



YEKARUM



JOURNAL OF YEKARUM

e - DERGİ

e-ISSN: 1309-9388



<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yekarum>

DergiPark
AKADEMİK

Cilt: 7 Sayı:1

Volume:7 Issue:1

2022



YEKARUM e-DERGİ

Cilt:7 Sayı: 1 Yıl: 2022

Journal of YEKARUM

Volume:7 Issue: 1 Year: 2022

E - ISSN:1309-9388

Yazıların tüm bilimsel sorumluluğu yazara veya yazarlara aittir. Dergide yayınlanan yazılardan editör, editör yardımcısı ve yayıncı sorumlu tutulamaz..Bu dergi, aşağıda listelenen veri tabanları tarafından taranmaktadır. All the scientific responsibilities of the manuscripts belong to the authors (s). The editor, assistant editor and publisher accept no responsibility for the articles published in the journal.

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/vekarum>

İndeksler

<https://scholar.google.com/> , <https://www.base-search.net/> , <https://atif.sobiad.com/> , <https://academicji.org/dergindex>





Geleneksel ve Modern Yöntemler ile Yüzer Tarım Uygulamaları

Büşra CESUR DURMAZ^{a*}, İbrahim ÜÇGÜL^b

^a İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

^b Tekstil Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

*Sorumlu yazar e-posta adres: busracesur.pm@gmail.com

ÖZET:

Dünyada, küresel ısınma ve iklim değişikliği etkileri sonucunda, ekilebilir araziler tahrip olmakta ve giderek azalmaktadır. Bundan dolayı da bazı kıyı ülkelerinde gıda temini noktasında ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunun gelecek yıllarda küresel bir boyut kazanması ise beklenen tehditler arasındadır. Bu nedenle gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerde farklı uygulama teknikleri ile yüzer tarım ilerleme göstermektedir. Çalışmada bu uygulama teknikleri geleneksel ve modern yüzer tarım olarak ifade edilmekte ve ülkelerin yüzer tarım örnekleri incelenmektedir. Bu bakımdan, özellikle tarımsal ve hayvansal üretimin birlikte yapıldığı ve kendi içerisinde döngüsel yapıya sahip olan akıllı yüzer çiftlikler, sürdürülebilir ve ekolojik üretim açısından önemlidir.

Ülkemizde de geleceğe dönük olan bu uygulamaların ilerlemesi ve çalışmaların artırılması gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada farklı yüzer tarım uygulamalarından bahsedilerek gerekliliğine vurgu yapılmaktadır. İncelenen bu örnekler sonucunda ise açık ve kapalı mekan yüzer tarım kavramsal tanımlaması yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Yüzer Tarım, Akıllı Yüzer Çiftlik, Geleneksel ve Modern Yüzer Tarım, Açık ve Kapalı Yüzer Tarım

Floating Agricultural Practices with Traditional and Modern Methods

ABSTRACT:

In the world, as a result of the effects of global warming and climate change, arable land is being destroyed and is gradually decreasing. Because of this, there are serious problems with the food supply in some coastal countries. It is one of the expected threats that this problem will gain a global dimension in the coming years. For this reason, floating agriculture is making progress with different application techniques in developing and developed countries. In this study, these application techniques are expressed as traditional and modern floating agriculture and floating agriculture examples of countries are examined. In this respect, smart floating farms, where agricultural and animal production are carried out together and which have a cyclical structure within themselves, are important for sustainable and ecological production.

In our country, it is necessary to advance these future-oriented applications and to increase the studies. For this reason, in the study, different floating agriculture applications are mentioned and the necessity of it is emphasized. As a result of these examined examples, the conceptual definition of outdoor and indoor space floating agriculture is made.

Keywords: Climate Change, Floating Agriculture, Smart Floating Farm, Traditional and Modern Floating Agriculture, Outdoor and Indoor Floating Agriculture

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi sonrasında fosil kaynak tüketiminin hızlanması, nüfusun artması, kentleşmenin yoğunlaşması gibi etkenlere bağlı olarak küresel ısınma ve iklim değişikliği meydana gelmektedir. Bu bakımdan küresel ısınma, sanayi devrimi ile birlikte fosil yakıt kullanımına, ormansızlaşma ve endüstrileşme süreçlerine bağlı olarak atmosfere salınan sera gazı birikimi ve hızlı artışından dolayı gerçekleşen sıcaklık artışı olarak tanımlanmaktadır [1]. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi-NASA (2019)'da bu artış oranının sanayi devriminden beri 1°C günümüzde ise her 10 yılda 0.2°C arttığını belirtmektedir [2]. Sıcaklık artışının devam etmesi ise kıyı kentleri ve ülkelerinde genellikle deniz seviyesinin yükselmesine bağlı olarak kıyı arazilerinin azalmasına neden olmaktadır. Küresel iklim değişikliği etkisi ülkemiz için de geçerli olmakla birlikte daha çok kuraklık, çölleşme, su kaynaklarının azalması, ani sel baskınlarının yaşanması ve orman yangınlarının artması gibi görülmektedir. İklim değişikliğinden etkilenme olasılığı yüksek olan Arktik, Afrika ve Asya gibi kıtaların etkilenme durumlarını IPCC (2007) şöyle açıklamaktadır [3]:

- ❖ Afrika'da, su sıkıntısının yaşanması, tarımsal üretimin azalarak gıdaya erişimin tehlikeye girmesi, ekosistemlerin bozulması, insan sağlığını tehdit eden hastalıkların ortaya çıkması, deniz seviyesinin yükselmesiyle alçak kıyı bölgelerini etkilenmesi,
- ❖ Antarktika'da, buzulların ve buz tabakalarının azalması, flora ve fauna yaşam alanlarında baskıların artması, insan faaliyetlerini değiştirmesi (balıkçılık, buz yolu taşımacılığı),

- ❖ Asya'da, buzulların hızla erimesi, tatlı su kaynaklarının azalması, sel baskınlarının artarak yoğun nüfuslu delta bölgelerinin tehlike altına girmesi, mahsul veriminin değişmesi,
- ❖ Avrupa'da, buzulların erimesi, mevsimlerin uzaması, tür çeşitliliğinin değişmesi, tarım ve enerji gibi ekonomik sektörlerin zorluk yaşaması, yaz yağışlarının azalması, su sıkıntısının başlaması, orman verimliliğinin azalması,
- ❖ Amerika'da, Amazon tropik ormanlarının yerinin değişmeye başlaması, bazı bölgelerde kuraklığın artması, içme suyu kaynaklarının tuzlanması, hayvancılık için önemli olan bazı mahsullerin azalması, yangın riskinin artması, kıyı habitatlarının etkilenmesi,
- ❖ Avustralya ve Yeni Zelanda'da ise, su güvenliği sorunlarının yoğunlaşması, Büyük Bariyer Resifi ve Queensland'ın Islak Tropikleri de biyolojik çeşitlilik kaybının ortaya çıkması, deniz seviyesinin yükselmesi ve fırtına-kıyı taşkınlarının artması, tarım ve ormancılık üretiminde azalma beklenmektedir [3].

Küresel iklim değişikliği etkilerine bakıldığında tarım ve orman alanlarında, biyolojik çeşitlikte, kıyı arazilerinde bozulmaların yaşanacağı görülmektedir. Küresel iklim değişikliğinin yanı sıra nüfus yoğunluğunda yaşanan artışta daha fazla enerji tüketimini, gıda tüketimini ortaya çıkarmakta ve doğal alanlar üzerindeki tahribatı artırmaktadır. Aynı zamanda nüfus yoğunluğu kentleşmeyi de hızlandırarak ihtiyaç duyulan tarım arazilerinin farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmasına sebep olmaktadır. Küresel iklim değişikliği ve nüfus artışından kaynaklı tüm bu nedenler ise tarım arazilerinin tahrip olmasına veya yok olmasına neden olmaktadır.

Bundan dolayı günümüzde en temel ihtiyaç olan su kaynakları ve sürdürülebilir tarım insan sağlığı ve devamlılığı açısından önemlidir. Teknolojik gelişmeler ve ihtiyaçlar ile enerji temini de bu noktada önemli ikincil ihtiyaç haline gelmektedir. İklim değişikliği etkilerinin yaşandığı ülkelerde gıda ihtiyacının teminini noktasında güçlükler yaşanabilmektedir. Bu noktada yenilenebilir enerji ile entegre edilen yüzer tarım uygulamaları ise hem gıda hem de enerjinin sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir. Bütünoğlu (2019)'da çalışmasında yanlış su kaynakları kullanımı, enerji ve gıda ihtiyacının artmasıyla doğal kaynaklar üzerinde ki baskının giderek artacağına vurgu yapmaktadır [4]. Yüzer adalara benzer tarım alanlarının oluşturulmasının ise sürdürülebilir tarım için önemli olduğuna değinmektedir [4].

Nitekim, Dünya'nın farklı bölgelerinde sularla mücadele etmek zorunda kalan toplumlar, toprak işlemek için yüzyıllar boyunca geliştirilen ustaca tekniklerden biri olan ve yaygın olarak kullanılan yüzer bahçe veya yüzer ekim alanları olarak bilinen teknikler geliştirmektedir [5]. Bu tekniklerin varlığı ise Babil'in Asma Bahçeleri'nde olduğu gibi eski zamanlara kadar ulaşmaktadır. Günümüzde ise yüzer tarım örneklerine Meksika, Myanmar, Kamboçya veya Bangladeş gibi ülkelerde [6-7-8-9] rastlamak mümkündür.

16. yüzyılın sonunda Meksika'da lagünün kıyısında avlanma ticareti ile uğraşılırken, lagünün kaya ve çamur setlerinin yüzer meyve bahçeleri veya Chinampa yapısına dönüştürülmesiyle mısır, kırmızı biber, fasulye ve kabak yetiştirildiği başlamıştır [6]. Ayrıca Myanmar, Shan Eyaletindeki Inle Gölü yüzer

ekim uygulamalarında bilinen en iyi örneklerden biridir. Burada yaşayan Intha topluluğu ise göl suları üzerinde yetiştirmek için özel bir teknik geliştirerek yerel ve doğal malzemelerin kullanımıyla yüzer adalar inşa etmektedir (Şekil 1). Zengin bir çevrede sürdürülebilir geleneksel tarım modeli olarak görülen yüzer adalarda domates ve diğer sebzeler yetiştirilmektedir [5].



Şekil 1. Intha topluluğu yüzer tarım adaları [10]

Gelişmekte olan Bangladeş gibi ülkeler ise sel anında hasadın sular altında kalmasını önlemek için yüzer tarım yapmaktadır [11]. Farklı sebepler ve ihtiyaçlara göre de yüzer tarım yöntemini uygulamak ve geliştirmek mümkündür. Örneğin, su ile bağlantısı bulunmayan ülkelerde deniz suyu tatlı suya dönüştürülerek bu suyun dikilen sebzelerin kökleri etrafında dolaşmasına izin verilmesiyle karada kapalı bir hidro-kültür yöntemi sağlanabilir. Deniz gibi tuzlu su alanlarında da rüzgar enerjisi ile tatlı su dönüşümü sağlanarak veya yağmur suyu geri dönüşümü yapılarak da yüzer gıda çiftlikleri tasarlanabilir [12].

Hindistan'ın kuzeydoğusundaki Assam eyaletinde bulunan Majuli'de, yaşanan muson yağmurları etkisi ile meydana gelen sel baskınlarına karşı bambudan yapılan salları üzerinde yüzer tarım yapılmaktadır. Aynı zamanda bazı bölgelerde yüzer tarım ile balık çiftlikleri aynı su kütesine kurularak bitkiler ve balık üretimi arasında geri dönüşüm desteklenmektedir.

Hükümet desteğinde sayesinde bu yüzer tarım üretimi ile yerel halkın refah düzeyi arttırılmaktadır [13].

Görüldüğü gibi yüzer tarım uygulamalarının çeşitli amaçlara yönelik kullanımı ve gelecekte de sürdürülebilir yüzer tarım ihtiyacı için gelişme göstereceğini söylemek mümkündür. Bu nedenle çalışmanın amacı, çeşitli nedenlerle tarım arazilerinin olumsuz etkilenmesi sonucu yaşanabilecek gıda temini sorunu için yüzer tarım uygulamalarının önemliliğine vurgu yapmaktır. Aynı zamanda bu ekim alanlarının yüzer enerji ile desteklenmesi gerektiğini de savunmaktadır.

Çalışma kapsamında yüzer bahçe, yüzer ada, yüzer tarıma yönelik tanımlar ve bu kavramların boyutları incelenerek, yüzer tarım uygulamalarına yön verecek ekim alanı (yüzer yatak) formları ve burada yetiştirilen ürünler araştırılmaktadır. Aynı zamanda geleneksel ve modern tekniklerle geliştirilen Dünya yüzer tarım uygulamaları incelenmektedir. Bu örneklere bakılarak yüzer tarımın avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmektedir. Sonuç olarak yüzer tarımın, uygulama alanı ve amacına yönelik olarak iki başlıkta (Açık ve Kapalı) incelenebileceği belirtilmektedir. Devamında ise yüzer enerji sistemlerine değinilerek yüzer tarım ile entegrasyonuna vurgu yapılmaktadır.

2. YÜZER TARIM

Literatür araştırmalarında “Floating Farm” kavramının hayvansal gıda (süt, yumurta) üretim tesisi [14], balık yetiştiriciliği veya tarımsal ürün yetiştiriciliği [12] gibi çeşitli amaçlarda kullanıldığı görülmektedir. Bu nedenle “Floating Farm” kavramını, tarımsal ve hayvansal faaliyetlerin ayrı veya birlikte gerçekleştirildiği daha genel üretim şeklini ifade etmesinden

dolayı yüzer çiftlik olarak tanımlamak doğru olacaktır.

“Floating Garden” kavramı ise Muhammad ve Romel (2019)’in çalışmasında Bangladeş insanının tarımsal faaliyetlerini topraksız yürütebilmesi için geliştirdikleri yüzer bahçe uygulamaları olarak belirtilmektedir [15]. Yüzen Adalar olarak geçen “Floating Islands” kavramının da Japonya’da balıklar için bir yumurtalama alanı veya Tayvan’da bambudan yüzer çiftlikler oluşturarak çeltik tarlalarına dönüşen suda yüzen arazileri kapsadığı ifade edilmektedir [16].

Yüzer Ada kavramını daha detaylı olarak tanımlayan Bütünoğlu (2019) ise; Bitki köklerinin sıkıca sarılması sonucu örülen yapı üzerinde toprak oluşumu ile beraber suyun kaldırma kuvveti etkisi ile yüzer hale gelen kara/toprak parçası kütleleri olarak tanımlanmaktadır [4]. Bu bakımından yüzer ada kavramı tanımı ile yüzer tarım arasında da benzer bir yaklaşımın olduğu ortadadır. Çünkü, Yüzer Tarım “Floating Agriculture”, çoğunlukla nehirler ve taşkın yataklarının bulunduğu Bangladeş’te muson ayları da dahil olmak üzere fide ve sebze yetiştirmek için bitki materyalinden yapılan yüzer tarım arazilerini kastetmektedir [17]. Su yüzeyinde kendi kendine yenilenen bu yüzer tarım arazileri ise Bangladeş’in bazı bölgelerinde yaşayan çiftçiler için geçim kaynağı oluşturmaktadır. Yüzer tarım olarak bilinen bu teknik ile ekin ve sebzelerini yerel olarak mevcut malzemelerden (su sümbülü ve diğer yabancı otlar gibi) yapılan topraksız yüzer platformlarda (yataklarda) yetiştirmektedirler [18]. Bangladeş’te uygulanan bu tarım uygulamasının yüzer adalar tanımı ve hidroponik tarım uygulamaları ile benzerlikleri bulunmaktadır.

