

BİDGE Yayınları

Makine Teknolojileri ve Taşıt Enerji Sektörleri İçin Malzeme ve
Tasarım Metodları III

Editör: Doç. Dr. Murat MAKARACI

ISBN: XXXXXX

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2023

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



ÖNSÖZ

Mühendislik ve teknolojik gelişmelerin temelini üretici ve tüketiciye uygun standartlarda, yüksek performanslı, verimliliği kabul edilebilir ve maliyet etkin çözümler oluşturmaktadır. Bu bağlamda, en temel ihtiyaçlar olan su, buğday (gıda) ve petrol (enerji) eksenli döngülerinin yanında talep edilen hız, dayanıklılık ve kalite faktörlerini içeren inovatif yaklaşımlar teknolojiye yön verebilmektedir.

Katkı sunan yazarlarımıza teşekkür ederken, sonuçların ülkemize ve dünyaya faydalı olması temennilerimi arz eder, saygılarımı sunarım.

Editor

Doç.Dr. Murat MAKARACI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER	4
İÇİNDEKİLER	8
Üzüm Kurutma İşleminin Güneş Bacası Sera Örtüsü Altında Uygulanabilirliğinin Araştırılması	10
Ali Serkan AVCI	10
Hakan KARAKAYA	10
Bulanık Mantık İle Taşıt Engel Tanıma Simülasyonu	25
Aslan ÇOBAN	25
Hüseyin KAHRAMAN	25
Emrehan BAYHAN	25

Elektrikli Araçlarda Araç İçi Klima Sisteminin Batarya Isıl Yönetim Sistemlerine Etkisi	40
Osman Bedrettin KARATAŞ	40
Umutcan ŞİMŞEK.....	40
Kemal Furkan SÖKMEN	40
Yenilikçi Buzlu Su Teknolojisi Kullanımıyla Beton Santrali Soğutma Sistemi	55
Ramazan Çağıl ÇİÇEKDİKEN	55
Aşkın ŞAHİN	55
Özkan İNER	55
Ali KİBAR	55

BİDGE Yayınları

Makine Teknolojileri ve Taşıt Enerji Sektörleri İçin Malzeme ve
Tasarım Metodları III

Editör: Doç. Dr. Murat MAKARACI

ISBN: XXXXXX

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2023

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için
yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni
olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İÇİNDEKİLER	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Yapılara Entegre Güneş Pilleri ve Türkiye’deki Son Durumu	Hata!
Yer işareti tanımlanmamış.	
Ahmet ÇAĞLAR.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Ahmet ÇOŞGUN.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
H-Darrieus Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinlerinde Boşluk Yapısı	
Uygulamaları.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Himmet Erdi TANÜRÜN	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
L Tipi Isı Borusunda Değişen Akışkan Devisinin Isı Transfer	
Değişimine Etkisi	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Mehmet Akif KARTAL	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

Otomatik Kontrollü Briketleme Aracı Tasarımı ... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Abdulkadir İNCİ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Burcu YALÇINSOY KARADAYI..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Aden GÜNSÜREN..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Berat Fırat DALĞIÇ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

İçten Yanmalı Motorlarda Kam Mili Modifikasyonu**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Mustafa AYDIN **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Emre ARABACI **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Ferdi Mert ÇELİK..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Havacılık Uygulamalarında Karbon Temelli Kompozit Malzemeler
..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Yasin AKIN..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Kubilay HAN **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Ömer ÇERLEK **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Yüksek mukavemetli Dillimax 960 çeliğinin kuru ve taşkın
soğutma ortamlarında işlenebilirlik parametrelerinin araştırılması
..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Serhat ŞAP **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Üsâme Ali USCA **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Ünal DEĞİRMENCİ **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

BÖLÜM I

Üzüm Kurutma İşleminin Güneş Bacası Sera Örtüsü Altında Uygulanabilirliğinin Araştırılması

Ali Serkan AVCI¹
Hakan KARAKAYA²

Giriş

Gıdaların depolanması için geçici ve kalıcı saklama yöntemleri uygulanmaktadır. Kurutma, suyun maddeden uzaklaştırılması olarak tanımlanan prosedürdür. Gıda kurutma, meyve ve sebzelerin sahip oldukları su miktarını %80-90'dan %10-20'ye düşürerek uzun süre dayanmasını sağlayan işlemdir. Ülkemizde meyve sebze kurutma işlemi büyük oranda açık havada yapılan doğal kurutma işlemidir. Doğal kurutma, radyasyonun ısı enerjisini kullanılarak ürünün su içeriğinin azaltıldığı kurutma türüdür. Bu yöntem oldukça yaygındır çünkü ek enerji gerektirmez

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Batman Üniversitesi

² Doç. Dr., Batman Üniversitesi

ve kurulum maliyeti yoktur. Fakat farklı ürün boyutları ve lokal ışınlım farklılıkları nedeniyle üniform bir kurutmanın sağlanamaması, kuruma süresinin uzunluğu ve tarım ürünündeki su miktarının belirli bir noktanın altına düşmemesi gibi olumsuz yönleri de vardır. Bu nedenle sebze ve meyveleri kurutma amacıyla, havayı ısıtmak için güneş enerjisinden yararlanan ve güneş enerjisiyle çalışan kurutucular geliştirilmiştir. Güneş enerjisi ile kurutma yöntemi, kurutucuda hava sirkülasyonu tekniğine göre pasif ve aktif olmak üzere iki gruba ayrılır. Pasif kurutucularda, hava sirkülasyonu termal güç vasıtasıyla etkinleştirilir. Aktif kurutucularda hava sirkülasyonu elektrikli fan ile sağlanır. Aktif kurutucular, pasif kurutuculara göre daha hızlı kurutmayı kolaylaştırırsa da, elektriğin olmadığı yerlerde aktif kurutucular kullanılamaz (Gülçimen & ark., 2016). Bu çalışmada pasif güneş kurutucu sistemi olarak güneş bacası incelenmiştir.

Güneş bacası sistemleri; baca, kolektör ve türbinden oluşmaktadır. Kolektör, içindeki havayı ısıtmak için güneş ışınlımını toplamaktır. Doğal ısıl taşınım vasıtasıyla sıcak zemin havayı ısıtarak yukarıya doğru yükselmesini sağlar. Sistem içerisindeki hava yoğunluğu aynı yükseklikteki ortama göre daha düşük olduğundan itici güç görevi görmektedir. Kolektörün ortasına yerleştirilen baca yardımıyla yüksek basınç diferansiyel sistemi ile ortam arasında sürekli bir hava akışı oluşturulur. Böylece kolektör etrafına daha fazla hava çekilir ve zorlanmış konveksiyon başlar. Isıtılan hava daha sonra bacadan yüksek hızda yükselir. Eksenel akışlı bir türbin, büyük bir basınç düşüşünün olduğu bacanın tabanına veya kolektör çıkışının yakınına yerleştirildiğinde, havanın potansiyel ve termal enerjisi kinetik enerjiye ve son olarak da elektrik enerjisine dönüştürülür. (Ming, 2016). Literatürde güneş bacası sera örtüsü altında sadece belirli iklim kuşaklarında sınırlı tarım ürünleri ile kurutma işlemi yapılmıştır. Faouzi (2020), bir güneş bacası prototipinde muz ve şeftali örneklerinin kurutma kinetiklerini araştırmıştır. Ferreira & ark. (2008) bir güneş bacasının tarım ürünlerini kurutmak için fizibilitesini incelemişlerdir. Çetinbaş (2022) güneş bacası altında farklı boyutlarda dilimlenmiş (3mm,

5mm,7mm) ilek dilimlerinin kurutma kinetiklerini deneysel olarak araştırmıştır. Güneş enerjili kurutma yöntemlerinde ise yazarlar farklı kolektörler tasarlayarak kurutma üzerine çeşitli deneyler yapmışlardır (Kurtbaş & Durmuş ark., 2004). Ceylan & ark. (2006) alışmalarında tasarladıkları güneş enerjili bir kurutucuda kurutma performansını incelemişlerdir. Koua & ark. (2009), güneş kurutucusunda muz ve mangonun ince tabaka kurutma davranışını deneysel olarak araştırmışlardır. Akpınar (2010), nane yapraklarını güneş altında ve güneş enerjisi kurutucusunda ince tabaka kuruma özelliklerini araştırmıştır.

zm kurutma teknikleri incelendiğinde ise Yaldız & Ertekin (2001), ekirdeksiz kuru üzümlerin güneş enerjisi kurutucuları ile ince tabakalar halinde kurutulmasını modellemiştir. Doymaz (2006), bir laboratuvar kurutucusunda siyah üzümlerin ince tabaka kurutma davranışlarını incelemiştir. Barnwal & Tiwari (2008) bir hibrit fotovoltaiik-termal (PV/T) sera kurutucuyu ekirdeksiz üzümlerin kurutma kinetiklerini araştırmak için tasarlamışlardır. Abuşka & Doğan (2010), sultani ekirdeksiz zm ısı pompalı kurutucuda deneysel olarak araştırmışlardır. Karacabey & ark. (2020) sultani ekirdeksiz üzüm örneklerini mikrodalga ve sıcak hava yöntemi ile kurutma kinetikleri ve enerji tüketim değerlerini incelemişlerdir. Literatür incelendiğinde güneş enerjili kurutma teknikleri arasında güneş bacası sera örtüsü altında yapılan tarımsal ürünlerin kurutma dinamiklerine ait çalışmaların eksikliği dikkat çekmiştir.

Bu alışma ile sıcak yaz Akdeniz iklimi (Csa) olarak sınıflandırılan bölgede yer Batman ilinde güneş bacasının sera örtü yüzeyi altında Sultani ekirdeksiz üzüm kurutmanın uygulanabilirliği incelenmiş ve doğal (açık havada) kurutma ile elde edilen deneysel verileri kıyaslanmıştır.

Deneysel Yöntem

şekil 1’de Batman Üniversitesi Batı Raman yerleşkesinde 2017 yılında kurulmuş olan güneş bacası prototipinin deney düzeneğinin ilk hali gösterilmiştir. Güneş bacası sistem verimliliğini

güneşlenmenin olmadığı gece saatlerinde arttırmak için kolektör beton yüzeyi siyah renge boyatılmış ve kolektör alanı coğrafi yöne bağlı 4 bölgeye plakalar ile ayrılmıştır. Deneyin yapıldığı Batman ili 37.8874° K ve 41.1322° D koordinatlarında yer alır. Türkiye'nin ortalama ışıınım değeri $50290 \text{ W/m}^2/\text{gün}$ iken Batman'ın $51640 \text{ W/m}^2/\text{gün}$ 'dür. Bu değeri bölgenin güneş ışıınımı açısından avantajlı bir konumda olduğunu göstermektedir.

