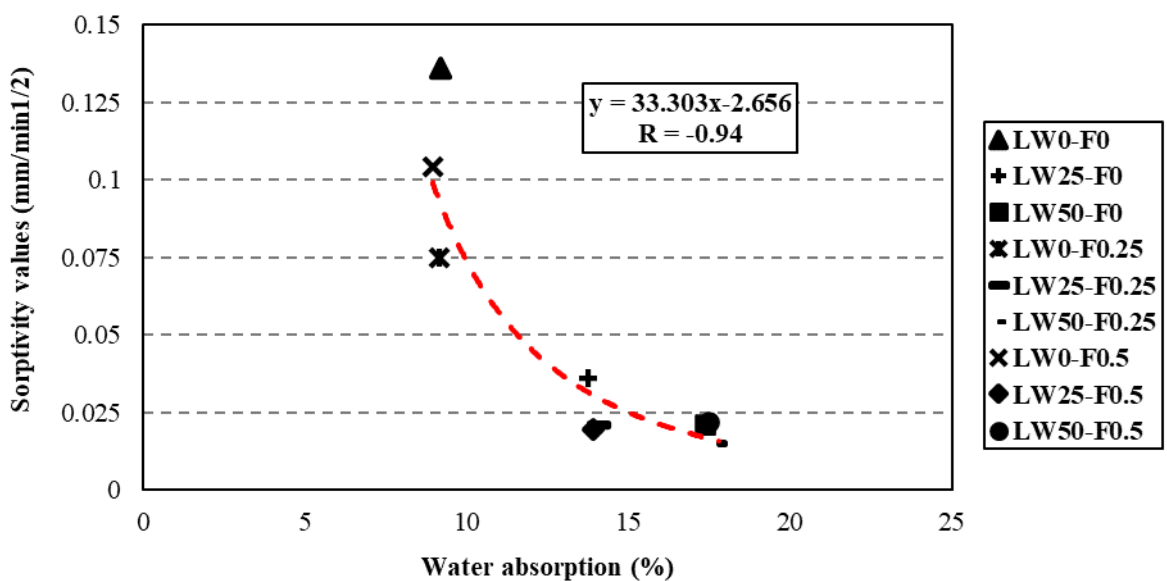


Figure 11. The correlation between water absorption (%) and water sorptivity (mm/min^{1/2}) results

3.5. Statistical Evaluation

It was aimed to reach the statistical analysis results considering the experimental data in this section. ANOVA (analysis of variance) is used to analyze how the independent variables interact with each other and the effects of these interactions on the dependent variable. The obtained test results were assessed by the useful GLM-ANOVA (general linear model analysis of variance) tool in this study. The software of Minitab was performed for the statistical evaluation. Table 5 submits the analysis results in detail. In this study, slump, unit weight, compressive strength, flexural strength, water absorption, and sorptivity results were determined as dependent variables whereas aggregate content (%) and fiber content (%) were chosen as independent variables. The p-value indicates whether the independent variables have a significant effect on the dependent variables. The p-values lower than 0.05 represent the meaningful influence of independent variables. When Table 5 is examined, it can be stated that the effectiveness level of aggregate content and fiber content varies according to the conducted different tests. Aggregate content has a meaningful impact on the unit weight, compressive strength, flexural strength, water absorption, and sorptivity results, whereas, fiber content is the independent variable that affects the slump results.

Table 5. Statistical analysis results for this experimental study variables

Dependent variable	independent variable	SumSq ^a	DF ^b	MeanSq ^c	F	p-value	Contribution (%)	Case
Slump	Aggregate (%)	177.388	2	88.694	5.534	0.070	8.811	nonsignificant
	Fiber (%)	1771.722	2	885.861	55.270	0.001	88.004	significant
	Error	64.111	4	16.028			3.185	
Unit Weight (Dry)	Aggregate (%)	0.373	2	0.187	419.647	0.000	99.054	significant
	Fiber (%)	0.002	2	0.001	2.008	0.249	0.474	nonsignificant
	Error	0.002	4	0.000			0.472	
Compressive Strength	Aggregate (%)	359.205	2	179.603	25.207	0.005	91.335	significant
	Fiber (%)	5.579	2	2.789	0.391	0.699	1.419	nonsignificant
	Error	28.5	4	7.125			7.247	
Flexural Strength	Aggregate (%)	10.352	2	5.176	8.813	0.034	79.381	significant
	Fiber (%)	0.34	2	0.170	0.289	0.763	2.604	nonsignificant
	Error	2.349	4	0.587			18.015	
Water Absorption	Aggregate (%)	107.826	2	53.913	2819.562	0.000	99.819	significant
	Fiber (%)	0.119	2	0.060	3.113	0.153	0.110	nonsignificant
	Error	0.076	4	0.019			0.071	
Sorptivity	Aggregate (%)	0.014	2	0.007	29.776	0.004	86.917	significant
	Fiber (%)	0.001	2	0.001	2.482	0.199	7.245	nonsignificant
	Error	0.001	4	0.000			5.838	

a:Sum of squares b:Degree of freedom c:Mean of squares

4. CONCLUSION

The obtained results according to the experimental and statistical study are as following:

The increase in volume fraction of BF and LWA content negatively affected the fluidity of all the mixtures.

The dry unit weight of mortars decreased with increasing LWA content, whereas, the variation of BF content had no significant impact on the results.

While the increment of LWA amount resulted in reduction of compressive strength values, there is no a stable trend for strength results according to BF content.

The increase of LWA content has a negative effect on the flexural strength values. The same BF volume fraction of 0.5% resulted in the maximum flexural strength of 11.74 MPa for 0% LWA amount and minimum flexural strength of 7.73 MPa for 50% LWA amount.

The tests' results have proven that a robust correlation exists between flexural strength and compressive strength.

Sorptivity and water absorption values were negatively affected from LWA increase. The results vary with the BF volume fraction. There is an inverse relationship between the two parameters with 0.95 R coefficient value.

According to statistical results, aggregate content is effective for the all test results, whereas fiber content has an influence on the slump values.

REFERENCES

1. Badogiannis, E. G., Kotsovos, M. D. Monotonic and cyclic flexural tests on lightweight aggregate concrete beams. *Earthquakes and Structures*, 6(3), 317–334, 2014.
2. Uysal, H., Demirboğa, R., Şahin, R., Gül, R. The effects of different cement dosages, slumps, and pumice aggregate ratios on the thermal conductivity and density of concrete. *Cement and concrete research*, 34(5), 845-848, 2004.
3. Al-Jabri, K. S., Hago, A. W., Al-Nuaimi, A. S., Al-Saidy, A. H. Concrete blocks for thermal insulation in hot climate. *Cement and Concrete Research*, 35(8), 1472-1479, 2005.
4. Karakaş, H., İlkentapar, S., Durak, U., Örklemmez, E., Özuzun, S., Karahan, O., Atiş, C. D. Properties of fly ash-based lightweight-geopolymer mortars containing perlite aggregates: Mechanical, microstructure, and thermal conductivity coefficient. *Construction and Building Materials*, 362, 129717, 2023.
5. Hwang, C. L., Hung, M. F. Durability design and performance of self-consolidating lightweight concrete. *Construction and building materials*, 19(8), 619-626, 2005.
6. Gyawali, T. R. Effect of the mixing procedure on the properties of lightweight EPS mortar. *Journal of Building Engineering*, 68, 106012, 2023.
7. Jafari, S., Mahini, S. S. Lightweight concrete design using gene expression programming. *Construction and Building Materials*, 139, 93-100, 2017.
8. Banawair, A. S., Qaid, G. M., Adil, Z. M., Nasir, N. A. M. The strength of lightweight aggregate in concrete—A Review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 357, No. 1, p. 012017, 2019.
9. Koksall, F., Coşar, K., Dener, M., Benli, A., Gencel, O. Insulating and fire-resistance performance of calcium aluminate cement based lightweight mortars. *Construction and Building Materials*, 362, 129759, 2023.
10. Záleská, M., Pavlíková, M., Vyšvařil, M., Pavlík, Z. Effect of aggregate and binder type on the functional and durability parameters of lightweight repair mortars. *Sustainability*, 13(21), 11780, 2021.
11. Shafiqh, P., Jumaat, M. Z., Mahmud, H. Bin, Hamid, N. A. A. Lightweight concrete made from crushed oil palm shell: Tensile strength and effect of initial curing on compressive strength. *Construction and Building Materials*, 27(1), 252–258, 2012.
12. Alexandre Bogas, J., Gomes, M. G., Real, S. Bonding of steel reinforcement in structural expanded clay lightweight aggregate concrete: The influence of failure mechanism and concrete composition. *Construction and Building Materials*, 65, 350–359, 2014.
13. Ardakani, A., Yazdani, M. The relation between particle density and static elastic modulus of lightweight expanded clay aggregates. *Applied Clay Science*, 93–94, 28–34, 2014.
14. Lau, P. C., Teo, D. C. L., Mannan, M. A. Mechanical, durability and microstructure properties of lightweight concrete using aggregate made from lime-treated sewage sludge and palm oil fuel ash. *Construction and Building Materials*, 176, 24-34, 2018.
15. Islam, M. M. U., Li, J., Roychand, R., Saberian, M. Investigation of durability properties for structural lightweight concrete with discarded vehicle tire rubbers: A study for the complete replacement of conventional coarse aggregates. *Construction and Building Materials*, 369, 130634, 2023.
16. Du, H., Wang, H., Wang, J., Wang, Y., & Yang, F. (2024, March). Tensile and shear capacity of post-installed chemical adhesive anchors in lightweight concrete. In *Structures* (Vol. 61, p. 106113). Elsevier.
17. Bideci, A., Bideci, Ö. S., & Ashour, A. (2023). Mechanical and thermal properties of lightweight concrete produced with polyester-coated pumice aggregate. *Construction and Building Materials*, 394, 132204.
18. Bouguerra, A., Ledhem, A., De Barquin, F., Dheilly, R. M., Queneudec, M. Effect of microstructure on the mechanical and thermal properties of lightweight concrete prepared from clay, cement, and wood aggregates. *Cement and concrete research*, 28(8), 1179-1190, 1998.

19. Sengul, O., Azizi, S., Karaosmanoglu, F., Tasdemir, M. A. Effect of expanded perlite on the mechanical properties and thermal conductivity of lightweight concrete. *Energy and Buildings*, 43(2-3), 671-676, 2011.
20. Chen, B., Liu, N. A novel lightweight concrete-fabrication and its thermal and mechanical properties. *Construction and building materials*, 44, 691-698, 2013.
21. Yildizel, S. A., & Toktas, A. (2022). ABC algorithm-based optimization and evaluation of nano carbon black added multi-layer microwave absorbing ultra weight foam concrete. *Materials Today Communications*, 32, 104035.
22. Afroughsabet, V., Ozbakkaloglu, T. Mechanical and durability properties of high-strength concrete containing steel and polypropylene fibers. *Construction and building materials*, 94, 73-82., 2015.
23. Zollo, R. F. Fiber-reinforced concrete: an overview after 30 years of development. *Cement and concrete composites*, 19(2), 107-122, 1997.
24. Balaguru, P. N., Shah, S. P. Fiber-reinforced cement composites., 1992.
25. Abaean, R., Behbahani, H. P., Moslem, S. J. Effects of high temperatures on mechanical behavior of high strength concrete reinforced with high performance synthetic macro polypropylene (HPP) fibres. *Construction and Building Materials*, 165, 631-638, 2018.
26. Hasan, A., Maroof, N., Ibrahim, Y. Effects of Polypropylene Fiber Content on Strength and Workability Properties of Concrete. *Polytechnic Journal*, 9(1), 7-12, 2019.
27. Yin, S., Tuladhar, R., Shi, F., Combe, M., Collister, T., Sivakugan, N. Use of macro plastic fibres in concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 93, 180-188, 2015.
28. Afroughsabet, V., Biolzi, L., Ozbakkaloglu, T. High-performance fiber-reinforced concrete: a review. *Journal of materials science*, 51(14), 6517-6551, 2016.
29. Grzymiski, F., Musiał, M., Trapko, T. Mechanical properties of fibre reinforced concrete with recycled fibres. *Construction and Building Materials*, 198, 323-331, 2019.
30. Choe, G., Kim, G., Kim, H., Hwang, E., Lee, S., Nam, J. Effect of amorphous metallic fiber on mechanical properties of high-strength concrete exposed to high-temperature. *Construction and Building Materials*, 218, 448-456, 2019.
31. Choi, J. S., Lee, H. J., Yuan, T. F., Yoon, Y. S. Mechanical and shrinkage performance of steel fiber reinforced high strength self-compacting lightweight concrete. *Cement and Concrete Composites*, 144, 105296, 2023.
32. Kadhim, S., Çevik, A., Niş, A., Bakbak, D., Aljanabi, M. Mechanical behavior of fiber reinforced slag-based geopolymer mortars incorporating artificial lightweight aggregate exposed to elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, 315, 125766, 2022.
33. Aghaee, K., Han, T., Kumar, A., Khayat, K. H. Mechanism underlying effect of expansive agent and shrinkage reducing admixture on mechanical properties and fiber-matrix bonding of fiber-reinforced mortar. *Cement and Concrete Research*, 172, 107247, 2023.
34. Konsta-Gdoutos, M. S., Metaxa, Z. S., Shah, S. P. Highly dispersed carbon nanotube reinforced cement based materials. *Cement and Concrete Research*, 40(7), 1052-1059, 2010.
35. Zhao, M., Zhao, M., Chen, M., Li, J., Law, D. An experimental study on strength and toughness of steel fiber reinforced expanded-shale lightweight concrete. *Construction and Building Materials*, 183, 493-501, 2018.
36. Badogiannis, E. G., Christidis, K. I., Tzanetatos, G. E. Evaluation of the mechanical behavior of pumice lightweight concrete reinforced with steel and polypropylene fibers. *Construction and Building Materials*, 196, 443-456, 2019.
37. Kizilkanat, A. B., Kabay, N., Akyüncü, V., Chowdhury, S., Akça, A. H. Mechanical properties and fracture behavior of basalt and glass fiber reinforced concrete: An experimental study. *Construction and Building Materials*, 100, 218-224, 2015.
38. Branston, J., Das, S., Kenno, S. Y., Taylor, C. Mechanical behaviour of basalt fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 124, 878-886, 2016.
39. Fiore, V., Scalici, T., Di Bella, G., Valenza, A. A review on basalt fibre and its composites. *Composites Part B: Engineering*, 74, 74-94, 2015.
40. Guler, S., Akbulut, Z. F. Workability & mechanical properties of the single and hybrid basalt fiber reinforced volcanic ash-based cement mortars after freeze-thaw cycles. In *Structures*, Vol. 48, pp. 1537-1547, 2023.
41. Zaragoza-Benzal, A., Ferrández, D., Prieto, M. I., Atanes-Sánchez, E. Fire-resistant performance of new sustainable waste-lightened composites with glass and basalt fibers reinforcement. *Construction and Building Materials*, 411, 134620, 2024.
42. Yildizel, S. A., Tayeh, B. A., & Uzun, M. (2022). The evaluation of calcium carbonate added and basalt fiber reinforced roller compacted high performance concrete for pavement. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01293.
43. Wei, C., Zhou, Q., Deng, K., Lin, Y., Wang, L., Luo, Y., ... & Zhou, H. (2024). Alkali resistance prediction and degradation mechanism of basalt fiber: Integrated with artificial neural network machine learning model. *Journal of Building Engineering*, 108850.

44. Jiang, C., Fan, K., Wu, F., Chen, D. Experimental study on the mechanical properties and microstructure of chopped basalt fibre reinforced concrete. *Materials & Design*, 58, 187-193, 2014.
45. High, C., Seliem, H. M., El-Safty, A., Rizkalla, S. H. Use of basalt fibers for concrete structures. *Construction and Building materials*, 96, 37-46, 2015.
46. Ayub, T., Shafiq, N., Nuruddin, M. F. Mechanical properties of high-performance concrete reinforced with basalt fibers. *Procedia Engineering*, 77, 131-139, 2014.
47. Chen, B., Liu, J. Contribution of hybrid fibers on the properties of the high-strength lightweight concrete having good workability. *Cement and Concrete Research*, 35(5), 913-917, 2005.
48. Wang, D., Ju, Y., Shen, H., & Xu, L. (2019). Mechanical properties of high performance concrete reinforced with basalt fiber and polypropylene fiber. *Construction and Building Materials*, 197, 464-473.
49. Girgin, Z. C., & Yıldırım, M. T. (2016). Usability of basalt fibres in fibre reinforced cement composites. *Materials and Structures*, 49, 3309.

Evaluating the Correlation Between Land Surface Temperature (LST) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Erkan KARAKOYUN

Muş Alparslan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Architecture, Muş/Turkey.

ORCID: 0000-0003-2821-9103

Corresponding Author: e.karakoyun@alparslan.edu.tr

Arrival Date: 02.05.2024

Acceptance Date: 20.05.2024

Abstract

Climate change and its effects, which are increasing day by day, and adversely affect the human life. The world's average temperature trend is tend to increase and the precipitation regime is changing with the effects of climate change. In this study, changes in Land Surface Temperature and Normalized Difference Vegetation Index were calculated and mapped in Mus province for the years 2013-2018 and 2023. The obtained NDVI and LST results were compared and correlation analysis was performed. The highest values of LST were obtained in the year 2018. It was observed that the study area had more vegetation, especially in the southwest and northwest, according to NDVI values. It was observed that LST values demonstrated parallel results with the change in average temperature. For example, the average temperature increased in 2018, and decreased in 2023 and the same results were observed for the LST values. When the spatial-temporal maps were examined, it was observed that LST values were higher in regions where NDVI values were low, but a strong correlation between NDVI and LST was not observed during the study period. With this study, changes in vegetation and land surface temperature in Mus province can be examined on a regional scale and will be useful in taking necessary precautions.

Keywords: Land Surface Temperature (LST), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Remote Sensing, Landsat 8

Yer Yüzey Sıcaklığı (LST) ve Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü (NDVI) Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

Özet

Gün geçtikçe artan iklim değişikliği ve etkileri hayatı olumsuz etkilemektedir. Dünya ortalama sıcaklığı artmakta ve yağış rejimi iklim değişikliği etkileri ile değişmektedir. Bu çalışmada 2013-2018 ve 2023 yılları için Muş ili özelinde yer yüzey sıcaklıklarındaki (LST) değişimler ve normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) hesaplamaları yapılmış ve haritalandırılmıştır. Elde edilen NDVI ve LST sonuçları karşılaştırılmış ve korelasyon analizi yapılmıştır. 2018 yılında en yüksek LST değerleri elde edilmiştir. Çalışma alanının özellikle güneybatısı ve kuzeybatısında NDVI değerlerine göre daha fazla bitki örtüsüne sahip olduğu görülmüştür. LST değerlerinin ortalama sıcaklıktaki değişimle paralel sonuçlar gösterdiği, örneğin ortalama sıcaklığın 2018 yılında arttığı, 2023 yılında ise düştüğü, LST değerlerinde de aynı sonuçların gözlemlendiği görülmüştür. Oluşturulan uzay mekansal haritalar incelendiğinde NDVI değerinin düşük olduğu bölgelerde LST değerlerinin daha yüksek olduğu gözlemlense de, NDVI ve LST arasında çalışma periyodu süresince güçlü bir korelasyon gözlenmemiştir. Bu çalışma ile Muş ilindeki bitki örtüsü ve toprak sıcaklığındaki değişimler bölgesel ölçekte incelenebilecek ve gerekli tedbirler alınmasında faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yer Yüzey Sıcaklığı (LST), Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü (NDVI), Uzaktan Algılama, Landsat 8



[Bu makale Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License ile lisanslanmıştır.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

1. INTRODUCTION

The global average temperature has been increasing, especially in recent years, due to the increasing human population and industry and the resulting increase in greenhouse gases in the atmosphere (Korkmaz, 2022). For example, 2023 has been recorded as the warmest year since 1850, when records began to be kept. While this situation negatively affects sea water level rise, access to clean water resources and biodiversity, especially on a global scale, it also leads to an increase in disasters such as floods, drought and forest fires and loss of life and property on a regional scale. Besides, climate change on a worldwide scale is diminishing water reserves in numerous regions (Acar, 2024). Due to high temperatures and decreasing rainfall caused by climate change, fertile agricultural lands are decreasing and desertification is increasing. Emigration from rural areas to urban areas is increasing due to increasing industrialization, human population and the impact of climate change. This situation causes urbanization to increase and green areas to decrease. Some of the sun's rays are reflected back after reaching the surface. While this reflection is less in urban areas where urbanization is intense, it is more in green areas. Therefore, sunlight is absorbed in urban areas and reflected as heat around it, generating an urban heat island (UHI) (Oke, 1982). However, many studies have shown that intense urbanization increases urban heat island effects, while green and wetlands reduce this effect (Amiri et al., 2009; Song et al., 2014). Increasing temperatures negatively affect human health, cause excessive energy consumption and change biodiversity (Mercan, 2020). For these reasons, detecting and mapping land surface temperature (LST) changes on an annual scale becomes important.

Land surface temperature is a very important parameter used to understand climate change and various chemical and physical parameters (Tomlinson et al., 2011). It reflects the transfer of energy and water between the Earth's surface and the atmosphere, impacting seasonal occurrence of plant development (Z. Li et al., 2022). Especially in mountainous areas, the spatio-temporal distribution of land surface temperature is effected by the topography of the area, land use types and vegetation (Ullah et al., 2023), and this creates a change between land use changes and land surface temperatures (W. Li et al., 2017). Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is a method that determines the vegetation density in a region to be observed using remote sensing methods. NDVI introduces the vegetation density and health. By employing NDVI data for the region, we can observe alterations in vegetation cover within the area (Sruthi & Aslam, 2015). Researchers frequently use NDVI analysis in areas such as agricultural drought (Sruthi & Aslam, 2015), land degradation (Eckert et al., 2015), land use and land cover change (Jung & Chang, 2015; Sahebjalal & Dashtekian, 2013). However, in recent years, many studies have been conducted to examine the effect of changing vegetation on LST through NDVI analysis (Julien et al., 2011; S. & C.R., 2016; Sara Afrasiabi et al., 2013; Sun & Kafatos, 2007; Tan et al., 2012; Ullah et al., 2023). For example, Sara Afrasiabi et al. (2013) conducted a study in the Mashhad, Iran region to examine the relationship between NDVI and LST, and obtained low NDVI values in regions with low vegetation cover. They also detected a negative correlation between NDVI and LST through their correlation analysis. Sun & Kafatos (2007) in their study in North America, in the correlation analysis they conducted to determine the relationship between NDVI and LST, they obtained positive values in the winter months and negative correlation values in the warm periods (May-September).