Hidroponik tanımı, besin çözeltisi içerisinde desteksiz olarak bitki yetiştiriciliği veya besin çözeltisi kullanarak katı ortamda bitki yetiştirme anlamında kullanılmaktadır [19]. Mala vd., (2019)'nın çalışmasına göre 5 uygulama tekniği bulunmaktadır [20]:

- Fitol Sistemi: Basit ve hareketli bir parçası bulunmayan sistemde bitkinin altına sarılı olan kauçuk kumaş malzemenin, besin çözeltisini yetiştirme ortamına doğru çekmesi ve bitki köklerinin sürekli nemli kalmasıyla uygulanmaktadır.
- Damla Sistemi: Bu sistem besin çözeltisinin bitki kök bölgesine yavaş damlalar halinde verilerek kök yapısının sürekli nemli kalması ile sağlanmakta ve fazla besin maddesinin ise rezervuarda toplanarak tekrar döngüye dahil edilmesiyle çalışmaktadır.
- EBB Akış Sistemi: Bitkilerin geçici olarak besin maddesi ile sulanması daha sonra besin maddesinin rezervuara geri pompalanmasıyla gerçekleşmekte ve bitki kökleri bu döngü ile hem suya doymun hem de kuru ortam koşulları yaşamaktadır.
- Derin Su Kültürü: Bitkilere maksimum besin kaynağı sağlayan yöntem, bitki köklerinin oksijenli besin çözeltisinde yetiştirilmesi ile uygulanmaktadır.
- Besleyici Film Tekniği: Bitki besin maddesinin sadece bitki kök uçlarına degecek şekilde verilmesiyle gerçekleşmektedir [20].

Çeşitli uygulama şekillerinin bulunduğu hidroponik üretim bu sayede, yüzer tarım alanları içinde geliştirilebilir hale gelmektedir. Ancak geleneksel yüzer tarım uygulamalarında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır [18]:

- Sık gelgit etkisinin yaşandığı kıyı alanlarında yüzer yatağın fiziksel yapısının güçlü dalgalarda zarar görebileceği ve tohum veya fidelerin bu durumdan etkilenebileceği düşünülmelidir.
- Şiddetli yağışlar da yatakta aşırı su tutunmasına neden olarak bitkilerin çürümesine neden olabilmektedir.
- Yüzer yatakta drenaj sisteminin bulunmamasından dolayı durgun su etkisi de bitkilere zarar verebilmektedir [18].

3. YÜZER TARIM UYGULAMALARINDA KULLANILAN TOPRAK MALZEMESİ VE BİTKİ YETİŞTİRİCİLİĞİ

Yüzer tarım uygulamalarında toprak malzemesi seçilirken hammadde bakımından fazla bulunan yerel malzemeler ve kültürel farklılıklar etkili olmaktadır. Örneğin Bangladeş'te yüzer tarım yatakları inşa edilirken çoğu bölgede rastlanan su sümbülü (*Eichhornia crassipes*) yüzer platformun yapımında ana bileşen olarak kullanılmaktadır. Su sümbülü ile beraber sucul yabancı otlar, çeltik samanı ve Hindistan cevizi lifi de tek başına ya da kombinasyon halinde de kullanılan malzemelerdendir [18]. Bu tarım yataklarından elde edilen ve bölgenin geçimini sağlayan ürünler ise Muson ve Kış Bitkileri olarak gruplandırılmaktadır. Muson bitkileri arasında; salatalık, çeşitli kabak türleri, bamya, patlıcan, Hint ıspanağı, zerdeçal, kış bitkileri arasında; domates, patates, soğan, sarımsak, fasulye, karnabahar, lahana, turp, havuç, zencefil gibi ürünler yer almaktadır [21]. Bu ürünlerin seçimi ise kişisel tercihle beraber yerel koşullara ve tohum-fide mevcudiyetine bağlıdır [18].

Çin ve Hindistan gibi tropikal iklimin yaşandığı ülkelerde, tatlı su bataklıkları ile göletlerde bulunan su ıspanağı (*Ipomoea aquatica* Forsskal) ise yüzer çamur yataklarında yaygın olarak rastlanan yenilebilir bir otsu asma türüdür.

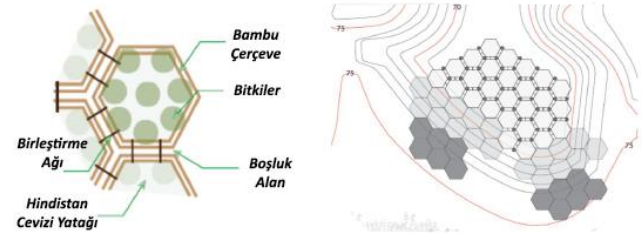
Bu bitki Zhang vd. (2014)'nin çalışmasında drenaj akış miktarını sağlaması ve yüksek hidrolik yükleme oranı nedeniyle ekolojik tarım bölgesinde su kalitesini iyileştirmek için pilot ölçekli deney ürünü olarak seçilmiştir [22]. Uygulamada yüzer yatak inşa edilirken kullanılan malzeme bambudur. Bambu salın uzunluğu 3-3.5 m ve genişliği 1-1.2 m'dir. Küçük 32-40 mm ölçülerinde PVC tüpün 20 cm aralıklarla bambu sal üzerine, bitki köklerinin suya doğru uzayabileceği deliklerden ipele asılarak yüzer yatak dikim alanı oluşturulmuştur. Daha sonra bu tüplere su ıspanağı bitkisi dikilerek nehirdeki kirlilikte önemli ölçüde iyileşme elde edilmiştir [22].

Kara bitkileri kullanılarak su yüzeylerinde de ürün yetiştiriciliğinin verimli ve sürdürülebilir faydalar sağlayacağını düşünen Radulovich (2015) çalışmasında fasulye, mısır ve pirinci su üzerinde saksılarda yetiştirmiştir. Saksı dikim alanlarının bulunduğu yatak, kafese benzer şekilde ahşap veya bambu direklerin birbiri ile sabitlenmesinden oluşmaktadır [23]. 10 cm suya batırılmış ve birkaç delik açılmış ağzı kapalı şişeler içerisinde toprağın havalandırmasını sağlamak için kumla karıştırılmış toprak kullanılmıştır. Üründe önemli bir verim elde edilmesi sonucunda ise iklim değişikliğinden dolayı tarım alanlarının bozulması ve artan nüfus talebine karşı tatlı su ve geniş göl yüzeylerinde yüzer tarımın sürdürülebilirliğine vurgu yapılmaktadır [23].

Kuzey Amerika'nın birçok bölgesinde taşıyıcı ve perlit kullanılarak sera sebzelerinin üretiminin yapılabildiğinden bahseden Hochmuth ve Hochmuth (2019), bu malzemeler ile oluşturulan bitki yataklarında, suyun yüksek derecede kılcal hareket sağlayabildiğini ve hava boşluğu

oluşturabildiğini belirtmektedir [24].

Bütünoğlu (2019)'da yüzer ada sistemleri çalışmasında, polistiren köpük, PVC boru, strafor, plastik ağ veya geri dönüşümlü malzemeler kullanılarak kurulan yüzer sulak alan sistemlerinde bitki yetiştiriciliği yapılabileceğini belirtmektedir [4]. Bu tarım yataklarında toprak, hindistan cevizi lifi, pomza, perlit, bambu kömürü, kum, pirinç samanı ve kompost gibi malzemelerin kullanılabileceğini anlatmaktadır. Ayrıca modüler uygulamalar ile bu bitki yataklarının birbirine eklenerek geniş yüzeylerde dikim yapma veya yer değiştirme avantajlarına da sahip olduğunu söylemektedir (Şekil 2) [4].



Şekil 2. Modüler bitki dikim tarım yatakları [4]

Muhammad ve Romel (2019) çalışmasında beş farklı model kurarak akıllı yüzer bahçe sistemi geliştirmiştir [15]. Yerel fizibiliteye uygun olarak tasarlanan bu yüzer bahçe sistemlerinde ilk üç modelde pet şişe, bambu ve mantar örtüsü yüksek oranda bulunmaktadır. Diğer iki modelde ise normal inşaat malzemeleri kullanılmaktadır. Bitki verimliliğini tespit etmek için kullanılan ürünler ise ıspanak ve biberdir. Çalışma sonucunda inşaat malzemelerinin kullanıldığı modelin daha dayanıklı olduğu, yük taşıma kapasitesinin daha fazla olduğu ve daha fazla ürün elde edildiği sonucuna ulaşılmaktadır [15].

Yapılan çalışmalar ile yerel ürünler kullanılarak su yüzeyinde veya karada hidroponik üretimin mümkün olduğu anlaşılmaktadır.

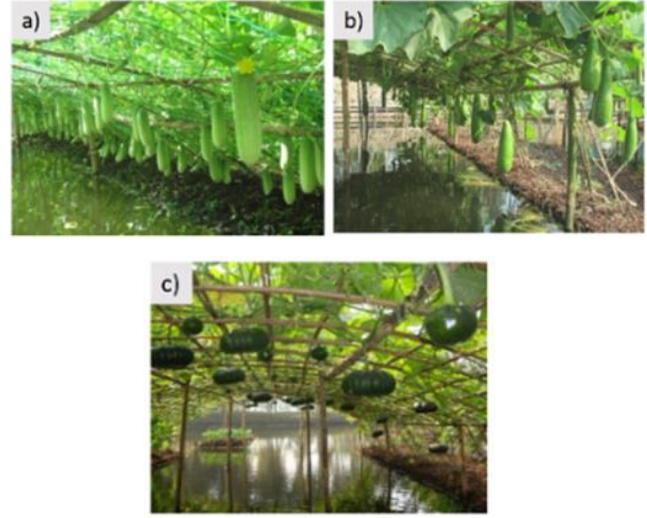
4. YÜZER TARIM UYGULAMA ALANLARI

Dünyanın en büyük nehir deltasında yer alan ve iklim değişikliği etkilerinin en fazla yaşandığı Bangladeş'te, muson mevsimi zamanında ülke yüzölçümünün % 75'i sular altında kalmaktadır [25]. Ancak Bangladeş insanının geliştirdiği geleneksel tarım yöntemi sayesinde yaşanan sel basını gibi sorunlara adapte olunarak sürdürülebilir tarımsal faaliyetler devam etmektedir. Bangladeş halkının geliştirdiği bu ekim yönteminden ise farklı birçok çalışmada bahsedilmektedir.

Yoğun ve değişken Muson yağmurlarından dolayı Bangladeş'te yaklaşık 300 yıldır yüzer tarım uygulamaları devam etmektedir [25]. Burada tarımsal faaliyetlerle geçimini sağlayan yöre insanı, gıda üretiminin güvenliği için Bangladeş hükümeti tarafından destek almaktadır. Bangladeş'in Gopalganj, Pirojpur ve Barisal bölgeleri bu sayede geleneksel olarak tarıma devam etmektedir. Bangladeş Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BARI, 2017) tarafından açıklanan ve batık ekosistemler için yerel bir yenilikçi mahsul üretim teknolojisi olan bu yüzer tarım uygulaması Vasoman/Dhap olarak bilinmektedir [26]. Dhap sal yapısı Haziran-Eylül arası yaşan muson mevsiminde inşa edilerek içlerine fide topları ekilmeden bir süre önce çürümeye bırakılmaktadır [25].

Yüzer yataklar inşa edilirken genellikle su sümbülü, su mercimeği, çeltik samanı veya pirinç hasadı sonrası kalan anız gibi birkaç kompakt bitki kullanılmaktadır [27]. Bangladeş insanının geliştirdiği bu geleneksel yüzer yataklar, yeterince geniş olmadığı için (1m-1.3m) kabakgiller veya farklı sarmaşık türü sebze yetiştiriciliği için uygun değildir.

Ancak FTB sistemi ile alternatif yüzer yatak ve kafeslerde bu ürünlerin üretimi mümkün hale gelmektedir [26] (Şekil 3). Yüzer yatakta ise patates, lahana, karnabahar, brokoli, havuç, karpuz [26] ve pirinç, buğday, zerdeçal, çilek ekimi yapılmaktadır [28].



Şekil 3. Kafes altında yetiştirilen salatalık (a), su kabağı (b), balkabağı(c) [26]

Dünya nüfusunun hızla artması ile tarım arazilerinin azalması veya iklim değişikliğiyle beraber 2050 yılına kadar 22 milyon km² ekilebilir arazinin olumsuz etkilenecek olması gıda temini güvenliğini de gündeme taşımaktadır. Bu nedenle su yüzeylerinin fırsat oluşturabileceğini düşünen Wageningen Üniversitesi Araştırma Merkezi ile Stichting Drijvende Eilanden vakfı tarafından polistirenden (EPS - airpop) yapılan iki küçük ölçekli test adası tasarlanmıştır [29] (Şekil 4).



Şekil 4. Yüzer platform tasarımı [29]

Rotterdam Merwehaven limanında bulunan yüzer çiftlik ise; tüketici ile yakın gıda üretimi sağlamak için sebze üretimi ve inek yetiştiriciliği alanlarına sahiptir [30]. Bu yüzer çiftlikte sürdürülebilirliği sağlamak için inekler ve bitkiler döngüsel sürece dahil edilmiştir. İneklerin atıkları bitki yetiştiriciliğinde gübre olarak kullanılırken çimlerde otlaya hayvanlardan 750lt süt üretimi sağlanmaktadır [30].

Floransa Üniversitesi Profesörü Stefano Mancuso ile İtalya’da bir tasarım ofisinin birlikte tasarladığı Jellyfish Barge yüzer sera, tarım arazinin çok az bulunduğu bölgelerde gıda güvenliğini artırmak amacıyla inşa edilmiştir. Yüzen sera, 70 m²’lik ahşap tabanın 96 adet geri dönüştürülmüş plastik bidon ile yüzdürülmesi ve cam sera ile kapatılmasıyla kurulmuştur. Ayrıca yüzer sera, şebekeden bağımsız olarak çalışmakta ve yerleşik güneş damıtma sistemi sayesinde kendi temiz su kaynağını elde etmektedir. Bu güneş damıtma sistemi ise nehir suyu, tuzlu su veya kirli suyu damıtarak kullanılabilir hale getirmektedir. Bu sayede Jellyfish Barge, hidroponik sisteme kıyasla % 70’e kadar su tasarrufu sağlayan bir hidrofönik sisteme sahiptir (Şekil 5) [31].



Şekil 5. Jellyfish Barge yüzer sera [31]

Gıda güvenliği açısından yüzer sera uygulamalarının, su döngüsü sağlaması ve yenilenebilir enerji kullanımları ile entegre edilebilmesi ise, geleceğin açık deniz

kullanımları, yüzer şehir projeleri için daha uygun ekim yöntemini oluşturmaktadır. Bakker vd. (2004)’da çalışmasında yüzer sera avantajlarından bahsederek, farklı alan kullanımıyla geliştirilerek açık denizlere uygun halde tasarlanabilen yüzer sera sistemlerinin çevre dostu ve sürdürülebilir fırsatlar sunduğunu anlatmaktadır [32]. Modern yöntemlerle geliştirilen yüzer çiftlik sistemleri de bu doğrultuda hem tarımsal hem hayvansal üretim açısından geliştirilen örneklerdendir.

Singh (2016)’de çalışmasında zemin ve iki kattan oluşan balık çiftliği ve tarımsal üretimin aynı anda yapılabildiği tasarımından bahsetmektedir [33]. Zemin seviyesinde; açık deniz balıkçılığı, kullukhane ve depo odası, Birinci katta; sera ve hidroponik sistem, İkinci katta; yağmur suyu toplayıcıları, fotovoltaik panel, güneş açıklığı, küçük rüzgar türbini ve dalga enerjisi dönüştürücü sistemi tasarlamıştır. Geleneksel arazi ekim yöntemine kıyasla yüzer ekimin daha verimli olduğunu vurgulayan Singh (2016), yüzer çiftlik sistemi sayesinde elde edilebilecek avantajları da anlatmaktadır [33].

Barcelona merkezli bir şirketin tasarladığı akıllı yüzer çiftlik projesi de tarımsal ve hayvansal üretimin birlikte tasarlandığı örnekler arasındadır (Şekil 6) (Prototype Engin eer, 2015).



Şekil 6. Akıllı yüzer çiftlik [34]

Bu akıllı yüzer çiftlikte dış çevrede dalga kıran yapıları, alt seviyede balık çiftlikleri, su erişim noktaları, depolama, mezbaha, tuzlu suyu tatlı suya

dönüştürme ve paketleme tesisi bulunmaktadır.