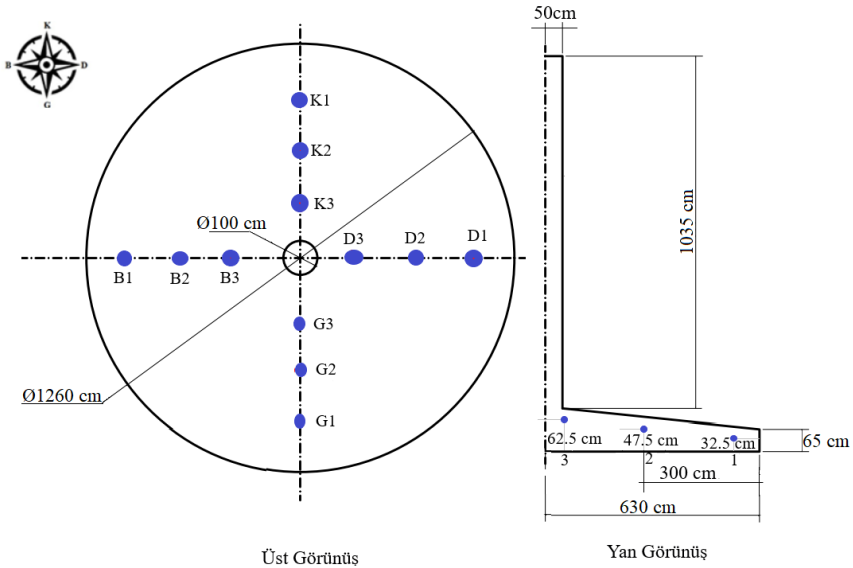


Şekil 1. Güneş Bacası Prototipi

Kurutma deneyleri temmuz ayında kurutmanın tamamladığı 7.5 gün boyunca yapılmıştır. Güneş bacası sera örtüsü altında çekirdeksiz yaklaşık aynı boyuttaki yaş üzümler 1 kg'lık numunelere ayrılarak dış ortam ile 4 farklı coğrafi yönde ve her bir yönün 3 farklı noktasında (Kolektör giriş, orta kısım ve baca girişi) kurutulmuştur (Şekil 2, Şekil 3). Deney verileri için kurutma günlerine ait güneş radyasyonu ile güneş bacasında toplam 12 farklı noktada hava sıcaklığı, hava hızı ve üzüme ait kütle değişimi ölçülmüştür. Ayrıca

doğal ortamda kurutma için ortam sıcaklığı ve kütle değerleri ölçülmüştür.

Kurutmada hava hızından en yüksek performansı alabilmek için güneş bacası hava hızı akış modellemesi (Avcı, 2022) dikkate alınarak, numuneler file yardımıyla önceden belirlenen yüksekliklere konumlandırılmıştır. File kullanımı ile hem homojen kurutma sağlanmış hem de zeminde toz ve böceklerle karşı koruyuculuk sağlanmıştır. Güneş bacasının baca uzunluğu 11.5 m, baca çapı 1 m ve kolektör alanı ise 105.68 m²'dir. Herhangi bir ön işlemiden geçmemiş çekirdeksiz üzümün kurutma verileri için K tipi termokupl bağlantılı Elimko E-680 datalogger cihazı ile sıcaklık, UNIT UT362 model anemometre ile hava hızı, Solar Meter SM206 cihazı ile güneş ışınımı ve SF 400A hassas tartı ile üzüm kütle değişim ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4).



Şekil 2. Güneş bacası prototipine ait teknik çizim ve ölçüm noktaları



Şekil 3. Üzüm numuneleri a) Sera altı yaş üzüm b) Sera altı kuru üzüm c) Dış ortam yaş üzüm



Şekil 4. Ölçüm cihazları; a) Elimko E-680 datalogger b) UNIT UT362 anemometre c) Solar Meter SM206 d) SF 400A hassas tartı

Hesaplama Yöntemi

Kurutma işlemi mahsul içerisinde bulunan nemin üründen uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Sultani çekirdeksiz üzümde bulunan nem miktarının hesaplanabilmesi için nem oranı, nem içeriği ve yüzdelik nem değişimi hesaplanmalıdır.

Nem oranı, herhangi bir zamanda kurutulan ürünün içerisindeki nem miktarının ürünün başlangıçtaki nemine olan oranıdır. Nem oranı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (1)$$

Burada, MR: nem oranı M_o : ürünün ilk kütlesi, M_s : ürünün içerisinde bulunan su kütlesi, M_t : t anındaki ürünün kütlesi, M_e : ürünün kuru kütlesini ifade etmektedir. Ürün içerisindeki su miktarının ölçüsü olarak nem içeriği, yüzdelik değişimi için ise yüzdelik nem ifadesi kullanılmaktadır.

$$Nem\ İçeriği = \frac{M_t - M_e}{M_e} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} Nem\ Değişimi\ (\%) &= \frac{M_s}{M_o} \times 100 \\ &= \frac{M_t - M_e}{M_s + M_e} \times 100 \end{aligned} \quad (3)$$

Hata Analizi

Deney sonuçlarının hata analizini belirlemek için Kline (1953) tarafından önerilen "belirsizlik analizi" hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Çeşitli bağımsız değişkenlerden dolayı WR'nin belirsizliği aşağıdaki denklemle verilmektedir (Holman, 1971):

n adet bağımsız değişkeni olan bir ölçmede;

- R : Ölçülecek boyut
- $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$: ölçümü etkileyen değişkenler
- $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$: bağımsız değişkenle ilgili hata oranı ise
- Toplam hata oranı WR:

$$W_R = [(\frac{\partial R}{\partial x_1} w_1)^2 + (\frac{\partial R}{\partial x_2} w_2)^2 + (\frac{\partial R}{\partial x_3} w_3)^2 + \dots + (\frac{\partial R}{\partial x_n} w_n)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$U_R = [(\frac{x_1}{R} \frac{\partial R}{\partial x_1} U_1)^2 + (\frac{x_2}{R} \frac{\partial R}{\partial x_2} U_2)^2 + \dots + (\frac{x_n}{R} \frac{\partial R}{\partial x_n} U_n)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

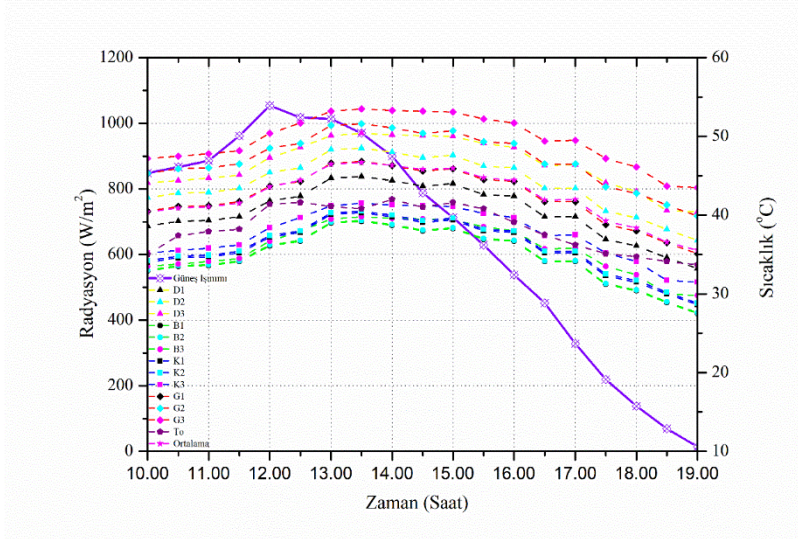
Bu çalışmada ışıınım, sıcaklık, hız ve kütle ölçümleri deneysel olarak yapılmıştır. Yapılan ölçümlerle ilgili belirlenen hata değerleri Tablo 1.' de sunulmuştur.

Tablo 1. Hata Analizi

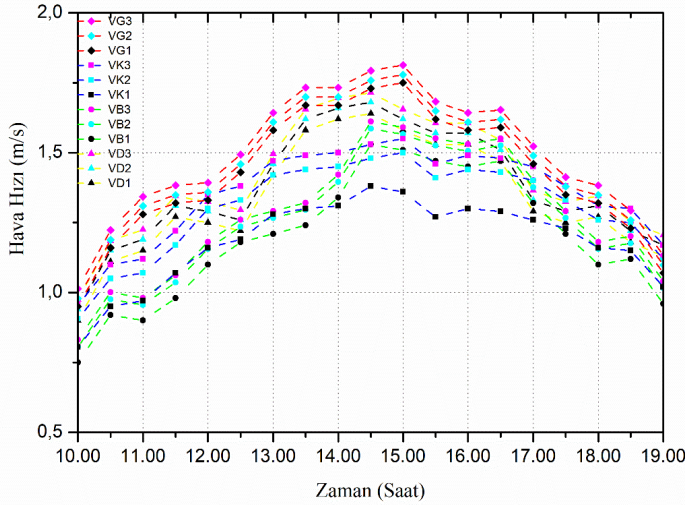
Ölçümler	Sıcaklık (%)	Hız (%)	ışıınım (%)	Kütle (%)
Kalibrasyon işleminde oluşabilecek belirsizlik (U1)	0.5	0.2	0.5	0.1
Cihaz Hatası (U2)	1	3.5	5	0.1
Konum Hatası (U3)	0.5	1	1	-
Sıcaklık Değişim Hatası (U4)	-	0.5	-	0.5
Toplam Hata (UR)	1.22	3.67	5.12	0.74

Bulgular ve Tartışma

Güneş bacası sera örtüsü altında 12 farklı nokta ile açık havada beton üstü bez sergide sıcaklık ve hız verileri incelenmiştir. Kurutma süresi 7.5 gün sürdüğü için sıcaklık, radyasyon ve hız değerlerinin 10:00 ile 19:00 saatleri arasındaki günlük ortalama değerleri verilmiştir. Bu değerler ile kurutmanın en yüksek ve en düşük olduğu bölgeler analiz edilmiştir. Güneş bacası içerisinde ortalama sıcaklığın en fazla olduğu bölgenin 49.2°C ile güney baca giriş bölgesi (G3), en düşük bölgenin ise 34.3°C ile batı kolektör giriş bölgesi (B1) olduğu saptanmıştır. Güneş bacası sera örtüsü altındaki toplam 12 farklı noktanın sıcaklık ortalaması ise 40°C olarak hesaplanmıştır. Ayrıca dış ortam sıcaklık ortalaması 37.9°C olarak belirlenmiştir. Anlık güneş ışınım değerinin ise maksimum 1054 W/m^2 olduğu gözlemlenmiştir. Kurutma sırasında en düşük ortalama hava hızı 1.18 m/s ile kuzey kolektör giriş bölgesinde (K1) en yüksek ortalama hava hızı 1.48 m/s ile güney bölgesi baca giriş bölgesinde (G3) ölçülmüştür. Grafik 1’de güneş bacasına ait sıcaklık ve radyasyon değerleri, Grafik 2’de ise hava hızı grafiği verilmiştir.