LST is an important parameter used by research to analyze drought, climate change, agriculture and environmental changes. Therefore, in order to measure LST, stations are established in the fields and spot measurements are made. However, since these measurements are on a direct and point scale, they do not represent large areas. Therefore, data obtained from satellites are often used in the literature to make LST maps, as they can examine larger areas and obtain images (Z. Li et al., 2013; Z. Li et al., 2022; Wang, 2010). In Türkiye, both NDVI analysis and LST analysis are used by researchers using the remote sensing method (Mercan, 2020; Yücer, 2023, Orhan et al., 2014, Balcik, 2014; Sekertekin & Kutoglu, 2016). The list and the details of the previous studies and this study are indicated in Table 1.

Table 1. List and details of previous studies

Author(s)	Study Area	Data Used	Method used
Ullah et al. (2023)	Himalayan region	Landsat 8	LST, NDVI, LULC
W. Li et al. (2017)	China	Landsat 8	LST
Sruthi & Aslam (2015)	India	MODIS	LST, NDVI
Eckert et al. (2015)	Mongolia	MODIS	NDVI
Jung & Chang (2015)	Korea	MODIS	NDVI, LULC
Sahebjalal & Dashtekian (2013)	Iran	Landsat ETM+	NDVI, LULC
Jullien et al. (2011)	Iberian Peninsula	NOAA	NDVI, LST
Anbazhagan & Paramasivam (2016)	India	Landsat 5, Landsat 7	NDVI, LST
Tan et al. (2012)	Malaysia	Landsat 5, Landsat ETM+	NDVI, LST
Sun & Kafatos (2007)	North America	GOES-8, GIMMS	NDVI, LST
Mercan (2020)	Muş	Landsat 5, Landsat 8	LST
Yücer (2023)	Safranbolu	Landsat 7, Landsat 8	Albedo, LST, NDVI
Orhan et al. (2014)	Salt Lake Basin	Landsat 5	LST, NDVI, VCI, TVX
Balcik (2014)	Istanbul	Landsat 5	LST, NDBI, NDVI
Skercetin & Kurtoglu	Zonguldak	Landsat 5, Landsat 8	LST, NDVI
This study	Muş	Landsat 8	LST, NDVI

This study was conducted specifically in the province of Muş, which is located in the Euphrates-Tigris basin, which is the largest and highest water potential basin in Turkey. Within the scope of the study, NDVI analysis and then LST analysis were performed for the years 2013-2018 and 2023, and the relationship between them was examined by correlation analysis. This study, conducted for the province of Muş, which has significant water potential and agricultural production potential, as well as one of the largest plains in Turkey, will show the NDVI and LST changes over the region for years.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Study Area

Muş province is located in the Eastern Anatolia region of Turkey and within the Euphrates-Tigris basin. Two important rivers, Murat and Karasu, pass through it, feeding the Euphrates River. It borders Erzurum in the north, Van in the east, Diyarbakır in the south and Bingöl in the west (Figure 1). The annual average temperature (1964-2023) is 9.8°C and the annual average total precipitation is 759.6 mm (<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=MUS>). Its average altitude is 1829 m.

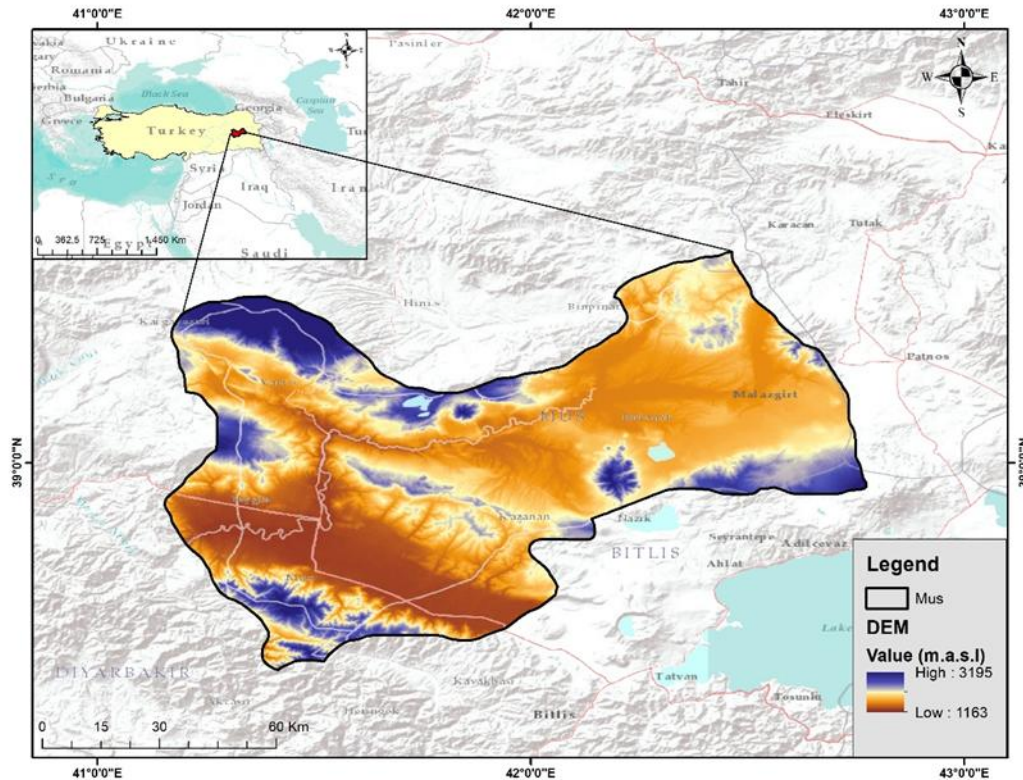


Figure 1. Study area

2.2. Methods

The Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) data has been used in this study. It has been downloaded from United States Geological Survey (USGS) website (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). The generation of NDVI and LST involves utilizing the red, near-infrared, and thermal infrared spectral bands. Three images in total have been gathered between the studied period in the Landsat and the details of those are given in Table 1. Satellite images were taken with 5 years interval (2013-2018-2023). All images have almost no cloud cover that can be used as a clear image. Satellite images were selected from dates close to each other for comparison purposes and investigate the temporal changes in LST and NDVI. ArcGIS 10.8 and MS-Excel have been used for image processing and analyzing statistical analysis. The initial image size exceed those of the study area; therefore, they are modified using a Mus City shapefile after pre-processing. The downloaded and extracted landsat data as study are then used for the calculation of NDVI and LST maps as illustrated in Figure 2.

Table 2. Specifications of landsat satellite sensors

Date of acquisition	Satellite Sensor	Path/Row	Cloud Cover (%)
08/16/2013	Landsat 8 OLI/TIRS	171/33	0.08
08/30/2018	Landsat 8 OLI/TIRS	171/33	0.00
08/20/2023	Landsat 8 OLI/TIRS	171/33	0.25

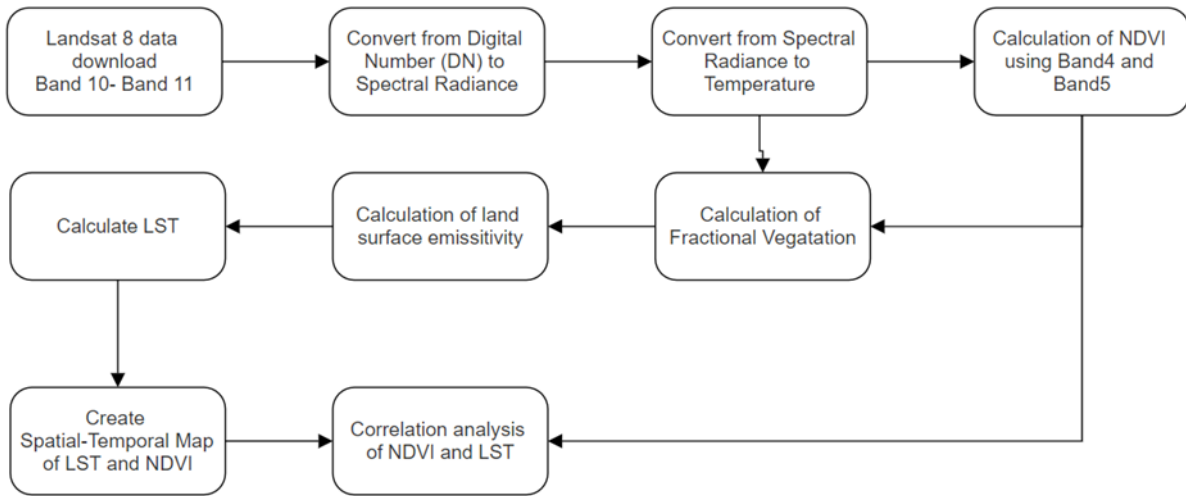


Figure 2. Flow chart of methodology

2.2.1. Calculation of LST and NDVI

Advancements in satellite technology allow for the computation of surface temperatures using thermal bands present in satellite imagery.

First step of the calculation of LST is the conversion of the digital number (DN) to spectral radiance (L_λ) for Landsat 8 and the procedure is given in the equation 1.

$$L_\lambda = \text{RadianceMultiBand} * \text{Digital Number} + \text{RadianceAddBand} \quad (1)$$

In equation 1, L_λ is spectral radiance.

After the conversation of DN to L_λ , next step is the conversation of spectral radiance to temperature given in the equation 2.

$$T_b = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

In equation 2; T_b = sensor brightness temperature in Kelvin, K_2 and K_1 are the calibration constant for Band 10 and Band 11 in Landsat 8 satellite. Next step is to find fractional vegetation (Fv) by using equation 3 below.

$$F_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (3)$$

Where $NDVI_{min}$ is minimum value of NDVI and $NDVI_{max}$ is the maximum value of NDVI.

NDVI is can be calculated by using Band 4 (Red) and Band 5 (Near infrared) for Landsat 8 satellite. It is calculated by following equation 4.

$$NDVI = \left(\frac{\text{Band 5} - \text{Band 4}}{\text{Band 5} + \text{Band 4}} \right) \quad (4)$$

Next, the land surface emissivity can be calculated with the equation 5.

$$\varepsilon = 0.004 \times F_v + 0.986 \quad (5)$$

After all procedure above LST can be calculated as equation 6.

$$LST = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda \cdot T_b}{\alpha}\right) \cdot \ln \varepsilon} \quad (6)$$

Where λ is effective wavelength, $\alpha = h \cdot \frac{c}{s} = 14388 \mu\text{m K}$, his Plank's constant, c is speed of light, ε is land surface emissivity.

3. RESULTS and DISCUSSION

3.1. Spatial-Temporal Distrubiton of LST and NDVI

LST and NDVI are important parameters used to describe the change in land surface. The LST and NDVI analysis are conducted in this study by using Landsat 8 sattellite in the years 2013-2018-2023. First, the spatial-temporal maps were created for both LST and NDVI and then the correlation analysis was made between them. Besides the average temperature changing between the years 2013 to 2023 and LST for study area are given in Figure 3. As can be detected from the Figure 3, the highest average temperature (13.5 °C) was observed in 2018 and the lowest average temperature (9.8 °C) was observed in 2023. In parallel with these values, the highest LST values (40.3) were seen in 2018 and the lowest (39.08) in 2023.

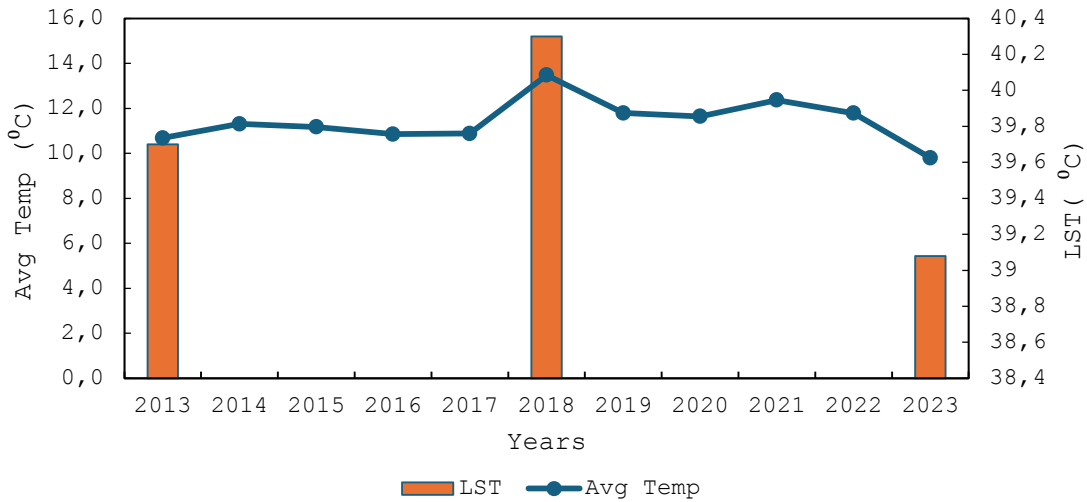


Figure 3. Average temperature and LST of Muş in studied period

The spatial-temporal maps of NDVI and LST for the years 2013-2018 and 2023 are created and given in Figure 4. With the help of Figure 4, temporal changes on a regional scale can be observed. The NDVI values ranges between -1 to 1. The highest values mean more vegetation. The scales regarding NDVI values and land surface features are given in Table 2.

Table 3. Land surface features based on the values of NDVI (Jafari & Hasheminasab, 2017)

NDVI values	Land Surface Feature
$NDVI < -0.185$	Water
$-0.185 \leq NDVI \leq 0.156$	Soil and very poor vegetation
$0.156 \leq NDVI \leq 0.46$	Medium vegetation
$NDVI > 0.46$	Dense vegetation

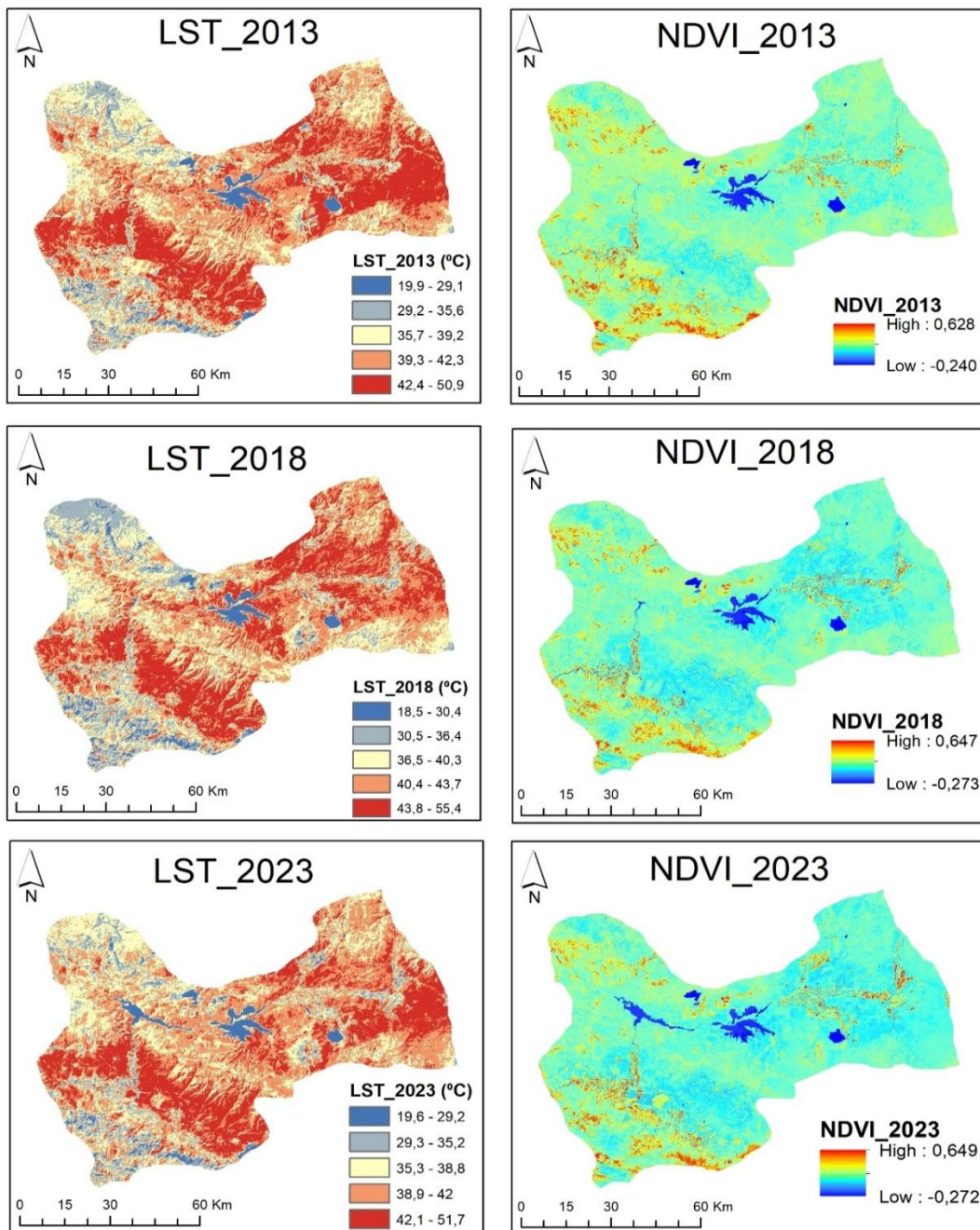


Figure 4. Spatial distribution maps of LST and NDVI

As aspected lowest NDVI values seen in water areas. The dense vegetation area mostly was observed in the southwest and northwest part of the study area. It can also seen that, the NDVI ranges from the years 2013 to 2023 didn't change alot. The NDVI values range the lowest from -0.240 to -0.272 while the highest from 0.628 to 0.649 for the years 2013 and 2023 respectively. Same observations also seen for the LST. Only the maximum LST values reached to 55.4 in 2018 while 50.9 in 2013 and 51.7 in 2023. When the LST spatial map is compared, it is seen that the LST values that observed in the northwestern part of the study area tend to decrease especially in the map of 2023. There is opened the Alparslan-2 dam in 2022. It may be the effect of the dam lake to decrease of the temperature.

3.2. Correlation analysis of LST and NDVI

Statistical spesification of LST and NDVI values for the years 2013-2018 and 2023 are given in the Table 3. The lowest NDVI value (-0.181) was observed in the year 2018 while the lowest average NDVI value (0.153) was also determined in 2018. In addition, it can be also seen from the Table 3 that the maximum LST value is 50.9 °C while the lowest LST seen in 2013 and 2023 with 21.1 °C. The average LST in 2018 is 40.3, which means a higher value than the values in 2013 and 2023.

Table 4. Statistical values of LST and NDVI

Years	Minimum		Maximum		Mean	
	NDVI	LST	NDVI	LST	NDVI	LST
2013	-0.162	21.100	0.541	47.30 0	0.161	39.698
2018	-0.181	21.200	0.555	50.90 0	0.153	40.299
2023	-0.160	21.000	0.560	48.40 0	0.162	39.084

A spatial distribution map of LST and NDVI was made, and then point values were determined on the map by using create fishnet section in ArcGIS. Then all values were exported into the Excel to determine the correlation. Figure 5 shows the results of the correlation between LST and NDVI. The correlation results between LST and NDVI were evaluated based on the Cohen standarts (Cohen, 1988). According to Cohen standards, correlation coefficient values between 0.10 and 0.29 indicate a weak relationship, correlation coefficient values between 0.30 and 0.49 indicate a moderate relationship, and correlation coefficient values above 0.50 indicate a strong relationship (Tonyaloğlu, 2019). It is found that, the correlation coefficient between LST and NDVI as 0.07, 0.09 and 0.07 which is weak relationship, in the years 2013, 2018, and 2023, respectively. Although, the areas where the NDVI values are low, the LST values are high (Figure 4) there is no significant correlation found between LST and NDVI values. The reason might be the seasonal changes in the LST and NDVI. (Guha, 2021) also found that seasonal changes affect the relationship between LST and NDVI. Their study also showed that dry season produced the weak correlation on the LST and NDVI. Marzban et al., (2018) studied the seasonal analysis on LST and NDVI correlation. Their findings indicated that the correlation in LST and NDVI are influenced by factors such as the season, the time of day, and the type of land cover. In addition, Sun & Kafatos, (2007) determined that there is a positive correlation between LST and NDVI in winter, whereas it becomes negative during warmer seasons. Besides, the negative correlation between LST and NDVI found in the study of (J. Tan et al., 2020; Guha & Govil, 2021).