Üst katta, otomatik hidroponik ve mahsul ekimi için mikro iklim kontrolü olan bir sera tasarlanmıştır. Çatı katında ise, bitkilere doğal ışık sağlamak için fotovoltaik enerji santrali aynı zamanda çatı penceresi olarak düşünülmüştür (Şekil 7) [35].



Şekil 7. Akıllı yüzer çiftlik tasarımı [35]

Alt seviyede bulunan balık çiftliği, toplam 10.800 m³ hacme sahip ve çeşitli balast suyu tanklarının bulunduğu 3 m yüksekliğindeki dubanın tamamen su altında kalan bölümünü oluşturmaktadır. Hydoponik üretimin yapıldığı 1. Seviyede; yetiştirme ortamından dolayı düşük elektrik talebi olan mantar üretimi ve 2. Seviyede; yumurta üreten kümes hayvanları için entegre kapalı kafes yumurta üretim tesisi tasarlanmıştır. 3. Seviyede; yapraklı yeşil (marul gibi) hidroponik üretim için dikey tarım modeli geliştirilmiştir. 4. Seviyede; yapay ışıklar ve kafes telleri olan geleneksel bir kapalı yüksek tel sistemi asma ve domates gibi ürünlerin yetiştirilmesi ve 5. Seviye; şeffaf bir çatı ile sera olarak daha fazla güneş ışığı isteyen ürünlerin yetiştirilmesi için tasarlanmıştır [36].

Çalışmalara bakıldığında özellikle tatlı ve durgun su alanlarında geleneksel yöntem ile inşa edilen yüzer tarım yataklarının kıyıya yakın yerleşim yerlerinde daha uygun kullanıma sahip olduğu görülmektedir.

Ancak dalga hareketliliğinin bulunduğu nehir yataklarında veya tuzlu su alanlarında ise sera tipi kapalı ve su yüzeyinden yüksek tarım tekniği (hidroponik) daha verimli hale gelmektedir. Açık deniz yüzer tarım uygulamalarında ise kapalı ve farklı fonksiyonlarında (tarımsal ve hayvansal üretim) dahil edildiği üretim çiftlikleri daha opsiyonel çözümler sağlamaktadır.

5. Yüzer Tarım Uygulamalarının Avantaj ve Dezavantajları

Geleneksel ve modern yöntemlerle yapılan yüzer tarım sistemlerinin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Tablo 1), (Tablo 2), (Tablo 3), (Tablo 4).

Tablo 1. Geleneksel yüzer tarım uygulamalarında avantajlar

Avantajlar

Geleneksel

- Tarımsal faaliyetler için arazi kıtlığı yaşanan yerleşim yerlerinde sürdürülebilir üretimi mümkün kılmaktadır [21],
- Nadasa bırakılan sulak alanlar ekilebilir hale getirilerek toplam ekilebilir arazi miktarında artış sağlamaktadır [21-33],
- Sel nedeniyle yaşanan arazi kayıpları engellenmektedir [21],
- Ekimden sonra üretilen biyokütle, tarlada organik gübre olarak kullanılabilir [21-33],
- Karasal tarım tekniklerine göre 10 kat daha verimli olmasıyla ilave gübre ihtiyacı oluşmamaktadır [20],
- Bir dönem ömrünü tamamlayan yüzer tarım yatakları gelecek dönemlerde gübre olarak kullanılabilir [20],
- Sulak alanlarda yaşanan buharlaşmanın önüne geçilmektedir,
- Bataklıklar iyileştirildiği için sivrisinek üremesi engellenmektedir [21-33],
- Kara yetiştiriciliğinde karşılaşılan toprak hastalıkları riski azalmaktadır [27],
- Çevre dostudur [21-33],
- Tarımsal üretimle geçinen toplumlar için yoksulluğun azaltılmasını sağlamaktadır [21],

Tablo 2. Geleneksel yüzer tarım uygulamalarında dezavantajlar

Dezavantajlar

Geleneksel	<ul style="list-style-type: none">➤ Ülkemizde yeterince geleneksel ve modern yüzer tarım yöntemine yönelik çalışmalar bulunmamaktadır,➤ Durgun su, göl, gölet, kanallar için uygundur [27] bu nedenle yüzer tarım için uygulanabilir alan kısıtlayıcılığı meydana getirmektedir,➤ Dalgalar geleneksel yüzer tarım yataklarını tahrip etmektedir [21],➤ Böcek ve kemirgen istilası ile ördek ve diğer hayvanlar tarafından yüzer tarım yatakları tahrip edilmektedir [21],➤ Ülkemizde yerel yöneticiler ve sektörler tarafından desteklenmemektedir,➤ Kamu projelerinin yaygın olamaması ve kamu bilgilendirmelerinin yapılmaması farkındalığı azaltmaktadır.
-------------------	---

Tablo 3. Modern yüzer tarım uygulamalarında avantajlar

Avantajlar

Modern	<ul style="list-style-type: none">➤ Yüzer şehir ve yerleşim yeri projeleri için gerekli üretim alanları açık denizlerde de sağlanabilecektir,➤ Akıllı yüzer çiftlik tasarımlarıyla tarımsal ve hayvansal üretim birlikte yapılabilecektir [20],➤ Akıllı yüzer çiftlik kendi içerisinde döngüsel üretim yöntemini benimsediği için ek gübre temini gerektirmemektedir [33]➤ Akıllı yüzer çiftlik projelerinde yenilenebilir enerji sistemlerinin kolaylıkla uygulanabilmesi sayesinde yüzer çiftlik için ihtiyaç duyulan enerji karşılanabilmektedir,➤ Balık üretim tesisi ile kombinlenen yüzer çiftlikte hem mahsul hem de balık üretimi sağlanabilmektedir,➤ Modüler tasarımlar için uygundur [4],
---------------	---

Tablo 4. Modern yüzer tarım uygulamalarında dezavantajlar

Dezavantajlar

Modern	<ul style="list-style-type: none">➤ Tesis kurulum masrafı çok yüksektir [34],➤ Multi-disipliner ve kapsamlı bir çalışma gerektirmektedir,➤ Sürdürülebilir ve kendi içerisinde döngüsel devamlılık hedeflerinin uzun vadede karşılanması planlanmalıdır.
---------------	---

SONUÇ

Küresel ısınma sonucunda yaşadığımız doğal afetler (ani yağış ile gerçekleşen seller, orman yangınları, kuraklık) ülkemizde verimli ve yeterli olan tarım arazilerinin azalmasına neden olmaktadır. Dünya genelinde ise suların yükselmesine bağlı olarak kıyı ülkelerinde ekilebilir tarım arazileri azalmaktadır. Bundan dolayı küresel bir sorun haline gelecek olan gıda üretimine çözüm olarak geleneksel ve modern yüzer tarım teknikleri geliştirilmektedir.

Yüzer tarım ile ilgili örnekler incelendiğinde, gelişmekte olan ülkelerde yüzer tarımın yerel ürünler ile oluşturulan yüzer yataklarda yapıldığı, gelişmiş ülkelerde ise sera veya akıllı yüzer çiftlik olarak adlandırılan kendi döngüsel sistemine sahip mekanlarda gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu nedenle aslında yüzer tarımı, uygulama alanına göre; açık ve kapalı olarak sınıflandırmak mümkündür.

Açık mekan yüzer tarım; Yerel veya inşaat malzemeleri kullanılarak oluşturulan yataklarda, hafif toprak karışımının serilmesi ile üretimin yapıldığı ve dış tehditlerin (böcek istilası, haşere oluşumu, balıkçık kuşların ve ördeklerin gelmesi) etkisinin daha fazla görüldüğü tarımsal ekim yöntemidir. Bu yöntemi ülkemiz için durgun su varlığının bulunduğu tatlı su ve kanallarda kullanmak mümkündür.

Kapalı mekan yüzer tarım; Üretim miktarı ve kullanıcı yoğunluğunda ki amaca uygun olarak belirlenen büyüklükteki kapalı mekanlarda hidroponik veya topraklı tarımın yapılmasıdır. Ülkemiz kıyılarında bu yöntemin, dalga kıran yapılarıyla oluşturulacak korunaklı bölgelerde geliştirilmesi mümkündür. Aynı zamanda modüler tasarım ile su yüzeyi alan kullanımı optimum şekilde sağlanarak, güneş, rüzgar, dalga enerjisinin bu yapılara entegrasyonu ve yağmur suyunun toplanması

veya tuzlu suyun damıtılması ile kıyıda temin edilecek ihtiyaçlar giderilecektir.

Bu nedenle Dünyada farklı sebeplerle ihtiyaç haline gelecek olan yüzer tarım ile ilgili çalışmaların artırılması ve ülkemiz ihtiyaçlarına yönelik projelerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma ile de literatüre katkı sağlayacak açık ve kapalı kullanıma yönelik yüzer tarım uygulama teknikleri incelenmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Çevre Online, (2019). "Küresel Isınma" Erişim Adresi: <https://cevreonline.com/kuresel-isinma/>. Son Erişim Tarihi: 28.06.2022

[2] NASA-Global Climate Change, (2019). "Overview: Weather, Global Warming and Climate Change" Erişim Adresi: <https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/>. Son Erişim Tarihi: 28.06.2022

[3] IPCC-The Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007). "Impacts, Adaptation and Vulnerability" Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanso (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976.

[4] Bütünoğlu, A., (2019). "Su Kaynaklarında Yüzer Sulak Alan Ve Sucul Bitkiler İle Nutrient Giderimi". T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Slayt. Erişim Adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Su%20Kalitesi%20H%C4%B0E%20Haber%202019/Su%20Kaynaklar%C4%B1nda%20Y%C3%BCzer%20Sulak%20Alan%20ve%20Sucul%20Bitkiler%20C4%B0le%20N%C3%BCtrient%20Giderimi.pdf> Son Erişim Tarihi: 26.05.2022

[5] Oo, M. T., Aung, Z. W., Puzzo, C., (2022). "The floating garden agricultural system of the Inle lake (Myanmar) as an example of equilibrium between food production and biodiversity maintenance", Biodiversity and Conservation, 18. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02347-9>

[6] Onofre, S. A., (2005). "The floating gardens in México Xochimilco, world heritage risk site", City Time, 1(5).

[7] Keskinen, M., (2006). "The Lake with floating villages: socio-economic analysis of the Tonle Sap Lake", International Journal of Water Resources Development, 22(3), 463-480.

[8] Irfanullah, H. M., Azad, M. A. K., Kamruzzaman, M., Wahed, M. A., (2011). "Floating gardening in Bangladesh: A means to rebuild lives after devastating flood", Indian Journal of Traditional Knowledge, 10(1), 31-38.

[9] Bala, H., Ghosh, A. K., Kazal, M. M. H., Rahman, M. S., Sultana, M., Sujan, M. H. K., (2020). "Floating gardening in Bangladesh: a sustainable income generating activity in wetland areas", International Journal of Agricultural Research Innovation and Technology, 10(1), 87-93.

[10] Burma Travel, (2022). "Şekil 1" Erişim Adresi: <https://burmatravel.com/the-beautiful-and-interesting-inle-lake-myanmar/> Son Erişim Tarihi: 20.05.2022

[11] IPCC, (2007). "Climate Change 2007: Synthesis Report" Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104

[12] Knittel, S., (2022). "Floating Food Farm, Produce Healthy Food For All, Create Work", Climate Action Challenge, Erişim Adresi: <https://challenge.whatdesigncando.com/projects/produce-healthy-food-on-water-reduce-emissions-of-food-production-create-new-spaces-and-experiences-floating-food-farm/> Son Erişim Tarihi: 26.05.2022

[13] Singh, G., (2021). "Floating Farms Boost Flood Resilience on River Island in Assam" Preventionweb, Erişim Adresi: <https://www.preventionweb.net/news/floating-farms-boost-flood-resilience-river-island-assam#:~:text=%E2%80%9CThe%20method%20encourages%20no%20tillage,and%20do%20not%20need%20pesticides.> Son Erişim Tarihi: 28.06.2022

[14] Fry, S., (2018). "The world's first floating farm making waves in Rotterdam", 16 August 2018. [Online]. Erişim Adresi: <https://www.bbc.com/news/business-45130010> Son Erişim Tarihi: 26.05.2022

- [15] Muhammad, R. A., Romel, A., (2019). "Devising a smart floating garden for the haor areas of Sylhet Region in Bangladesh", International Seminar on Disaster Management and Community Resilience Using technological Interventions, University of Dhaka, 19.
- [16] Chang, Y. H., Zhuang, T. J., Chuang, T. F., Wu, B. Y., Lu, H. L., Chen, P. Y., (2017). "Using Green Water Farm to Improve Ecological Restoration", Sustainability, 9(10), 1896.
- [17] Nature-based Solutions (NBS), 2022. "Bangladesh", Erişim Adresi: https://www.nbsbangladesh.info/case_study/float-ing-gardens/#:~:text=Floating%20agriculture%20is%20a%20traditional,grow%20vegetables%20in%20monsoon%20months Son Erişim Tarihi: 26.05.2022
- [18] Chowdhury, R. B., Moore, G. A., (2017). "Floating agriculture: a potential cleaner production technique for climate change adaptation and sustainable community development in Bangladesh", Journal of Cleaner Production, 150, 371-389.
- [19] Megep, 2008. "T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), Bahçecilik, Hidroponik Sistemler", Ankara.
- [20] Mala Govda, B. M., Shreyas, K. S., Nandini, S., (2019). "Smart Floating Farming:-The Future is Here", International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (www.jetir.org), ISSN:2349-5162, 6(6), 970-976, June-2019, <http://www.jetir.org/papers/JETIR1906434.pdf>
- [21] Saha, S. K., (2010). "Soilless cultivation for landless people: An alternative livelihood practice through indigenous hydroponic agriculture in flood-prone Bangladesh", Ritsumeikan Asia Pacific University, Beppu, Japan.
- [22] Zhang, Q., Achal, V., Xu, Y., Xiang, W. N., (2014). "Aquaculture wastewater quality improvement by water spinach (Ipomoea aquatica Forsskal) floating bed and ecological benefit assessment in ecological agriculture district", Aquacultural Engineering, 60, 48-55. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.04.002>
- [23] Radulovich, R., Umanzor, S., Mata, R., Elizondo, D., (2015). "AQUATIC AGRICULTURE: Cultivating Floating Crops on Lakes", World Aquaculture, 63.
- [24] Hochmuth, G., Hochmuth, R., (2019). "Design Suggestions and Greenhouse Management for Vegetable Production in Perlite and Rockwool Media in Florida", IFAS Extension Universty of Florida, Erişim Adresi: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/CV195> Son Erişim Tarihi: 25.05.2022
- [25] Sales, J., (2019). "These farmers in Bangladesh are floating their crops to adapt to climate change", Global Center on Adaptation, Erişim Adresi: <https://gca.org/these-farmers-in-bangladesh-are-floating-their-crops-to-adapt-to-climate-change/> Son Erişim Tarihi: 23.05.2022
- [26] Bangladeş Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BARI), (2017). "Yüzer Tarım Örnekleri", Erişim Adresi: <https://teca.apps.fao.org/teca/pt/technologies/8868> Son Erişim Tarihi: 20.05.2022
- [27] Sunder, K., (2020). "In the lowlands of Bangladesh, people are turning to a centuries-old form of hydroponics to keep afloat", BBC Future Planet, Erişim Adresi: <https://www.bbc.com/future/article/20200910-the-remarkable-floating-gardens-of-bangladesh> Son Erişim Tarihi: 22.05.2022
- [28] Hossain, M.S., (2017). "Floating farms and food security", NEXTBLUE, Erişim Adresi: <https://next.blue/articles/floating-farms-and-food-security> Son Erişim Tarihi: 23.05.2022
- [29] Wageningen Universty Research, (2017). "Can food be produced on floating islands?", Erişim Adresi: <https://www.wur.nl/en/news-wur/Show/Can-food-be-produced-on-floating-islands.htm> Son Erişim Tarihi: 24.05.2022
- [30] SATAKSIG, (2020). "Floating farms", Erişim Adresi: <https://earthbuddies.net/floating-farm/> Son Erişim Tarihi: 25.05.2022
- [31] Interesting Engineering, (2014). "The Jellyfish Barge floating greenhouse grows enough for two families" Erişim Adresi: <https://interestingengineering.com/the-jellyfish-barge-floating-greenhouse-grows-enough-for-two-families> Son Erişim Tarihi: 25.05.2022

[32] Bakker, J. C., Boer, S. B., Meijer, J. P. R., Leppers, R. F. R., Ruiten, M. J., & Zevenbergen, C., (2004). “Floating greenhouses: an expert system for integral design”, In International Conference on Sustainable Greenhouse Systems-Greensys, 691 (pp. 541-548).