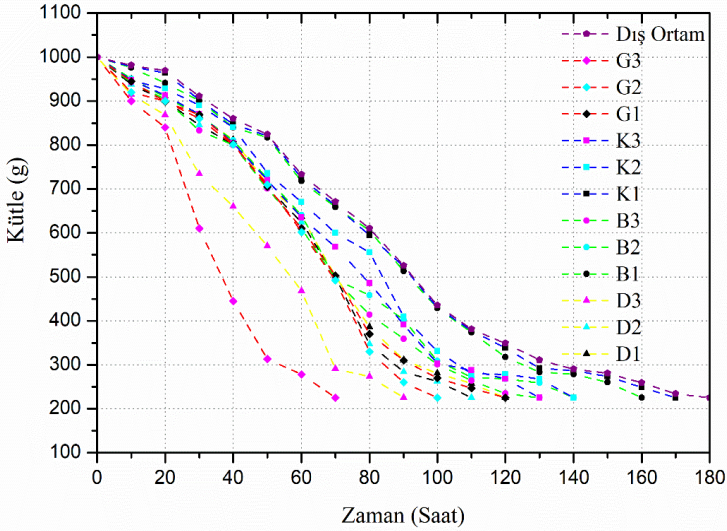
Grafik 1. Güneş bacasına ait sıcaklık ve radyasyon değerleri



Grafik 2. Güneş bacasına ait hava hızı değerleri

Kurutulan üzümün kuru kütleleri 225 grama ulaştığı anda kütle değişim miktarlarının neredeyse durma noktasına geldiği saptanmıştır. Böylece numune içerisindeki nem miktarının istenilen seviyeye ulaştığı düşünülerek kurutma işlemi tamamlanmıştır. Grafik 3 incelendiğinde minimum kurutma süresinin 70 saat ile en yüksek sıcaklık ve hız değerlerine sahip güney bölgesi baca giriş noktasında (G3) olduğu, maksimum kurutma süresinin ise 170 saat ile kuzey kolektör giriş bölgesinde (K1) olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak güney bölgesi ortalama kurutma süresinin 96 saat, doğu bölgesi ortalama kurutma süresinin 106 saat, batı bölgesi ortalama kurutma süresinin 143 saat ve kuzey bölgesi ortalama kurutma süresinin 146 saat olduğu tespit edilmiştir. Güneş bacası sera örtüsü altında tüm bölgedeki ürünlerin ortalama 40°C, kurutma havası sıcaklığında ortalama kurutma süresinin 123 saat olduğu belirlenmiştir. Açık hava beton üzeri bez sergide yapılan kurutma işleminde ise üzümler ortalama 37.9 °C kurutma havası sıcaklığında 180 saatte kurutulmuştur. Kurutma sürelerinde sıcaklıkla birlikte hava hızı da önemli bir parametredir. Güneş bacası alanında yapılan

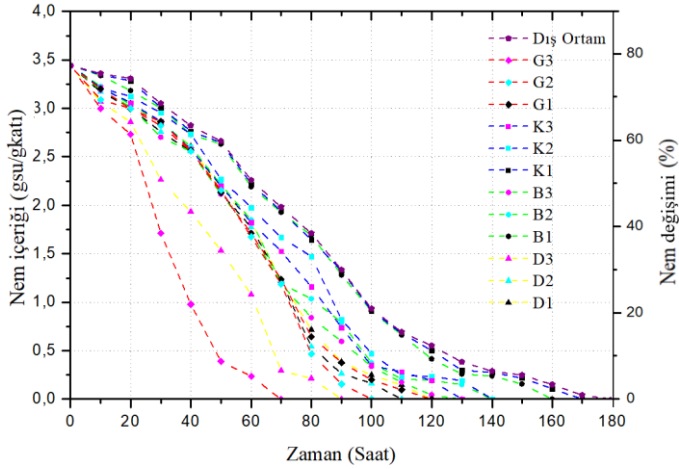
kurutmadaki hava hızlarının ve sıcaklıkların doğal ortama nazaran yüksek olması kurutma sürelerinin düşmesine sebep olmuştur. Böylece güneş bacası serası altında kurutma süresinin %68.3 azaldığı gözlemlenmiştir.



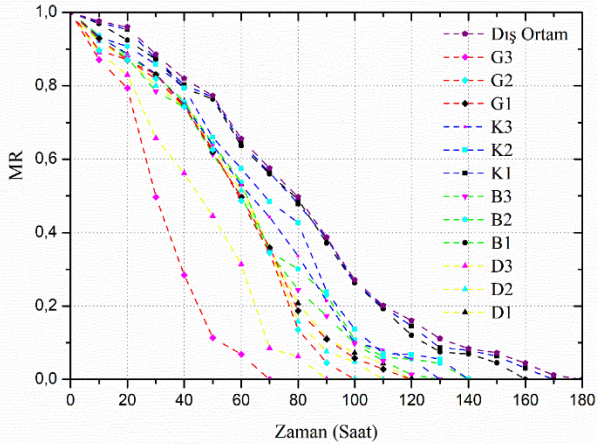
Grafik 3. Sera örtü yüzeyi altı ile doğal ortamdaki üzümün kütle değişimi

Yapılan kurutma işleminde ürün nem kaybının 225 gramda durması bu değerin denge nemine ulaştığı göstermektedir. Deneylerimizde denge nemi %77.5 olarak tespit edilmiştir. Literatürle kıyaslandığında bu değerin uyumlu olduğu görülmüştür (Jaiarji & ark., 2009). Yaş üzüm içerisindeki nem miktarının kuru üzüm içerisindeki nem miktarına oranının ise 3.44 olduğu belirlenmiştir. Kütle değişimi durma noktasına ulaştığında nem miktarı sıfır olarak varsayılmaktadır. Ancak bu ürün içerisindeki nemin tamamen bittiği anlamına gelmez. Kurutulmuş ürünler içerisinde her zaman bir miktar su olması istenen bir durumdur. TS 3411 standardına göre kuru üzümelerde nem oranı %13'ten az %18'den yüksek olamamalıdır. Açık hava sergi ile sera örtüsü

altındaki 12 farklı noktada nem içeriği ve nem değişiminin (%) kurutma zamanı ile değişimi Grafik 4'te, nem oranı (MR) ile kuruma zamanı değişimi ise Grafik 5'te gösterilmiştir.



Grafik 4. Sera örtü yüzeyi altı ile doğal ortam nem içeriği ve nem değişimi



Grafik 5. Sera örtü yüzeyi altı ile doğal ortamdaki üzümün nem oranı (MR)

Sonuç

Bu çalışma ile güneş bacası sisteminde başka herhangi bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulmadan tarımsal ürünlerden çekirdeksiz Sultani üzümün kurutma süresinin azaltılarak açık hava sergide kurutmaya göre %68.3 daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Üzümlerin kuruma özelliklerini arttırmak için potasyum karbonat-zeytinyağı karışımı (potasa) çözeltisine bandırma işleminin yapılabilir.

Güneş bacası sisteminde yenilenebilir enerji kaynağı ile elektrik üretimi yapılırken aynı anda ürün kurutma işlemi sağlanabilmektedir. Böylece tek bir enerji kaynağı kullanılarak ekonomik ve çevreci bir sistemin uygulanabilirliği gösterilmiştir. Sera örtüsü altında en uygun kurutma bölgesinin sıcaklık, hava hızı ve radyasyona bağlı olarak ortalama 96 saat ile güney tarafı olduğu belirlenmiştir. Güneş bacası sisteminde farklı tarımsal ürünlerin kurutma performansı incelenebilir ve farklı kurutucular ile kıyaslanabilir. Kurutma performansı üzerinde lokasyon, mevsim ve üründen dolayı oluşabilecek farklılıklar araştırılabilir. Güneş bacasında kurutma işleminin elektrik üretimine etkisi ayrıca araştırılabilir.

Teşekkürler

Bu çalışma Batman Üniversitesi Proje Ofisi Koordinatörlüğünün BTÜBAP-2021-YL-07, BTÜBAP-2013-MMF-2 nolu projeleri ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Abuşka, M., & Doğan, H. (2010). Endüstriyel Tip Isı Pompalı Kurutucuda Çekirdeksiz Üzümün Kurutulması. Politeknik Dergisi, 13(4), 271-279.

Akpınar, E. K. (2010). Drying of mint leaves in a solar dryer and under open sun: modelling, performance analyses. Energy conversion and management, 51(12), 2407-2418.

Avcı, A. S., Karakaya, H., & Durmuş, A. (2020). Numerical And Experimental Investigation Of Solar Chimney Power Plant System Performance. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, And Environmental Effects, 1-19.

Barnwal, P., & Tiwari, G. N. (2008). Grape Drying By Using Hybrid Photovoltaic- Thermal (PV/T) Greenhouse Dryer: An Experimental Study, Solar Energy, 82 (12), 1131-1144.

Ceylan, İ., Aktaş, M. & Doğan, H. (2006). Güneş Enerjili Kurutma Fırınında Elma Kurutulması. Politeknik Dergisi, Cilt 9, Sayı 4: 289-294.

Çetinbaş, A. (2022). Güneş bacası sera örtüsü altında tarım ürünlerinin kurutulması; Batman Sason çileği örneği (Master's thesis, Batman University).

Doymaz, (2006). Drying Kinetics Of Black Grapes Treated With Different Solutions, Journal Of Food Engineering, 76 (2), 212-217.

Ferreira, A. G., Maia, C. B., Cortez, M. F., & Valle, R. M. (2008). Technical Feasibility Assessment Of A Solar Chimney For Food Drying. Solar Energy, 82(3), 198-205.

Faouzi, N. (2020). Solar Thermal Drying Performance Analysis Of Banana And Peach In The Region Of Gafsa (Tunisia), Case Studies In Thermal Engineering, Volume 22.

Gulcimen, F., Karakaya, H., & Durmus, A. (2016). Drying Of Sweet Basil With Solar Air Collectors. *Renewable Energy*, 93, 77-86.

Jairaj, K. S., Singh, S. P., & Srikant, K. (2009). A review of solar dryers developed for grape drying. *Solar energy*, 83(9), 1698-1712.

Karacabey, E., Aktaş, T., Taşeri, L., & Seçkin, G. U. (2020). Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinde Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kurutma Kinetiği, Enerji Tüketimi Ve Ürün Kalitesi Açısından İncelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 53-65.

Koua, K. B., Fassinou, W. F., Gbaha, P., & Toure, S. (2009). Mathematical modelling of the thin layer solar drying of banana, mango and cassava. *Energy*, 34(10), 1594-1602.

Kurtbas I, & Durmus, A. (2004). Efficiency and Exergy Analysis Of A New Solar Air Heater, *Renewable Energy* 29 1489-1501.

Ming, T. (2016). *Solar Chimney Power Plant Generating Technology*. Academic Press.

Yaldiz, O., Ertekin, C., & Uzun, H. I. (2001). Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy*, 26(5), 457-465.