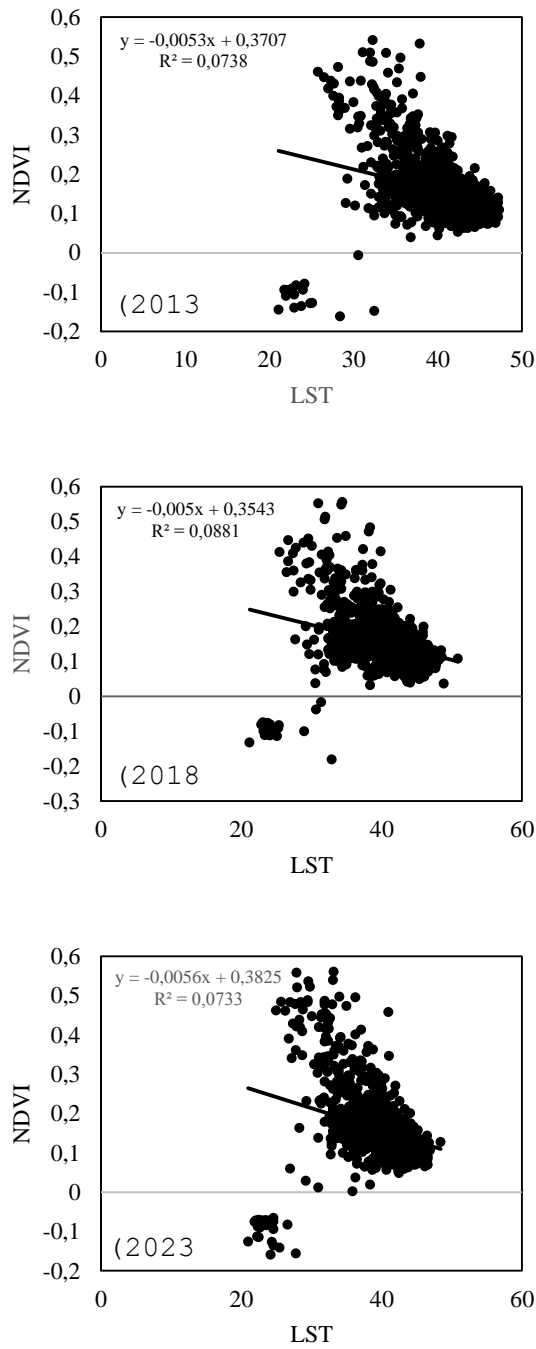


Figure 5. The scatter plot of NDVI and LST for the years 2013,2018, and 2023.

4. CONCLUSION

The spatial-temporal map of the NDVI and LST for the years 2013, 2018, and 2023 were determined using Landsat 8 satellite images for the city of Mus. When the LST changes calculated between 2013 and 2023 were examined, the regions where the changes occurred could be determined with the spatial map created. When compared the statistical results of the LST, the year 2018 produced the highest LST values than the years 2013 and 2023. In the year 2018, the lowest average (0.153) and the lowest minimum (-0.181) NDVI values has

determined. The southwest and northwest part of Mus has more vegetation according to spatial map of NDVI. Although the partly areas that have low NDVI values have higher LST, overall there is no significant correlation determined between LST and NDVI. Since the correlation can not be found strong, it might be the seasonal affect. Because of this, determining the LST and NDVI with seasonal can be effective for the future study. In addition, the affect of land use land cover change over the LST and NDVI can be a recommendation for studing.

REFERENCES

1. Acar, R. (2024). Evaluation of Susurluk Basin Flows Using Trend Analysis Methods. *Firat University Journal of Experimental and Computational Engineering*, 3(1), 65–74. <https://doi.org/10.62520/fujece.1421090>
2. Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., & Alavipannah, S. K. (2009). Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. *Remote Sensing of Environment*, 113(12), 2606–2617. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.07.021>
3. Anbazhagan., S., & Paramasivam., C. . (2016). Statistical Correlation between Land Surface Temperature (LST) and Vegetation Index (NDVI) using Multi-Temporal Landsat TM Data. *International Journal of Advanced Earth Science and Engineering*, 5(1), 333–346. <https://doi.org/10.23953/cloud.ijaese.204>
4. Balcik, F. B. (2014). Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices. *Environmental Modelling and Assessment*, 186, 859–872. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3427-5>
5. Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9780203771587>
6. Eckert, S., Hüslér, F., Liniger, H., & Hodel, E. (2015). Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia. *Journal of Arid Environments*, 113, 16–28. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.09.001>
7. Gorgani Sara, A., Panahi, M., & Rezaie, F. (2013). The Relationship between NDVI and LST in the urban area of Mashhad, Iran. *International Conference on Civil Engineering Architecture & Urban Sustainable Development*, November. https://www.researchgate.net/publication/265601825_The_Relationship_between_NDVI_and_LST_in_the_urban_area_of_Mashhad_Iran
8. Guha, S. (2021). Dynamic seasonal analysis on LST-NDVI relationship and ecological health of Raipur City, India. *Ecosystem Health and Sustainability*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/20964129.2021.1927852>
9. Guha, S., & Govil, H. (2021). An assessment on the relationship between land surface temperature and normalized difference vegetation index. *Environment, Development and Sustainability*, 23(2), 1944–1963. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00657-6>
10. Jafari, R., & Hasheminasab, S. (2017). Assessing the effects of dam building on land degradation in central Iran with Landsat LST and LULC time series. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(2). <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5792-y>
11. Julien, Y., Sobrino, J. A., Mattar, C., Ruescas, A. B., Jiménez-Muñoz, J. C., Soria, G., Hidalgo, V., Atitar, M., Franch, B., & Cuenca, J. (2011). Temporal analysis of normalized difference vegetation index (NDVI) and land surface temperature (LST) parameters to detect changes in the Iberian land cover between 1981 and 2001. *International Journal of Remote Sensing*, 32(7), 2057–2068. <https://doi.org/10.1080/01431161003762363>
12. Jung, M., & Chang, E. (2015). NDVI-based land-cover change detection using harmonic analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 36(4), 1097–1113. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1007252>
13. Korkmaz, M. (2022). Yozgölinin Kuraklık Araştırması Ve TrenAnalizi. *Engineering Sciences*, 17(3), 21–34. <https://doi.org/10.12739/nwsa.2022.17.3.1a0479>
14. Li, W., Cao, Q., Lang, K., & Wu, J. (2017). Linking potential heat source and sink to urban heat island: Heterogeneous effects of landscape pattern on land surface temperature. *Science of the Total Environment*, 586, 457–465. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.191>
15. Li, Z., Tang, B., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., Trigo, I. F., & Sobrino, J. A. (2013). Remote Sensing of Environment Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131, 14–37. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.12.008>
16. Li, Z., Wu, H., Duan, S., Zhao, W., Ren, H., & Liu, X. (2022). Satellite Remote Sensing of Global Land Surface Temperature: Definition , Methods , Products , and Applications. *Reviews of Geophysics*, 61, 1–77. <https://doi.org/10.1029/2022RG000777>.

17. Marzban, F., Sodoudi, S., & Preusker, R. (2018). The influence of land-cover type on the relationship between NDVI–LST and LST-Tair. *International Journal of Remote Sensing*, 39(5), 1377–1398. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1402386>
18. Mercan, Ç. (2020). Yer Yüzey Sıcaklığının Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Araştırılması: Muş İli Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 42–49. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal>
19. Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
20. Orhan, O., Ekercin, S., & Dadaser-Celik, F. (2014). Use of Landsat Land Surface Temperature and Vegetation Indices for Monitoring Drought in the Salt Lake Basin Area , Turkey. *The Scientific World Journal*, 2014. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2014/142939>
21. Sahebjalal, E., & Dashtekian, K. (2013). Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods. *African Journal of Agricultural Research*, 8(37), 4614–4622. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1825>
22. Sekertekin, A., & Kutoglu, S. H. (2016). Evaluation of spatio-temporal variability in Land Surface Temperature : A case study of Zonguldak , Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5032-2>
23. Song, J., Du, S., Feng, X., & Guo, L. (2014). The relationships between landscape compositions and land surface temperature: Quantifying their resolution sensitivity with spatial regression models. *Landscape and Urban Planning*, 123, 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.014>
24. Sruthi, S., & Aslam, M. A. M. (2015). Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data; a Case Study of Raichur District. *Aquatic Procedia*, 4(Icwrcoe), 1258–1264. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.164>
25. Sun, D., & Kafatos, M. (2007). Note on the NDVI-LST relationship and the use of temperature-related drought indices over North America. *Geophysical Research Letters*, 34(24), 1–4. <https://doi.org/10.1029/2007GL031485>
26. Tan, J., Yu, D., Li, Q., Tan, X., & Zhou, W. (2020). Spatial relationship between land-use / land-cover change and land surface temperature in the Dongting Lake area , China. *Scientific Reports*, 10(9245), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66168-6>
27. Tan, K. C., Lim, H. S., MatJafri, M. Z., & Abdullah, K. (2012). A comparison of radiometric correction techniques in the evaluation of the relationship between LST and NDVI in Landsat imagery. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(6), 3813–3829. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2226-0>
28. Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E., & Baker, C. (2011). Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: A review. *Meteorological Applications*, 18(3), 296–306. <https://doi.org/10.1002/met.287>
29. Tonyaloğlu, E. E. (2019). Kentleşmenin Kentsel Termal Çevre Üzerindeki Etkisini Değerlendirilmesi, Efeler İncirliova (Aydın) Örneği. *Turkish Journal of Landscape Research*, 2(1), 1–13.
30. Ullah, W., Ahmad, K., Ullah, S., Tahir, A. A., Javed, M. F., Nazir, A., Abbasi, A. M., Aziz, M., & Mohamed, A. (2023). Analysis of the relationship among land surface temperature (LST), land use land cover (LULC), and normalized difference vegetation index (NDVI) with topographic elements in the lower Himalayan region. *Heliyon*, 9(2), e13322. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13322>
31. Wang, Y. (2010). Dynamics of Land Surface Temperature in Response to Land-Use / Cover Change. *Geographical Research*, 49(1), 23–36. <https://doi.org/10.1111/j.1745-5871.2010.00686.x>
32. Yücer, E. (2023). Albedo, Yer Yüzey Sıcaklığı Ve Ndvı Arasındaki İlişkinin Landsat-7 Ve Landsat-8 Uydu Verileri Kullanılarak İncelenmesi: Safranbolu Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 177–190.

Kafes Yapılarda Ek Dikmelerin Mekanik Davranışa Etkisi

Mehmet Çağrı TÜZEMEN

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,
Nevşehir/Türkiye. ORCID: 0000-0002-1746-2864

Sorumlu Yazar: cagrituzemen@nevsehir.edu.tr

Geliş tarihi:18.05.2024

Kabul tarihi:10.06.2024

Özet

Bu çalışmada kafes yapıları oluşturan birim hücrelere eklenen ek dikmelerin yapının mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Birim hücre yapısı olarak piramit yapı seçilmiş ve bu yapıya yanıl ve çapraz destek dikmeler eklenerek farklı yükler altındaki davranışları karşılaştırılmıştır. Modellenen kafes yapılara sonlu elemanlar yöntemiyle çekme, eğme ve burulma momenti yükleri uygulanmıştır. Analizlerde malzeme olarak eklemeli imalatta da sıklıkla kullanılan Inconel 718 kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda piramit yapıya çapraz desteklerin eklenmesi ile çekme yükü altında en düşük gerilmeler elde edilirken, yanıl desteklerin eklenmesiyle de eğme ve burulma yükleri altında en düşük gerilmeler elde edilmiştir. Ancak yanıl ve çapraz dikmelerin eklenmesiyle kafes yapıda meydana gelen kütle artışlarının hesaba katılması gerekliliği unutulmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Eklemeli İmalat, Inconel 718, Mekanik Özellikler, Sonlu Elemanlar Analizi

Effect of Additional Struts on Mechanical Behavior in Lattice Structures

Abstract

In this study, the effect of additional struts added to the unit cells forming lattice structures on the mechanical properties of the structure was examined. Pyramid structure was chosen as the unit cell structure and lateral and cross support struts were added to the structure and its behavior under different loads was compared. Tensile, bending, and torsional moment loads were applied to the modeled lattice structures using the finite element method. Inconel 718, which is also frequently used in additive manufacturing, was used as the material in the analysis. As a result of the analysis, the lowest stresses were obtained under tensile load by adding cross struts to the pyramid structure, while the lowest stresses were obtained under bending and torsion loads by adding lateral struts. However, it should not be forgotten that the mass increases that occur in the lattice structure with the addition of lateral and cross struts must be considered.

Keywords: Additive Manufacturing, Inconel 718, Mechanical Properties, Finite Element Analysis



Bu makale Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License ile lisanslanmıştır.

1. GİRİŞ

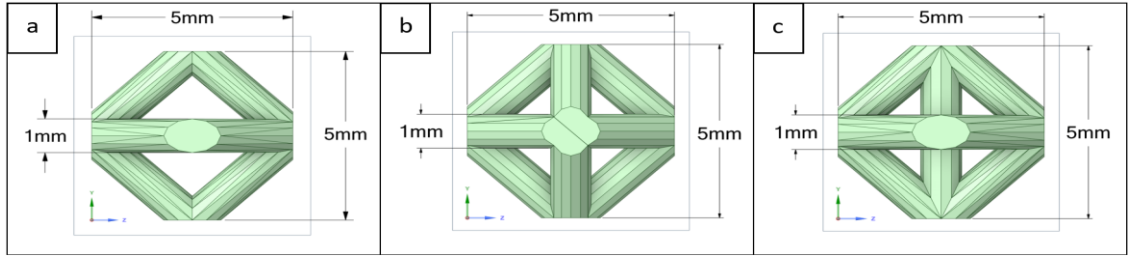
Eklemeli imalat üç boyutlu modelleme ile en basitinden en karmaşığına kadar çok çeşitli yapıların üretilmesinde kullanılan bir üretim yöntemidir. Karmaşık yapılar üretme, tasarım özgürlüğü, hızlı prototip oluşturabilmesi ve atıkların en aza indirilmesi eklemeli imalatın avantajları olarak sıralanabilir [1]. Eklemeli imalat ile üretilen parçalar havacılık-uzay, biyomedikal, savunma sanayi, otomotiv endüstrisi gibi farklı uygulama alanları bulabilmektedir [2–5]. Farklı üretim teknikleri de bulunmakla birlikte temelde eklemeli imalat, malzemelerin katman katman üst üste basılması işlemidir. Eklemeli imalat, sadece prototiplerle sınırlı kalmayıp, uygun maliyetli ürünler, güçlü ve hafif parçalar, esnek tasarımlar, malzeme israfının en aza indirilmesi, erişim kolaylığı, hızlı tasarım ile üretimler ve daha birçok avantaj sunması nedeniyle küçük ölçekli bir imalat olarak da kullanılmaktadır [6].

Kafes yapılar, yüksek miktarda gözeneklilik içeren, bir veya daha fazla tekrarlanan birim hücreye dayanan topolojik olarak sıralanmış yapılardır [7,8]. Eklemeli imalatta hafif parçalar üretmek veya var olan parçanın hafifletilmesini sağlamak için kafes yapılar sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yapılar tasarım özgürlüğü, çok fonksiyonluluğu, tekdüzeliği ve tekrarlanabilirliği ile öne çıkmaktadır [1]. Kafes yapıları mekanik tepkisi, morfolojisi ve geometrik dağılımına göre sınıflandırılabilir [9]. Metal eklemeli imalatta en çok titanyum, alüminyum, bakır, nikel, paslanmaz çelik alaşımlar gibi malzemelerin kullanıldığı söylenebilir [10,11]. Nikel bazlı kafes malzemeleri, yüksek sıcaklık direnci, korozyon direnci, hafiflik ve yüksek mukavemet gibi olağanüstü mekanik özelliklere sahiptir ve bu da onları çeşitli hafif yapısal malzemeler üretmeye uygun hale getirir [12]. Banati ve ark. [13] yaptıkları çalışmada Inconel 718 alaşım tozları ile ürettikleri dikme tabanlı kafes yapılarda mikroyapının etkisini incelemişlerdir. Basma testleri sonucunda oluşan gerilmeleri haritalandırmak için sonlu elemanlar analizi yönteminden yararlanmışlardır. Sonuçta kafes yapıdaki değişikliklerin, temel malzemenin mikro yapısına ve takviye kafes alanlarının boyutuna büyük ölçüde bağlı olduğunu göstermişlerdir. Seremet ve Babacan [14] seçici lazer ergitme ile üretilen ek dikmelere sahip kafes yapılarının basma yükü altındaki mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Ek dikmelere sahip numunelerin diğerlerine göre %18 ile %23 arasında daha yüksek özgül mukavemet gösterdiklerini bildirmişlerdir.


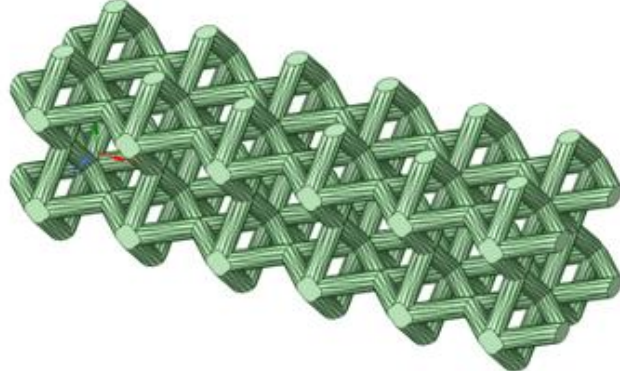

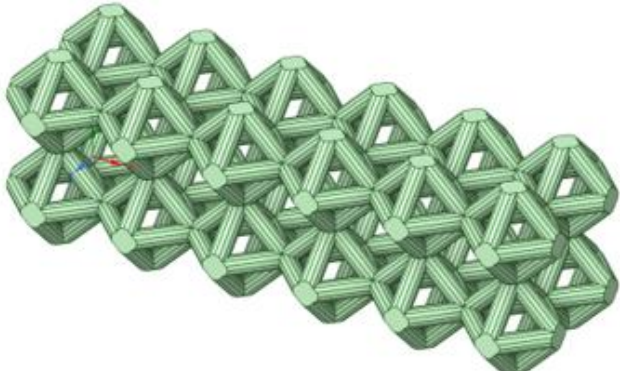

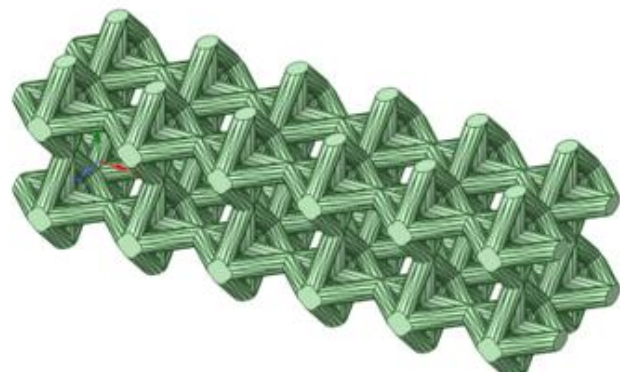
Birim hücre yapılarına ek dikmelerin eklenmesinin kafes yapılardaki deformasyon yapılarını değiştirdiğini ve yapının mekanik özelliklerini önemli ölçüde artırabileceğini gösteren pek çok çalışma bulunmaktadır [15–19]. Ancak yapılan çalışmalarda genellikle basma yükü altındaki davranışlar incelenmiştir. Bu çalışmada ise piramit birim hücre yapısına farklı doğrultularda dikmelerin eklenmesinin, yapının çekme, eğme ve burulma momenti altındaki dayanımlarına etkisi sonlu elemanlar yöntemi ile araştırılmıştır.

2. GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bu çalışmada eklemeli imalata yönelik olarak modellenen çeşitli kafes yapıların farklı yükler altındaki sonlu elemanlar analizleri yapılmıştır. Modelleme için piramit (P), yanal ek dikmelere sahip yanal destekli piramit (P_y) ve çapraz ek dikmelere sahip çapraz destekli piramit (P_c) birim hücre yapıları seçilmiş ve SpaceClaim programı ile kafes yapılar modellenmiştir. Böylece farklı doğrultularda dikmelere sahip yapılar oluşturulmuştur. Seçilen birim hücre yapıları ile modellenen yapılar Şekil 1’de gösterilmiştir. Modellerin boyutları 10x10x30 mm’dir. Birim hücre boyutu 5 mm ve dikme kalınlıkları 1 mm’dir. Modellenen yapıların malzemesi Ansys kütüphanesinden eklemeli imalatla sıkça kullanılan Inconel 718 olarak seçilmiştir. Piramit, yanal destekli piramit ve çapraz destekli piramit birim hücre yapıları ile oluşturulan kafes yapıların kütleleri sırasıyla 3,49 g, 4,90 g ve 4,38 g olarak programdan alınan hacim verileri yardımıyla hesaplanmıştır.