[33] Singh, S. K., (2016). “Floating Farm - Innovative Approach For Agricultural Sustainability”, GeoSmart India Conference, https://www.researchgate.net/publication/313315097_Floating_Farm_-_Innovative_Approach_For_Agriculture_Sustainability, Son Erişim Tarihi: 25.05.2022

[34] Prototype Engingeer, (2015). “Smart Floating Farms: 20,000 Leagues Of Fish, Food, And Solar Energy”, Erişim Adresi: <http://www.prototypingengineer.com/smart-solar-floating-farm-combines-aquaculture-and-hydroponics/> Son Erişim Tarihi: 25.05.2022

[35] Smart Floating Farms, (2022). “Why, How, What” Erişim Adresi: <https://smartfloatingfarms.com/> Son Erişim Tarihi: 25.05.2022

[36] Asgarov, R., MacLaren, D., Hannan, M. A., & Khandelwal, P. (2021). A Sustainable, Integrated Multi-Level Floating Farm Concept: Singapore Perspective. DOI: 10.20944/preprints202011.0181.v1 (4 Kasım 2020).



Süleyman Demirel Üniversitesi

YEKARUM e-DERGİ

(Journal of YEKARUM)

2022/ Volume 7/Issue 2

E - ISSN:1309-9388



Termoelektrik Sıcaklık Optimizasyonu: Akıllı Masa Tasarımı, İmalatı ve Kontrolü

Murat Gürkan ERGÜN^{a*}, Koray ÖZSOY^b

^aMekatronik Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, ISPARTA, ORCID: 0000-0002-4336-8759

^bMakine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Isparta OSB Meslek Yüksekokulu, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, ISPARTA. ORCID: 0000-0001-8663-4466

*Correspond Author : korayozsoy@isparta.edu.tr

ÖZET:

Günümüzde ortamın sıcaklığını otomatik ayarlamak için sistemler veya mekanizmalar sayesinde insanların konforu artmaktadır. Sistemlerin veya mekanizmaların çoğu gürültülü çalışmaları, çok yer kaplamaları, kullanım ömürlerinin sınırlı olması, arızalanma ihtimallerinin yüksek olması, bakım gerektirmeleri gibi birçok kısıtlayıcı özelliklerinden dolayı çalışmada tüm bu sorunları çözen termoelektrik modüller (peltier) elemanların ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılması tercih edilmiştir.

Çalışmada,termoelektrik bir modül olan peltier ile oda sıcaklığının otomatik olarak ayarlanması sağlanmıştır. Akıllı masa tasarımı için uygun mekanik ekipmanlar seçilmiştir. Mekanik tasarım tamamlandıktan sonra, elektronik devre tasarıma geçilip Proteus programında simülasyonu yapılmıştır. Mikrodenetleyici sistem olarak Arduino Uno kullanılıp, Arduino IDE ortamında kontrol yazılımı hazırlanmıştır. İki adet LM35 analog sıcaklık sensörlerinin ortam ve radyatör sıcaklığını ölçüp, mikrodenetleyici ile peltier sıcaklığı ve fan hızlarının ayarlanması yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon, Termoelektrik, İklimlendirme, Akıllı Masa

Thermoelectric Temperature Optimization: Design, Manufacturing and Control of Smart Tables

ABSTRACT:

Today, people's comfort is increasing thanks to systems or mechanisms to automatically adjust the temperature of the environment. Thermoelectric modules (peltier) elements, which solve all these problems, have been preferred to be used in heating and cooling systems due to many restrictive features of systems or mechanisms such as noisy operation, large footprint, limited lifetime, high probability of failure, and need for maintenance.

In the study, the room temperature was automatically adjusted with the peltier, a thermoelectric module. Appropriate mechanical equipment has been selected for smart desk design. After the mechanical design was completed, the electronic circuit design was started and simulated in the Proteus program. Arduino Uno was used as microcontroller system and control software was prepared in Arduino IDE environment. By measuring the ambient and radiator temperature of two LM35 analog temperature sensors, the peltier temperature and fan speeds are adjusted with the microcontroller.

Key Words: Optimization, Thermoelectric, Air-Conditioning, Smart Desk

1.GİRİŞ

Akıllı teknolojiler, kullanıldıkları alanlara göre çevre ile olan etkileşimleri, davranışları otomatik olarak uyarlayabilen cihazlardır. Akıllı cihazlar buldukları çevreyi sensörler ile algılamaktadırlar. Akıllı teknolojiler, genellikle kendi işini kendi görebilen birer makinelerdir. Çevreyi algılayıp, algıladığı olaylar çerçevesinde çözüm üretip harekete geçen ya da geçiren sistemlerdir. Akıllı teknolojiler günümüzde en çok rağbet gören konuların başında gelmektedir. Birçok sektörde geniş olanaklar sunması bahsi geçen konunun yaygınlaşma hızını pozitif yönde etkilemiştir [1].

Çalışmada, termoelektriğin (peltier) özelliği olan ısı pompasının çift yönlü kullanılmasıdır. Peltierin ön ve arka yüzeylerinde bulunan seramik levhalardaki bu ısı farktan yararlanılarak değişken bir polarite ile ısıtma-soğutma özelliklerinden faydalanıp klima düzeneği oluşturulmuştur. Çalışmada akıllı masa içine peltier yerleştirilip ‘Ergonomik Akıllı Klimalı Masa’ bir yapı oluşturulmuştur. Sistem tasarımı sensörler aracılığıyla veri girişleri algılanmış olup, MATLAB üzerinden gömülü sistemlerden Arduino kartı ile sistem kontrol edilmiştir. Ayrıca havanın iletimini ve döngüsünü sağlayan fanlar da aynı şekilde sıcaklığa bağlı olarak devir hızları ayarlanmıştır. Akıllı masa sisteminde peltierin soğuk kısımdan verim almak için ısınan yüzey soğutulmaktadır. Bunun nedeni ısı fark özelliğinden peltierin arka kısım ne kadar soğutulursa, soğutan kısım o kadar düşük derecelere inmiş olacaktır. Kullanılan yüzeyin ısıtma/soğutma yapabilmesi için Peltierin ters polarite özelliğinden faydalanılmış olup sensörler aracılığıyla, sıcaklığa bağlı olarak optimum seviye çalışma gerçekleştirilmiştir. Akıllı masa tasarımı Solidworks programı ile katı modelleme gerçekleştirilmiştir. Masa için uygun işlemler belirlendikten sonra gerekli ekipmanlar ile kesilmiş ve montajı yapılmıştır.

Çalışmada kullanılacak elektronik devrenin simülasyonu Proteus programında yapılmış ve test edilmiştir. İklim ve hava koşullarına göre sıcaklığı otomatik olarak ayarlayan akıllı masa optimizasyon sağlanmıştır. Çalışma ile klimalar gibi soğutma sistemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda daha ergonomik ve daha az maliyet ile sıcaklık ayarlanması ile ısı kaybı engellenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, [2]’de termoelektrik etkilerin teorik olarak incelenmesi ve

termoelektrik soğutma etkisinin kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik deneysel çalışma yapılmıştır. 40 mm x 40 mm ve 4 mm kalınlığında bir termoelektrik modül ile dış ortamla yalıtılmış kutuya alt kısımdan oturtulmuştur. Kutuya 125 gr su doldurulup suyun soğuma hızı gözlemlenerek soğutma etkisi ve akım ile volt arasındaki ilişki incelenmiştir. Diğer bir çalışmada, gelişmiş kontrol sistemleriyle kurulu, ucuz, prototip bir buhar odası geliştirilmiştir. Peltier-ısı emici düzeneği, incelenen kondansatör yüzeyini soğutmak için kullanılmaktadır ve bir nebulizör ile deiyonize su püskürtülerek hazne içinde istenen bağıl nem korunmuştur. İşlemi otomatikleştirmek için bir Arduino Duemilanove kartı kurulumla birleştirilmiştir. Plaka sıcaklığını ölçmek için MAX31855K termokupl amplifikatörünün yardımıyla K-tipi bir termokupl Arduino kartına arayüzlenmiştir [3].

Purnamasari [4] çalışmasında, sistem tasarımı, Arduino Uno mikrodenetleyicisi ile peltier termoelektrik modül TEC1-12706 kullanarak daha soğuk ve daha sıcak etkiye sahip bir kutu kullanmıştır. Çalışmasında, kutu yüksüz durumda 54. dakikada 20.1 °C’lik minimum ve 60. dakikada 35 °C’lik maksimum ısı sıcaklığını üretebilmektedir. 190 ml yüklü durumda, 3.8A’lık akımla minimum soğuk sıcaklık elde etme 55. dakikada 27.9 ° C ve maksimum ısı sıcaklığı 59. dakikada 31.2 ° C ’dir. Yüksüz durumda elde edilen ortalama değer soğuk tarafta 23.52 ° C ve sıcak tarafta 32.90 ° C ’dir. Yüklü durumda ortalama sonuç soğuk sıcaklık 28.09 ° C ve sıcak kısımda 30.07 ° C olmaktadır. Papanchev [5] çalışmasında, güvenilirlik testleri için bir termal odanın termal döngü halini kontrol amacıyla yapay zeka teknikleri uygulamıştır. Peltier elemanları, çift yönlü ısıtma /soğutma döngüleri elde etmek için kullanmıştır. Oda içindeki sıcaklığı kontrol etmek için bulanık bir mantık yaklaşımı uygulanmıştır. Iskrenović [6] çalışmasında, sıcaklık ayarı esnasında yarı salınımlı süreçler olmadan çalışacak hızlı ve hassas bir termostat inşa etmiştir. Sıcaklık kontrol sürecinin analizi, olası çözümlerden birinin, zamanın üstel bir fonksiyonu olan spontane sıcaklık değişimlerine göre darbeleri sürüş olduğunu göstermiştir.

Çalışmada sıcaklık kontrolü için kontrol ünitesi olarak mikrodenetleyici ve dijital teknik kullanılmıştır. Yapılı termostat, sıcaklık aralığı ve ayarlanan sıcaklığın kararlılığı açısından tüm beklentileri karşılamıştır. Elde edilen sıcaklık aralığı ± 0’den daha düşük bir mutlak hata ile -15°C – 120°C olduğu gözlemlenmiştir. kontrol sisteminin tasarımlarını ve simülasyonunu sunmaktadır. Junizan [7] çalışmasında, odanın sıcaklığını belirli bir seviyede düşürmek için fan kullanmıştır. Fan hareketini sağlamak amacıyla LM35 ısı sensörünü kullanıp, oda sıcaklığını sürekli olarak ölçülmüştür. Sensör tarafından algılanan oda sıcaklığı eşiği geçtiğinde, fan açılıp LED

yanmıştır. Sıcaklık eşik değerinin altına düşene kadar fan açık kalmıştır.

El-Hasan [8] çalışmasında, bir soğutma fanı sürücü sisteminin verimli kontrolü için Arduino Uno ve Labview ile kullanılmak üzere PID / PWM kontrol algoritması geliştirilmiştir. DC motorlarla çalıştırılan soğutma fanları aracılığıyla zorunlu havalandırmanın gerekli olduğu bir düzenleyici sıcaklık kontrol sisteminin geliştirilmesine ve test edilmesine dayanmaktadır. Elementten gelen ısı transfer miktarı, üzerindeki hava akış hızı ile doğru orantılıdır. Daha yüksek verimlilik ve kararlı durum kararlılığı elde etmek için fan hızı, Arduino Uno denetleyicisi kullanan yazılım tabanlı bir PID / PWM denetleyicisi tarafından düzenlenmiştir. Dahası, PWM motor kontrolü için Matlab / Simulink modeli, sıcaklıktaki değişikliği taklit etmek için motorun çeşitli görev döngülerindeki hızını tahmin etmek için geliştirilmiştir. Ek olarak, ilgili akustik gürültüyü en aza indirmek için Labview kullanılarak yüksek anahtarlama frekansı (33 KHz) ile PWM gerçekleştirilir. Deneysel testler kabul edilebilir sonuçlar göstermektedir. Kaushik [9] çalışmasında, Arduino, sıcaklık ve nem sensörlerini kullanarak fanın hızını otomatik olarak kontrol etmeyi amaçlamıştır. Fan hızının her seferinde manuel olarak kontrol edilmesi yerine fanın hızı çevreye göre otomatik olarak ayarlanması gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, Nesnelerin İnterneti (IoT) konseptine dayandırılmıştır. Sıcaklık ve nem ile algılanan sıcaklığa göre DHT22 sensörünü kullanarak fan hızını otomatik olarak kontrol edilmiştir. Çalışmada, fan, uyku ve oturma gibi sınırlı vücut hareketi gerektiren aktivitede fan hız seviyesi düşüğe ayarlanmıştır. Burada DHT22 sensörü, sıcaklık ve ardından fanın hızı gömülü sistem Arduino kartı ile PWM kullanılarak ayarlanmıştır.

Lee [10] Peltier Modülü, elektronik cihazlardan ve elektronik bileşenlerden gelen ısıyı dağıtmak için kullanılmıştır. Bir iç tünele sahip bir soğutucu için ısı transfer özelliklerini ele almış ve zorlanmış ve doğal konveksiyon koşulları altında, ısı transfer özellikleri farklı değerler elde edilmiştir. Bu nedenle, bir iç tünele sahip olan soğutucu için soğutma ve ısıtma performansları çalışılmıştır. Isı transfer koşulları, zaman ve sıcaklık dağılımındaki varyansla ilgili ısı transfer özelliklerini araştıran deneysel bir test yapılarak da değerlendirilmiştir. Soğutma deneyinde, A ve B şeklindeki soğutma pimi ısı alıcıları, zorunlu konveksiyonun sıcaklığını doğal konveksiyon sıcaklığına göre düşürmüştür. Zorlanmış ve doğal konveksiyonda, A ve B şeklindeki minimum -15 °C. Zorunlu ve doğal konveksiyon koşullarında, A ve B şeklindeki

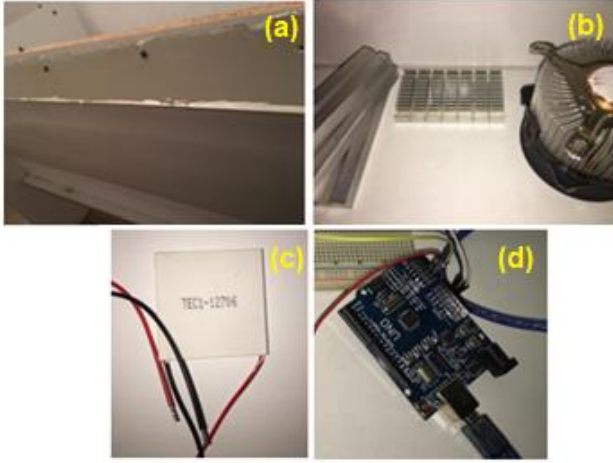
soğutma pimi ısı emicileri, voltaj yükseldiğinde sıcaklığı düşürdü. Isıtma deneyinde, A ve B şeklindeki soğutma pimi ısı alıcıları, zorunlu konveksiyonun sıcaklığını doğal konveksiyon sıcaklığından daha fazla arttırdı. Zorlanmış konveksiyonda, voltaj olduğunda 15 °C, A şeklindeki soğutma pimi ısı emicinin sıcaklığı, 150 °C ve B şeklindeki soğutma pimi ısı emicinin sıcaklığı, 145 °C. Zorlanmış ve doğal konveksiyon koşulları altında, A ve B şeklindeki soğutma pimi ısı alıcıları, artan voltajla sıcaklıkta bir artış göstermiştir.