BÖLÜM II

Bulanık Mantık İle Taşıt Engel Tanıma Simülasyonu

Aslan ÇOBAN¹
Hüseyin KAHRAMAN²
Emrehan BAYHAN³

Giriş

Yapay zeka teknolojileri günümüzde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Her ne kadar son yıllarda adından sıklıkta bahsettirse de yapay zekâ teknolojisi temel itibariyle 1950’li yıllara kadar dayanmaktadır. Teorik olarak ise yapay zekâ kavramı daha da eskilere gitmektedir. 18.yy’da yaşamış filozoflar insan gibi düşünen akıllı bir makinenin olasılığından bahsetmektedirler. Örnek olarak, Rene Descartes, yapay zekânın bir metafordan ziyade böyle bir makinenin olasılığı konusunda daha kapsamlı düşünmüştür. Öte

¹ Doç. Dr, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

² Dr. Öğr. Üyesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

³ Doktora Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi

yandan Gottfried Wilhelm Leibniz muhakeme yapabilen makinelerin olasılığından bahsetmektedir (Buchanan, 2005). Hem Leibniz hem de Pascal aritmetik mekanizmaya sahip bir makine dizayn ettiler, fakat bu makine düşünme kabiliyetinden yoksundu. Daha sonraları bilim kurgu yazarları da bu olasılıktan çeşitli romanlarda bahsetmiştir ki en bilineni Frank Baum'un Oz Büyücüsü romanıdır (Mijwil, 2015). Yapay zeka bugün özellikle askeri ve robot teknolojilerinde kullanılmakla birlikte, tıptan bankacılık sektörüne, pazarlama stratejilerinden perakendeye kadar birçok alanda oldukça etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Hatta günümüzde yapay zekaya yazdırılan romanların olduğu gibi yapay zekanın çizdiği tablolar bile mevcuttur. Fakat madalyonun diğer bir tarafı, özellikle günümüzde azımsanmayacak derecede bir kısım insan yapay zekanın ilerde insanlığı zararlı olacağı kanaatindedir.

Yapay zeka fikri ciddi manada ilk olarak 1956 senesinde ortaya atılmıştır. 1956'da "Artificial Intelligence" başlığı altında Hannover, New Hampshire, Dartmouth'ta ilk yapay zeka toplantıları yapılmıştır. Massachusetts Institute of Technology'den Marvin Minsky ve diğer bilim adamları katıldıkları toplantılarda yapay zeka konusunda önemli konuları irdemişlerdir (Buchanan, 2005). Yapay zekanın gelişmesindeki mihenk taşlarından biride şüphesiz Alan Turing'dir. Alan Mathison Turing 2.Dünya Savaşı sırasında geliştirdiği Turing makinesi ile Almanların şifreleme cihazı Enigma'nın kodlarını kırarak Almanlar açısından ciddi bir istihbarat zafiyeti doğurmuş ve bu sebepten savaşın İngilizler lehine dönmesini sağlamıştır ve aynı zamanda bilgisayarın atası olarak kabul görmektedir (French, 2000). Turing testine göre iki ayrı odada bulunan iki kişi birbirleriyle bir bilgisayar aracılığıyla yazışmaktadır. Taraflar birbirlerine soru sormaktadırlar. Bir zaman sonra taraflardan biri yerini soruları cevaplayacak bir bilgisayarla yer değiştirir. Bu durumdan habersiz olan diğer taraf karşısındakinin makine olduğunu anlamaz ise makine testte başarılı olmuştur diğer bir ifadeyle makine akıllıdır denebilir. Aksi durumda makine başarısız olarak kabul edilir. Turing'e göre insan konuşmasını kusursuzca taklit edebilen bir makineyi reddetmenin tutarlı bir yanı

yoktur. Turing testi için ortaya sürülen birtakım çıkarımlar geniş bir araştırma konusudur. Bazı yazarlar, gerçek manada düşüncenin tam olarak ne demek olduğuyla ilgili birtakım endişelerini dile getirdiler. Sayılarla çalışan ve bu nispette mantıklı bile olsa insana cevap veren makinelerin düşüncenin gerçek tanımı ile bağdaşmayacağını ileri sürdüler. Fakat bunun tersini düşünen, makinelerin de düşünce yapısı itibariyle matematik bir modele dökülebilir olduğunu söyleyen karşıt görüşlü yazarlarda mevcuttur (French, 2000).

Bulanık mantık, yapay zeka uygulamalarında kullanılan uzman sistemler, yapay sinir ağları, görüntü işleme gibi teknolojilerin yanında kullanılan bir yapay zeka dalıdır (Jassbi et al., 2007). Günümüzde bulanık mantık başta endüstriyel kontrol sistemlerinde kullanmanın yanı sıra hava tahmini, askeri amaçlarla hatta tıp alanında hastalıklarının tahmininde de kullanılmaktadır (Phillips et al., 1996). Bulanık mantık ya da literatürdeki adıyla “Fuzzy Logic” genel tanımı şu şekilde yapılabilir; İnsanın düşünüş tarzını temel alan hesaplamalı bir paradigmadır. Bulanık mantığın temel mantığında kesin olmayan değerleri alır, kendi içerisinde bir dizi işleme sokar ardından kesin cevabı verir. Cevabı net olmayan ya da göreceli olarak yorumlanabilecek büyüklükler için bulanık mantık geliştirilmiştir (Zadeh, 1965).

Bu çalışmada yapay zekânın bir çeşidi olan bulanık mantık kullanılmıştır. Araç şerit takibi yapan bir uygulama oluşturulmuştur. Uygulamaya göre üç şeritli bir yol oluşturulmuş ve yol boyunca durgun halde bulunan engeller konumlandırılmıştır. Uygulamadaki temsili araç, yol boyunca ilerlerken karşısına çıkan engellere çarpmadan yolu bitirmesi hedeflenmiş ve aracın yol boyunca alacağı kararlar bulanık mantık tarafından belirlenmiştir. Aracın yol boyunca karşılaştığı engellerin tespit edilebilmesi için görüntü işleme teknolojisinden de yararlanılmıştır. Uygulama ve bulanık mantık algoritmaları için MATLAB programı kullanılmıştır.

Bulanık Mantığın Uygulanması

Bulanık mantık kurulumunda görüntü işlemeden yararlanılmıştır. Simülasyonda öncelikle araç olarak temsil edilen kutucuğun önüne çıkan engellerin boyutlarını ve konumlarını algılaması için simülasyon belirli zaman dilimi aralıklarında yolun resmini çekmiş ve olası engeller tespit edilmiştir. Engel tespit edildikten sonra engelin yola göre konumunun tespiti için bulanık mantıktan yararlanılmıştır. Bu işlem simülasyonun önemli bir aşamasıdır. Zira engelin yola göre konumu aracın karar verme mekanizmasını etkileyecektir. Konum da tespit edildikten sonra konum çıkarımından alınan bilgiler araç içerisine aktarılmış ve aracın bu bilgilere neticesinde doğru karar vermesi beklenmiştir. Bu sistem simülasyon ortamında değil de gerçek bir taşıtta uygulanmak istenirse, araç önüne yolu algılaması için bir kamera yerleştirilecek akabinde yolun anlık görüntüsü kamera tarafından kayıt altına alınacak ve eş zamanlı olarak ECU (electronic control unit) ye iletilecektir. Kameradan yol boyunca yolun genişliği, şerit genişliği, sollama yasağı, öndeki araç takibi gibi birtakım parametreler görüntü işleme teknolojisine tabii tutulabilir. Bu parametre sonuçları araç içerisine kodlanmış bulanık mantığa aktarılarak aracın kendi mevcut konumuna göre yavaşlaması, hızlanması sollamaya çıkması veya olası kazayı öngörüp ona göre en doğru tahmini yapması hedeflenebilir.

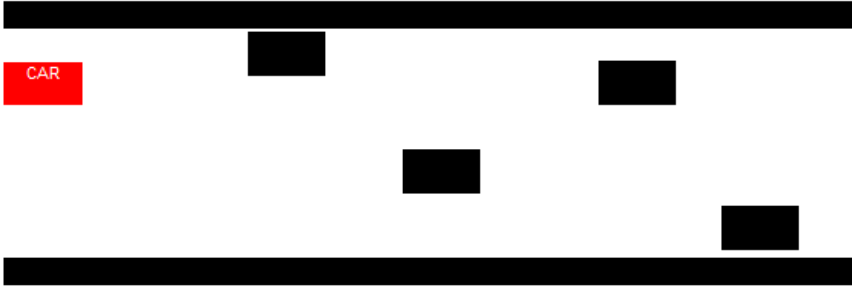
Görüntü İşleme Safhası

Görüntü işleme teknolojisi temel mantıkta [1 0] mantığı ile çalışmaktadır. Diğer bir ifadeyle yol üzerindeki engeller “1” , yol üzerindeki boşluklar ise “0” ile temsil edilmiştir.

Şekil 1.’ de görüldüğü üzere yol, temsili araç ve yol üzerindeki engeller yola keyfi bir şekilde yerleştirilmiştir. Görüntü işleme mantığı çerçevesinde işlem basamakları aşağıdaki şekilde verilebilir;

- Anlık yol resminin çekilmesi

- Görüntünün işleme hazır hale getirilmesi için gri forma dönüştürülmesi
- Gri formdaki görüntünün bilgisayar tarafından okunabilmesi için siyah beyaz hale getirilmesi
- Yolun boş olan kısımlarına “0” , yol üzerindeki engellere “1” verilerek engel ve yol arasındaki ayırımın yapılması ve bunun karar mekanizmasına iletilmesi



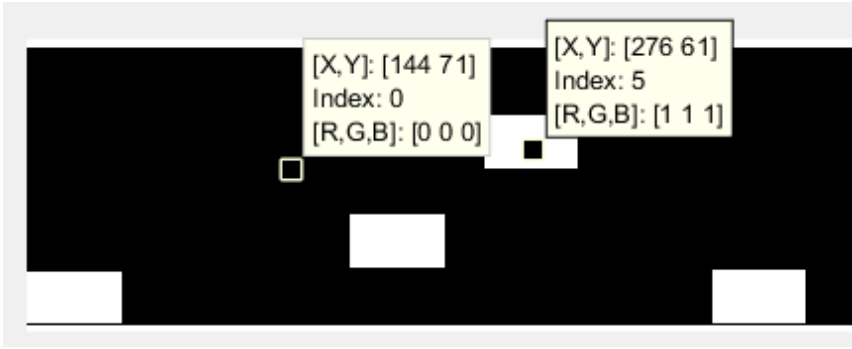
Şekil 1. Temsili Araç ve Engellerin Gösterimi

Bu safhada temsili aracın yol boyunca hareketi doğrultusunda, yolun resmi çekilmiştir. Ve bu sayede bir sonraki engelin konumu ve doğrultusu saptanmıştır. Simülasyonda resim yolun resim çekme süresi saniyenin beşte ikisi olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu süre ihtiyaca yönelik artırılabilir veya azaltılabilir. Bu sürenin düşürülmesi hususunda bir sakınca yoktur fakat sürenin artırılması engelin geç algılanmasına ve bu sebeple karar mekanizmasının geç işleyişine sebep olur ki bu durum simülasyonun verimli efektif çalışmasını olumsuz yönde etkiler.