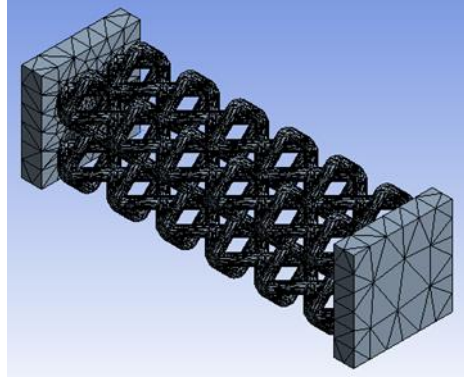


Şekil 1. Birim hücre yapılarının ölçüleri a) P, b) P_y , ve c) $P_ç$

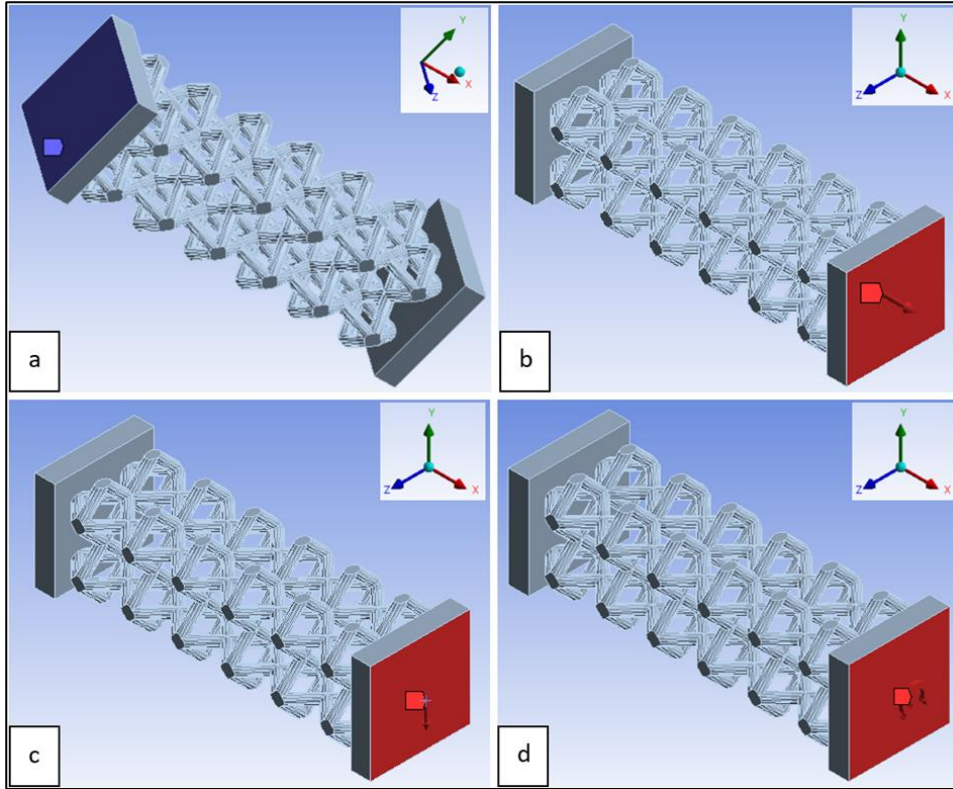
Kod	Birim Hücre Yapısı	Model	Kütle (g)
P	 Piramit		3,49
P_y	 Yanal Destekli Piramit		4,90
$P_ç$	 Çapraz Destekli Piramit		4,38

Şekil 2. Üç farklı birim hücre yapısı kullanılarak tasarlanan kafes yapı modelleri ve yapıların ağırlıkları

Sonlu elemanlar analizinde modellere uygulanacak yüklerin kafes yapı içerisinde eşit dağılılabilmesi için modellerde mesnetleme ve güç uygulanacak yüzeylerine 2 mm kalınlığında içi dolu tabakalar eklenmiştir. Tasarımları tamamlanan modeller Ansys programında Mekanik modülüne aktarılmıştır ve statik analiz tanımlanmıştır. Modellerde kafes yapıların olduğu yerde daha yoğun olacak şekilde ağ yapı oluşturulmuştur (Şekil 3). Oluşturulan ağ yapıların düğüm ve eleman sayıları sırasıyla şu şekildedir: P yapısı için 191890 ve 109483, P_y yapısı için 195783 ve 109589, P_c yapısı için 201667 ve 112824. Modellere sınır şartı olarak Şekil 4a'da mavi ile gösterilen yüzeyinden sabit mesnetleme yapılmıştır. Yükleme şartı olarak Şekil 4b'de kırmızı ile gösterilen yüzeyden +x yönünde 100 N çekme kuvveti, Şekil 4c'de -y yönünde 100 N eğme kuvveti ve Şekil 4d'de ise x eksenini etrafında 100 N/mm burulma momenti uygulanmıştır. Daha sonra analizler ayrı ayrı koşutularak her bir yükleme için modeller üzerinde oluşan von-Mises eşdeğer gerilmeleri incelenmiştir.



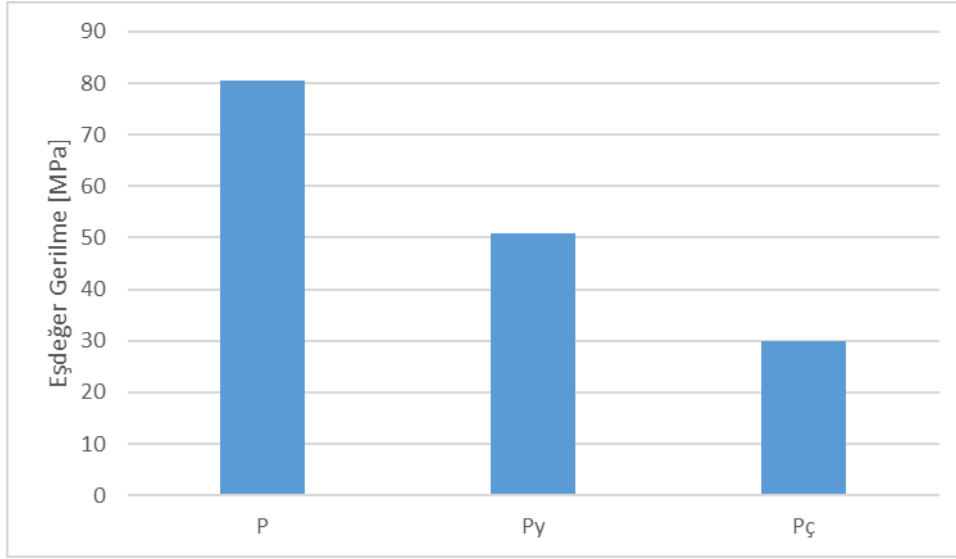
Şekil 3. Modellere uygulanan ağ yapı



Şekil 4. Yükleme ve sınır şartlar: a) Sabit mesnetleme, b) çekme kuvveti, c) eğme kuvveti, d) burulma momenti

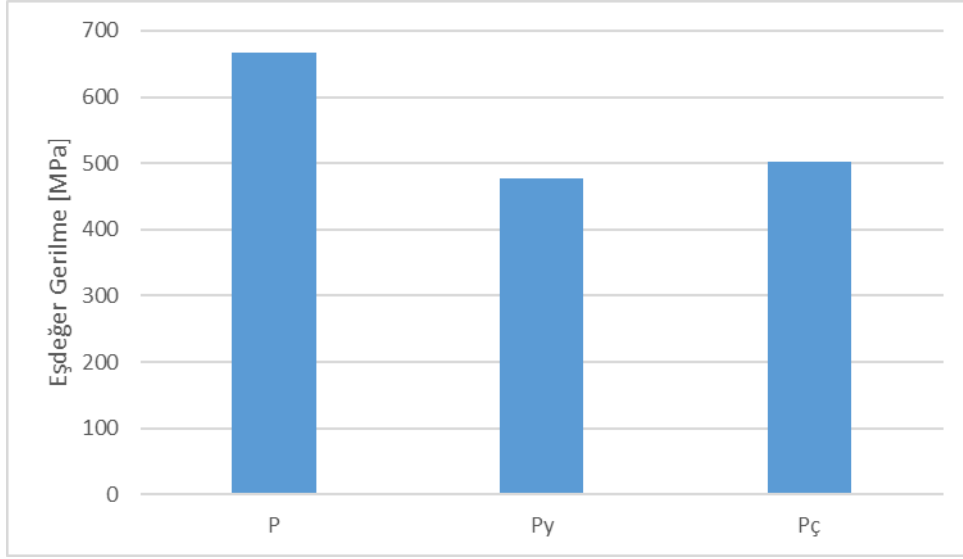
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Kafes yapıdaki modellere sonlu elemanlar analizlerinde uygulanan 100 N'luk çekme yükü sonucunda yapılardaki en yüksek von-Mises eşdeğer gerilmeler Şekil 5'te verilmiştir. Uygulanan yükleme sonucunda piramit (P) kafes yapısında yaklaşık olarak 80 MPa, yanal dikme desteğine sahip piramit (Py) kafes yapısında yaklaşık olarak 51 MPa, çapraz dikme desteğine sahip piramit (Pç) kafes yapısında ise yaklaşık olarak 30 MPa gerilme meydana gelmiştir. Yanal ve çapraz dikme desteği piramit kafes yapınınin kütlelerini sırasıyla %40 ve %26 oranında arttırmıştır. Buna karşılık yanal ve çapraz dikme destekli piramit yapılarda desteksiz piramit yapıya göre çekme yükü altındaki gerilmeler sırasıyla %37 ve %63 oranlarında azalmıştır.



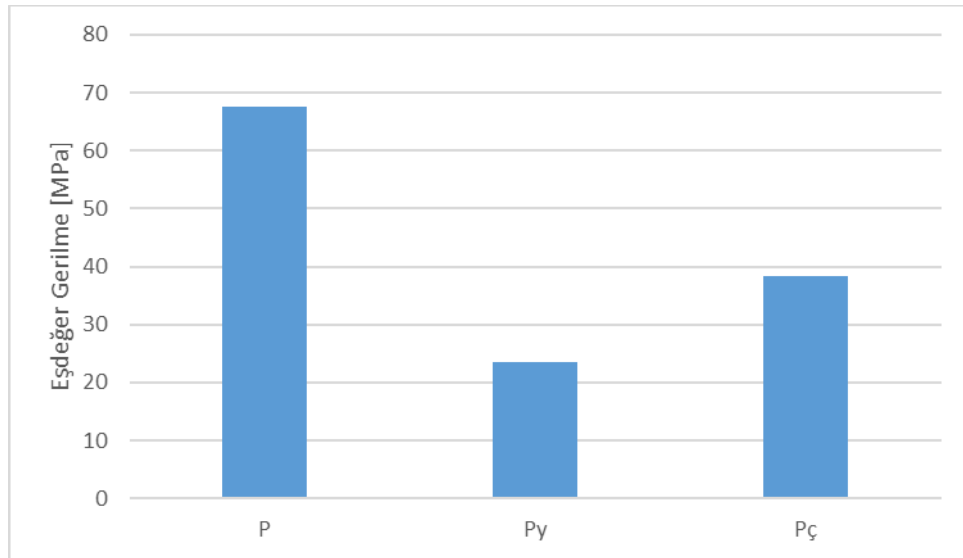
Şekil 5. Çekme yükü sonucunda kafes yapılardaki en yüksek von-Mises eşdeğer gerilmeler

Şekil 6'da sonlu elemanlar analizi sonucunda 100N'luk eğme yükü altında yapılarda oluşan en yüksek von-Mises eşdeğer gerilmeler verilmiştir. Yük altındaki P, Py ve Pç kafes yapılarında sırasıyla 666 MPa, 478 MPa ve 502 MPa gerilmeler oluşmuştur. Desteksiz piramit kafes yapıya göre yanal destek dikmeleri yapıda oluşan gerilmeleri %28 azaltırken, çapraz destek dikmeleri ise %25 azaltmıştır. Yalnızca gerilmelere bakıldığında yanal destek dikmelerinin yapıdaki gerilmeleri düşürmede daha başarılı olduğu söylenebilir. Py'nin kütlelerinin Pç'ninkinden %12 daha fazla olmasına rağmen, Pç yapısındaki gerilmeler P'deki gerilmeleri, Py yapısındakilere göre %5 daha az düşürdüğü görülmektedir. Dolayısıyla kütle artışları da hesaba katıldığında Pç yapısının eğme yükü altında Py'ye göre daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.



Şekil 6. Eğme yükü sonucunda kafes yapılarıdaki en yüksek von-Mises eşdeğer gerilmeler

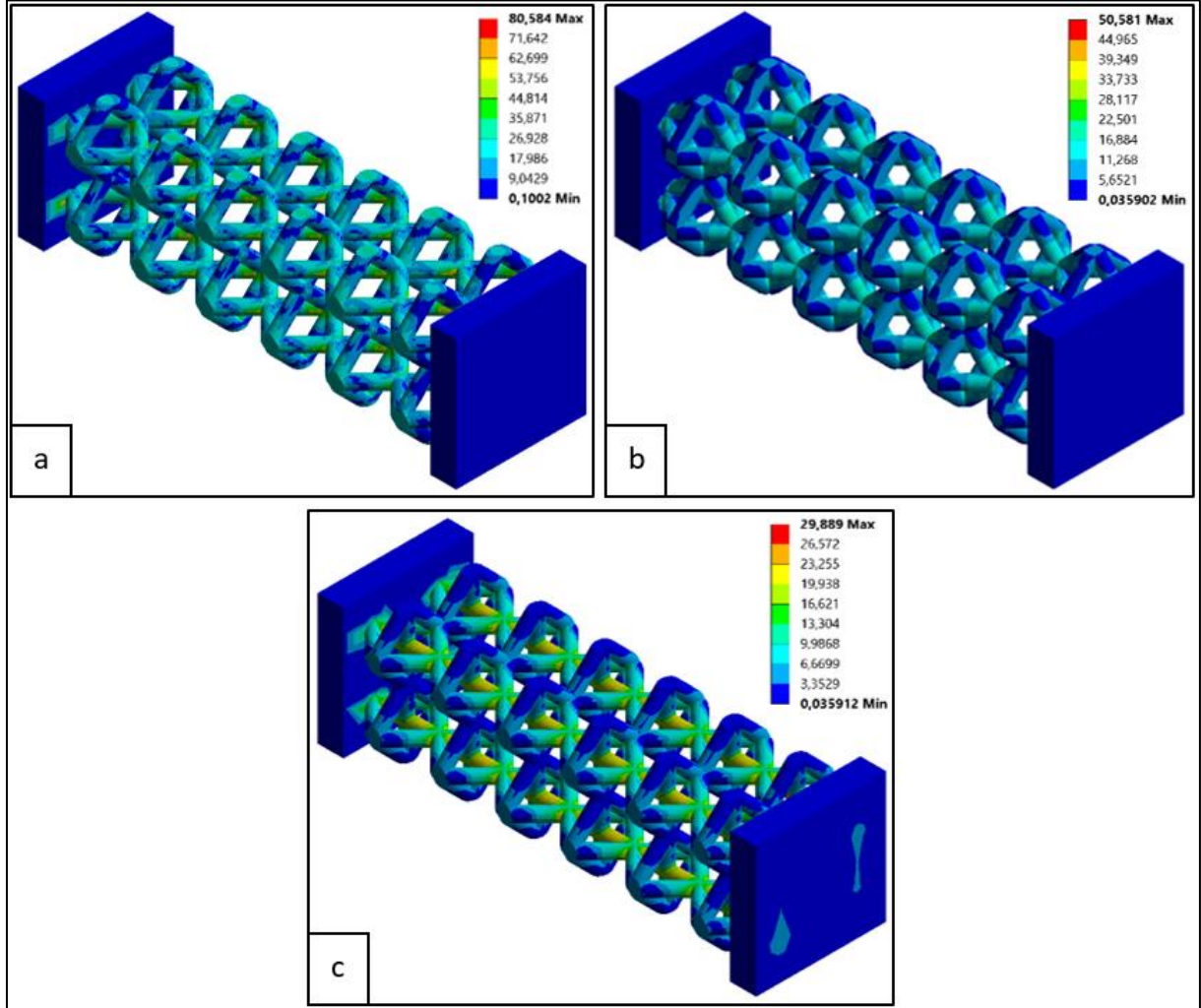
100 N/mm'lik burulma momentinin uygulandığı analizler sonucunda kafes yapılarda oluşan en yüksek gerilmeler Şekil 7'de verilmiştir. Burulma momenti sonucunda P kafes yapısında 68 MPa, yanal dikme desteğine sahip P_y yapısında 23 MPa, çapraz dikme desteğine sahip $P_ç$ kafes yapısında ise 38 MPa eşdeğer gerilmeler meydana gelmiştir. Ek dikme desteksiz yapıya göre yanal dikme destekli ve çapraz dikme destekli kafes yapılarda oluşan gerilmeler sırasıyla %65 ve %43 azalmıştır. P_y ve $P_ç$ yapıları kendi aralarında karşılaştırılacak olursak, P_y yapısının kütlesi $P_ç$ yapısına göre yaklaşık %12 fazla iken, P_y yapısında oluşan gerilmeler diğerine göre %39 daha düşüktür. Sonuç olarak burulma yüklemesi için yanal destekli P_y kafes yapının daha uygun olduğu söylenebilir.



Şekil 7. Burulma momenti sonucunda kafes yapılarıdaki en yüksek von-Mises eşdeğer gerilmeler

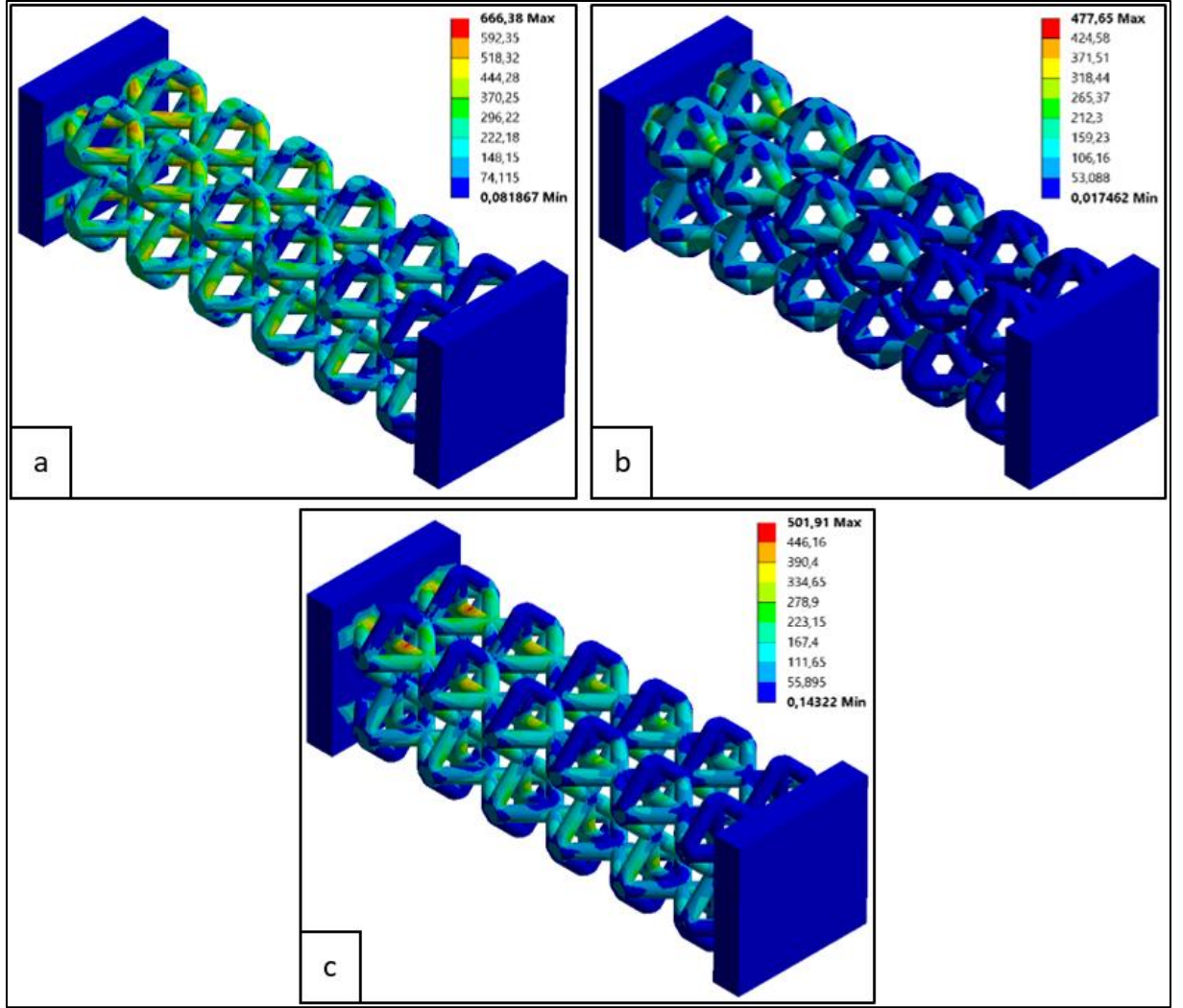
Çekme yükü altında P, P_y ve $P_ç$ kafes yapılarında oluşan eşdeğer gerilmeler Şekil 8'de verilmiştir. Kafes yapılar incelendiğinde özellikle birim hücre yapılarının birleştiği kesişim noktalarında gerilmeler daha yüksek

çıkıştır. P_c yapısındaki çekme kuvveti doğrultusunda bulunan ek dikmelerin yükü büyük oranda taşıdığı görülmüştür (Şekil 8c). Böylece yapıyı diğer birim hücreler ile oluşturulan yapılara göre çekme yüküne karşı daha dirençli hale getirmiştir.