Nandini [11], çalışmasında, ısı borusu ve sıvı bazlı ısı emici kullanan peltier tabanlı bir kabin soğutma sistemi ile ilgilidir. Peltier cihazı ile ısı transfer etkinliği, fan ve sıvı bazlı soğutucu ile bağlanan ısı borusu bazlı soğutucu kullanılarak artırılmıştır. Sistem normal bir alüminyum soğutucuya kıyasla genellikle 4-5 kat daha verimlidir. Kabin içinde ayarlanan sıcaklığı kontrol etmek için bir kontrol devresi tasarlanmış ve uygulanmıştır. Deneyler farklı ayar sıcaklıklarında yapılmış ve peltier bazlı kabin soğutma sisteminin performansı test edilmiştir. Kabin içinde ayarlanan sıcaklığı kontrol etmek için bir kontrol devresi tasarlanmış ve uygulanmıştır. Çalışmada elektrikli fanın hız seviyesini sıcaklık değişimlerine göre otomatik olarak değiştirmesini sağlanmış ve ortam sıcaklık değişimlerinden dolayı hız seviyesini değiştirebilen otomatik bir fan sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada ayrıca, darbe genişliği modülasyon tekniği ve sıcaklık sensörü olan LM35 ile gömülü sistemlerden Arduino Uno Microcontroller kullanılarak oda sıcaklığına dayalı bir DC fan kontrol sisteminin tasarımlarını ve simülasyonunu sunulmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada akıllı masa tasarımında ve imalatında materyel olarak hava sirkülasyonunun sağlanması için %100 sızdırmazlık, montajı kolay, hızlı ve sorunsuz olan 150 mm’lik Polivinil klorür (PVC) kullanılarak oluk oluşturulmuştur (Şekil 1a). Oluk vidalar ile sabitlenip, her iki tarafına takılan fanların yardımı ile hava sirkülasyonu yukarı doğru yönlendirilmiştir. Ayrıca akıllı masada meydana gelen ısıyı yönetmek ve TEC1-12706 modellenmiş peltierlerin aşırı ısınmasını önlemek için alüminyum soğutucu plakalar kullanılmıştır (Şekil 1b ve 1c). Çalışmada Atmega328 mikroişlemci tabanlı, üzerinde 20 adet dijital giriş/çıkış pini bulunan Arduino Uno kartı kullanılmıştır. Ortam ve radyatör sıcaklığını ölçmek için LM35 sıcaklık sensörü kullanılmıştır (Şekil 1d).



Şekil 1. Akıllı masa bileşenleri a) Oluk, b) Soğutucular, c) Peltier, d) Arduino Uno

3.2.Yöntem

Çalışmada akıllı masa sistemin geliştirilme aşaması mekanik ve elektronik tasarım olmak üzere iki kısımda gerçekleştirilmiştir. Mekanik tasarımı kısmının gerçekleşmesinde ilk olarak Solidworks programında sistemin 3D model çizimi yapılmıştır. Çizim ve hesaplanması yapılan sistemin montajı yapılarak mekanik tasarım aşaması tamamlanmıştır. Elektronik tasarımın gerçekleştirilmesinde; Arduino Uno kartı, peltierler, LM35 sıcaklık sensörleri, güç kaynağı, rezistans ve diğer devre elemanları kullanılarak genel diyagram oluşturulmuştur.

3.2.1 Mekanik Sistem Tasarımı ve Montajı

Çalışmada, hava sirkülasyonu ve iletimini sağlayan hava kanalı oluşunun ölçüleri 120x100mm olarak çizilmiştir. Çatı oluşunun yalıtımlılığı ve tok bir plastik PVC şeklinde üretiliyor olması bu malzemenin tercih sebebidir. Daha sonra oluşunun üst tarafındaki kulakları trimlenmiş ve uygun bir şekilde uzunluğu hesaplanıp kesilmiştir. Üst yüzeyi masa tavanı ile kapatılarak masanın yüzeyinde delikler açılıp hava iletimi bu şekilde sağlanmıştır. Hava kanalının masaya sabitlenmesi vidalama ile sağlanmıştır. Sağ ve sol yanlarına fanlar vidalar ile monte edilmiştir. Ortam sıcaklığına göre fanların sirkülasyon hızı mikrodenetleyici kontrolünde arttırıp azaltılmaktadır. Şekil 2’de akıllı masa 3B çizimi gösterilmiştir.



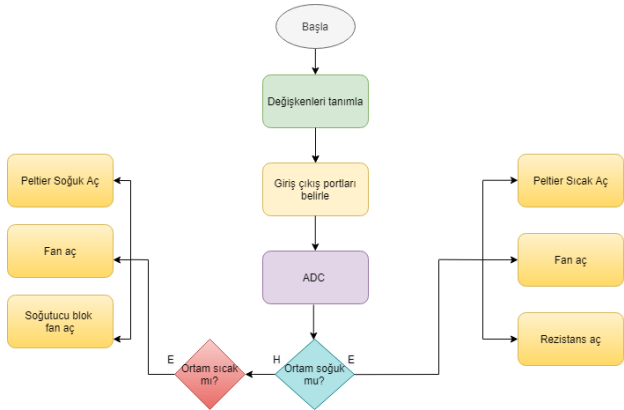
Şekil 2. 3B akıllı masa tasarım görüntüsü

Hava kanalının ortasından iki peltier sabitlenmiş ve mikrodenetleyici tarafından ortam sıcaklığına göre ısıtılıp soğutulmaktadır. Peltier için açılan boşluktan LM35 sıcaklık sensörü ile alüminyum soğutucunun ısıyı ölçmek üzere bağlantıları yapılmıştır. Peltierin üst yüzeyine üç adet alüminyum blok soğutucu kullanılmıştır. Hava kanalının yüzeyi ısı kaybı olmaması için alüminyum ile kaplanıp ses sorunu önlenmiştir. Peltierin altından diğer alüminyum soğutucu blok ile bağlantı yapılmıştır. Ayrıca uzunluğu hesaplanan rezistans teli bu bloğun içerisinden geçirilmiştir. Peltierin alt yüzeyi ısındığında soğutucu çalışması ile ısıyı otomatik almaktadır. Diğer taraftan alt kısmı soğuduğunda ise rezistans otomatik olarak çalışıp ısıyı yükseltmektedir.

3.2.2 Elektronik Sistem Tasarım ve İmalatı

Şekil 3’de termoelektrik bir modül olan peltier ile akıllı masa hava soğutma-ısıtma sistemi elektronik devre şeması verilmiştir. Çalışmada soğutma sağlanması için hava kanalı iki ucundan fan yardımı ile sirkülasyon sağlanmıştır. Fanların kontrolü Arduino ile sağlanırken, anahtarlama transistörler aracılığı ile yapılmaktadır. Elektronik devre sisteminde 2 adet tek kontak röle kullanılıp tetikleme işlemi Arduino’dan sağlanmıştır. Arduino doğrudan röleye değil de transistöre bağlanmıştır. Böylece peltier modülü ile üst yüzeyini hem ısıtıcı hem de soğutucu olarak transistörler anahtarlama elemanı sayesinde kullanılmıştır. Sistem ısıtıcı konumda iken, rezistans otomatik olarak çalışıp alüminyum plakalar ısınacaktır. Rezistans anahtarlama transistör ile yapılarak, rezistansların kontrolü bobin ile sağlanmıştır. Diğer yandan sistem soğutucu olarak çalıştığı zaman, alt yüzey ısınıyor olacaktır. Isınan yüzeyi soğutmak için Peltiere bağlı alüminyum soğutucuya bağlı mini fan bağlantısı sağlanmıştır. Fan kontrolü Arduinonun soğutucu yönü tetiklenmesi ile sağlanmıştır. Paralel bir yol ile fana bağlı transistörü de tetiklemektedir. Böylece hava soğutmak için otomatik olarak fan çalışacaktır.

Arduino IDE kod editöründeki loop döngüsü içerisinde gerçekleşen sürecin algoritması Şekil 5’de gösterilmiştir. Burada değişkenleri tanımla ve giriş çıkış portları belirlendikten sonra LM35 ortam sıcaklığını gerilim olarak Vout olarak çıkışa vermektedir. Ortam sıcaklığına bağlı olarak Peltier modül sıcak veya soğuk kısmı ve fanlar çalışmaktadır. Ortam soğuk ise rezistans çalışmakta olup, eğer ortam sıcak ise soğutucu bloktaki mini fan çalışmaktadır.

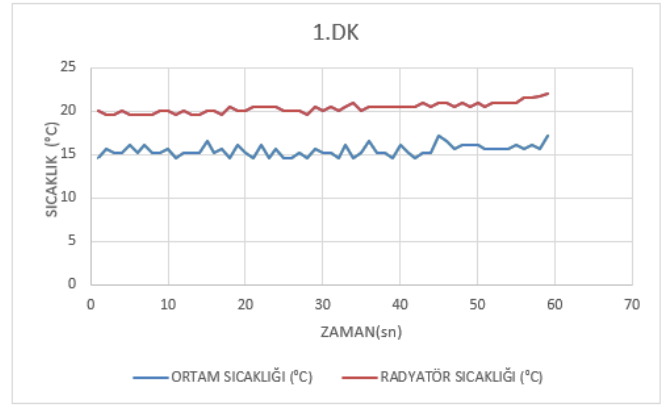


Şekil 5. Gerçekleştirilen yazılımın çalışma algoritması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

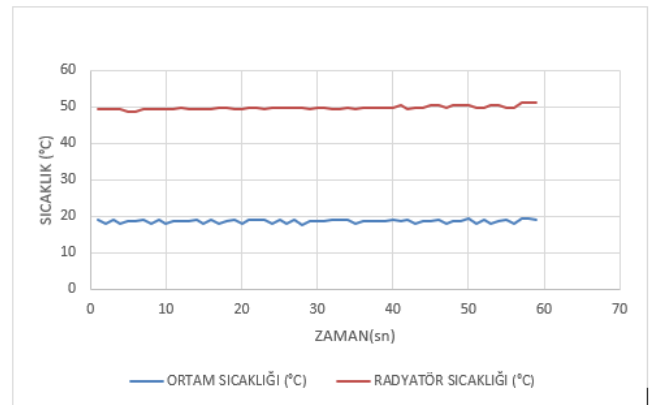
4.1. 3.1. Ortam ve Radyatör Sıcaklık Değişim Bulguları

Şekil 6’de gösterildiği gibi deneyin yapıldığı ortam herhangi bir ısıtıcı düzeneğin olmadığı depo koşullarında ve ortam sıcaklığı sistem çalışmaya başlamadan hemen önce 13 °C olarak ölçülmüştür. İlk çalışmaya bağlı olarak ilk 1 dakika içinde, radyatör sıcaklığı 21 °C gibi bir sıcaklıktan dalgalanmalar ile yükselmeye başladığı görülmüştür. Peltier etkinliğini arttırmak için alt kısımda bulunan rezistans sistemi aktif edilmiştir. Ortam sıcaklığı 15-16 °C arasında dalgalanmalar göstermektedir. Bu ortam sıcaklığına bağlı olarak kodlanan yazılım sayesinde fanlar 210 PWM ile dönmektedir. Dalgalanmaların sebebi hava kanalından yükselen havanın, ortam sıcaklığını ölçen sensörün algılaması neticesinde olduğu belirlenmiştir. Peltier’ler akım çekmeye henüz yeni başladığından dolayı doyum noktasına henüz ulaşamamıştır.



Şekil 6. Bir (1) dakikada zamana bağlı ortam ve radyatör sıcaklık değişimi

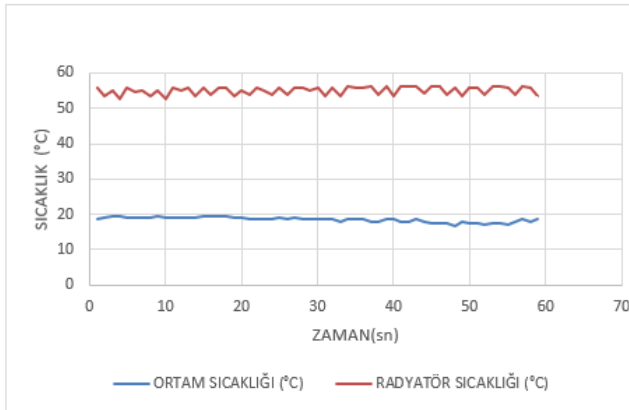
Şekil 7’de gösterildiği gibi zamana bağlı olarak ortam ve radyatör sıcaklık değişim grafiği verilmiştir. Ortam sıcaklığı 20.Dk itibari ile 1.Dk’ya göre 5 °C’lik bir artış göstererek 20 °C seviyelerine geldiği gözlemlenmiştir. Bu ortam sıcaklığına bağlı olarak kodlanan yazılım sayesinde fanlar 225 PWM ile dönmektedir. Aynı zamanda yapılan gözlemlere bağlı olarak ortam sıcaklık artış hızının azaldığını söylemek mümkün olmaktadır. Radyatör sıcaklığı ise 20 °C’den, 50 °C seviyelerine yükselmiştir. Peltier etkinliğini arttırmak için alt kısımda bulunan rezistans sistemi çalışmaya devam etmektedir. Ancak radyatör sıcaklığı, belirlenen doyum seviyesine ulaşmadığından dolayı sıcaklığı yükselmeye devam etmektedir.



Şekil 7. Yirmi (20) dakikada zamana bağlı ortam ve radyatör sıcaklık değişimi

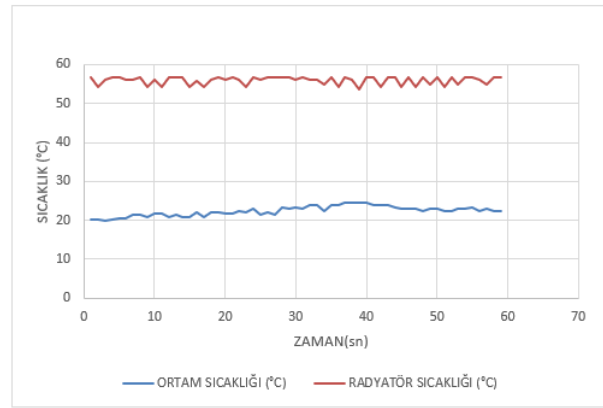
Şekil 8’de gösterildiği gibi zamana bağlı olarak ortam ve radyatör sıcaklık değişim grafiği verilmiştir. Radyatör sıcaklığı Çizelge 1’deki değerlere göre 55 °C’ye sabitlemiştir. Sıcaklık her 55 °C veya daha üstü olduğunda Arduino rölenin bobinlerine verdiği tetiği keser ve bir sonraki ölçüm sırasına kadar kapalı kalır. Bekleme süresi 1000ms (1sn) olduğundan şekilde görüldüğü gibi röle kontakları açılıp kapanması sonucu hareketli bir grafik oluşmuştur. Bu ortam sıcaklığına bağlı olarak kodlanan yazılım sayesinde fanlar 225

PWM ile dönüp 210 PWM'e düşüş olmuştur. Peltier etkinliğini arttırmak için alt kısımda bulunan rezistans sistemi çalışmaya devam etmektedir. Aynı zamanda ortam sıcaklığında bir düşüş yaşandığı gözlenmektedir bunun sebebi ise masaya montajlanan hava kanalının yeterince yalıtımlı olmaması ve ortam sıcaklığının depo koşullarında dışarıdan içeriye soğuk hava sirkülasyonunun olmasına bağlanmaktadır.