Görüntü işleme mantığı gereği, görüntüden bilgi aktarımı sağlanabilmesi için öncelikle görüntünün grileştirilmesi akabinde siyah beyaz forma çevrilip, görüntü [1 0] olacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Normal bir görüntü de kırmızı, yeşil ve mavinin tonları ya da bu renklerin karışımından elde edilen diğer renkler bulunmaktadır. Görüntü içerisindeki şekillerin, sınırların ve

objelerin saptanabilmesi renkli iken mümkün değildir. Bu vesileyle dönüşüm yapılması gerekmektedir (Thaker & Nagori, 2018).

Mevcut durumda yukarıdaki örnek engeller gri formda gösterilmiştir. Bilgisayarın bu engelleri tanıyabilmesi için gri formdan siyah-beyaz forma dönüştürmesi gerekir. Diğer bir ifadeyle; Bilgisayarlar 1 ve 0 ile çalışmaktadır. Fotoğraf renkli halden, siyah-beyaz forma dönüştürüldüğü takdirde bilgisayar bunu algılayabilecektir.



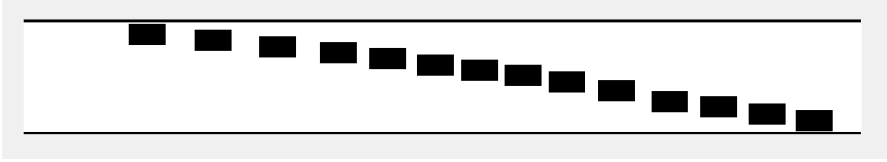
Şekil 2. Fotoğrafın Gri Formdan Siyah-Beyaz Forma Dönüştürülmesi

Şekil 2.'de görüldüğü üzere resim gri fondan siyah beyaz forma dönüştürülmüştür. Resim artık bilgisayarın ayırt edebileceği formda yani [1 0] “logic” formundadır. Şekilde, [R,G,B] siyah bölgelerde [0 0 0], beyaz bölgelerde ise [1 1 1] biçimindedir. Simülasyon, bundan sonraki süreçte önündeki engelleri algılayabilir, ayırt edebilir ve konuma uygun olarak cevap verebilir duruma gelmiştir.

Engellerin Ağırlık Merkezinin Hesaplanması

Simülasyonda temsili engeller görüntü işleme kullanılarak yerleri saptandıktan sonra yola göre ağırlık merkezlerinin konumlarının bilinmesi gerekmektedir. Engellerin yola göre ağırlık merkezleri hesaplanmış ve engelin yola göre koordinatı tespit edilmiştir. Bu safhada aracın yolun serbestlik durumunda göre,

engelin solundan, sağından geçip geçemeyeceği ya da bütün şeritlerin dolu olması durumunda aracın durması gerektiği bulanık mantık tarafından belirlenmiştir. Bu safhada engellerin yola göre muhtemel pozisyonları senaryolar halinde gösterilmiştir.



Şekil 3. Engellerin Yola Göre Konumları

Şekil 3.' te görüleceği üzere aracın önüne çıkabilecek tahmini engeller yola konumlandırılmıştır. Bu noktada 14 tane engel belirlenmiştir. Daha hassas sonuçlar için daha farklı pozisyonlarda ve konumda engel miktarı artırılabilir. Yolun sağ ve solu siyah ince çizgiler halinde sınırlandırılmıştır. Farklı pozisyonlardaki engellerin yola göre ağırlık merkezlerinin oluşturulması tablo halinde aşağıda verilmiştir. tasnifi yapılmış olan engelleri temsil eden kutucukların, düzlemde [X Y] olarak gösterilmiştir. Düzlemde “Y” düzlemindeki değerler simülasyonun ağırlık merkezlerinden oluşturmaktadır. Toplam fotoğraf boyutu [1157 57] olacak şekilde ayarlanmıştır. Fotoğraf boyutuna göre 14 kutucuğun ağırlık merkezleri değerleri ve bu değerlerin simülasyondaki karşılıkları aşağıda tablo olarak gösterilmiştir.

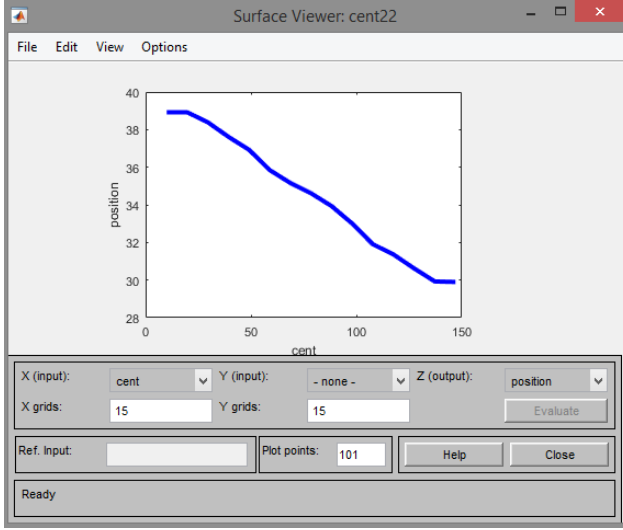
Tablo 1. Görüntü işlemeden alınan koordinat değerleri ve simülasyondaki karşılıkları

Fotoğraf değerleri	Simülasyon karşılıkları
21	38.923
29	38.285
38	37.615
46	37
54	36.385
63	35.690
70	35.15
77	34.615
86	33.923
98	33
113	31.9
120	31.3
130	30.615
139	29.923

Mevcut tablo değerlerine bakılarak ağırlık merkezi için bulanık mantık kuralları oluşturulmuştur. Bulanık mantık içerisinde giriş verileri için ‘gaussian’ üyelik fonksiyonu kullanılmış olup, çıkış üyelik fonksiyonu da yine ‘gaussian’ üyelik fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.’teki grafiğe göre, grafiğin x eksenini giriş değerlerini, grafiğin y koordinatı çıkış değerlerini temsil etmektedir. Giriş değerlerinin fotoğrafta saptanmış engellerin, fotoğraftaki ağırlık merkezini temsil ettiği ifade edilmiştir. Aynı şekilde çıkış değerlerinin ise, fotoğraftaki ağırlık merkezi saptanan engelin,

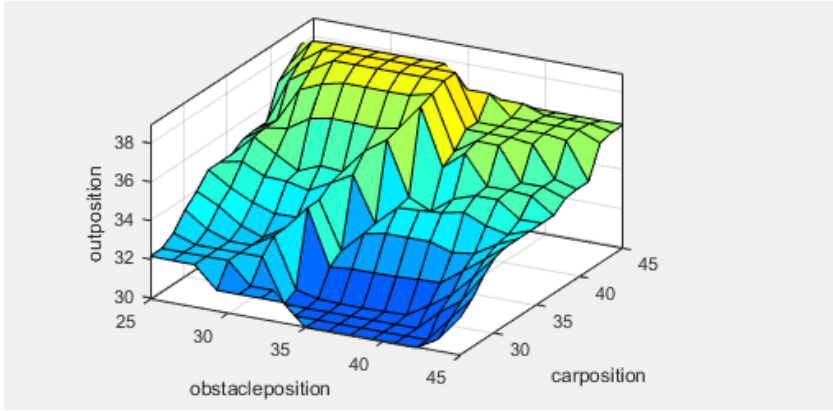
simülasyondaki konumunu temsil ettiği ifade edilmiştir. Buna göre; fotoğraftaki engellerin ağırlık merkezinin düşük olduğu değerlerde, engel yolun nispeten daha üst kısımlarında konumlandırılmıştır ve ağırlık merkezinin yüksek olduğu değerlerde ise, engel yolun nispeten daha alt kısımlarında konumlandırılmıştır.



Şekil 4. Ağırlık Merkezi Kural Yapısının Grafiği

Şekil 5.'te görüldüğü gibi; Engelin y koordinatındaki konumu 25 ile 35 birim iken, buna karşılık aracın y koordinatında konumu 35 ile 45 birim arasında ise, aracın konumu grafikten de görüldüğü üzere değişmeyecektir. Diğer bir ifadeyle araç yolun üst tarafında iken, engelde nispeten biraz daha alt tarafında ise araç, y koordinatındaki konumunu değiştirmeden yoluna devam edecektir. Engelin y koordinatındaki konumu 37 birim iken, buna karşılık aracın y koordinatında ki konumu 37 birimden fazla ise, aracın bir sonraki konumu 34 birime kadar düştüğü görülmüştür. Sebebi ise simülasyona göre yolun üst sınırı 38.923 birim olarak belirlenmiştir. Bu sebeple aracın hem engele hem de üst bariyere çarpımaması icap ettiğinden konumunu 34 birime kadar düşürmektedir. Aynı durum yolun alt yarısı için de geçerlidir. Engelin y koordinatındaki konumu 31 birimken, buna karşılık aracın y koordinatındaki konumu 30

birim ise araç alt bariyere çarpmamak y koordinatında 33 birimin biraz daha yukarısına çıktığı görülmüştür. Engel y koordinatındaki konumu 34 birim iken, buna karşılık aracın y koordinatındaki konumu 35 birim ise, aracın y koordinatında 36 birime kadar çıktığı görülmüştür. Aynı şekilde engelin y koordinatındaki konumu 35 birim iken, buna karşılık aracın y koordinatındaki konumu 34 birim ise, aracın y koordinatında 33 birime kadar düştüğü görülmüştür.



Şekil 5. Araç-Engel ve Çıkış Konumlarının 3 Boyutlu Grafiği

Simülasyon ve Sonuçları

Bu çalışmada senaryolara uygun olarak engeller farklı dizilimlerde, yol boyunca konumlandırılmış ve bu engellere göre aracın vereceği konum cevapları yorumlanmıştır. Bu aşamada 5 farklı simülasyon incelenmiştir ve sonuçlar tablolar halinde değerlendirilmiştir. Her bir simülasyon için temsili yola en az 5 engel konulmuş her bir simülasyon için toplamda en az 25 farklı tahmin yapılmıştır. Tablolarda beş adet veri incelenmiştir. Birinci sütun yol boyunca geçen süreyi, ikinci sütun yol engellerin y koordinatlarını, üçüncü sütun aracın o andaki y koordinatını, dördüncü sütun aracın yeni y koordinatı ile engelin y koordinatı arasındaki farkı ve beşinci sütun ise aracın yol boyunca aldığı mesafeyi yani x koordinatını temsil etmektedir.