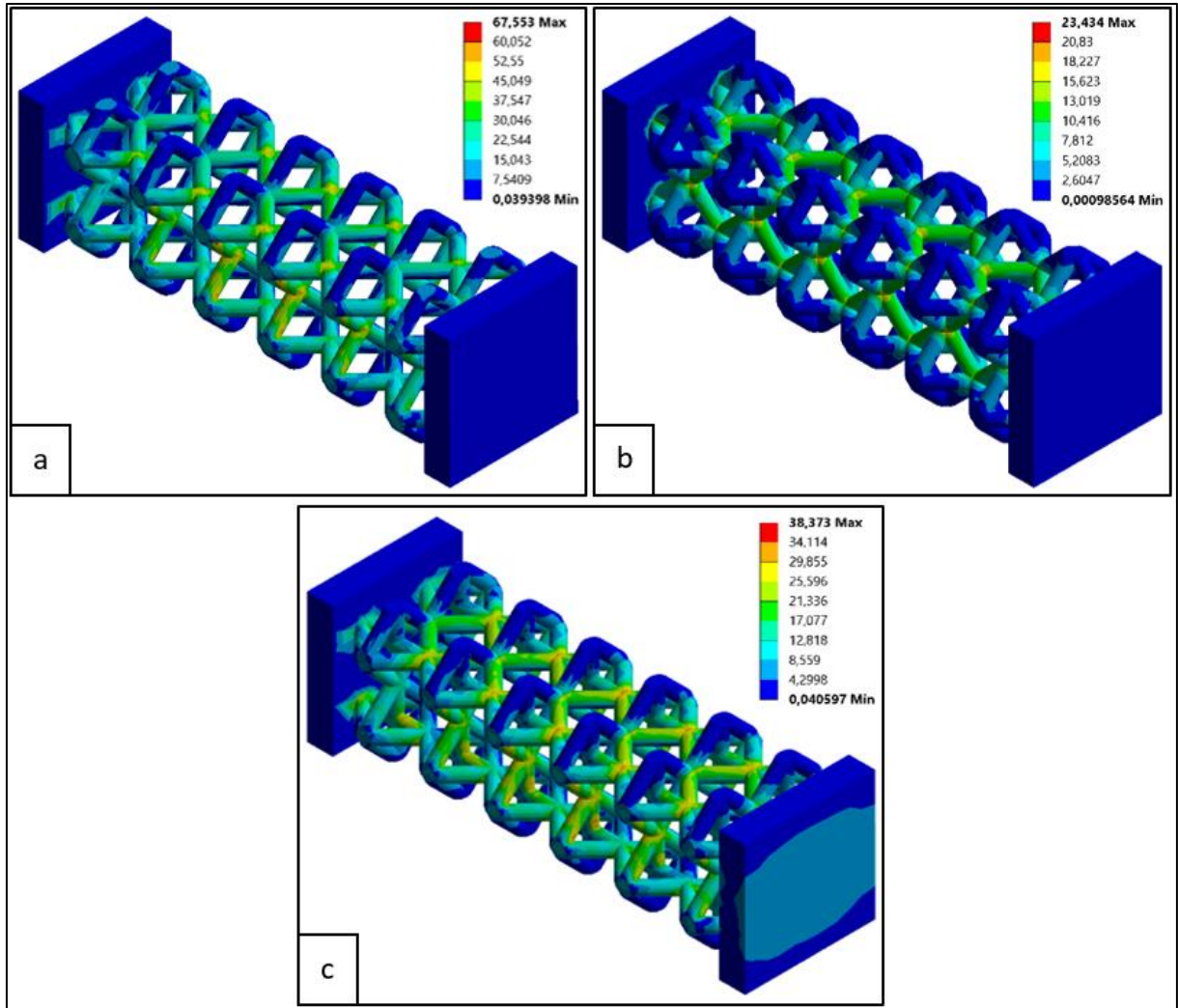
Şekil 8. Çekme yükü altında kafes yapılarda oluşan eşdeğer gerilmeler a) piramit (P), b) yanall destekli piramit (P_y) ve c) çapraz destekli piramit (P_c)

Sonlu elemanlar analizi sonucunda eğme yükü altında her üç kafes yapıda oluşan eşdeğer gerilmeler Şekil 9'da verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde kafes yapıların sabit mesnetleme yapıldığı tarafa yakın bölgelerde gerilmeler daha yüksek çıkmıştır. P_y ve P_c yapısındaki ek dikmelerin üzerinde daha fazla gerilme taşıdığı görülmüştür. Dolayısıyla ek dikmelerin yük dağılımında önemli bir rol oynadığı söylenebilir.



Şekil 9. Eğme yükü altında kafes yapılarda oluşan eşdeğer gerilmeler a) piramit (P), b) yanall destekli piramit (P_y) ve c) çapraz destekli piramit (P_ç)

Bir diğer yükleme tipi olan burulma momenti altında kafes yapılarda oluşan eşdeğer gerilmeler Şekil 10'da verilmiştir. P_y ve P_ç yapılarındaki en yüksek gerilmelerin yanall ve çapraz ek dikmelerin üzerinde olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu dikmelerin burulma yükünü taşıdığı ve yapıdaki gerilmeleri düşürdüğü söylenebilir. Şekil 10b'de yanall destek dikmeleri sayesinde yapıda oluşan gerilmelerin azaldığı görülebilmektedir.



Şekil 10. Burulma momenti altında kafes yapılarda oluşan eşdeğer gerilmeler a) piramit (P), b) yanal destekli piramit (P_y) ve c) çapraz destekli piramit (P_c)

4. SONUÇ

Kafes yapılarda yanal destek ve çapraz destek dikmelerinin kafes yapılarda çekme, eğme ve burulma yükleri altındaki davranışlarına etkisi sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiştir. Çapraz destekli kafes yapıdaki çekme kuvveti doğrultusunda bulunan ek dikmelerin yükü büyük oranda taşıdığı sonucuna varılmıştır. Eğme yükü altında ise yanal destekli kafes yapıda en düşük gerilmeler meydana gelmiştir. Ancak ek dikmeler nedeniyle kafes yapıların kütlelerinin artışından dolayı üretim maliyetleri de hesaba katılarak benzeri bir yüklemeye maruz kalacak parçada çapraz destek seçimi daha uygun olabilecektir. Burulma momenti karşısında her iki destek dikmeleri de yapıdaki gerilmelerde büyük düşüşler sağlamıştır. P_y ve P_c yapıları kendi aralarında kıyaslandığında ise, P_y yapısındaki yük fazlalığına rağmen P_c yapısına göre gerilmeleri oldukça fazla düşürmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ngo TD, Kashani A, Imbalzano G, Nguyen KTQ, Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. Compos B Eng 2018;143:172–96.
2. Chaudhary R, Fabbri P, Leoni E, Mazzanti F, Akbari R, Antonini C. Additive manufacturing by digital light processing: a review. Progress in Additive Manufacturing 2022 8:2 2022;8:331–51.

3. Aydın DS, Yıldırım ÇV, Şirin Ş. Üretim Parametrelerinin Seçici Lazer Ergitme Yöntemi ile Ti6Al4V Alaşımının Çekme Dayanımı, Elastisite Modülü ve Uzama Özelliklerine Etkisi. *Duzce University Journal of Science and Technology* 2024;12:1–17.
4. Ergene B, İspartalı H, Karakılınç U. Eriyik yığıma modelleme ile üretilen PET-G parçaların katman yüksekliğine ve test sıcaklığına bağlı darbe davranışı. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 2023;38:1345–60.
5. Balcı A, Küçükaltun F, Aycan MF, Usta Y, Demir T. Reproducibility of Replicated Trabecular Bone Structures from Ti6Al4V Extralow Interstitials Powder by Selective Laser Melting. *Arab J Sci Eng* 2021;46:2527–41.
6. Bhatia A, Sehgal AK. Additive manufacturing materials, methods and applications: A review. *Mater Today Proc* 2023;81:1060–7.
7. 7Ataollahi S. A review on additive manufacturing of lattice structures in tissue engineering. *Bioprinting* 2023;35.
8. Distefano F, Pasta S, Epasto G. Titanium Lattice Structures Produced via Additive Manufacturing for a Bone Scaffold: A Review. *J Funct Biomater* 2023;14.
9. Tyagi SA, M M. Additive manufacturing of titanium-based lattice structures for medical applications – A review. *Bioprinting* 2023;30.
10. Zaharia SM, Lancea C, Kruk A, Cempura G, Gruszczyński A, Chicos LA, et al. Mechanical Properties and Microstructure of Inconel 718 Lattice Structures Produced by Selective Laser Melting Process. *Materials* 2024;17.
11. Dursun AM, Tüzemen MÇ, Salamcı E, Yılmaz O, Ünal R. Investigation of Compatibility Between Design and Additively Manufactured Parts of Functionally Graded Porous Structures. *Journal of Polytechnic* 2021:1–1.
12. Wang Z, Zhao Z, Bai P, Ren J, Liu B, Naik N, et al. The microstructure and property evolutions of Inconel718 lattice structure by selective laser melting. *Adv Compos Hybrid Mater* 2024;7.
13. Banait S, Liu C, Campos M, Pham MS, Pérez-Prado MT. Effect of microstructure on the effectiveness of hybridization on additively manufactured Inconel718 lattices. *Mater Des* 2023;236.
14. Seremet H, Babacan N. Compressive properties of AlSi10Mg lattice structures with novel BCCZZ and FCCZZ configurations fabricated by selective laser melting. *Rapid Prototyp J* 2024.
15. Leary M, Mazur M, Williams H, Yang E, Alghamdi A, Lozanovski B, et al. Inconel 625 lattice structures manufactured by selective laser melting (SLM): Mechanical properties, deformation and failure modes. *Mater Des* 2018;157:179–99.
16. Mazur M, Leary M, Sun S, Vcelka M, Shidid D, Brandt M. Deformation and failure behaviour of Ti-6Al-4V lattice structures manufactured by selective laser melting (SLM). *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2016;84.
17. Lei H, Li C, Meng J, Zhou H, Liu Y, Zhang X, et al. Evaluation of compressive properties of SLM-fabricated multi-layer lattice structures by experimental test and μ -CT-based finite element analysis. *Mater Des* 2019;169.
18. Babacan N, Seremet H. Investigation of the load-bearing capacity of Co-Cr lattice structures fabricated by selective laser melting. *J of 3D Printing Tech Dig Ind* 2022;6:286–91.
19. Noronha J, Leary M, Brandt M, Qian M. AlSi10Mg hollow-strut lattice metamaterials by laser powder bed fusion. *Mater Adv* 2024;5:3751–70.

Güneş Enerjili Yeşil Hidrojen Üretimi: Fotokatalitik Su Ayrıştırma

Gülbahar BİLGİÇ TÜZEMEN

Neveşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,
Neveşehir/Türkiye. ORCID: 0000-0002-9503-5884

Sorumlu Yazar: glbhrblg@nevsehir.edu.tr

Geliş Tarihi: 13.05.2024

Kabul Tarihi: 14.06.2024

Özet

Güneş enerjisiyle yeşil hidrojen üretimi, güneş enerjisinden yararlanmanın ve fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan iklim değişikliğiyle mücadele etmenin potansiyel olarak ümit verici bir yolu olarak değerlendiriliyor. Suyun parçalanması yoluyla güneş hidrojeni üretmek için en çok araştırılan teknikler arasında fotokatalitik (FK), fotoelektrokimyasal, fotovoltaikelektrokimyasal, güneş termokimyasal, fototermal katalitik ve fotobiyolojik teknolojiler yer alır. Bu makale, FK teknolojisini kapsamlı bir incelemesini sağlamaya odaklanmaktadır. Bu teknolojinin temelleri ve işleyişine kısa bir genel bakışın ardından, fotokatalitik H₂ üretimine ilişkin mevcut araştırmalar, güneş enerjisinin H₂'ye (STH) dönüşüm verimliliğine vurgu yapılarak gözden geçirilmektedir. Sonuç olarak, fotokatalitik H₂ sentezi üzerine daha ileri çalışmaların zorlukları ve hedefleri tartışılmıştır. Ayrıca inceleme, suyun ayrıştırılması ile doğrudan hidrojen eldesine ilişkin önerilerle tamamlanıyor.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Yeşil Hidrojen, Fotokatalitik, Su Ayrıştırma.

Solar Green Hydrogen Production: Photocatalytic Water Splitting

Abstract

Solar green hydrogen production is considered a potentially promising way to harness solar energy and combat climate change caused by the burning of fossil fuels. The most researched techniques to produce solar hydrogen through water splitting include photocatalytic (PC), photoelectrochemical, photovoltaic-electrochemical, solar thermochemical, photothermal catalytic, and photobiological technologies. This article focuses on providing a comprehensive review of PC technology. After a brief overview of the fundamentals and operation of this technology, current research on photocatalytic H₂ production is reviewed with emphasis on the conversion efficiency of solar energy to H₂ (STH). In conclusion, the challenges, and goals of further studies on photocatalytic H₂ synthesis are discussed. Additionally, the review is completed with suggestions for direct hydrogen production by splitting water.

Keywords: Solar Energy, Green Hydrogen, Photocatalytic, Water Splitting.



[Bu makale Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License ile lisanslanmıştır.](#)

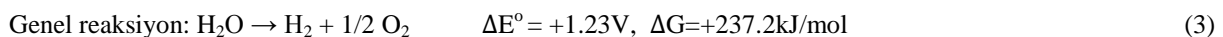
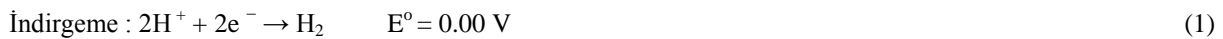
1. GİRİŞ

Mevcut enerji krizine ve dünyanın giderek kötüleşen çevre felaketine en gerçekçi yanıt, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesidir. Bu durum fosil yakıtların kullanımında keskin bir düşüşü, daha yüksek enerji verimliliğini ve hidrojen gibi geleneksel olmayan yakıtların kullanımını gerektirmektedir. H₂ üretim yöntemleri, kullanılan hammadde türüne göre genel olarak iki kategoriye ayrılabilir [1-4]. Hidrojen, yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklar da dahil olmak üzere çeşitli hammadde kaynaklarından üretilmektedir. Bununla birlikte, 2020 yılı itibarıyla hidrojenin büyük bir kısmı (%95) yenilenemeyen fosil yakıtlardan, özellikle doğalgazın buharla reformasyonundan üretilmiş olup, hidrojenin geri kalanı, su elektrolizi de dahil olmak üzere yenilenebilir kaynaklardan üretilmiştir. (Mosca ve diğerleri, 2020) [5]. Hidrojen, hidrojen üretim teknolojisine, enerji kaynağına ve çevresel etkilerine göre sırasıyla mavi, gri, kahverengi, siyah ve yeşil gibi farklı renk tonlarında sınıflandırılır [6-7]. Mavi hidrojen, doğal gazın buharla reformasyonundan üretilir. Bu işlem sırasında doğal gaz, hidrojen (H₂) ve karbondioksit (CO₂) ayrıştırılarak, üretilen CO₂ (%85-95) endüstriyel karbon yakalama ve depolama teknikleri kullanılarak yeraltında depolanır ve üretilen CO₂'nin bir kısmı geri dönüştürülemez. Gri hidrojen, doğal gaz veya kömür gibi yenilenemeyen fosil yakıtlardan buhar reformasyonu/oto-termal reformasyon prosesi ile üretilir, bu proses mavi hidrojen prosesine benzer, ancak üretilen CO₂ yakalanmıyor, doğrudan atmosfere karışmaktadır [8].

Kahverengi hidrojen günümüzde en çok kullanılanıdır ve gazlaştırma işlemi yoluyla hidrokarbon açısından zengin hammaddeden (kahverengi kömür veya metan) üretilir. Yeşil hidrojen, elektroliz prosesi ile yenilenebilir su ve elektrikten üretilmekte, bu süreçte su, sıfır karbon emisyonu ile elektriğin etkisi altında H₂ ve oksijene (O₂) ayrılmaktadır [9]. Küresel karbonsuzlaştırmaya geçişte, günümüzde yenilenebilir enerjiyle çalışan yeşil hidrojen üretimi, sera gazı emisyonlarını ve çevre kirliliğini azaltmanın bir yolu olarak giderek daha fazla kabul edilen yollardan biridir. Bu nedenle, bu yeşil hidrojenin üretimini ve kullanımını daha ölçeklenebilir ve çok yönlü hale getirmeye yönelik ilgi giderek artıyor. Su elektrolizi, yenilenebilir enerji (güneş, rüzgar) kullanarak suyu hidrojen ve oksijene ayırmak için kullanılan önemli bir teknolojidir [10]. Güneş ve rüzgar enerjileri, yaygın güç dağıtımları nedeniyle su elektrolizi yoluyla hidrojen üretimi için hazırlanmış ve oldukça uygun yenilenebilir enerji kaynaklarıdır [10]. En çevre dostu yöntemlerden biri, suyu güneş enerjisi kullanarak H₂ elde etmek için ayırıştırma [1]. FK su ayırıştırma, temiz hidrojen yakıtı üretmek ve iklim değişikliğini azaltmak için umut verici bir yaklaşımdır. Doğayı taklit eden, en uygun şekilde hizalanmış elektronik durumlara sahip yarı iletken heteroyapılar dikkat çeken bir tasarım olarak öne çıkmaktadır. Bu süreç çevreye zararsızdır ve işlem sonucunda herhangi bir sera gazı üretilmez. Bir katalizörün yüzeyinde FK hidrojen üretmek için güneş enerjisinden yararlanmak, mevcut enerji ve çevre krizini çözmek için umut verici bir alternatiftir [4]. Bu inceleme, FK yöntemi ile hidrojen üretiminin süreci mekanizmasını açıklamakta ve son gelişmelere odaklanmaktadır. Fotokataliz hücrelerinin temelleri, malzeme ve verimlilik analiziyle birlikte ele alınmaktadır. Fotokataliz araştırmasının bu ilgi çekici alanında gelecekteki uygulamalar için pek çok umut var.

2. FOTOKATALİTİK HİDROJEN EVRİM REAKSİYONUNUN TEMELLERİ

Temel olarak kullanılan su ayırıştırma terimi, kimyasal bir reaksiyona verilen bir addır. Bu reaksiyonda su, iki doğal bol kaynak, yani su ve güneş ışığı kullanılarak foto katalitik olarak parçalanır. Hidrojen ve oksijen üretiminin reaksiyonu, suyun foto indirgenmesi ve oksidasyonu olarak adlandırılır [11]. FK su ayırma sistemi, yarı iletken katalizörler ve güneş enerjisi kullanımı yoluyla sudan sürdürülebilir ve çevre dostu hidrojen yakıtı üretiminin etkili bir yöntemidir. Ayrıca FK su ayırıştırma, yapay fotosentez olarak kabul edilir. Bu, yeşil bitkilerdeki güneş enerjisiyle çalışan fotosentezle aynıdır [12]. Işık kaynaklı suyun bölünmesinin FK sürecinde sırasında ışık enerjisi kimyasal enerjiye dönüşür. Eş zamanlı olarak, Gibbs serbest enerjisini (GE) üretmek için su bölme reaksiyonu hızlandırılır [12]. Suyun parçalanması reaksiyonu iki grup temel reaksiyonu içerir: hidrojen oluşum reaksiyonu (HER) ve oksijen oluşum reaksiyonu (OER) (Denklemler 1-3) [13-14];



Dolayısıyla tüm strateji, ışığı absorbe etme ve elektron-delik çiftleri üretme potansiyeline sahip FK yüzeyler bulmaktır. Bu elektronlar ve delikler daha sonra katalizör yüzeyinde HER ve OER reaksiyonunda ilerleyebilir. Ancak bunu yapabilmek için, katalizörün iletim bandı (CB) kenarının H₂'den H₂'ye indirgeme potansiyelinden (0,00 V) daha negatif olması ve yüzeyin değerlik bandı (VB) kenarının daha pozitif olması gerekir. H₂O'nun O₂'ye 1,23 V oksidasyon potansiyeli (Bkz. Şekil 1). Şekil 1'de görüldüğü gibi, yarı iletkenler üzerindeki fotokatalitik reaksiyonlar, güneş ışığının, UV'nin ve/veya VB üzerinde bir delik (h⁺) bırakarak iletim bantlarına (CB) aktarılan fotojenlenmiş elektronlar oluşturan herhangi bir radyasyon kaynağının emilmesiyle başlatılır. Su molekülünden üretilen iki proton, 2 elektronla reaksiyona girerek hidrojen gazı üretirken, VB ve H₂O üzerindeki mevcut delik oksijen üretimiyle sonuçlanır. Tipik bir proseste yarı iletkenine bağlı olarak fotokimyasal reaksiyonun aşması gereken bir enerji bandı vardır. Fotokatalitik su bölünmesi durumunda, ideal fotokatalizörün daha negatif bir redoks potansiyeli ve daha pozitif bir oksidasyon potansiyeli (NHE'ye karşı 0,0 V ve 1,23 V) ortaya çıkarması gerekir [15]. Termal kayıpların bir sonucu olarak, daha geniş yaklaşım veya uygun yarı iletken bant aralığı 1,5 ile 2,5 eV arasındadır. Özetle yarı iletkenin bant aralığı değerinin 1,23 V olduğu tahmin edilmektedir [14-17]. Havada yaygın olarak bulunması ve sulu çözeltilerde bir miktar çözünebilmesi nedeniyle moleküler oksijen, FK oksidasyon proseslerinde en sık kullanılan elektron alıcısıdır. CB elektronları süperoksit radikal anyonu (O₂⁻) üretmek için oksijeni oksitler. İndirgeme işlemlerinin ardından H₂O₂, OH ve sonuçta H₂O üretilir. Literatürde FK hidrojen üretimi üç aşamada rapor edilmektedir [18]. İlk adımda, arzu edilen enerjiye (yani, FK yarı iletkenin E_g'sine eşit veya E_g'den büyük hv) sahip foton, FK yüzeye çarpar ve FK yarı iletken tarafından emilir. Daha sonra yarı iletkendeki elektronlar dolu VB boş iletim bandına geçer. Bunun sonucunda elektronlar (e⁻) ve delikler (h⁺) oluşur. Reaksiyon denklem 4'teki gibi ifade edilebilir [19].

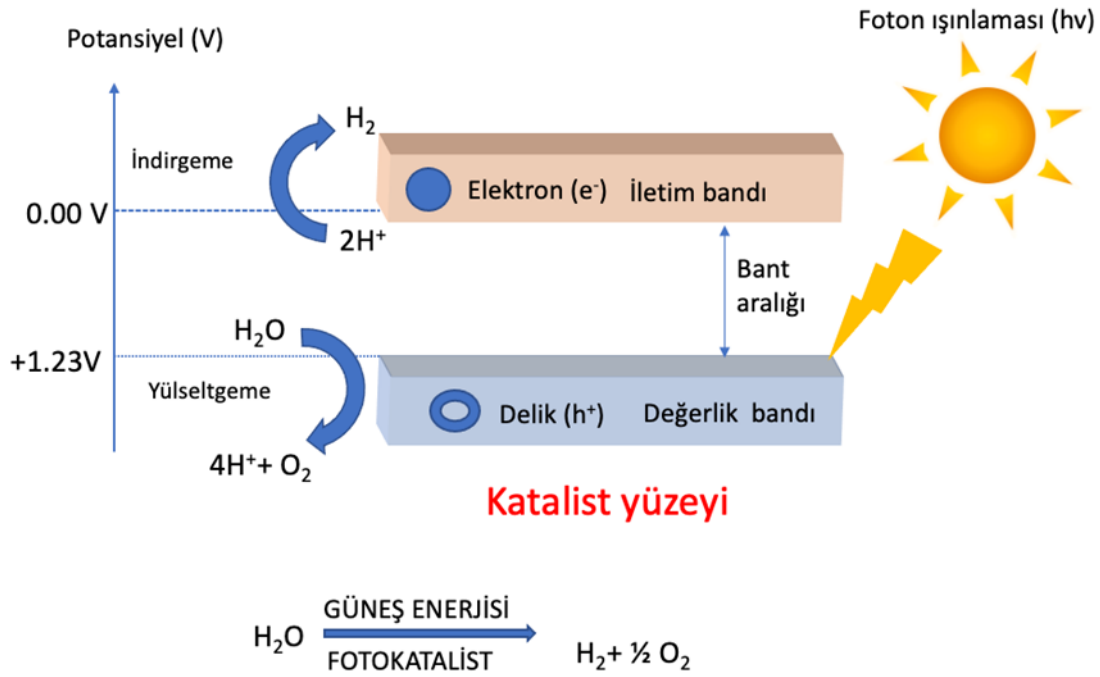


İkinci aşamada foton tarafından uyarılan elektronlar ve delikler yarıiletkenin yüzeyinde serbestçe dolaşmaya başlar ve yüzeydeki aktif bölgelerde toplanır. Son olarak başarıyla ayrılan elektronlar ve delikler yarı iletkenin yüzeyine doğru hareket edecek ve protonlarla (H⁺) reaksiyona girecektir [17-19].