Şekil 8. Kırk (40) dakikada zamana bağlı ortam ve radyatör sıcaklık değişimi

Şekil 9'de gösterildiği gibi zamana bağlı olarak ortam ve radyatör sıcaklık değişim grafiği verilmiştir. Radyatör sıcaklığı 40.Dk'da olduğu gibi Çizelge 1' deki değerlere göre 55 °C'ye sabitlenmiştir. Sıcaklık her 55 °C veya daha üstü olduğunda Arduino rölenin bobinlerine verdiği tetiği keser ve bir sonraki ölçüm sırasına kadar kapalı kalır. Bekleme süresi 1000ms (1sn) olduğundan şekilde görüldüğü gibi röle kontakları açılıp kapanması sonucu hareketli bir grafik oluşmuştur. Peltier etkinliğini arttırmak için alt kısımda bulunan rezistans sistemi çalışmaya devam etmektedir. Yine aynı şekilde 40.Dk'daki gibi ortam sıcaklığına bağlı olarak kodlanan yazılım sayesinde fan hızlarında 225-240-255 PWM şeklinde bir artış olmuştur. Sıcaklık artış hızı en yüksek olan bu dönemde şekildeki gibi dalgalanmalar ile artıp azalmaktadır. Bu dalgalanmanın sebebinin yalıtım sorunu olduğu belirlenmiştir. Daha uygun koşullarda oda ve masa yalıtımı iyileştirilirse sistemin verimi daha da yükseleceği gözlemlenmiştir. 1 saatlik çalışma içerisinde ortam sıcaklığı optimum sıcaklığa 60.Dk 38.Sn' de ulaşmıştır. Bu sıcaklık değeri 24,44 °C'dir. Sistem çalışmaya başlamadan önce 13 °C olan hava sıcaklığı, sistem açıldığında 60Dk'lık bir çalışma sonucunda +11,44 °C kadar yükseltilmesi başarılmıştır.



Şekil 9. Atmış (60) dakikada zamana bağlı ortam ve radyatör sıcaklık değişimi

4.2. Ölçüm Verilerine Göre Regresyon Hesaplamaları

Regresyon analiz çalışmalarında bağımlı değişken radyatör sıcaklığı ve bağımsız değişken olarak ise ortam sıcaklığı alınmıştır. Çünkü ortam sıcaklığını ölçen sensöre bağlı olarak radyatör sıcaklığı değişmektedir. Ortam sıcaklığı yükseldiği takdirde radyatör sıcaklığı düşecek; ortam sıcaklığının yükseldiği oranda radyatör sıcaklığı düşecektir. Bu işlem 'Yöntem' bölümünde anlatıldığı üzere Arduino üzerinden Peltier kontrolü ile olmaktadır.

Çalışmadan elde edilen 1726 ölçüm verisine göre regresyon ile ortam sıcaklığı ile radyatör sıcaklığı arasındaki ilişki belirlenmiştir. Regresyon analizi, iki ya da daha çok nicel değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Tablo 2'de Regresyon İstatistikleri'nde alınan sonuçlar gösterilmektedir.

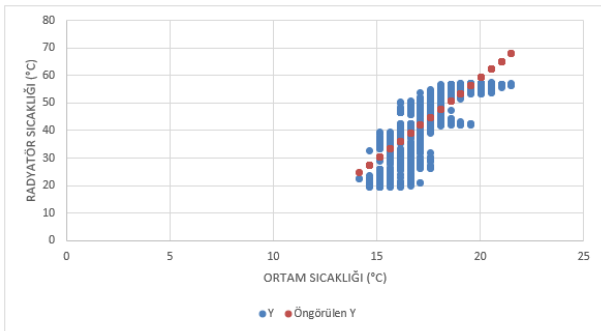
Tablo 2. Regresyon analiz sonuçları

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,811899586
R Kare	0,659180938
Ayarlı R Kare	0,658983247
Standart Hata	6,492952877
Gözlem	1726

Çoklu R değeri 'Radyatör Sıcaklığı' ile 'Hava Sıcaklığı' değişkenleri arasındaki korelasyon değerini, R Kare ise bu korelasyon değerinin karesini göstermektedir. İki değişken arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını Korelasyon ile anlaşılabilir. Yani korelasyon, değişkenlerde meydana gelen değişikliklerin birbirini etkileyip etkilemediklerini gösterir. Korelasyon

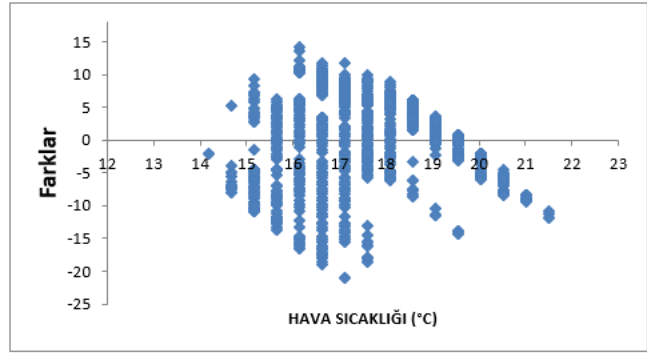
katsayısı, değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermek için kullanılan bir değerdir. Değişken, aşağıdaki formülle hesaplandığında -1 ile 1 arasında bir değer alır. Negatif değerler negatif ilişkiyi, pozitif değerler ise pozitif ilişki olduğunu gösterir. Değerler 1 veya -1 olduğunda mükemmel bir ilişki vardır. Değerler 0'a yaklaştıklarında değişkenlerin aralarındaki ilişki de azalır. 0,659180938 değerindeki R Kare 'Radyatör Sıcaklığı' değişkeni içindeki varyasyonun (çeşitliliğin) %65,9'unun 'Hava Sıcaklığı' değişkenini etkileyebileceğini söylemektedir. Ortalamanın üzerinde olan bu değer başarılı sayılabilmektedir.

Şekil 10'de Regresyon Çizgisi Grafiği'nden sistemden alınan 1726 adet verinin, ortam sıcaklığına bağlı olarak radyatör sıcaklığı ile etkileşimi sonucunda öngörülen değişim grafiği gösterilmektedir. Buna bağlı olarak sistemin çalışmaya devam etmesi halinde sıcaklığın değişimi hakkında fikir alınabilmektedir. Diğer yandan ortam sıcaklığının radyatör sıcaklığını tam olarak nasıl etkilediği sonucuna varılmıştır. Gösterilen veri noktalarına dayanarak, noktaları en iyi modelleyen bir çizgi çizilmektedir. X ekseninde giriş özelliğimize, Y ekseninde ise hedef değere sahibiz. Noktaların yayılım gösterdiği çizgiye uyacak şekilde çizgi çizilmiştir. Bu çizgi artık girdi olarak verilen değerleri tahmin eden bir modeldir. Bu modele bakarak dağılımda olmayan bir x veya y değeri için elde edilecek tahmini y veya x değerini tahmin edebilmektedir.



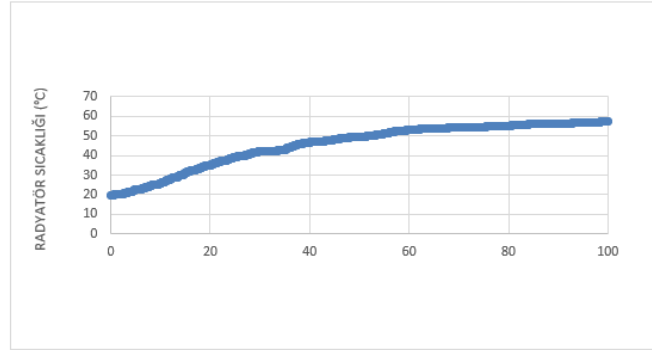
Şekil 10. Regresyon Çizgisi Grafiği

Şekil 11'de hava sıcaklığı fark çizelgesinde görüldüğü üzere hava sıcaklığının 1726 veri içinde sıcaklık farkları gösterilmektedir. Bu çizelge neticesinde sistemin olası değişik çalışma sıcaklıklarında, sıcaklık farkları hakkında bilgi sahibi olmamız mümkündür. Bu farklara göre önceden gerekli atamalar yaparak sistemin stabil çalışması sağlanabilir.



Şekil 11. Hava Sıcaklığı Fark Çizelgesi

Betimsel istatistik içinde, bir yüzde birlik sıralanmış bir veri serisini yüz eşit parçaya bölen ve böylece her bir bölünen parçanın ana veri veya aktarılan verilerinin 1/100'ini kapsadığı, 99 tane özetleme değeridir. Şekil 12'de örnek yüzde birlik 'teki grafikte radyatör sıcaklığının elimizdeki veriler için yüzde birlik grafiği verilmiştir.



Şekil 12. Örnek yüzde birlik

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, termoelektriğin özelliği olan ısı pompasının çift yönlü kullanılması özelliğini kullanarak hayata geçirilmiştir. Kullanılan termoelektrik modülün ismi Peltier modülüdür. Peltier modülü bahsedildiği üzere termoelektrik prensip olarak ısı pompası şeklinde çalışmaktadır. Çalışmada peltier akıllı masa içine yerleştirilip 'Ergonomik Klimalı Masa' şeklinde bir yapı oluşturulmuştur. Bahsedilen yapının kullanımı çok basit bir şekildedir. Sistem komutları sensörler aracılığıyla algılayıp, Arduino ile kontrol edilmiştir. Havanın iletimini ve döngüsünü sağlayan fanlar da aynı şekilde sıcaklığa bağlı olarak devir hızları ayarlanmıştır.

Literatürde yapılan çalışmalara göre termoelektrik modülünün kullanımı genel olarak soğutma sistemleri üzerine olan çalışmalardır. Bu işlemde soğuk kısımdan verim almak için ısınan yüzey soğutulmaktadır. Bu sayede ısı fark özelliğinden arka kısım ne kadar soğutulursa, soğutan kısım o kadar düşük derecelere inecektir. Soğutma özelliği bu şekilde kullanılmıştır; fakat aynı zamanda ortam sıcaklığına bağlı ihtiyaç halinde ısınan yüzeyin de kullanılması için de ısınan kısımdan verim elde edilmesi için, soğuyan yüzeyin

ısıtılarak iyi sonuçlar alınmaktadır. Literatür ile kıyaslandığında çalışma ile portatif ve kullanışlı bir ürün ortaya çıkarmıştır. İklim ve hava koşullarına göre sıcaklığı otomatik olarak ayarlayan akıllı masa hayatı kolaylaştırmak için bir çözüm sunulmuştur. Çalışma masalarında herhangi bir iş yapılırken yani masada uzun süre kalınacaksa sıcaklık koşullarının odağı dağıtılmaması gerekmektedir. Bazı alanlarda yaygın kullanılan klimalar vb. soğutma sistemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda veya daha az maliyet ile iklimlendirme amacı doğrultusunda bahsedilen çalışmanın fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda termoelektrik sistemler üzerine ilginin artması ve çalışmada elde edilen optimum sonuçlar ile çalışmanın daha yaygın kullanıma sahip olabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

[1]. Brougham, D., & Haar, J. (2018). Smart technology, artificial intelligence, robotics, and algorithms (STARA): Employees' perceptions of our future workplace. *Journal of Management & Organization*, 24(2), 239-257.

[2]. Usta, H., and Kirmaci V. (2002) "Termoelektrik Etkiler Ve Soğutma Etkinliğinin Uygulanması." *Teknoloji* 5.

[3]. Gupta, Rohit, et al. (2018) "Arduino based temperature and humidity control for condensation on wettability engineered surfaces." 2018 Emerging Trends in Electronic Devices and Computational Techniques (EDCT). IEEE, 2018.)

[4]. Purnamasari, D., (2017) "Perancangan Kotak Pendingin Dan Penghangat Minuman Menggunakan Modul Termoelektrik Peltier Tec1-12706 Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno."

[5]. Papanchev, T., (2020). "A Fuzzy Control of Peltier-Based Thermal Chamber for Reliability Tests." 2020 21st International Symposium on Electrical Apparatus & Technologies (SIELA). IEEE, 2020.)

[6]. Iskrenović, Predrag S., et al. (2019) "Thermostat with Peltier element and microcontroller as a driver." *Measurement* 137: 470-476.)

[7]. Junizan, Nur Afiah, et al. (2019), "Design and Implementation of Automatic Room Temperature Controlled Fan using Arduino Uno and LM35 Heat Sensor." *International Journal of Engineering*

Creativity & Innovation 1.2 : 8-14.)

[8]. El-Hasan, Tareq S., et al. (2016)., "Arduino and Labview based control for efficient drive of cooling fan system." *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 13.10 : 771-780.

[9]. Kaushik, Suraj, et al. (2018)., "Automatic fan speed control using temperature and humidity sensor and Arduino." *International Journal of Advanced Research, Ideas and Innovations in Technology* 4.2 453-457.)

[10]. Lee, M., and Tae-Wan K., (2014)., "A study on the heat sink with internal structure using peltier module in the natural and forced convection." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 15.7, 4072-4080.

[11]. Nandini, K. K. (2013)., "Peltier based cabinet cooling system using heat pipe and liquid based heat sink."3-17.



Süleyman Demirel Üniversitesi

YEKARUM e-DERGİ
(Journal of YEKARUM)
2022/ Volume7/Issue 1
E - ISSN:1309-9388



Makine Öğrenme Algoritması Kullanarak Yenilebilir Enerji İle Hava Kirliliği Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Zihni Alp ÇEVİK^{*a} Abdurrahman ÖZBEYAZ^b, Yavuz DEMİRCİ^c

^aAdıyaman Üniversitesi, Besni MYO, Mekatronik Programı, ADIYAMAN,
ORCID: 0000-0003-3141-0160

^bAdıyaman Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, ADIYAMAN,
ORCID: 0000-0002-2724-016X

^c Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği ADIYAMAN,
ORCID 0000-0003-0835-9811

* Sorumlu Yazar: zcevik@adiyaman.edu.tr

ÖZET:

Günümüzde yenilebilir enerji kaynakları çok önemli hale gelmiştir. Bazı tahmini verilere göre 2025 yılına kadar geleneksel enerji yerine güneş enerjisi kullanım oranı artacaktır. Güneş enerjisi santrallerindeki kayıpların yaşanmasında çevresel faktörlerin de etkili olduğu bilinmektedir. Hava kirliliği farklı parametreler ile ölçülebilmektedir. Bu parametrelerden bazıları ise toz emisyonu ve kükürttür. PM₁₀ partikül maddeyi, SO₂ ise kükürt dioksiti ifade etmektedir. Özellikle güneş enerjisi ile hava kirliliğinin arasındaki ilişkide güneş enerjisi veriminin etkilenme ölçüsü araştırma konusu olmuştur. Bu amaçla; bu çalışmada Adıyaman ilinde konumlu bir güneş enerjisi santralinden günlük olarak elde edilen elektrik enerjisi değerleri ile günlük ölçülen PM₁₀ ve SO₂ hava kirliliği verileri arasındaki ilişki makine öğrenmesi yöntemi ile araştırılmıştır. Yapılan regresyon çalışmasında, 2018 yılına ait PM₁₀, SO₂, PM₁₀Toplamı, SO₂Toplamı, PM₁₀AylıkOrtalaması, SO₂ Aylık Ortalaması değerleri giriş olarak, Adıyaman ilinde kurulu bir güneş enerji santralinde günlük olarak üretilen elektrik enerjisi verileri çıkış olarak kullanılmıştır. Makine öğrenmesi analizinde, hava kirliliği ile üretilen enerji arasında model bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çalışmada korelasyon katsayısı 0.81, ortalama mutlak hata 665 kW ve karekök ortalama hata 852 kW olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada hava kirliliği ile güneş enerji santralinden elde edilen enerji verimliliği arasında az bir miktarda olsa anlamlı bir ilişkinin varlığı ortaya konmuştur.

Anahtar sözcükler: Yenilenebilir Enerji, Hava Kirliliği, PM₁₀, SO₂, Makine Öğrenmesi.