Şekil 6. Simülasyon 1

Şekil 6.'da kırmızı renkte temsil edilen araç x koordinatı 9,8, y koordinatı ise 33,46'da olacak şekilde başlangıç pozisyonu olarak konumlandırılmıştır. Karşısındaki engellerin konumların y koordinatları soldan sağa olacak şekilde sırasıyla [38,38 32,46 30,61 35,30 32,30] olacak şekildedir. Simülasyonda temsili aracın ve karşısındaki engellerin boyunun 2.23 birim olduğu hatırlanmalıdır.

Simülasyonda araç başlangıç pozisyonunda y koordinatında 33,46 ve x koordinatında 9,8 de iken karşısında 5 adet engel bulunmaktadır. Bu simülasyon sonucunda araç başlangıç konumundan itibaren 4. saniyesinde ilk engeli tespit etmiş ve duruma göre mevcut pozisyonunu korumuştur. aracın x koordinatı 49,8 birim ve y koordinatı 33,4615 birimdir. Araç 11.saniyede ikinci engelle karşılaşmıştır. İkinci engelin y koordinatı konumu 32,92 birimdir. Bulanık mantık aracın engele çarpıması için, aracın y koordinatını yukarı yönde 2,3155 birim arttırmıştır. Son durumda aracın y koordinatı konumu 35,2355 birimdir. araç 23.saniyedeki x koordinatı 97,8 birim ve y koordinatı ise 35,577 birimdir. Mevcut konumda 3.engelin y koordinatı ise 30,615 birimdir. Mevcut durumda engelin konumu aracın yol düzeninde herhangi bir engel teşkil etmediği için, bulanık mantık aracın y koordinatını değiştirmemiştir.

Tablo 2.'de 58 saniye için aracın y koordinatını, x koordinatını ve yol boyunca karşılaştığı engellerin y koordinatlarını, buna karşılık aracın y koordinatındaki yeni pozisyonu ve son durumda y koordinatında araç ile engel arasındaki farklar gösterilmiştir. Sonuçlar birim cinsindendir.

Tablo 2. Simülasyon 1 Konum Analizi

Saniye	Engel y koordinatı	Araç y koordinatı	Araç yeni y koordinatı	Fark (y koordinatı)	Araç x koordinatı
1	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	9,8
2	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	13,8
3	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	17,8
4	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	21,8
5	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	25,8
6	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	29,8
7	38,3851	33,4615	33,4615	4,9236	33,8
8	29,8972	33,4615	33,4615	3,5643	37,8
9	29,8972	33,4615	33,4615	3,5643	41,8
10	29,8972	33,4615	33,4615	3,5643	45,8
11	32,92	33,4615	35,577	2,657	49,8
12	32,92	35,577	35,577	2,657	53,8
13	32,92	35,577	35,577	2,657	57,8
14	32,92	35,577	35,577	2,657	61,8
15	32,92	35,577	35,577	2,657	65,8
16	32,92	35,577	35,577	2,657	69,8
17	32,92	35,577	35,577	2,657	73,8
18	29,8972	3,5577	3,5577	5,6798	77,8
19	29,8972	3,5577	3,5577	5,6798	81,8
20	29,8972	3,5577	3,5577	5,6798	85,8
21	29,8972	3,5577	3,5577	5,6798	89,8
22	29,8972	3,5577	3,5577	5,6798	93,8
23	30,615	35,577	35,577	4,962	97,8
24	30,615	35,577	35,577	4,962	101,8
25	30,615	35,577	35,577	4,962	105,8
26	30,615	35,577	35,577	4,962	109,8
27	30,615	35,577	35,577	4,962	113,8
28	30,615	35,577	35,577	4,962	117,8
29	29,8972	35,577	35,577	5,6798	121,8

Tablo 2. Simülasyon 1 Konum Analizi (Devamı)

Saniye	Engel koordinatı	y Araç koordinatı	y Araç koordinatı	yeni y Fark koordinatı	(y Araç koordinatı	x
30	29,8972	35,577	35,577	5,6798	125,8	
31	29,8972	35,577	35,577	5,6798	129,8	
32	29,8972	35,577	35,577	5,6798	133,8	
33	35,169	35,577	372,487	2,0797	137,8	
34	35,169	37,2487	37,5987	2,4297	141,8	
35	35,169	37,5987	37,5987	2,4297	145,8	
36	35,169	37,5987	37,5987	2,4297	149,8	
37	35,169	37,5987	37,5987	2,4297	153,8	
38	35,169	37,5987	37,5987	2,4297	157,8	
39	35,169	37,5987	37,5987	2,4297	161,8	
40	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	165,8	
41	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	169,8	
42	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	173,8	
43	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	177,8	
44	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	181,8	
45	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	185,8	
46	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	189,8	
47	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	193,8	
48	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	197,8	
49	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	201,8	
50	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	205,8	
51	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	209,8	
52	31,8989	37,5987	37,5987	5,6998	213,8	
53	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	217,8	
54	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	221,8	
55	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	225,8	
56	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	229,8	
57	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	233,8	
58	29,8972	37,5987	37,5987	7,7015	237,8	

Aracın ve karşısındaki engellerin konumları sayısal olarak gösterilmiştir. Fakat tabloda 33.saniye de araç ile engel arasındaki fark 2,23 birimden daha düşük olduğu görülmüştür. Normal şartlarda aracın engele çarpmadan yoluna devam edebilmesi için engel boyunun üstünde veya altındaki konumlarda hareket etmesi gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle her bir engelin boyu 2,23 ise, aracın yoluna sorunsuz bir şekilde devam edebilmesi için, engelin mevcut konumunun ya 2,23 birim yukarısında ya da 2,23 birim aşağısından hareket etmesi gerekmektedir. Bu sebeple 33.saniyedeki aracın mevcut konumu tekrar incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında bulanık mantık kullanılarak 2 boyutta 3 şeritli bir yol simülasyonu oluşturulmuştur. Simülasyonda amacı başlangıç pozisyonunda konumlandırılmış temsili aracın yol boyunca engelleri algılaması ve uygun pozisyonu alarak yolu bitirmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda bulanık mantık algoritması hazırlanmıştır. Bu algoritma örnek olarak tasarlanan 5 farklı simülasyon için denenmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu beş farklı simülasyon için her bir engel keyfi olarak konumlandırılmıştır ve engeller sabit tutulmuştur. Programın bir sonraki aşaması için engellerin hareketli olduğu düşünülebilir. Bu kapsamda bulanık mantık ve diğer bir yapay zekâ çeşidi olan yapay sinir ağları kullanılarak hibrit bir kod oluşturulabilir. Ve bu sayede yapılan çalışma endüstriyel hale getirilebilir otomotiv, harp sanayi, tarım iş makineleri ve benzeri alanlarda ticari olarak kullanılabilir.

KAYNAKÇA

Buchanan, B. G. (2005). A (Very) Brief History of Artificial Intelligence. *AI Magazine*, 26(4), Article 4. <https://doi.org/10.1609/aimag.v26i4.1848>

French, R. M. (2000). The Turing Test: The first 50 years. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(3), 115–122. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01453-4](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01453-4)

Jassbi, J., Alavi, S. H., Serra, P. J. A., & Ribeiro, R. A. (2007). Transformation of a Mamdani FIS to First Order Sugeno FIS. *2007 IEEE International Fuzzy Systems Conference*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/FUZZY.2007.4295331>

Mijwil, M. (2015). *History of Artificial Intelligence* (Vol. 3, p. 8). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16418.15046>

Phillips, C., Karr, C. L., & Walker, G. (1996). Helicopter flight control with fuzzy logic and genetic algorithms. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 9(2), 175–184. [https://doi.org/10.1016/0952-1976\(95\)00008-9](https://doi.org/10.1016/0952-1976(95)00008-9)

Thaker, S., & Nagori, V. (2018). Analysis of Fuzzification Process in Fuzzy Expert System. *Procedia Computer Science*, 132, 1308–1316. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.047>

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

BÖLÜM III

Elektrikli Araçlarda Araç İçi Klima Sisteminin Batarya Isıl Yönetim Sistemlerine Etkisi

Osman Bedrettin KARATAŞ¹
Umutcan ŞİMŞEK²
Kemal Furkan SÖKMEN³

Giriş

Elektrikli araçlarda batarya soğutma sistemleri, bataryaların en iyi sıcaklık aralığında çalışmasını sağlamak ve böylece performanslarını artırmak, ömrünü uzatmak ve güvenliklerini sağlamak için kullanılır. Bu sistemler, bataryalardaki aşırı ısınmayı önlemek, sıcaklık kontrolünü sağlamak ve batarya paketinin homojen sıcaklık dağılımını sağlamak gibi önemli işlevlere sahiptir. Bunu sağlayacak yöntemlere batarya ısı yönetim sistemleri denir

¹ Arş. Gör., Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa Teknik Üniversitesi

² Lisans Öğrencisi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa Teknik Üniversitesi

³ Doç. Dr., Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa Teknik Üniversitesi

(BTYS). BTYS normalde aktif veya pasif olarak sınıflandırılır ve esas olarak hava soğutma, sıvı soğutma, ısı borulu soğutma ve faz değişim malzemelerinin (PCM'ler) uygulamasını içerir (Panahi et al., 2021).

Bu yöntemler arasında zorlanmış hava soğutma sistemi basit konfigürasyonu, yapım ve bakım kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle en sık kullanılan tekniktir. Hava soğutma sistemleri, havanın küçük ısı kapasitesi nedeniyle düşük ısı üretim oranlarına sahip küçük ölçekli batarya paketleri için uygundur. Daha büyük batarya paketleri veya hızlı şarj/deşarj durumları veya yüksek ortam sıcaklığı durumları gibi daha stresli koşullar söz konusu olduğunda, pil termal yönetimi çok zorlayıcı hale gelir ve sıvı soğutma daha iyi bir seçenek olabilir (Panahi et al., 2021).

Sıvı soğutma sistemlerinde normalde su veya sulu etanol kullanılır. Bununla birlikte, sıvı bazlı soğutma sistemleri, doğası gereği düşük ısıl iletkenlik, karmaşık tasarım, sızıntı olasılığı ve yüksek maliyet gibi çeşitli dezavantajlara sahiptir (Panahi et al., 2021).

Isı borusu destekli termal yönetim sistemleri, erişilebilirlikleri nedeniyle normalde poşet/prizmatik tip Li-iyon pil hücrelerinde kullanılır. Ancak, mikro ısı borusu destekli soğutma sistemleri, ısı borusu-hücre temas alanlarının minimum olduğu silindirik hücreler içeren pil paketleri için çok fazla araştırılmamıştır (Panahi et al., 2021).

Faz değiştiren malzemeler, katıdan sıvıya faz değişim süreci sırasında önemli miktarda ısıyı emebilir ve pil hücreleri arasında eşit sıcaklık dağılımını koruyabilir. Ancak faz değişim süreci tamamlandığında, mevcut gizli ısı tükenir ve hücre sıcaklığı artık kontrol edilemez ve termal yönetim sistemi başarısız olabilir. Ayrıca, soğutma sistemine kabul edilemez fazladan ağırlık verirler. Ayrıca, faz değiştiren malzemeler elektrikli araçların uzun vadeli operasyonları için gerekli olan termal kararlılıktan yoksundur (Panahi et al., 2021).