Suyun dönüşüm veya tüketime uğramadan ayrıştırılmasını kolaylaştıran yarı iletken malzemeler olan katalizörlere fotokatalizörler denmesi daha doğru olur. Güneş enerjisinden H₂ verimliliğine ve kolay çalışma yaklaşımından dolayı önceki seçeneklere göre daha güvenilir bir işlemdir. Yeterli enerji ile ısınma üzerine yarı iletken yüzey, elektron-delik çiftlerinin oluşmasına neden olur. Bu elektron-delik çiftleri kolayca yeniden birleşme eğilimindedir ve son derece kararsızdır. Öte yandan yük taşıyıcıları, katalizör yüzeyinde kimyasal bir reaksiyon başlatan yapısal veya elektriksel manipülasyonla taşınır. Güneş ışığı altında su ayrıştırma reaksiyonunun verimliliğini göstermek için, FK su ayrıştırma reaksiyonları, 1,5 küresel (AM 1,5G) aydınlatma altında güneşten H₂'ye STH yönelik başka bir parametreyle ilişkilendirilir [20].

İşleyen bir FK sistemin en temel özelliği şunlardır:

Birincisi, daha iyi yük aktarım hareketliliği sağlama yeteneği; ikincisi, kolay sentetik sürecin verimli bir reaksiyon mekanizmasıyla birleştirilmesi; son olarak, fotoaktif bölgelere ulaşmak için nano mimariyi etkilemek amacıyla fotonların önemidir. Enerjiyi ısı veya ışık olarak dağıtan yük taşıyıcıları, yarı iletkenin yüzeyine hareket edebilir veya kütlesi içinde yeniden birleşebilir. Fotokatalistin yüzeyinde adsorbe edilen kimyasal türlerle redoks reaksiyonlarını hızlandıran yüzeydeki yük transfer aktivitelere katılabilirler. Bir yarı iletkenin hedeflenen redoks reaksiyonlarını gerçekleştirme kapasitesi, bant aralığı enerjisine ve VB ve CB'nin bant kenar potansiyellerine bağlıdır. Reaksiyonların termodinamik olarak mümkün olması için, CB kenar potansiyeli ve VB kenar potansiyelinin, sırasıyla amaçlanan reaksiyon indirgeme ve oksidasyon potansiyeli ve potansiyelinden sırasıyla daha negatif ve daha pozitif olması gerekir. Reaksiyonların mekanizmaları ile ilgili olarak, FK su ayrışmasının prensibi, foto-elektrokimyasal su ayrışmasının prensibine benzer [17]. İkisi arasındaki temel fark, Reaksiyon bölgelerinin konumundan oluşur. Foto-elektrokimyasal süreçte bu reaksiyonlar sırasıyla foto-anot ve katotta gerçekleşir. FK proseste hem anot hem de katot fonksiyonlarını sergileyen fotokatalizörün yüzeyinde hem oksidasyon hem de redüksiyon meydana gelir. Foto-katalitik ve foto-elektrokimyasal su ayrışması arasındaki pratik fark, ikincisinin hem oksijen hem de hidrojenin ayrı ayrı gelişmesiyle sonuçlanması, birincisinde ise her iki gazın bir karışımının oluşmasıdır.



Şekil 1. Katalitik yüzeyde fotokatalitik hidrojen üretimi sürecinin şematik gösterimi

Tek Fotokatalistli Su Bölme Sistemleri: Şu anda FK genel su ayrıştırma iki ana yöntem kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yaklaşımlardan ilki, tek bileşenli fotokatalizörler kullanılarak tek adımlı foto uyarım yoluyla suyun ayrıştırılmasıdır [21]. Çalışmalar, kullanılan malzemenin dar bir bant aralığına sahip olduğunu ve aynı zamanda önemli ölçüde yüksek bir aşırı potansiyele sahip olduğunu göstermektedir; bunlar, fotoaktivasyonu kolaylaştırmak için arzu edilen özelliklerdir.

Bu, termodinamik olarak daha negatif bir CB potansiyeli nedeniyle reaktanların daha iyi indirgenmesine ve oksidasyonuna yol açar ve termodinamik olarak daha pozitif bir VB potansiyel seviyesi uygulanır. Bu nedenle, tek bileşenli fotokatalizörler, ışıqla etkinleştirilebilecek kadar küçük bir bant aralığına ve toplam su bölünmesini sağlamak için uygun bant kenarı potansiyellerine sahip olmalıdır [22].

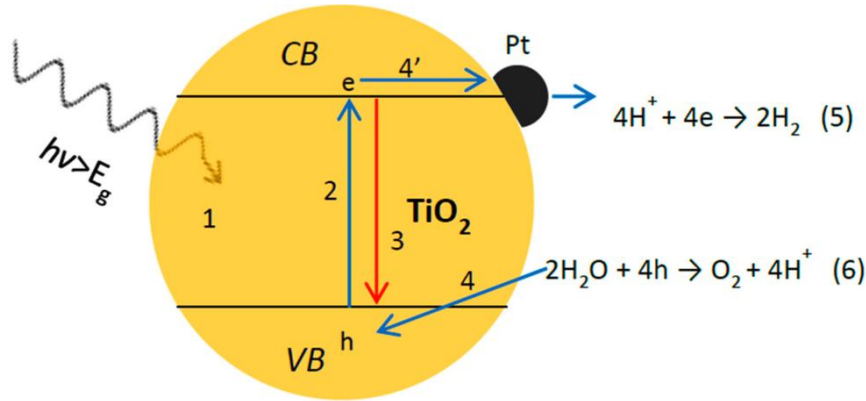
Tip II Fotokatalistli Su Bölme Sistemleri: Tek bileşenli fotokatalist konfigürasyonundaki eksiklikler nedeniyle, araştırmacılar fotokatalistlerin konfigürasyonlarını ayarlamaya çalışmışlardır [23]. Örneğin, iki yarı iletken kullanılmasıyla yük ayırma verimliliğinin ve FK performansın artırılması hedeflendi ve bu tür konfigürasyonlara tip II heteroeklem adı verildi. Nano yapılar uygun bir heteroeklem tipi FK sistem tasarlamak, elektronları ve delikleri iki farklı konumda izole edebilir, böylece fotojenlenmiş taşıyıcıların ömrünü uzatabilir. Tip II heteroeklem sistemlerinde gaz oluşumu iki ayrı fotokatalizörde meydana gelir: H₂ evrimi fotokatalizörlerinde HER ve O₂ evrimi fotokatalizörlerinde OER [22-23]. Heteroeklem tipi yarı iletken nanokompozitlerin yük ayırma yeteneğine rağmen, FK Yük aktarımının doğasından dolayı elektronların ve deliklerin daha elektropozitif CB ve elektronegatif VB potansiyellerine göç etmesi nedeniyle sistemin redoks yeteneği zayıflar.

Fotokatalitiğin ayrıntılı bir şekilde anlaşılması için elektron donörleri ile yarı iletken yüzey arasındaki etkileşimin moleküler düzeyde araştırılması önemlidir. Bir elektron donörünün belirli bir kimyasal etkileşimle adsorbe edilip edilmediği özellikle ilgi çekicidir; iç küresel olarak yüzey bölgeleriyle koordineli olup olmadığı veya yüzeyle elektrostatik veya hidrofobik etkileşim yoluyla daha az spesifik olarak adsorbe edilip edilmediği oldukça önemlidir. Reaksiyon hızı ve yolunun spesifik moleküler yapıya ve yüzey ile adsorbat arasındaki bağlanmaya büyük ölçüde bağlı olması beklenir. Bununla birlikte, makroskobik davranışı açıklamak için önerilen katı/sulu çözelti arayüzünün moleküler modelleri büyük ölçüde varsayımsaldı ve çok az yerinde spektroskopik kanıtlarla destekleniyordu. Bileşim ve moleküler düzenlemenin yanı sıra, malzemenin morfolojik boyutu da bu önemli hususa

katkıda bulunmaktadır. FK bir yüzeyin bant aralığına eşit veya daha büyük enerjiyle aydınlatılması, elektron-delik çiftlerinin oluşmasına yol açar. Nanoyapı içerisinde üretilen bu fotojenlenmiş yük taşıyıcılarının yüzeyde bulunan su molekülleri ile reaksiyona girmesi gerekmektedir. Bu yüzeye ulaşma sürecinde yük taşıyıcıları rekombinasyona uğrar veya kusurlu bölgelerde sıkışıp kalır. Hidrojen elde etmek için suyun bölünmesine uğrayan bir nanokristal, dört elektron üretimi gerektirir ve ayrıca suyun indirgenmesine de dayanır. Bu nedenle dört elektron üretebilmek için nanokristal yüzeyine kısa sürede, uygun enerjiye sahip dört fotonun çarpması gerekmektedir. Güneş foton akı yoğunluğunun $2000 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle fotonların nanopartiküller tarafından absorbe edilmesi için en az 4 ms süreye ihtiyaç vardır ve yük taşıyıcıların ömrünün 1 μs olduğu tahmin edilmektedir [24].

2.1. Foto-Katalitik Hidrojen Üretimi İçin Yarı İletken Malzemeler

Suyun ayrıştırılması yoluyla FK hidrojen üretimi için mükemmel yarı iletken malzeme aşağıdaki genel gereksinimleri karşılamalıdır: istenen indirgeme ve oksidasyon reaksiyonları için düşük aşırı potansiyeller, uygun bant kenarı konumlandırılması, iyi ışık emilimi, verimli yük aktarımı, kimyasal ve fotokimyasal stabilite, düşük maliyet ve bolluk. Görünür aralık ($400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$), Dünya yüzeyine gelen güneş enerjisinin yarısından fazlasını oluşturur. Sonuç olarak, güneş uygulamalarına yönelik fotokatalizörün hem UV hem de görünür bölgeleri kullanabilmesi gerekir. FK hidrojen üretimi için çok çeşitli malzemeler araştırılmış olsa da (TiO_2 , B, TaN_5 , $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, BiVO_4 , ZnO) [21,25-35], Titanyum dioksit (TiO_2), H_2 üretimi ile atık sudaki bileşiklerin bozunması arasındaki ilişkiyi araştıran en çok rapor edilen fotokatalizördür [21]. Şekil 2’de Pt/TiO_2 yarı iletken parçacık sistemi üzerinde fotokatalitik genel su bölünmesi gösterilmiştir.



Şekil 2. Pt/TiO_2 yarı iletken parçacık sistemi üzerinde fotokatalitik genel su bölünmesinin şematik gösterimi: (1) ışık absorpsiyonu, (2) VB'den CB'ye elektron uyarımı, (3) e-h rekombinasyonu, (4) O_2 'den VB'ye elektron transferi, (4') metalden H^+ iyonlarının indirgenmesine elektron transferi ve (5 ve 6) H_2 ve O_2 üretimi ([21] Açık erişim).

FK hidrojen üretimi için kadmiyum sülfür (CdS) [31] ve grafitik karbon nitrür [27] gibi diğer malzemelerin de rapor edildiği rapor edilmiştir. TiO_2 anataz, rutil ve brookite olmak üzere üç farklı polimorf halinde bulunur. Bununla birlikte, hızlı elektron-delik rekombinasyonundan ve geniş bant aralığından muzdariptir. TiO_2 bant aralığı anataz için 3,2 eV, rutil için 3,0 eV ve brookite için ~3,2 eV'dir [21,36]. Bu geniş bant aralığı, ışık emilimini, güneş spektrumunun yalnızca %4 ila %5'ini oluşturan ultraviyole aralığıyla sınırlar ve dolayısıyla pratik uygulamasını sınırlar. Görünür ışık fotokatalizörü olarak grafit karbon nitrür ($g\text{-C}_3\text{N}_4$) büyük ilgi çekmiştir ve H_2 üretimi de dahil olmak üzere birçok kullanım için umut verici bir malzeme olduğu söylenmektedir [27]. Azot açısından zengin öncüler tipik olarak $g\text{-C}_3\text{N}_4$ 'ü oluşturmak için termal olarak yoğunlaştırılır. Polimerik doğası nedeniyle bant aralığı enerjisini ve bant aralığı kenarlarının potansiyel konumunu değiştiren iletkenlik, morfoloji ve elektriksel yapı gibi özellikleri değiştirmek mümkündür [37].

2.2. Foto-Katalitik Hidrojen Üretiminde Işığa Duyarlılaştırıcıların (ID) Önemi

Moleküler ID, katı yarı iletkenlerin VB ve CB'sine karşılık gelen en yüksek dolu moleküler yörünge (HOMO) ve en düşük boş moleküler yörünge (LUMO) enerji seviyelerine sahiptir [38]. Koordinasyon kimyası yoluyla elde edilen geniş bant aralıklı yarı iletkenlerin moleküler ID'lerle entegrasyonu, yarı iletkenlerin redoks potansiyellerini değiştirmeden ışık emilimini ayarlayabilir. Işığa duyarlılaştırma şeması ID'lerin uyarılması yoluyla çalışır, Bunu yarı iletkenlere yük aktarımı takip eder. Dolayısıyla ID'lerin yarı iletken yüzeye bağlanması, bu tür hibrit boya-yarı iletken sistemlerinin verimliliğinin anahtarıdır. ID, FK sistemde foton kaynaklı yük ayrımını başlatmaktan sorumludur ve genellikle bir geçiş metali kompleksidir. Hibrit FK H₂ üretim sistemleri için ilk adım, ışık toplayan ID tarafından foton yakalamaktır. Yani ID, fotosentetik pigmentlere benzer. Şu ana kadar metal içermeyen organik boyalar ve asil metal kompleksleri, hibrit FK yoluyla H₂ üretim sistemlerinde ID'ler olarak yaygın şekilde kullanılmıştır. Örnekler arasında Ru, Co ve Cu komplekslerine dayalı katalizörler bulunur. Diğerleri geçiş metali kompleksi PS'lerin yerine organik boyaların kullanılmasında başarılı olmuştur. Bununla birlikte, bu FK yolla H₂ üretim sistemleri ya pahalıdır (örn. Ru, Co ve Cu ID'ler) ya da kararsızdır (örn. organik boyalar) [39]. Güneş enerjisinden H₂ üretimi alanındaki pratik uygulamalarını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, hibrit bir sistemde H₂ oluşumu için asil metal içermeyen ve aynı zamanda dayanıklı ID'ler ve katalizörler tasarlamak son derece arzu edilir bir durumdur.

2.3. Foto-Katalitik Hidrojen Üretiminde Elektron Rölesi (ER)

ID ile moleküler sentez katalizörü arasındaki bir FK sisteminin başarısı ER seçimine bağlıdır. Sistemin kısılması riski altında ideal bir röle, çalkalanan ID'yi sakinleştirebilir ve yükleri ayırabilir. Katalizör elektron aracı olarak görev yapar ve ER, uyarılmış kromofordan elektronları alıp ona taşımak için kullanılır. FK, sistemin başarısını garanti altına alacak akıllı bir ER kararıdır. Elektronları ID'den sonraki H₂ üretimi için katalizörlere hareket ettirerek, ID'yi bimoleküler olarak söndürmek ve sistem azaltma pahasına yük ayrımına neden olmak için kullanılır [38]. ER, fotokimyasal olarak indirgenmiş ışığa duyarlılaştırıcı ile platin arasında bir elektron mekiği görevi gördüğünden, LUMO enerji seviyesinin konumu verimli elektron transferi için kritik öneme sahiptir. Şaşırtıcı bir şekilde, siyanatlı fenil grupları taşıyan sentezlenmiş dioksitler ER olarak iş gören malzemeler arasındadır. Bu bakımdan LUMO enerji seviyesinin verimli elektron transferindeki konumu açısından kritik öneme sahiptir. Hem ışığa duyarlı hale getiriciden hem de çok büyük bir enerji değişimi olmadan yeterli itici güce sahip olan katalizöre aktarım yapacak şekilde en uygun şekilde konumlandırılmış gibi görünüyor [3, 39].

3. FOTO-KATALİTİK HİDROJEN ÜRETİMİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Zhao, D ve ark. [28] fotokatalitik genel su ayrıştırması için başarıyla 2D/2D polimerik Z şeması heteroyapısı oluşturdu. Bunu, elektrostatik kendi kendine birleşme stratejisi yoluyla H₂ ve O₂ gelişen fotokatalizörler sağlamak için iyi optimize edilmiş bant yapılarına sahip bir çift ultra ince g-C₃N₄ nano tabaka kullanarak başardılar. Pt ve Co(OH)₂ yardımcı katalizörlerinin yardımıyla, bu g-C₃N₄ kendi kendine dayalı heteroyapı, %1,16'lık bir güneş-hidrojen verimliliğine ulaşmıştır. Üstün performans, H₂ ve O₂ gelişen bileşenler arasındaki arayüz üzerinden doğrudan Z şeması yük aktarım yolunun oluşmasından kaynaklanmıştır. Bu, yük ayrımını ve transferini etkili bir şekilde kolaylaştırmış ve bu g-C₃N₄ kendinden bazı heteroyapısını, su redoks reaksiyonlarının aynı anda O₂ ve H₂ üretmesi için yeterli itici güce donatmıştır.

Evrensel su ayrıştırma için metal içermeyen Z dereceli fotokatalitik sistemler oluşturmak amacıyla Wang, L. ve ark. [27] mikro gözenekli polimerler (CMP) ve C₂N ultra ince nano tabakalar kullanan polimer bazlı van der Waals heteroyapılarının yapısını açıklamaktadır. Her iki polimer de görünür ışık kullanarak saf suyu ayıramasa da CMP/C₂N heteroyapıları kullanıldığında H₂ ve O₂'nin 2:1 stokiometrik oranda oluştuğu gözlemlenmiştir.

Wang, Q ve arkadaşları [26], ortam basıncında verimli Z-düzeni suyu ayrıştırmak için iletken bir karbon filme dayanan bağımsız bir parçacıklı fotokatalizör tabakası sunuyorlar. Bir SrTiO₃:La, Rh/C/BiVO₄:Mo tabakasının, 331 K ve 10 kPa'da %1,2'lik güneş enerjisinden hidrojen enerjisine STH ile yardımsız saf su (pH 6,8) bölünmesi elde ettiği gösterilmiştir. 91 kPa'da bu verimliliğin %80'i korunmuştur. %1,0'lik STH değeri, ortam basıncında çalışan Z şeması saf su ayrıştırma işlemleri arasında en yüksek değerdir. Ortam basıncında kullanılabilen, önerilen karbon

bazlı fotokatalizör tabakası, pratik güneş enerjisi hidrojen üretimi için (foto)elektrokimyasal sistemlere önemli bir alternatiftir.

Wang, Q ve arkadaşları [29], genel su bölünmesi için bir fotokatalizör olarak 1,9 eV bant aralığıyla $Y_2Ti_2O_5S_2$ 'nin aktivasyonunu ve stabilizasyonunu göstermektedir. Sırasıyla oksijen ve hidrojen oluşumu yardımcı katalizörleri olarak IrO_2 ve Rh/Cr_2O_3 'ün yüklenmesi ve reaksiyon koşullarının ince ayarlanması üzerine, 20 saatlik bir reaksiyon sırasında $Y_2Ti_2O_5S_2$ üzerinde stokiometrik miktarlarda hidrojen ve oksijenin eşzamanlı üretimi sağlanmıştır. $Y_2Ti_2O_5S_2$ 'nin genel su ayırma özelliklerinin keşfi, güneş enerjisiyle hidrojen üretimi için ümit verici malzeme yelpazesini genişletiyor.

Wang, Z. ve diğerleri [30], kısa bir nitrürleme işlemi sırasında potasyum türlerinin buharlaşması yoluyla kafes uyumlu kübik $KTaO_3$ parçacıkları üzerinde Ta_3N_5 nanoçubuklarının hızlı büyümesini göstermektedir. $KTaO_3$ 'ün kenarında seçici olarak üretilen Ta_3N_5 nanoçubuklar, uzaysal olarak ayrılmış ve tane sınırlarından arınmış, iyi tanımlanmış tek kristallerdir. Tek kristalli Ta_3N_5 nanoçubuklar, Rh/Cr_2O_3 yardımcı katalizörüyle birleştirildiğinde, görünür ışık ve simüle edilmiş güneş ışığı altında suyu çok verimli bir şekilde hidrojen ve oksijene ayırır.

Wolff, C. M ve ark. [31], nanopartikül indirgeme ve moleküler oksidasyon yardımcı katalizörleriyle süslenmiş CdS nanoçubuklar tarafından eş zamanlı H_2 ve O_2 evrimini rapor etmektedir. İndirgeme ve oksidasyon bölgeleri, proste kullanılan tek yardımcı ajan olan CdS nanoçubuk şekli ile mekansal olarak ayrılmıştır. Hidrojen, nanoçubuğun uçlarında büyüyen Pt nanopartikülleri üzerinde üretilirken, $Ru(tpy)(bpy)Cl_2$ bazlı oksidasyon katalizörleri, nanoçubuğun yanlarına ditiyokarbamat bağları aracılığıyla sabitlenir. Sistem, anizotropik nanokristaller üzerinde nanopartikül ve moleküler katalizörlerin birleştirilmesinin, görünür ışıkla tahrik edilen fotokatalitik su bölünmesi için etkili bir yol sağladığını göstermektedir.