Investigation Of The Relationship Between Renewable Energy And Air Pollution Using A Machine Learning Algorithm

ABSTRACT:

Today, renewable energy sources have become very important. According to some predicted data, the rate of solar energy usage will increase instead of conventional energy by 2025. It is known that environmental factors are also effective in the loss of solar power plants. Air pollution can be measured with different parameters. Some of these parameters are dust emission and sulfur. PM₁₀ stands for particulate matter and SO₂ stands for sulfur dioxide. In particular, the extent to which air pollution affects solar energy efficiency has been the subject of research. The presence of air pollution can be measured by various parameters. Some of these parameters are dust emission and sulfur. PM₁₀ refers to dust particles formed in the

atmosphere at a size of 10 microns, and SO₂ refers to harmful gases formed in the air as a result of fossil fuels. In this study; the relationship between the daily electric energy values obtained from a solar power plant located in Adıyaman province and PM₁₀ and SO₂ air pollution parameters measured daily was investigated by decision trees regression method. In the developed model, PM₁₀, SO₂, PM₁₀Total, SO₂ Total, PM₁₀ Monthly Average and SO₂ Monthly Average were used as inputs, and daily generated electric power was employed as output. The data were for 2018. In the regression analysis, a model relationship was tried to be established between air pollution and electricity energy produced. In the study, the correlation coefficient was 0.81; the mean absolute error was 665 kW, and the root mean square error was 852 kW. As a result, in this study, a significant but not much relationship between air pollution and energy efficiency obtained from the solar power plant has been demonstrated.

Key words: Renewable Energy, Air Pollution, PM₁₀, SO₂, Machine Learning.

1. GİRİŞ

Sanayileşmedeki gelişme ile birlikte, dünya daki nüfus oranının artması ve köyden kentlere taşınması sonucunda, enerji ihtiyacında ciddi bir artış olmuş ve buda doğal çevredeki dengenin bozulmasını hızlandırmıştır. Bu dengenin bozulmasında en büyük etken artıkların ve atık maddelerin doğal çevreye kontrolsüz bir şekilde bırakılmasıdır[1]. Bu atık maddelerin havaya verdiği zararlardan dolayı hava kalitesini ve hava kirleticilerini ölçmek amacıyla ölçüm istasyonları kurulmuştur. Bu kurulan istasyonlarda hava kirletici olarak SO₂ ve PM₁₀ maddeleri ölçülmektedir[2]. Çevreye verilen bu zararları minimuma indirmek, Türkiye'deki güneşli günlerin çok olması kullanımındaki kolaylık ve çevreye zarar vermediği için güneş enerjisi tercih edilmeye başlanmış olup, yaygınlaşması da çok hızlı bir şekilde olmaktadır [3].

Güneş enerjisi santrallerinden (GES) elde edilen elektrik enerjisi verimliliği, günden güne hatta farklı iki yılın aynı günü için bile farklı olabilmektedir. Bu farkın sebebi, GES'lerden elde edilen enerji miktarının nem, sıcaklık, ışınım v.b. meteorolojik parametrelere bağlı olarak değişiminden kaynaklanmaktadır [4]. GES işletmelerindeki üretilen enerjinin verimliliğini olumsuz yönde etkileyen bir çok parametrelerden bir tanesi de hava kirliliğidir[5]. Hava kirlilik değerlerinin

yüksek olduğu durumlarda güneş panellerinde meydana gelen tozlanma panele yansıyan ışınım miktarını azaltır ve bunun neticesinde üretilen enerji miktarında da bir azalma meydana gelebilir. Ayrıca Adıyaman ilinde GES işletme sahipleri ile yapılan mülakatlarda, hava kirliliğinin üretilen enerjinin miktarına olumsuz etkilerinin olduğunu ifade etmişlerdir.

Hava kirliliği insan sağlığını doğrudan ya da dolaylı olarak olumsuz bir şekilde etkilediği gibi, bu olumsuzluğun boyutları farklı alanları da etkilemektedir. Havada ki partikül madde, atmosferi kirleten güçlü bir kirleticidir [6], [7]. Havada solunabilir partiküller olarak isimlendirilen ve boyutları 2,5 ile 10 mikron arasında olan PM₁₀ parametresinin havada yüksek seviyelerde bulunması çevreye ve insan sağlığına zarar verdiği gibi GES'lerden elde edilen enerji verimliliğini de olumsuz bir şekilde etkilediği ifade edilmektedir. Bununla birlikte bu kirletici madde havada saatlerce kalabildiğinden çevreye yaptığı olumsuz etkinin süresi de uzayabilmektedir. Atmosferde bulunan ve toz yoğunluğu olarak ifade edilen PM₁₀'un oluşma nedenleri trafik, maden, kömür, kum, taş ocakları ve inşaat alanları olarak zikredilmektedir [8]. Havayı kirleten maddelerden bir diğeri ise SO₂'dir. Boğucu olan bu gazın atmosferde oluşma nedenlerinden birisi doğal emisyonlardır.

Bu kirlenici maddenin atmosferde özellikle de şehir bölgelerinde yoğunlaşmasının nedeni başta ısınma amaçlı kullanılan kömür yakıtlar ve dizel yakıtı ile çalışan araçlardır [9].

Teknolojinin gün geçtikçe ivmeli bir şekilde ilerlemesi ile birlikte veri tabanlarına kaydedilen verilerin miktarında da büyük artışlar meydana gelmektedir. Büyük veri olarak isimlendirilen bu yapılardan anlamlı sonuçlar elde etmek hem zor hem de geliştirilecek olan yeni sistemlerin daha zeki davranabilmesi için gereklidir. Ayrıca bu büyük verilerin analiz edilmesi ile geleceğe dair bazı tahminlerin yapılabilmesi mümkün olabilmektedir. Bu tahminlerin yapılabilmesi için son zamanlarda hızlı bir gelişim gösteren makine öğrenme algoritmalarının kullanılması gerekmektedir. Makine öğrenme algoritmaları biyomedikal sistemlerden, enerji üretim sistemlerine kadar uzanan sanayi odaklı çalışmalarının hemen hemen tümünde kendisine uygulama alanı bulmaktadır [10]. Makine öğrenme yöntemi olarak kullanılacak birçok algoritma bulunmaktadır. Bu algoritmaların tercih edilme sebebi geliştirilecek olan uygulamaya göre değişebilmektedir. Geliştirilecek olan uygulamada kullanılacak olan veri miktarı, veri türü ve analiz sonucunda elde edilecek başarı v.b. parametreler bu algoritmaların tercih edilmesinde önemli olan kriterlerdir. Bir makine öğrenme algoritması olarak zeki sistemlerin tasarlanmasında sıklıkla kullanılan karar ağacı yönteminin, hem sınıflandırma hem de regresyon uygulamalarında başarılı sonuçlar verdiği bilinmektedir [11]. Bu yöntemde verilerin sıklık durumlarına bakılır ve sisteme giriş olarak beslenen veri sınıfları ile çıkış arasında en uyumlu olan sınıftan başlamak üzere aşağıya doğru örnek bir girdi değeri için çıkış durumunu tahmin edebilen bir ağaç yapısı tasarlanır [10].

Bu çalışmada GES'lerden elde edilen elektrik enerjisinin veriminin hava kirliliği

parametrelerinden ne kadar etkilendiğini ölçümlemek için hava kirliliği ve güneş enerjisi parametreleri arasında bir regresyon modeli karar ağacı algoritması kullanılarak geliştirilmiştir. Bu amaçla Adıyaman ilinde konumlu bir GES'ten 2018 yılına ait günlük üretilen enerji bilgileri alınmıştır. Bununla birlikte, hava kirliliği ile üretilen elektrik enerjisi verimliliği arasındaki korelasyonun varlığı araştırma konusu olduğu için, çalışma kapsamında 2018 yılına ait hava kirliliği (PM₁₀ ve SO₂ için) verileri ve bu verilerin farklı formatları modelde giriş olarak kullanılmıştır. Ayrıca bu parametrelere ait verilerin bir aylık ortalaması ve önceki günlerin kirlilik değerlerinin kümülatif toplamları her gün için ayrı ayrı hesaplanmış ve bu verilerde analiz çalışmasında kullanılmıştır. Sonuç olarak yapılan çalışmada altı girişli tek çıkışlı bir regresyon modeli tasarlanmıştır. GES'lerde üretilen enerjiye etki eden parametrelerin araştırıldığı önceki çalışmalarda daha çok sıcaklık, ışınım, nem v.b. meteorolojik veriler kullanılmasına rağmen [12]–[14], bu çalışmada öncekilerden farklı olarak hava kirliliği ile GES'te üretilen elektrik enerjisi arasında bir model araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu kısımda, Adıyaman ilinde kurulu olan bir GES işletmesine ait veriler, hava kirliliği için kullanılan veriler, bu verilerin nasıl birleştirildiği ve nasıl modellendiği ile bilgiler yer almaktadır. Model için kullanılan karar ağacı yöntemi bu kısımda detaylı bir şekilde anlatılmış ve Adıyaman ili için güneş enerji potansiyeli özetlenmiştir.

2.1. Veri

Çalışma kapsamında kullanılan deneysel veriler Adıyaman ili sınırlarında kurulu olan bir GES işletmesinden ve Türkiye Cumhuriyeti Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı hava kalitesi izleme istasyonları web sitesinden 2018 yılı için

elde edilmiştir. Adıyaman ilinde hava kirlilik değerleri sadece PM₁₀ ve SO₂ parametreleri için kaydedildiğinden, sunulan çalışma bu parametrelerle sınırlandırılmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen karar ağacı modelinde; PM₁₀, SO₂, kümülatif PM₁₀ değerleri, kümülatif SO₂ değerleri, aylık PM₁₀ ortalaması ve aylık SO₂ ortalaması giriş olarak, üretilen elektrik enerji miktarı (kW) çıkış olarak kullanılmıştır. Aylık ortalama değerler her gün için ayrı ayrı olacak şekilde bir önceki ayın ortalaması şeklinde ve kümülatif değerler her gün için ayrı ayrı olacak şekilde önceki günlerin toplamı şeklinde hesaplanmıştır. PM₁₀ ve SO₂ parametreleri

atmosferde uzun süre taşındıklarından modelde kullanılan verilerin oluşturulma mantığı bu şekilde yapılmıştır. Biraz daha detaylandırdığımızda, havada uzun süre kalan kirlilik GES işletmelerinde kurulu olan panellerin kirliliğine sebep olacağı düşüncesiyle araştırmada kullanılacak veri yukarıda bahsedildiği şekli ile oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan verilere ait bir görünüm Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma kapsamında kullanılan verilere ait örnek bir görüntü.

GİRİŞ							ÇIKIŞ
SN	PM10	SO2	Kümülatif PM10	Kümülatif SO2	Aylık Ortalama PM10	Aylık Ortalama SO2	Üretilen Elektrik (kW)
1	79,61	3,66	6255,85	264,74	124,96	5,56	0
2	38,98	4,43	6294,83	269,17	123,25	5,52	1800,54
3	40,54	4,40	6335,37	273,57	120,04	5,44	598,5
...
363	32,79	45,87	22293,73	3484,25	37,72	30,19	3466,26
364	17,79	17,94	22311,52	3502,19	37,71	31,72	63,00
365	26,00	37,16	22337,52	3539,35	37,83	31,23	1575,00

2.2. Makine Öğrenme Algoritması

Yapay zekâ karmaşık verilerin doğru biçimde anlaşılması ve yorumlanmasını sağlayan bir öğrenme yöntemidir. Yapay zekâ makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemlerinden oluşmaktadır. Karar ağacı algoritması, veri madenciliği sınıflandırma makine öğrenme algoritmalarından birisidir[15]. Bir karar

ağacı, yerel bölgenin daha az sayıdaki adım ve özyinelemeli dallanma dizisinde tanımlandığı denetimli öğrenme için hiyerarşik bir modeldir. Bir karar ağacı iç karar düğümleri ve sonlanma dallarından oluşur. Bu algoritma uygulama alanına göre sınıflandırma veya regresyon analizi gerektiren çalışmalarda kullanılabilir. Regresyon

çalışmalarında sınıflandırma ağacına benzer bir ağaç yapısı oluşturulur ancak sınıflandırma için gerekli olan katıksızlık ölçüsünün regresyon çalışmalarında başka bir ölçüt ile değiştirilmesi gerekir. Bu algoritmayı matematiksel olarak ifade

$$b_m(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \in X_m: x \text{ reaches node } m \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Bir ağacın iyi bölünmesine, tahmini değerden elde edilen ortalama kare hatası ile karar verilir. Regresyon analizinde g_m değeri düğüm m 'de tahmin edilen değer olarak alındığında yeni elde edilen denklem şu şekilde olur;

$$E_m = \frac{1}{N_m} \sum_{k=0}^n (r^t - g_m)^2 b_m(x^t)$$
$$N_m = |X_m| = \sum_{k=0}^n b_m(x^t)$$

2.3. Adıyaman İlinin Güneş Enerji Potansiyeli ve Hava Kirliliği

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında olduğundan bu enerjiden maksimum düzeyde istifade edebilmek için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Güney Doğu Anadolu bölgesi Türkiye'de en çok güneş alan bölge ve Adıyaman ili ise bölgede ikinci en çok güneş alan bölge konumundadır. Özellikle Adıyaman ilinin kırsal bölgelerinde enerji verimliliğinin artırılması tarım ve hayvancılık açısından bölgeyi daha iyi konuma getirecektir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada birçok çiftçiye güneş enerji sistemi dağıtılmış ve böylece su ısıtma

etmek gerekirse; diyelim ki m düğümü için X_m, X' e ulaşan düğüm m 'in alt kümesidir.

Kökten m düğümüne kadar olan yolda bulunan karar düğümlerindeki tüm koşulları sağlayan $x \in X$ dizisidir.

E_m değeri m düğümünde varyans ile ilgilidir. Düğümüne ulaşan örneklerin istenen çıktılarının ortalaması bir düğümde kullanılır.

$$g_m = \frac{\sum_t b_m(x^t) r^t}{\sum_t b_m(x^t)}$$

Hata değeri bir düğüm için kabul edilebilirse ($E_m = \theta_r$), bir yaprak düğümü oluşturulur ve bu yaprak değeri g_m değerini saklar. Böylece, yaprak sınırlarında süreksiz parçalı bir sabit yaklaşım modeli yapılandırılmış olur. Eğer hata kabul edilebilecek boyutlarda değilse, m düğümüne ulaşan veriler, dallardaki hataların toplamının en küçük seviyede olacağı şekilde daha da bölünür [11].

amacıyla odun kullanılmasının önüne geçilmiştir. Özellikle Adıyaman ilinde sulama yapmak için güneş enerjisi kullanım sayısı her geçen gün artmaktadır [16]. Güneş enerjisinden elde edilecek enerji veriminin artırılması bölgedeki enerji üretim potansiyelini geliştirecektir. Ayrıca güneş enerji panellerinin optimizasyonu bu amaçla kıymetlidir. Bu optimizasyonu yapabilmek için çeşitli parametrelerin enerji verimliliğini ne düzeyde etkilediğinin araştırılmasına ihtiyaç vardır. Adıyaman ilinde hava kirleten bir madde olarak partiküllerin atmosferdeki salınımı oldukça fazladır. Adıyaman ilinde kurulu olan hava kirliliği istasyonunun saatlik ölçtüğü PM_{10} ve SO_2 kirlilik değerleri ile Adıyaman ilinde

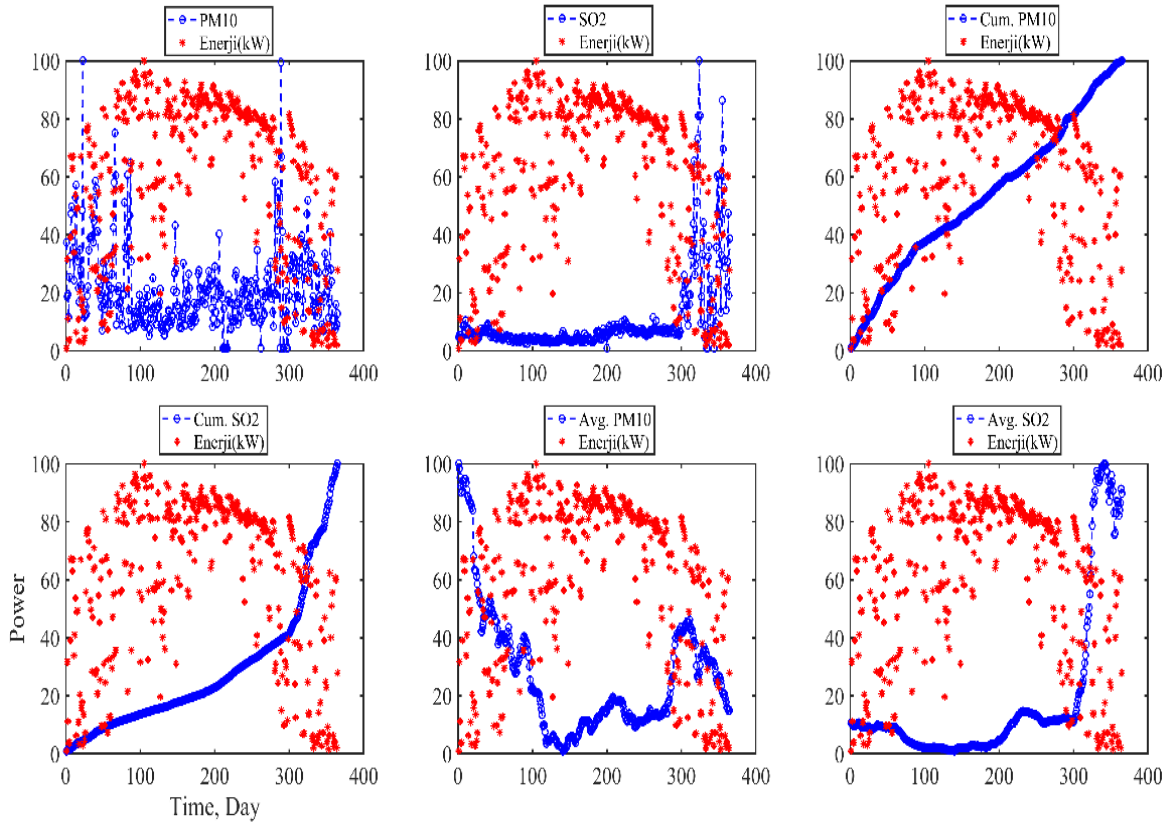
kurulu olan GES işletmelerinin saatlik olarak ürettiği enerji miktarları günlere göre incelendiğinde enerji verimliliğinin hava kirliliği ile ilişkisi ortaya konabilecektir. Böylece hava kirliliğine karşı alınabilecek tedbirlerin önemi ortaya konmuş olacak ve elde sonuçlar GES işletmecilerine yol gösterici nitelikte olacaktır.