Elektrikli Araçlarda Klima Sistemi

Elektrikli araçlardaki klima sistemleri, genellikle yolcu konforunu sağlamak amacıyla kullanılırken, aynı zamanda batarya soğutma işlevini de yerine getirebilirler. Bu sistemler, kabin içindeki sıcaklık kontrolünü sağlarken, bataryaların da uygun sıcaklıkta çalışmasını sağlamak için uyumlu hale getirilmiştir. Bu şekilde, batarya soğutma sistemi, klima sistemiyle birlikte çalışarak hem sürücü hem de batarya performansı açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

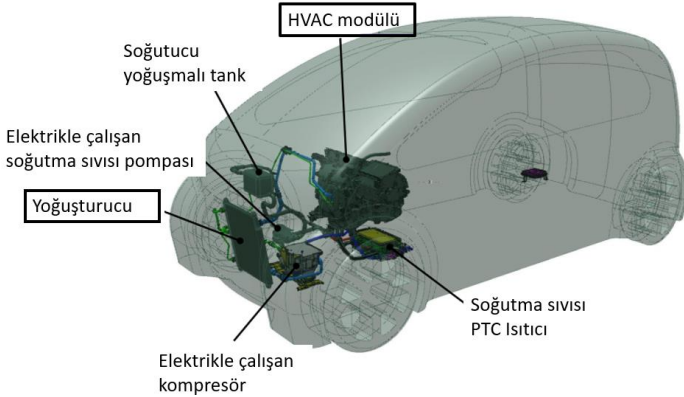
Elektrikli araçlardaki klima sistemi, geleneksel içten yanmalı motorlu araçlardaki klima sisteminden farklı değildir. Ancak elektrikli araçlarda klima sistemi, enerji ihtiyacını bataryadan sağlamak zorundadır.

- **Kompresör:** Klima sisteminin en önemli bileşenlerinden biri kompresördür. Kompresör, soğutucu akışkanı (genellikle R134a gazı) sıkıştırarak basınçlandırır. Bu basınç, akışkanın sıcaklığını yükseltir ve yüksek basınçlı bir gaz haline getirir. Kompresör, elektrik enerjisiyle çalışır ve gücünü aracın bataryasından alır.
- **Evaporatör:** Evaporatör, klima sisteminde soğutucu akışkanın ısını düşürdüğü bir bileşendir. Evaporatör içerisinde soğutucu akışkan, düşük basınçlı bir gaz haline gelir ve bu sırada çevreden ısı alarak buharlaşır. Buharlaşma süreci, ısı alışverişini sağlar ve çevredeki havayı soğutur.
- **Kondansatör:** Kondansatör, yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıktaki soğutucu akışkanın dönüştürüldüğü bir bileşendir. Kondansatörde, soğutucu akışkan basınç altında sıvı hâle dönüşür ve bu sırada ısı salınır. Kondansatör, içerisindeki ısının atmosfere yayılmasını sağlar.
- **Fan:** Klima sistemindeki fan, havanın dolaşmasını sağlar ve soğutma işleminden sonra soğuk havayı araca yönlendirir. Fan, evaporatörden geçen hava akışını hızlandırır ve soğuk havanın yayılmasını sağlar.

- Soğutucu Akışkan: Elektrikli araçlardaki klima sistemi, genellikle R134a veya R1234yf gibi özel soğutucu akışkanlar kullanır. Bu akışkanlar, düşük sıcaklıkta buharlaşma ve yoğunlaşma özelliklerine sahip oldukları için klima sistemlerinde yaygın olarak tercih edilirler.

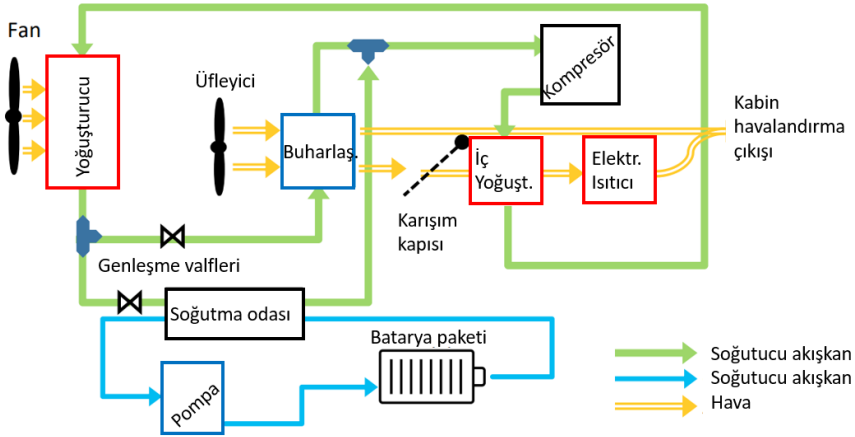
Elektrikli araçlardaki klima sistemi, bu bileşenlerin bir araya gelerek bir döngü oluşturduğu bir prensibe dayanır. Kompresör, soğutucu akışkanı sıkıştırır ve yüksek basınç ve sıcaklıkta bir gaz oluşturur. Bu gaz, kondansatörde soğutulur ve sıvı hâle dönüşürken ısı salınır. Daha sonra sıvı soğutucu akışkan, evaporatörde buharlaşırken çevreden ısı alır ve soğuk hava üretilir. Fan, bu soğuk havayı araç içine taşır ve konforlu bir iklimlendirme sağlar.

Otomobil üreticileri, sürüş güvenliği ve kabin konforunu sağlamak için tarih boyunca önemli çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalardan biri de iklimlendirme sistemlerinin geliştirilmesidir, zira bu sistemler kabin konforunun ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Şekil 1’de verilen elektrikli araçların klima sistemleri, iç mekânı soğutmak veya ısıtmak için elektrik enerjisini kullanan sistemlerdir. Bu sistemler, geleneksel içten yanmalı motorlu araçlardaki klima sistemlerine benzer şekilde çalışır, ancak güç kaynağı elektrik motoru olduğu için farklı bir tasarıma sahiptir.



Şekil 1. Elektrikli araç klima sistemi (Umezu & Noyama, 2010)

Geleneksel fosil yakıtlı otomobillerde, iklimlendirme sistemi motor gücünü kullanarak kabini ısıtmakta ve soğutmaktadır. Ancak elektrikli otomobillerde durum farklıdır. Çünkü iklimlendirme sistemi gücünü bataryadan sağlamakta ve kabini ısıtmak için herhangi bir atık sıcaklık kaynağına ihtiyaç duymamaktadır. Bu durum, elektrikli otomobillerde sürüş menziline zaten kısıtlı olmasıyla birleşince, kabin konforu için ayrıca enerji harcanmasının önemi daha da artmıştır. Şekil 2’de elektrikli araçlardaki klima sistemi ile batarya soğutmanın şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2. Elektrikli araçlarda klima sistemi şematik gösterimi (Chen et al., 2022)

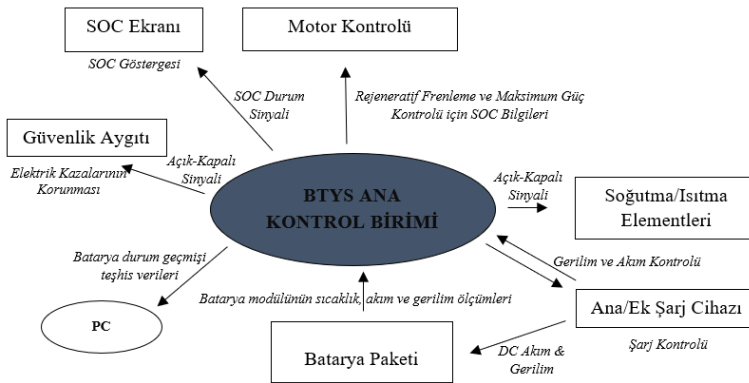
Elektrikli Araçlarda Batarya Soğutma İhtiyacı ve Kontrolü

Batarya paketindeki üretilen ısının düzgün bir şekilde dağıtılamadığı durumlarda batarya malzemelerinin kademeli olarak bozulması, kapasite kaybı ve termal kaçaklar ile patlamalar meydana gelebilecektir (Zhao et al., 2015). Ek olarak batarya paketindeki pil hücreleri arasındaki sıcaklık dağılımının olması gerekmektedir, aksi durumda pil hücrelerinin ömrünün azalması ve performans kayıpları kaçınılmaz olacaktır. 1 °C'lık sıcaklık artışı, 30 °C ile 40 °C arasındaki çalışma sıcaklıklarında batarya ömrünün yaklaşık 2 ay azalmasına yol açabilecektir (Jouhara et al., 2019).

Batarya paketindeki pil hücreleri arasındaki sıcaklık farkının en fazla 5 °C olması gerektiği bilinmektedir. Bu yüzden pil paketinin güvenli ve uzun ömürlü çalışmasını sağlamak için sıcaklıkların belirlenen aralıkta tutulması, sıcaklığın güvenli seviyelerde tutulması önemlidir. Batarya paketindeki üretilen ısıyı dağıtmak, sıcaklıkları uygun bir aralıkta tutmak ve sıcaklık farkını 5 °C’de korumak için bir ısıl yönetim sistemi kullanılır (Panahi et al., 2021).

Bataryalar, elektrikli araçların enerji depolama sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olduğuna ve optimal performans ve uzun ömürleri için uygun sıcaklık koşullarında çalışmaları gerektiğine önceki kısımlarda değinilmiştir. Elektrikli araçların kullanımı sırasında bataryalar ısınır ve bu ısı bataryaların performansını ve dayanıklılığını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle, bataryaların soğutma ihtiyacı, elektrikli araçların verimliliği, güvenliği ve dayanıklılığı açısından büyük öneme sahiptir.

Bataryaların soğutma ihtiyacı, yüksek şarj ve deşarj hızları, uzun süreli kullanım, hava sıcaklığındaki değişimler ve yüksek amper akımları gibi faktörlerden kaynaklanabilir. Bu durumda, bataryaların sıcaklık seviyelerini kontrol etmek ve istenmeyen ısı birikimini önlemek için etkili bir soğutma sistemi gerekmektedir. Şekil 3’te batarya termal yönetim sisteminin araçtaki diğer sistemlerle ilişkisi verilmiştir.