Liu, J. ve diğerleri [32], metal içermeyen karbon nanodot-karbon nitrür (C_3N_4) nanokompozitinin tasarımını ve üretimini rapor ettiler ve fotokatalitik güneş enerjisiyle su ayrıştırma konusundaki etkileyici performansını gösterdiler. $\lambda = 420 \pm 20$ nanometre dalga boyu için %16, $\lambda = 580 \pm 15$ nanometre için %6,29 ve $\lambda = 600 \pm 10$ nanometre için %4,42 kuantum verimliliğini ölçtüler ve %2,0 genel güneş enerjisi dönüşüm verimliliği belirlediler. Bu katalizör, düşük maliyetli, Dünya'da bol miktarda bulunan, çevre dostu malzemelerden oluşur ve mükemmel stabilite gösterir.

Toplam su ayrıştırmayı gerçekleştirmek için Lin, Y. ve ark. [33], $LaOCl$ ve polimerik karbon nitrür (PCN) yarı iletkeninin bir kombinasyonunu kullanan tek fotonlu bir uyarım yöntemi sunuyor. H_2O 'nun H_2 ve O_2 'ye parçalanması, sırasıyla 22,3 ve 10,7 $\mu mol h^{-1}$ evrim oranlarıyla bu yapay fotosentez kompoziti tarafından katalize edilir. PCN/ $LaOCl$ 'nin yüksek fotokatalitik performansı, sırasıyla $LaOCl$ ve PCN alanlarında suyun eşzamanlı olarak gerçekleştirilen indirgenmesine ve oksidasyonuna ve ayrıca $LaOCl$ modifikasyonu ile ilgili arayüzey elektrik alanı tarafından indüklenen hızlı yük ayrımı ve göçüne atfedilmiştir. Bu çalışma, yük modülasyonu yoluyla polimer bazlı malzemelere dayalı saf su ayrıştırma için kompozit fotokatalizörlerin geliştirilmesine ilişkin yeni bilgiler sunmaktadır.

Nishiyama, H. ve diğerleri [34], güneş pillerini elektroliz sistemleriyle birleştiren laboratuvar ölçeğindeki sistem ile yaptıkları çalışmada güneşten hidrojene enerji dönüşüm verimliliğini maksimum %30 bulmuşlardır. Modifiye edilmiş, alüminyum katkılı stronsiyum titanat parçacıklı fotokatalizöre dayanan 100 m^2 'lik bir dizi panel reaktörün, hidrojenin otonom olarak geri kazanılmasıyla birkaç ay boyunca güvenli bir şekilde çalıştırıldığını rapor ediyorlar. Güvenlik ve dayanıklılık açısından optimize edilen ve geri kazanılan hidrojenin kasıtlı olarak ateşlenmesi durumunda hasar görmeden kalan sistem, maksimum %0,76 STH'ye ulaşmıştır. Hidrojen üretimi genel olarak verimsiz ve enerji açısından negatif olsa da bulgular güvenli, büyük ölçekli fotokatalitik su ayrıştırma ve gaz toplama ve ayırmanın mümkün olduğunu göstermektedir.

Takata, T. ve arkadaşları [26], değiştirilmiş alüminyum katkılı stronsiyum titanat ($SrTiO_3:Al$) kullanarak, 350 ila 360 nanometre arasındaki dalga boylarında yüzde 96'ya varan harici kuantum verimliliğiyle genel su parçalanmasını göstermektedirler. Bu sistem, geriye doğru yük aktarımı olmadan birden fazla ardışık ileri yük aktarımını mümkün kıldı ve genel su ayrıştırma için kuantum verimliliğinin üst sınırına ulaştı. Çalışmaları, yük rekombinasyon kayıplarından arınmış genel su ayrıştırmasının uygulanabilirliğini göstermekte ve etkili su ayrıştırma için ideal bir ortak katalizör/fotokatalizör yapısını tanıtmaktadır.

Tablo 1. PC Su Bölme Sistemlerinin Performansı

FK	Yardımcı katalizör	Soğurma kenarı, nm	Dayanıklılık, saat (Tutma,%)	Ref.
Al- katkılı SrTiO ₃ (SrTiO ₃ :Al)	Rh/Cr ₂ O ₃ , CoOOH (ışıkla biriktirme)	390	12.5 (94)	[35]
Al- katkılı SrTiO ₃ (SrTiO ₃ :Al)	Rh/Cr ₂ O ₃ , CoOOH (emdirme)	365	1600 (80)	[34]
C ₃ N ₄ /LaOCl	Pt, CoO _x	430	20 (100)	[33]
C ₃ N ₄	Karbon noktaları	450	4800 (98)	[32]
Ta ₃ N ₅ /KTaO ₃	Ru/Cr ₂ O ₃	600	15 (86)	[30]
Y ₂ Ti ₂ O ₅ S ₂	Ru/Cr ₂ O ₃ , IrO ₂	650	20 (81)	[29]
SrTiO ₃ :La,Rh/C/BiVO ₄ :Mo	Ru/Cr ₂ O ₃	520	–	[26]
CMP/C ₂ N	Pt, Co(OH) ₂	610	32 (88)	[17]
B- katkılı, N- eksik C ₃ N ₄	Pt, Co(OH) ₂	500	24 (90)	[18]

4. SONUÇLAR

Güneş enerjisiyle su ayrıştırma 50 yılı aşkın bir süredir araştırılıyor ve bu araştırmalarda fotovoltailer, fotokatalizörler ve fotoelektrotlar kullanan çeşitli sistemler hala kullanılmaktadır. Saf hidrojen enerjisi üretimini en üst düzeye çıkarmak için FK su bölme işleminde yarı iletken malzemelerden yararlanılır. TiO₂, α-Fe₂O₃, BiVO₄, ZnO ve diğer birçok malzemeden üretilen fotokatalizörlerin geliştirilmesi için büyük çaba sarf edilmektedir. Yüksek verimlilik, H₂ üretimi için pratik uygulamalara ulaşmada en önemli faktördür. Ancak hala bazı zorluklar nedeniyle FK su bölme teknolojilerinin büyük ölçekli H₂ üretimi için pratik olarak olanaksızdır. Bunlar;

- Şu anda, deneysel olarak kanıtlanmış düşük verimlilik (<%2) ve nispeten zayıf stabiliteye sahip olması,
- FK'de su ayrıştırmaya yönelik fotokatalizörlerin keşfedilmesi için, 600 nm'den daha uzun bir emme eşiği ve buna karşılık gelen %10 STH verimliliği hedefini karşılamamanın ana önkoşullarıdır.
- Fotokatalistin bant aralığının daralması indirgeme ve oksidasyon itici güçlerini zayıflatarak FK su ayırma işleminin gerçekleştirilmesini zorlaştırır. Işık emilimini en üst düzeye çıkarmak için, bant aralığını azaltmak ile suyu bölmek için güçlü itici güçler sağlayacak şekilde genişletmek arasında bir denge kurmak çok önemlidir.
- Oksisülfid ve (oksi)nitrür bazlı bazı yarı iletkenlerin, 600 nm'ye kadar radyasyon altında FK'de suyun parçalanmasında aktif olduğu kanıtlanmıştır. Ancak bu fotokatalizörler zayıf fotostabiliteye ve son derece düşük verimliliğe sahiptir. Bir diğer önemli sorun ise kolaylıkla bulunabilen, düşük maliyetli bileşenlerden yapılmış ucuz ortak ve fotokatalizörlerin yaratılmasıdır.
- PC su bölme sistemlerinin en son teknolojiye sahip olduğundan maliyetleri oldukça yüksektir.

Günümüzde su elektroliz teknolojilerine hızla artan ilgi, yeşil hidrojen üretiminin küresel karbonsuzlaştırma için en umut verici yenilenebilir enerji vektörü olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak ekonomik sorunlar nedeniyle yeşil hidrojen üretimi gösteri projeleriyle sınırlıdır. Çeşitli su elektroliz teknolojileri ve bunların hidrojen üretim maliyeti, tekno-ticari beklentileri, elektrot malzemelerindeki son gelişmeler ve bunların zorlukları ele alınması gereken sorunlardan birkaçıdır. Şu an itibarıyla yeşil hidrojen üretim maliyeti, pahalı malzemelerin kullanılması nedeniyle geleneksel mavi hidrojen üretim maliyetine göre yüksektir. Bu nedenle, yeşil hidrojen maliyetini azaltmak için, çevresel ve ekonomik kaygıları azaltmak amacıyla verimli ve uygun maliyetli su elektroliz teknolojileri geliştirmeye yönelik gelecekteki araştırmalar devam edecektir.

Son olarak, güneş enerjisiyle H₂ üretiminin gelecekteki gelişimi ve yol haritasının, başta metan olmak üzere fosil yakıt fiyatları, farklı ülkelerin/bölgelerin coğrafi konumu ve ortamı, siyasi politikalar, H₂ gibi diğer birçok faktörden de etkilendiğini belirtmekte fayda var. Piyasadaki talep, H₂ depolama ve taşıma sorunları ve diğer rekabetçi yenilenebilir enerjilerin (örneğin nükleer enerji) gelişimi ve bu nedenle muhtemelen zaman içinde değişiklik gösterebilir. Ancak H₂'nin temiz, güvenli ve uygun fiyatlı enerji geleceğimizin önemli bir parçası haline gelmesinde güneş enerjisiyle H₂ üretiminin önemli bir rol oynayacağına şüphe yok.

KAYNAKLAR

1. Ganguly, P., Harb, M., Cao, Z., Cavallo, L., Breen, A., Dervin, S., Dionysiou, D. D., & Pillai, S. C. (2019). 2D nanomaterials for photocatalytic hydrogen production. *ACS Energy Letters*, 4(7), 1687–1709. <https://doi.org/10.1021/acseenergylett.9b00940>
2. Bilgiç, G., & Öztürk, B. (2023). Modeling of artificial neural networks for hydrogen production via water electrolysis. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*. <https://doi.org/10.31202/ecjse.1172965>
3. Lu, H., Tournet, J., Dastafkan, K., Liu, Y., Ng, Y. H., Karuturi, S. K., Zhao, C., & Yin, Z. (2021). Noble-metal-free multicomponent Nanointegration for Sustainable Energy Conversion. *Chemical Reviews*, 121(17), 10271–10366. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.0c01328>
4. Song, H., Luo, S., Huang, H., Deng, B., & Ye, J. (2022a). Solar-driven hydrogen production: Recent advances, challenges, and future perspectives. *ACS Energy Letters*, 7(3), 1043–1065. <https://doi.org/10.1021/acseenergylett.1c02591>
5. Mosca, L., Medrano Jimenez, J. A., Wassie, S. A., Gallucci, F., Palo, E., Colozzi, M., Taraschi, S., & Galdieri, G. (2020a). Process design for green hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(12), 7266–7277. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.08.206>
6. Ajanovic, A., Sayer, M., & Haas, R. (2022). The economics and the environmental benignity of different colors of hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(57), 24136–24154. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.02.094>
7. Noussan, M., Raimondi, P. P., Scita, R., & Hafner, M. (2020). The role of green and blue hydrogen in the energy transition—a technological and geopolitical perspective. *Sustainability*, 13(1), 298. <https://doi.org/10.3390/su13010298>
8. Nikolaidis, P., & Poullikkas, A. (2017). A comparative overview of Hydrogen Production Processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 597–611. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.044>
9. Carmo, M., Fritz, D. L., Mergel, J., & Stolten, D. (2013). A comprehensive review on PEM water electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(12), 4901–4934. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.01.151>
10. Burton, N. A., Padilla, R. V., Rose, A., & Habibullah, H. (2021). Increasing the efficiency of hydrogen production from solar powered water electrolysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110255. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110255>
11. Gupta, B., & Melvin, A. A. (2017). TiO₂/RGO composites: Its achievement and factors involved in hydrogen production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1384–1392. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.123>
12. Rioja-Cabanillas, A., Valdesueiro, D., Fernández-Ibáñez, P., & Byrne, J. A. (2020). Hydrogen from wastewater by photocatalytic and photoelectrochemical treatment. *Journal of Physics: Energy*, 3(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/2515-7655/abceab>
13. Cox, N., Pantazis, D. A., Neese, F., & Lubitz, W. (2015). Artificial photosynthesis: Understanding water splitting in nature. *Interface Focus*, 5(3), 20150009. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2015.0009>
14. Maeda, K. (2011). Photocatalytic water splitting using semiconductor particles: History and recent developments. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 12(4), 237–268. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochemrev.2011.07.001>
15. Al Obeidli, A., Ben Salah, H., Al Murisi, M., & Sabouni, R. (2022). Recent advancements in mofs synthesis and their green applications. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(4), 2561–2593. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.180>
16. Kaplan, H., Şahin, M., & Bilgiç, G. (2021). The influence of magnetic field on newly designed oxyhydrogen and hydrogen production by water electrolysis. *Energy Technology*, 9(12). <https://doi.org/10.1002/ente.202100617>
17. Goodarzi, N., Ashrafi-Peyman, Z., Khani, E., & Moshfegh, A. Z. (2023). Recent progress on semiconductor heterogeneous photocatalysts in clean energy production and environmental remediation. *Catalysts*, 13(7), 1102. <https://doi.org/10.3390/catal13071102>
18. Nazir, M. A., Najam, T., Altaf, M., Ahmad, K., Hossain, I., Assiri, M. A., Javed, M. S., Rehman, A. ur, & Shah, S. S. (2024). Tuning the photocatalytic hydrogen production via co-catalyst engineering. *Journal of Alloys and Compounds*, 990, 174378. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2024.174378>
19. Pavel, M., Anastasescu, C., State, R.-N., Vasile, A., Papa, F., & Balint, I. (2023). Photocatalytic degradation of organic and inorganic pollutants to harmless end products: Assessment of practical application potential for water and air cleaning. *Catalysts*, 13(2), 380. <https://doi.org/10.3390/catal13020380>
20. Yamada, T., & Domen, K. (2018). Development of sunlight driven water splitting devices towards future artificial photosynthetic industry. *ChemEngineering*, 2(3), 36. <https://doi.org/10.3390/chemengineering2030036>

21. Nadeem, M. A., Khan, M. A., Ziani, A. A., & Idriss, H. (2021). An overview of the photocatalytic water splitting over suspended particles. *Catalysts*, 11(1), 60. <https://doi.org/10.3390/catal11010060>
22. Ng, B., Putri, L. K., Kong, X. Y., Teh, Y. W., Pasbakhsh, P., & Chai, S. (2020). Z- scheme photocatalytic systems for solar water splitting. *Advanced Science*, 7(7). <https://doi.org/10.1002/advs.201903171>
23. Dharani, S., Vadivel, S., Gnanasekaran, L., & Rajendran, S. (2023). S-scheme heterojunction photocatalysts for hydrogen production: Current progress and future prospects. *Fuel*, 349, 128688. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128688>
24. Zarmi, Y. (2024). High-intensity pulsed-light cultivation of unicellular algae: Photosynthesis continues in the dark. *Heliyon*, 10(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27224>
25. A., M., J., M., Ashokkumar, M., & Arunachalam, P. (2018). A review on Bivo 4 photocatalyst: Activity enhancement methods for solar photocatalytic applications. *Applied Catalysis A: General*, 555, 47–74. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2018.02.010>
26. Wang, Q.; Hisatomi, T.; Suzuki, Y.; Pan, Z.; Seo, J.; Katayama, M.; Minegishi, T.; Nishiyama, H.; Takata, T.; Seki, K. Particulate photocatalyst sheets based on carbon conductor layer for efficient Z-scheme pure-water splitting at ambient pressure. *J. Am. Chem. Soc.* 2017, 139, 1675– 1683, DOI: 10.1021/jacs.6b12164
27. Wang, L.; Zheng, X.; Chen, L.; Xiong, Y.; Xu, H. Van der Waals Heterostructures Comprised of Ultrathin Polymer Nanosheets for Efficient Z-Scheme Overall Water Splitting. *Angew. Chem., Int. Ed.* 2018, 57, 3454– 3458, DOI: 10.1002/anie.201710557
28. Zhao, D.; Wang, Y.; Dong, C.-L.; Huang, Y.-C.; Chen, J.; Xue, F.; Shen, S.; Guo, L. Boron-doped nitrogen-deficient carbon nitride-based Z-scheme heterostructures for photocatalytic overall water splitting. *Nat. Energy* 2021, 6, 388– 397, DOI: 10.1038/s41560-021-00795-9
29. Wang, Q.; Hisatomi, T.; Jia, Q.; Tokudome, H.; Zhong, M.; Wang, C.; Pan, Z.; Takata, T.; Nakabayashi, M.; Shibata, N. Scalable water splitting on particulate photocatalyst sheets with a solar-to-hydrogen energy conversion efficiency exceeding 1%. *Nat. Mater.* 2016, 15, 611– 615, DOI: 10.1038/nmat4589
30. Wang, Z.; Inoue, Y.; Hisatomi, T.; Ishikawa, R.; Wang, Q.; Takata, T.; Chen, S.; Shibata, N.; Ikuhara, Y.; Domen, K. Overall water splitting by Ta₃N₅ nanorod single crystals grown on the edges of KTaO₃ particles. *Nat. Catal.* 2018, 1, 756– 763, DOI: 10.1038/s41929-018-0134-1
31. Wolff, C. M.; Frischmann, P. D.; Schulze, M.; Bohn, B. J.; Wein, R.; Livadas, P.; Carlson, M. T.; Jackel, F.; Feldmann, J.; Wurthner, F.; Stolarczyk, J. K. All-in-one visible-light-driven water splitting by combining nanoparticulate and molecular co-catalysts on CdS nanorods. *Nat. Energy* 2018, 3, 862– 869, DOI: 10.1038/s41560-018-0229-6
32. Liu, J.; Liu, Y.; Liu, N.; Han, Y.; Zhang, X.; Huang, H.; Lifshitz, Y.; Lee, S.-T.; Zhong, J.; Kang, Z. Metal-free efficient photocatalyst for stable visible water splitting via a two-electron pathway. *Science* 2015, 347, 970– 974, DOI: 10.1126/science.aaa3145
33. Lin, Y.; Su, W.; Wang, X.; Fu, X.; Wang, X. LaOCl-Coupled Polymeric Carbon Nitride for Overall Water Splitting through a One-Photon Excitation Pathway. *Angew. Chem., Int. Ed.* 2020, 59, 20919– 20923, DOI: 10.1002/anie.202008397
34. Nishiyama, H.; Yamada, T.; Nakabayashi, M.; Maehara, Y.; Yamaguchi, M.; Kuromiya, Y.; Nagatsuma, Y.; Tokudome, H.; Akiyama, S.; Watanabe, T. Photocatalytic solar hydrogen production from water on a 100-m² scale. *Nature* 2021, 598, 304– 307, DOI: 10.1038/s41586-021-03907-3
35. Takata, T.; Jiang, J.; Sakata, Y.; Nakabayashi, M.; Shibata, N.; Nandal, V.; Seki, K.; Hisatomi, T.; Domen, K. Photocatalytic water splitting with a quantum efficiency of almost unity. *Nature* 2020, 581, 411– 414, DOI: 10.1038/s41586-020-2278-9
36. Etacheri, V., Di Valentin, C., Schneider, J., Bahnemann, D., & Pillai, S. C. (2015). Visible-light activation of TiO₂ photocatalysts: Advances in theory and experiments. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 25, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochemrev.2015.08.003>
37. Wudil, Y. S., Ahmad, U. F., Gondal, M. A., Al-Osta, M. A., Almohammed, A., Sa'id, R. S., Hrahsheh, F., Haruna, K., & Mohamed, M. J. S. (2023). Tuning of graphitic carbon nitride (G-C₃N₄) for Photocatalysis: A critical review. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(3), 104542. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104542>
38. Huo, J., Zhang, Y.-B., Zou, W.-Y., Hu, X., Deng, Q., & Chen, D. (2019). Mini-review on an engineering approach towards the selection of transition metal complex-based catalysts for photocatalytic H₂ production. *Catalysis Science & Technology*, 9(11), 2716–2727. <https://doi.org/10.1039/c8cy02581a>
39. Suremann, N. F., McCarthy, B. D., Gschwind, W., Kumar, A., Johnson, B. A., Hammarström, L., & Ott, S. (2023). Molecular catalysis of energy relevance in metal–organic frameworks: From Higher Coordination Sphere to system effects. *Chemical Reviews*, 123(10), 6545–6611. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00587>.

Düzeltilme Makalesi /// Correction/Erratum Article

Düzeltilme Yapılacak;

Makalenin Künyesi : İçyer, N.C. (2023). Ayçiçek Yağı Rafinasyonunda Ultrasonik Uygulamalar ile Ağartma Prosesinin İyileştirilme Potansiyelinin Belirlenmesi. Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 4(1), 41-46.

Makale Url Adresi : <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3379777>

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 2023/Haziran dönemi sayısında (Cilt:4, Sayı:1) yer alan ve yukarıda künye bilgileri verilen 5 sıra numaralı makale için yazarlar tarafından düzeltme talebinde bulunulmuştur.

Makalenin ilk sayfasında (s.41) yer alan yazar bilgisinin güncellenmesi gerektiği yazar tarafından makale yayınından sonra tespit edilmiştir.