3. DENEYSEL BULGULAR

Çalışma kapsamında Adıyaman ilinde kurulu olan bir GES işletmesinde 2018 yılı anlamak için tüm veriler görsel olarak çizilmiş ve bu şekilde incelenmiştir. Tüm girdi verilerine karşı üretilen enerji

için günlük olarak üretilen elektrik enerjisi ile yine Adıyaman iline ait hava kirliliği istasyonundan elde edilen PM₁₀ ve SO₂ hava kirletici değerleri arasında bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında hava kirlilik değerleri ile GES işletmelerinde üretilen enerjinin miktarı arasında bir model kurulmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmada, öncelikle toplanan veriler arasında görsel bir anlam olup olmadığını

miktarının çizdirildiği grafikler Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. PM₁₀, SO₂, Kümülatif PM₁₀, Kümülatif SO₂, Ortalama PM₁₀ ve Ortalama SO₂ girdi verileri ile GES’te bir yıl için üretilen enerji arasındaki ilişkiler

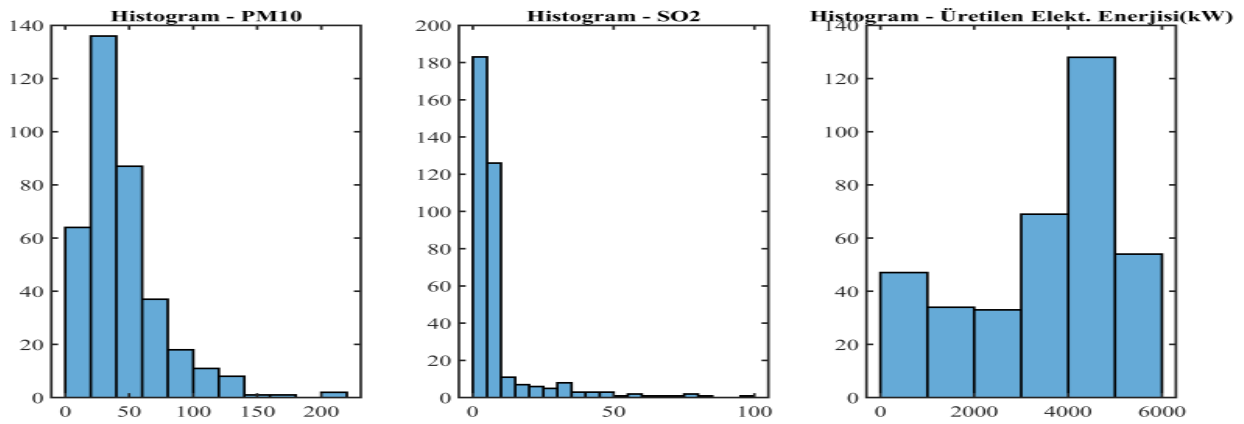
Şekil 1’de üst tarafta verilen grafiklerde, sağa doğru günlük PM₁₀ ortalaması ile üretilen enerji, günlük ortalama SO₂ verileri ile üretilen enerji ve kümülatif PM₁₀ verileri ile üretilen enerji verilerinin birbirine karşı çizimleri gösterilmiştir. Altta grafiklerde ise kümülatif SO₂, aylık ortalama PM₁₀ ve

aylık ortalama SO₂ verilerinin üretilen elektrik enerjisi verileri ile birlikte çizimleri gösterilmektedir. Şekil incelendiğinde, PM₁₀ ile üretilen enerji arasında, SO₂ ile üretilen enerji arasında, kümülatif PM₁₀ ve SO₂ ile üretilen enerjideki artış arasında ve son olarak bir aylık ortalama PM₁₀ ve SO₂

değerleri ile üretilen enerji arasında ters orantının olduğu anlaşılmaktadır. Yani Adıyaman ilinden alınan verilerin görsel incelenmesi neticesinde, kirlilik değerleri arttıkça üretilen enerji veriminde azalmanın yaşandığı görülmektedir.

Yapılan çalışmada geliştirilen modelde giriş için kullanılan hava kirliliği değerleri ve çıkış için kullanılan enerji verileri

arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığı *ttest* istatistiksel yöntemi ile test edilmiştir. Bu analiz öncesinde bir yıllık PM₁₀ ve SO₂ hava kirliliği değerleri ve GES'ten elde edilen enerji değerlerine ait histogramlar elde edilmiş ve bu histogramların normal bir dağılım gösterip göstermediği incelenmiştir. Bu histogramlar Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. PM₁₀, SO₂ ve örnek GES'ten bir yıl için üretilen enerji verilerine ait histogram gösterimleri

Bu şekil incelendiğinde enerji verilerinin normal dağılıma yakın bir görünümü olduğu, PM₁₀ verilerinin normal dağılımdan biraz uzak olduğu ve SO₂ verilerinin ise normal dağılımdan oldukça uzak olduğu

anlaşılmaktadır. Ayrıca tüm giriş verileri ile çıkış verileri arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını anlamak için tüm girdi verileri tek tek çıktı verisi ile ikili bağımsız *ttest*'ine tabi tutulmuştur. Bu test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Tüm giriş verileri ile çıkış verisi arasındaki hipotez testi

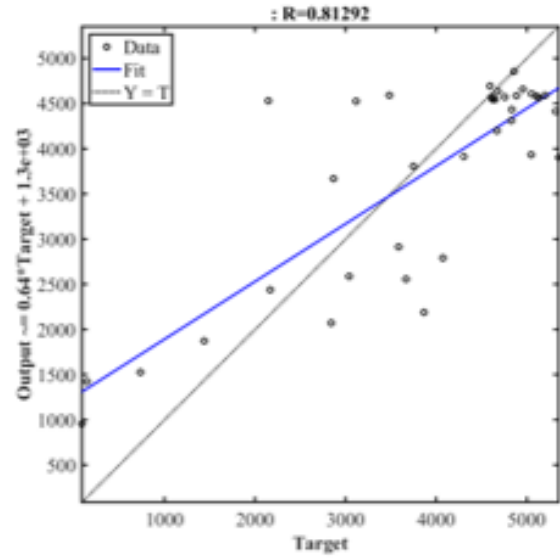
	PM10- Enerji	SO2- Enerji	Kümülatif PM10 - Enerji	Kümülatif SO2 - Enerji	Aylık Ortalama PM10 - Enerji	Aylık Ortalama SO2 -Enerji
h	1	1	1	1	1	1
p (e-189)	6,06	3,2	4,5	1,97	1,39	1,86
Güven aralığı (ci-e+03)	-3,61/- 3,27	-3,64/ -3,31	1,08/1,17	-2,50/-2,13	-3,60/-3,27	-3,64/-3,31

Parametre	Çıkan Değer
r	0,81
R^2	0,66
Ortalama Mutlak Hata	664,48
Karekök Ortalama Hata	852,38

Yapılan hipotez testinde tüm giriş verileri ayrı ayrı olacak şekilde çıkış verisi ile anlamlı olarak ilişkili olup olmadığı araştırılmıştır. Tablo 2’de verilen araştırma sonuçlarına göre hiçbir giriş verisi tek başına çıkış verisi ile istatistiksel olarak anlamlı olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum h hipotez değerlerinin 1 çıkmasından anlaşılmaktadır. Tabloda verilen h değerleri 1 ise hipotezin ret edildiği, 0 ise hipotezin kabul edildiği anlaşılmaktadır. Tabloda verilen p değeri 0 ile 1 arasında değerler alabilir. Bu parametre 0’a yakın değerler aldığıda hipotezin geçerliliği şüpheye girer. İki bağımsız popülasyon arasında güven aralığı ci ile verilmektedir. Bu değer hipotez testi sonucunda alt ve üst sınırları içeren iki elemanlı bir vektör olarak döner.

Yapılan diğer bir analiz çalışmasında ise karar ağaçları yöntemi ile bir model ortaya konmaya çalışılmıştır. Yapılan regresyon uygulamasında hava kirliliği verileri giriş verisi olarak ve üretilen elektrik enerjisi çıkış verisi olarak algoritmaya beslenmiştir. Regresyon uygulamasında verilerin %90’ı eğitim, geri kalan %10’u (36 adet) ise test için rastgele tercih edilmiştir. Karar ağacı algoritması ile uygulanan regresyon modeline göre elde edilen bulgular aşağıdaki tabloda verilmiştir. Ayrıca tahmin edilen 36 adet veri kullanılarak elde edilen regresyon çizimi Şekil 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. Karar ağacı regresyon algoritmasına ait sonuçlar



Şekil 3. Regresyon grafiği

4. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada, Adıyaman ilinde 2018 yılına ait hava kirliliği verileri ile, bir GES işletmesinden yine aynı yıl için elde edilmiş üretilen enerji miktarları arasında bir ilişkinin varlığı görsel incelemeyle, istatistiksel bir yöntemle ve bir regresyon uygulaması ile ortaya konmuştur. Yapılan çalışmada görsel olarak elde edilen bulgular incelendiğinde hava kirlilik parametrelerinden hem PM_{10} hem de SO_2 ile enerji üretimi arasında bir ters orantının varlığının söz konusu olduğu gözlenmiştir. Yani bu bulguya göre, kirlilik arttıkça GES’lerde üretilen enerjinin miktarında bir azalma olduğu sonucuna varılmıştır. Anacak diğer bir taraftan hava kirlilik verileri ile üretilen enerji miktarı arasında

iki yönlü bağımsız *t*test istatistiksel yöntemi uygulandığında, bu iki veri türü arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu ile ilgili hipotezin reddedildiğini gözlemlenmiştir. Yapılan diğer bir analizde ise karar ağacı regresyon yöntemi kullanılarak hava kirliliği ile GES'te üretilen elektrik enerjisi arasında bir model tasarımının yapılabileceği sorusuna cevap aranmıştır. Analiz sonucunda R^2 değeri 0,66 olarak bulunmuştur. Bu sonuç modelin başarılı bir şekilde kurulamadığını bize göstermiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada hava kirliliği ile güneş enerjisine dayalı olarak üretilen elektrik enerji miktarı arasında tam bir modelin kurulamadığı söylenebilir. Hava kirliliği ile üretilen elektrik enerjisi arasında tek başına bir model kurulması pek mümkün görünmemek ile birlikte, meteorolojik diğer veriler ile üretilen elektrik enerjisi arasında bir model kurulduğunda hava kirliliği parametrelerinin modele anlam katacağı ve bu modele dâhil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Akyüz, E. (2015). Çevre sorunları ve insan hakları ilişkisi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(15), 427-436.
- [2] Taktak, F., & Mehmet, I. L. I. (2018). Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği. *Geomatik*, 3(1), 1-21.
- [3] Çukur, H., & Aygören, T. (2018). Denizli'de Hava Kirliliği Ve Klimatik Özellikler Arasındaki İlişki
- [4] Demirtaş, M., Akkoyun, N., Akkoyun, E., & Çetinbaş, İ. (2019). Akıllı Şebekelerde Güneş Enerjisi Üretimine Zamana Bağlı Olasılıksal Tahmini. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 7(2), 411-424.
- [5] Asl-Soleimani, E., Farhangi, S., & Zabih, M. S. (2001). The effect of tilt

angle, air pollution on performance of photovoltaic systems in Tehran. *Renewable Energy*, 24(3-4), 459-468.

- [6] Khan, M. F., Hirano, K., & Masunaga, S. (2010). Quantifying the sources of hazardous elements of suspended particulate matter aerosol collected in Yokohama, Japan. *Atmospheric environment*, 44(21-22), 2646-2657.
- [7] Liu, Y. J., Zhang, T. T., Liu, Q. Y., Zhang, R. J., Sun, Z. Q., & Zhang, M. G. (2014). Seasonal variation of physical and chemical properties in TSP, PM10 and PM2.5 at a roadside site in Beijing and their influence on atmospheric visibility. *Aerosol and Air Quality Research*, 14(3), 954-969.
- [8] Özbeyaz, A., Tufaner, F., & Demirci, Y. (2016, October). Partikül madde ile ilişkili görüntüleri kullanarak hava kirliliği tahminine ait bir model tasarımı. In *1st International Mediterranean Science and Engineering Congress*. Çukurova University, October (Vol. 26, No. 28, pp. 969-975).
- [9] Turalioğlu, F. S., Nuhoglu, A., & Bayraktar, H. (2005). Impacts of some meteorological parameters on SO2 and TSP concentrations in Erzurum, Turkey. *Chemosphere*, 59(11), 1633-1642.
- [10] E. Alpaydın, *Introduction to Machine Learning*. Cambridge, Massachusetts London England, 2004.
- [11] Gunaydin, O., Ozbeyaz, A., & Soylemez, M. (2019). Estimating California Bearing Ratio Using Decision Tree Regression Analysis Using Soil Index and Compaction Parameters. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 7(1), 30-33.
- [12] G. H. Güzel and H. Demirel, (2017) "Meteorolojik Veriler Kullanılarak Kastamonu İli Güneşlenme Şiddetinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini," *Technol.*

Appl. Sicences, vol. 12, no. 114–121, pp. 9–15.

[13] Figen, B. A. L. O. (2018). Veri analizi modeli ile Çanakkale ili için güneş enerjisi potansiyelinin araştırılması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 9(1), 143-152.

[14] Kılıç, B., & Kumaş, K. (2019). Burdur İli Güneşlenme Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Metodu İle Tahmini. Teknik Bilimler Dergisi, 6(1).

[15] Turgut, A., Temir, A., Aksoy, B., & Özsoy, K. (2019). Yapay Zekâ Yöntemleri İle Hava Sıcaklığı Tahmini İçin Sistem Tasarımı Ve Uygulaması. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 3(3), 244-253.

[16] Behçet, R., Oral H., & Gül H., (2013). Adıyaman ilinin güneş enerjisi potansiyeli ve kullanımı. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 3(2), 52-67.