Görsel 1. Metnin Eski Hali

Ayçiçek Yağı Rafinasyonunda Ultrasonik Uygulamalar ile Ağartma Prosesinin İyileştirilme Potansiyelinin Belirlenmesi

Necattin Cihat İÇYER

Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Muş, Türkiye. ORCID: 0000-0002-3190-9669

Sorumlu Yazar: n.icyer@alparslan.edu.tr

Geliş Tarihi:04.09.2023

Kabul tarihi:08.10.2023

Özet

Bu çalışmanın amacı, bitkisel yağların rafinasyon adımlarından birisi olan ağartma aşamasında non-termal ultrasonik uygulamaların kazanım potansiyellerinin ayçiçek yağının ağartılmasında uygulanabilirliğinin tespitidir. Ayrıca, ayçiçek yağında 100-87,5-75°C sıcaklık, % 100-80-60 ultrasonik güç işlem koşullarında uygulanan ultrasonik ağartma işleminin klasik ağartma işlemine göre varsa üstünlüklerinin tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada belirlenen işlem koşullarında lovibond sarılık ve kırmızılık renk giderim değerleri 10 dakika boyunca 2 dakikada bir olacak şekilde belirlenmiş ve kıyaslamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda ayçiçek yağının kırmızılık renk değerinin düşük olmasından dolayı ağartma işleminde ultrasonik işlemin belirli bir katkısı olmadığı görülmüştür. Sarılık değerinde ise 100°C sıcaklık, % 100 ultrasonik güç uygulanması durumunda beklendiği gibi hızlı bir adsorbsiyon sağlanmış ve klasik ağartma işlemine göre zaten düşük olan işlem süresi daha da kısaltılabilmektedir. Diğer bitkisel yağlara göre düşük işlem koşulları gereken ayçiçek yağının ağartılmasında ultrasonik işlemin uygulanması endüstri tarafından maliyet analizi dikkate alınarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Ağartma, Bitkisel Yağ, Rafinasyon, Ayçiçek Yağı, Lovibond



Bu makale Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License ile lisanslanmıştır.

Yazarlar tarafından ilgili kısım aşağıdaki gibi (Görsel 2) yeniden düzenlenmiştir.

Görsel 2: Metnin Yeni Hali

**Ayçiçek Yağı Rafinasyonunda Ultrasonik Uygulamalar ile Ağartma Prosesinin
İyileştirilme Potansiyelinin Belirlenmesi**

^{1*}Necattin Cihat İÇYER, ²Muhammed Zeki DURAK

^{1*}Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Muş/Türkiye.
ORCID: 0000-0002-3190-9669

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye.
ORCID:0000-0001-7245-1116

Sorumlu Yazar: n.icyer@alparslan.edu.tr

Geliş Tarihi:04.09.2023

Kabul tarihi:08.10.2023

Özet

Bu çalışmanın amacı, bitkisel yağların rafinasyon adımlarından birisi olan ağartma aşamasında non-termal ultrasonik uygulamaların kazanım potansiyellerinin ayçiçek yağının ağartılmasında uygulanabilirliğinin tespitidir. Ayrıca, ayçiçek yağında 100–87,5–75°C sıcaklık, % 100–80–60 ultrasonik güç işlem koşullarında uygulanan ultrasonik ağartma işleminin klasik ağartma işlemine göre varsa üstünlüklerinin tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada belirlenen işlem koşullarında lovibond sarılık ve kırmızılık renk giderim değerleri 10 dakika boyunca 2 dakikada bir olacak şekilde belirlenmiş ve kıyaslamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda ayçiçek yağının kırmızılık renk değerinin düşük olmasından dolayı ağartma işleminde ultrasonik işlemin belirli bir katkısı olmadığı görülmüştür. Sarılık değerinde ise 100°C sıcaklık, % 100 ultrasonik güç uygulanması durumunda beklendiği gibi hızlı bir adsorbsiyon sağlanmış ve klasik ağartma işlemine göre zaten düşük olan işlem süresi daha da kısaltılabilmektedir. Diğer bitkisel yağlara göre düşük işlem koşulları gereken ayçiçek yağının ağartılmasında ultrasonik işlemin uygulanması endüstri tarafından maliyet analizi dikkate alınarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Ağartma, Bitkisel Yağ, Rafinasyon, Ayçiçek Yağı, Lovibond

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi
Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

YAZIM KURALLARI

Dergimizde yayınlanmak üzere gönderilen makaleler, dergi makale yazım formatına göre hazırlanmalıdır. Yazın kurallarına ait genel bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

Genel

Hakem değerlendirmesi sonrası yayına kabul edilen çalışmalar, yazarlar tarafından baskı formatına uygun şekilde tekrar düzenlendikten sonra sisteme yüklenmelidir. Editörlerimizin formatla ilgili uygulama işlemleri dışında herhangi bir dizgi işlemi yapılmayacaktır. Çalışmalar Office 2013 veya daha üst versiyon bir kelime işlem uygulaması ile yazılmalıdır.

Sayfa Yapı ve Düzeni

A4 boyutunda hazırlanacak çalışmalarda, tüm kenarlardan 2.5 cm boşluk bırakılmalıdır. Üstbilgi, tek ve çift sayfalarda farklı olarak işaretlenmelidir. Üstbilgi, 8 punto büyüklüğünde ve Times New Roman fontu ile yazılmalıdır. Sayfa, tek sütun olarak düzenlenmelidir.

Makale Ana Başlığı

Türkçe: Makale başlığı Times New Roman fontuyla 12 punto, sadece baş harfleri büyük olacak şekilde, her iki yana ortalı ve koyu font ile yazılmalı, ayrıca Türkçe başlıktan önce ve sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır.
İngilizce: Sadece baş harfleri büyük, ortalı ve koyu olarak Times New Roman fontu ile 10 punto olarak yazılmalıdır. İngilizce başlıktan sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır.

Yazar Adları

Yazar adları Times New Roman fontu ile ortalı, koyu ve 10 punto olarak yazılmalıdır. Yazar adları ile adres arasında boşluk olmamalıdır. Yazar adlarına ait adres referansları üslû ifade 5 font büyüklüğünde belirtilmelidir.

Adresler

Adresler Times New Roman fontu ile ortalı ve 9 punto olarak yazılmalı. Sadece sorumlu yazarın e-posta adresi, adres satırlarının alt kısmına yine aynı font ve punto ile yazılmalıdır. Adresin hemen alt satırında boşluk bırakmadan 9 punto ile e-posta adresi yazılmalıdır.

Özet

Türkçe: Özet, koyu Times New Roman fontunda 9 punto ile yazılmalı, baş harfi büyük ve ilk satırın başına yazılmalıdır. Özet tek paragraf ve en az 50 olmak üzere 150 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır.
İngilizce: Abstract, Türkçe özetle olduğu gibi koyu Times New Roman fontu ile 9 punto büyüklüğünde, baş harfi büyük, tek paragraf en az 50 olmak üzere 150 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır.

Anahtar Kelimeler

Türkçe: Özet metnin altına 1 satır boşluk bırakıldıktan sonra, harfleri büyük ve koyu Times New Roman formatında 9 punto ile yazılacak anahtar kelimeler, en az 3 en fazla 6 adet olmalıdır. Anahtar kelimelerden sonra 2 satır boşluk olmalıdır.
İngilizce: Abstract metnin altına 1 satır boşluk bırakıldıktan sonra, harfleri büyük ve koyu Times New Roman

formatında 9 punto ile yazılacak anahtar kelimeler, en az 3 en fazla 6 adet olmalıdır. Anahtar kelimelerden sonra 2 satır boşluk olmalıdır.

Makale Başlıkları

Başlıklar numaralandırılmalı, bütün başlıklar Times New Roman fontunda 10 punto büyüklüğünde olmakla birlikte;

- Birinci derece başlıklarda tüm kelimelerin tüm harfleri büyük koyu,
- İkinci derece alt başlıklarda tüm kelimelerin ilk harfi büyük,
- Üçüncü derece başlıklarda sadece ilk kelimenin baş harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır.

Başlıklardan önce ve sonra bir satır boşluk bırakılmalı. Başlıklar sola dayalı olmalıdır. Makalelerin başlıkları sırayla şu içerikleri ifade edebilecek şekilde olmalıdır;

- Giriş
- Materyal ve Metod
- Deneysel Kısım
- Gereç ve Yöntemler
- Tartışma
- Sonuç

Metin Hakkında

Metin, Keywords'den sonra 1 satır boşluk (10 punto) bırakılarak tek satır aralıklı 10 punto ile yazılmalıdır. Paragraf girintisi 0,7 cm olmalı ve paragraflardan önce ve sonra 6nk boşluk bırakılmalıdır. Metin iki yana yaslı şekilde yazılmalıdır.

Tablo, Şekil ve Denklemler

Tablo ve şekiller, kullanıldıkları sıraya göre numaralandırılmalıdır. Tabloların başlıkları üst-orta hizada, şekillerin başlıkları ise alt-orta hizada olmalıdır. Her tablo ve şekil mutlaka sırası bozulmadan Tablo 1., Şekil 1. gibi yazılmalı, koyu Times New Roman 10 punto olmalıdır. Tablo ve şekillere ait açıklamalarda sadece ilk harf büyük, Times New Roman 10 punto olmalı ve koyu font ile yazılmamalıdır. Formüller ve denklemler Math Type ya da Word Denklem Düzenleyici kullanılarak yazılmalıdır.

Kaynak Belirtme

Makalemizde kaynak gösterimi köşeli parantez içerisinde numara vererek yapılmalı “[1]”, kaynaklar orijinal dilinde verilmelidir. Kaynakların yazıldığı kısım Times New Roman 9 punto olmalıdır. Örnek kaynakça içeriği aşağıdaki gibidir:

1. Chen Y. R., Chao K., Kim M. S. Machine vision technology for agricultural applications, Computers and Electronics in Agriculture, 36 173-191, 2002.
2. Kumar A. Computer vision based fabric defect detection: a survey, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 55 348-363, 2008.
3. Yetis H., Baygin M., Karaköse M. A New Micro Genetic Algorithm Based Image Stitching Approach for Camera Arrays at Production Lines, The 5th International Conference on Manufacturing Engineering and Process (ICMEP 2016), 25-27 May, 2016.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi
Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Instruction for Authors

The articles submitted for publication in our journal should be prepared in accordance with the journal article writing format. General information about the rules of the literature is summarized below.

General

Studies accepted for publication after peer-review should be uploaded to the system after they are rearranged by the authors in accordance with the print format. No typesetting will be done except for the format-related application procedures of our editors. Studies must be written with an Office 2013 or higher word processing application.

Page Structure and Layout

For works to be prepared in A4 size, 2.5 cm margins should be left on all sides. The header should be marked differently on odd and even pages. The header should be written in 8-point Times New Roman font. The page should be arranged as a single column.

Article Main Title

Turkish: The title of the article should be written in Times New Roman font, 12 points, only the initials should be capitalized, centered on both sides and in dark font, and 1 line space should be left before and after the Turkish title.

English: Only the initials should be capitalized, centered and bold, with Times New Roman font and 10 points. One line space should be left after the English title.

Author Names

Author names should be written in Times New Roman font, centered, bold and 10 point. There should be no spaces between the names of the authors and the address. Address references of author names should be specified in exponential 5 font size.

Addresses

Addresses should be written in Times New Roman font, centered and 9 points. Only the e-mail address of the responsible author should be written at the bottom of the address lines in the same font and size. The e-mail address should be written in 9 points, without leaving any spaces, just below the address.

Summary

Turkish: The abstract should be written in bold Times New Roman font, 9 points, the initials should be capitalized and written at the beginning of the first line. The abstract should be written in a single paragraph and not exceeding 150 words, at least 50.

English: The abstract should be written in bold Times New Roman font, as in the Turkish abstract, in 9 font size, with capital letters, and not exceeding 150 words, with a single paragraph of at least 50.

Keywords

Turkish: Key words to be written in 9 font size, capitalized and bold Times New Roman format, after leaving 1 line of space under the abstract text, must be at least 3 and at most 6 words. There should be 2 lines of space after the keywords.

English: Key words to be written in 9 font size, capitalized and bold Times New Roman, after leaving 1 line space under the abstract text, must be at least 3 and at most 6 words. There should be 2 lines of space after the keywords.

Article Titles

Headings should be numbered, all headings should be in Times New Roman font and 10 points;

- In first-degree titles, all letters of all words are capitalized,
- In secondary sub-headings, the first letter of all words is capitalized,
- In third degree titles, only the first letter of the first word should be capitalized.

One line space should be left before and after the headings. Headings should be left aligned.

The titles of the articles should be able to express the following contents in order;

- Introduction
- Material and Method
- Experimental Part
- Materials and Methods Discussion
- Conclusion

About the Text

The text should be written in 10 font size with single line spacing, leaving 1 line space (10 points) after the Keywords. Paragraph indent should be 0.7 cm and 6 pt spacing should be left before and after paragraphs. The text should be written in justified form.

Table, Figure and Equations

Tables and figures should be numbered in the order in which they are used. The titles of the tables should be in the upper-middle position, and the titles of the figures must be in the lower-middle position. Each table and figure must be written as Table 1, Figure 1 without breaking the order, and must be in 10 pt Times New Roman bold. In the explanations of tables and figures, only the first letter should be capitalized, Times New Roman 10 points and should not be written in bold font. Formulas and equations should be written using Math Type or Word Equation Editor.

References

References in our article should be cited in square brackets by numbering “[1]”, references should be given in their original language. References should be written in Times New Roman 9 points. Sample bibliography content is as follows:

1. Chen Y. R., Chao K., Kim M. S. Machine vision technology for agricultural applications, *Computers and Electronics in Agriculture*, 36 173-191, 2002.
2. Kumar A. Computer vision based fabric defect detection: a survey, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55 348-363, 2008.
3. Yetis H., Baygin M., Karaköse M. A New Micro Genetic Algorithm Based Image Stitching Approach for Camera Arrays at Production Lines, *The 5th International Conference on Manufacturing Engineering and Process (ICMEP 2016)*, 25-27 May, 2016.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi
Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Değerlendirme Süreci

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne gönderilen yazılar, öncelikle Yayın Kurulunca dergi ilkelerine uygunluk açısından ön değerlendirmeye tabi tutulur. Dergi kapsamına girmeyen veya bilimsel bir yazı formatına içerik ve şekil açısından uymayan yazılar, hakemlik süreci başlatılmadan geri çevrilir veya bazı değişiklikler istenebilir. Yayın için teslim edilen makalelerin değerlendirilmesinde akademik tarafsızlık ve bilimsel kalite en önemli şartlardır.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne yayın kurallarına uygun olarak gönderilen makaleler, daha sonraki aşamada intihal denetiminden geçirilir. Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'nde intihal denetimi, Ithenticate paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmekte ve intihal denetiminde, benzerlik oranının %20'nin üstüne çıkmaması gerekmektedir. İlgili çalışmada herhangi bir intihale rastlanmadığı takdirde değerlendirilmek üzere o alandaki çalışmalarıyla tanınmış iki hakeme gönderilir. MSUFBD Dergisi, sürecin her aşamasında, hakem ve yazarların isimlerinin saklı tutulduğu çift-kör hakemlik sistemini kullanmaktadır. Hakem raporlar beş yıl süreyle saklanır. Makaleyi değerlendiren iki hakemden birisinin olumlu diğerinin olumsuz rapor vermesi durumunda makale üçüncü hakeme gönderilmekte veya Yayın Kurulu, hakem raporlarını inceleyerek nihai kararı vermektedir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne gönderilen çalışmalarda yazarlar, hakem ve Yayın Kurulunun eleştiri ve önerilerini dikkate alırlar. Katılmadıkları hususlar varsa gerekçeleriyle birlikte itiraz etme hakkına sahiptirler. Dergideki hakemlik sürecinde, akademik unvana sahip kişilerin yayınları için ancak eşit ya da üst derecede akademik unvana sahip kişiler hakem olabilir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne hakem değerlendirme süreci, istenilmeyen nedenlerden dolayı bazen uzun sürebilmektedir. Normal koşullarda editör tarafından ön değerlendirme aşaması 20 gün; hakem değerlendirme süreci de 60 gün olarak planlanmaktadır. Ancak hakemlerden zamanında dönüş olmaması nedeniyle yeniden hakem atama vb. nedenlerden dolayı hakem değerlendirme süreci uzayabilmektedir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne makale gönderen yazar/yazarlar, Derginin söz konusu hakem değerlendirme koşullarını ve sürecini kabul etmiş sayılırlar.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi'ne yayımlanmasına karar verilen (kabul edilen) çalışmaların telif hakkı, Muş Alparslan Üniversitesi'ne devredilmiş sayılır.

Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Peer Review Process

Articles submitted to the Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture are first evaluated by the Editorial Board in terms of compliance with the journal's principles. Articles that are not covered by the journal or that do not comply with a scientific writing format in terms of content and form are rejected or some changes may be requested without starting the refereeing process. Academic impartiality and scientific quality are the most important conditions in the evaluation of the articles submitted for publication.

Articles submitted to the Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture in accordance with the publication rules are then checked for plagiarism. In Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, plagiarism control is carried out through the Ithenticate package program and the similarity rate should not exceed 20% in plagiarism control. If no plagiarism is found in the relevant work, it is sent to two referees who are known for their work in that field for evaluation. Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture uses the double-blind peer-review system where the names of the referees and authors are kept at every stage of the process. Referee reports are kept for five years. If one of the two referees evaluating the article gives a positive report and the other a negative report, the article is sent to the third referee or the Editorial Board makes the final decision by examining the referee reports.

In the articles submitted to the Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, the authors take into account the criticisms and suggestions of the referee and the Editorial Board. If there are issues that they do not agree with, they have the right to object together with their reasons. During the refereeing process in the journal, only people with equal or higher academic titles can be referees for the publications of people with academic titles.

The referee evaluation process for Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture can sometimes take a long time due to undesirable reasons. Under normal circumstances, the preliminary evaluation phase by the editor is 20 days; The referee evaluation process is also planned as 60 days. However, due to the lack of timely return from the referees, re-appointment etc. For reasons, the referee evaluation process may take longer.

The author(s) who submit an article to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture are deemed to have accepted the referee evaluation conditions and process of the Journal.

The copyright of the articles decided (accepted) to be published in the Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Muş Alparslan University is deemed to have been transferred to Muş Alparslan University.

Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Yayın İlkeleri

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan, mühendislik ve mimarlık bilimleri alanında özgün ve nitelikli çalışmaları, bilimsel bir yaklaşımla ele alır. Alandaki çalışmaların niteliğinin yükselmesine, yöntem ve uygulamaların gelişmesine, kuram ve uygulama alanlarındaki çalışmalar arasında iletişimin güçlenmesine ve alanındaki literatürün zenginleşmesine katkı sağlamak amacıyla yayımlanmaktadır.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine gönderilecek çalışma, alanında bir boşluğu dolduracak özgün bir yazı olmalı ya da daha önce yayımlanmış çalışmaları değerlendiren, konuya dair yeni ve dikkate değer görüşler ortaya koyan inceleme olmalıdır.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine gönderilecek yazılar makale, çeviri ve kitap tanıtımı türünde olmalıdır. Dergimize gönderilen çeviri yazılar için, makale sahibinin yayın izni ve orijinal metin gereklidir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisinin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi gönderilen çalışmalar daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış ve halihazırda yayımlanmak üzere sunulmamış olmalıdır. Bilimsel bir toplantıda sunulmuş bildiriler, durum açıkça belirtilmek şartıyla dergiye gönderilebilir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Kış/Aralık ve Yaz/Haziran sayısı olmak üzere yılda iki defa düzenli olarak yayımlanmaktadır.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine gönderilen yazılara telif hakkı ödenmez. Yayımlanan makalelerin telif hakkı Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine aittir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisinde yayımlanan yazıların bilimsel ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisinde yer alan yazılardaki görüş ve düşünceler yazarlarının kişisel görüşleri olup derginin ve bağlı olduğu kurumların görüşlerini yansıtmaz.

Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisine gönderilen çalışmalar, TÜBİTAK ULAKBİM'in DergiPark Sistemi (UDS) üzerinden elektronik ortamda gönderilmektedir. Bu sisteme <http://dergipark.gov.tr/maummfd> de yer alan "Keşfet" kısmı altındaki "Makale Gönder" linkinden ulaşılabilir. Söz konusu sisteme kayıt yapıp makale gönderildikten sonra hakem süreciyle ilgili gelişmeler ve hakem değerlendirme raporları yazarlar tarafından kolaylıkla takip edilebilir.

Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Editorial Principles

Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture deals with original and qualified studies in the field of engineering and architectural sciences, made at national and international level, with a scientific approach. It is published in order to contribute to the improvement of the quality of studies in the field, the development of methods and applications, the strengthening of communication between studies in the field of theory and practice, and the enrichment of the literature in the field.

The study to be submitted to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture should be an original article that will fill a gap in its field, or it should be a review that evaluates previously published studies and presents new and remarkable views on the subject.

Articles to be sent to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture should be in the form of articles, translations and book presentations. For the translated articles sent to our journal, the publication permission of the article owner and the original text are required.

The publication languages of Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture are Turkish and English.

Studies submitted to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture must not have been published anywhere before and should not have been submitted for publication. Papers presented at a scientific meeting can be sent to the journal, provided that the situation is clearly stated.

Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture is published regularly twice a year, in Winter/December and Summer/June.

Copyright is not paid for the articles sent to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture. The copyright of the published articles belongs to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture.

Scientific and legal responsibility of the articles published in Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture belongs to the authors.

The views and opinions in the articles in Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture are the personal views of the authors and do not reflect the views of the journal and its affiliated institutions.

Studies submitted to Muş Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture are sent electronically via TÜBİTAK ULAKBİM's DergiPark System (UDS). This system can be accessed from the "Send Article" link under the "Discover" section at <http://dergipark.gov.tr/maummfed>. After registering to the system in question and submitting the article, the developments related to the referee process and the referee evaluation reports can be easily followed by the authors.

Mus Alparslan University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Muş Alparslan Üniversitesi
Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergi Editörlüğü
Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
49250 – MUŞ/TÜRKİYE
Tel: 0 436 249 49 49 / 1968 - Fax: 0 436 249 13 18
Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/maummf>
e-mail: muhmimdergi@alparslan.edu.tr