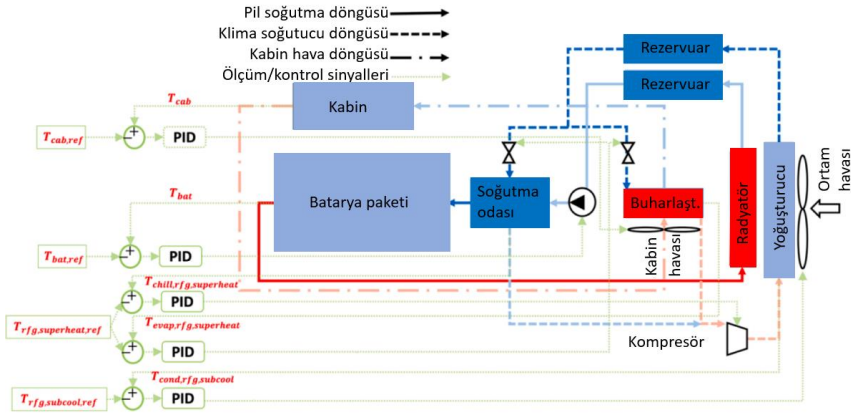
Şekil 3. BTMS şematik yapısı

Batarya paketlerinde kötü bir soğutma sonucu oluşan termal dengesizlikler veya termal kaçaklar ısının istenmeyen şekilde transfer edilmesi, enerji kaybına yol açar ve enerji verimliliğini düşürür. Dış ortam sıcaklarının yükselmesi ile (45 °C-50 °C aralığına çıkması ile) batarya sıcaklıkları, uygun çalışma sıcaklığının üstüne çıkarak 55 °C sıcaklıklara ulaştığında ve bu sıcaklığı geçtiğinde termal kaçaklara meydana gelebilir (Yenigün & Utlı, 2018). Bu durum, durum ısıtma soğutma sistemlerinde daha fazla enerji tüketimine neden olabilir. Bataryaların termal başarısızlığı, genellikle dâhili kısa devre, aşırı ısınma ve aşırı şarj veyadeşarj gibi durumlarda farklı nedenlerle başlatılabilir. Bu nedenler hücre sıcaklığında başlangıçta bir artışa ve kimyasal reaksiyonların tetiklenmesine yol açar. Sonuç olarak, son derece ekzotermik reaksiyonlar hücrenin hızla kendini ısıtmasına, yani termal kaçaklara neden olur. BTYS'nin, batarya hücrelerinde üretilen ısıyı uzaklaştıramadığı durumlarda bataryanın hücre içindeki sıcaklığı daha da artar ve ardı ardına gerçekleşen ciddi bir ekzotermik reaksiyonla sonuçlanır. Bu durum batarya hasarı ve bataryanın yanmasıyla sonuçlanabilir (Ali & Abdeljawad, 2020).

Elektrikli araçlarda, batarya paketinin sıcak ve soğuk iklim şartlarında verimli olduğu çalışma sıcaklığında kalması için batarya termal yönetim sistemi (BTYS) bulunur. BTYS, bataryayı istenen sıcaklık aralığında tutmak ve aşırı ısınma veya soğuma durumlarında korumak için kullanılır. Elektrikli araçlarda kilometre artışını sağlamak için yüksek enerji yoğunluğuna sahip çok sayıda batarya hücresinin batarya paketine yerleştirilmesi ve şarj süresinin kısaltılması için yüksek bir akımla şarj edilmesi, batarya paketinde daha fazla ısının üretilmesine sebep olmuştur. Bu da günümüzde BTYS'nin rolünü daha önemli hale getirmiştir.

Batarya termal yönetim sistemi, elektrikli araçlarda önemli bir faktördür. Bu sistem, bataryanın güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını, performansını, dayanıklılığını ve ömrünü optimize etmek için kullanılır. Bataryayı güvende tutmak ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için sıcaklık kontrolünü sağlar ve böylece bataryanın uzun ömürlü olmasını da sağlar.

Elektrikli araçlarda klima çalışması için bataryadan enerji çekmektedir. Bataryaların araç menziline harcamadan araç içi klima konforuna da yeterli seviyede enerji vermesi gerekmektedir. Bataryaların yüksek sıcaklıklara ulaşmasından dolayı enerji verimlilikleri düşmektedir. Bataryadan çekilen enerji ile çalıştırılan klima sistemi, hem araç içi konforu sağlamalı hem de batarya ısı yönetimine destek olmalıdır. Bu sebeple üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Klima sistemi ile dolaylı batarya soğutma döngüsünün ve kabin ile BTYS yapılandırılması hakkında örnek bir şematik gösterimi Şekil 4'te verilmiştir.



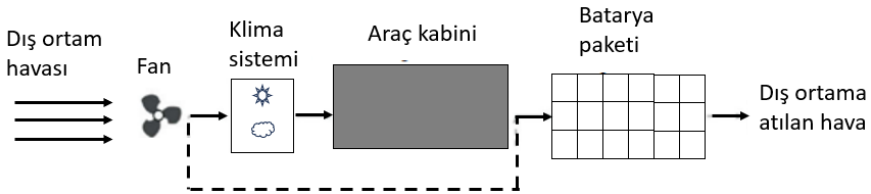
Şekil 4. Klima sistemi, dolaylı batarya soğutma döngüsü ve kabin dâhil BTYS yapılandırılması (Xu & Arjmandzadeh, 2023)

Batarya Isıl Yönetim Sistemleri

Elektrikli araç teknolojilerinin hızla gelişmesiyle birlikte, batarya termal yönetim sistemi ve klima çevrimi gibi konular, elektrikli araçların performansı, verimliliği ve kullanıcı deneyimi açısından önemli bir rol oynamaktadır. Elektrikli araçlar için klima sistemiyle beraber çalışan ve yaygın olarak kullanılan hava soğutma, sıvı soğutma, doğrudan soğutma, termoelektrik soğutma ve faz değişim malzemesi (PCM) ile soğutma sistemleri, farklı avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Bu bölüm, elektrikli araçlar için en uygun soğutma sisteminin belirlenmesine yardımcı olacak ve batarya

termal yönetim sistemi ile klima çevrimi gibi kritik bileşenlerin verimli çalışması ve uzun ömürlü olmasını sağlamak için önemli bir rehber sunacaktır. Ayrıca, enerji verimliliği, maliyet faktörleri, uygulanabilirlik ve performans gibi faktörler de dikkate alınarak karşılaştırma yapılmıştır.

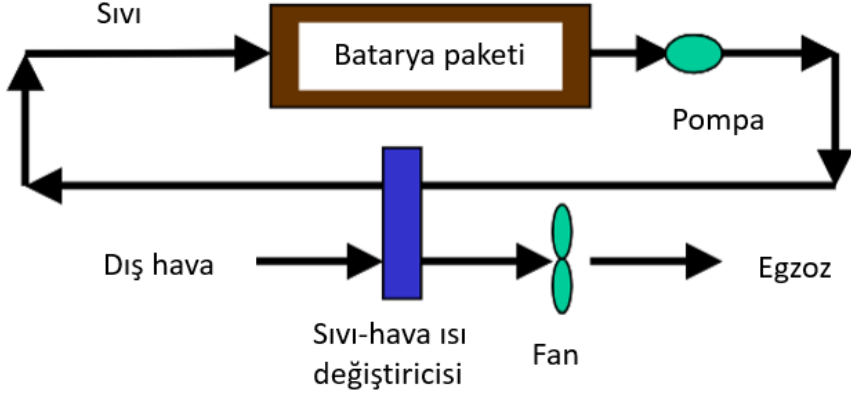
Her soğutma sistemi, belirli avantajlara ve dezavantajlara sahip olmasının yanı sıra, uygulama gereksinimlerine, performans hedeflerine ve maliyet faktörlerine bağlı olarak tercih edilir. Hava soğutma sistemi, basit bir yapıya ve düşük maliyetlere sahiptir. Araç içerisindeki hava kullanılarak soğutma sağlanır. Araçtaki yolcu klima sistemi aracılığıyla hava döngüsü sağlanabilmektedir. Bu sayede ek sistemlere gerek duyulmadan gerekli işlem adımları yapılabilmektedir. Bu yöntem, bakım gereksinimlerini azaltır ve doğal soğutma imkânı sunar. Ancak hava soğutma sistemi, düşük verimlilik sağlar ve sıcaklık kontrolü zorluklarına neden olabilir. Ayrıca, dış ortam şartlarına bağımlıdır ve yüksek enerji tüketimi gerektirebilir. Araç içi klima sistemi ile entegreli hava ısıl yönetim sistemi şematik gösterimi Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Araç içi klima sistemi ile entegre hava termal yönetimi (Özel, 2019)

Sıvı soğutma sistemi, batarya ve diğer bileşenlerin sıcaklığını kontrol etmek için sıvı bir soğutma akışkanı kullanır. Bu sistem yüksek soğutma verimliliği sağlar ve hassas sıcaklık kontrolü imkânı sunar. Uzun ömürlüdür ve enerji tüketimi düşüktür. Ancak sıvı soğutma sistemi, yüksek başlangıç maliyetine sahiptir ve daha fazla bakım gerektirebilir. Ayrıca, sistemin karmaşıklığı ve yer gereksinimi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Şekil 6'da pasif sıvı soğutmalı sisteme şematik bir örnek verilmiştir. Bu şemada dış hava

yerine araç içindeki klima havası kullanıldığında klima çalışma prensibi gereği aktif bir sistem olarak düşünülebilmektedir.



Şekil 6. Pasif sıvı soğutmalı sistem (Pesaran, 2001)

Doğrudan soğutma sistemi, batarya hücrelerine doğrudan soğutma sağlar ve yüksek verimlilik sunar. Bu yöntem, bataryaların düşük sıcaklıkta çalışmasını sağlayarak uzun ömür ve yüksek performans sağlar. Ancak doğrudan soğutma sistemi, yüksek maliyet ve bakım gereksinimiyle birlikte sistem karmaşıklığına ve yer gereksinimine sahiptir.

Termoelektrik soğutma sistemi, termoelektrik etkiyi kullanarak sıcaklık farkını elektrik enerjisine dönüştürerek soğutma sağlar. Bu sistem yüksek verimlilik sağlar ve doğru sıcaklık kontrolü imkânı sunar. Ayrıca, dayanıklıdır ve sessiz çalışır. Dezavantajları ise yüksek maliyet ve enerji tüketimi ile sınırlı soğutma kapasitesidir. Termoelektrik soğutma sistemine ait örnek bir şematik gösterim Şekil 7’de verilmiştir.

üretilmekte ve ortama ısı yayılmaktadır. Batarya sistemlerinin stabil çalışabilmesi için uygun çalışma şartları altında tutulmalıdır. Batarya veriminde sıcaklık şartı en önemli faktördür. Pillerin en uygun çalışma sıcaklık aralığı da literatürde 20-45 °C olarak belirlenmiştir. Batarya sistemlerinin istenilen uygun sıcaklık aralığının sağlanması için batarya ısıl yönetim sistemleri kullanılmaktadır. Isıl yönetim sistemleri hava soğutma, sıvı soğutma, doğrudan soğutma, termoelektrik soğutma ve faz değişimi (PCM) ile soğutma gibi beş farklı yöntemi ele alınmıştır. Her yöntemin çalışma prensiplerini ve performansı incelenmiştir ve her yöntemin kendine özgü avantajları ve dezavantajları olduğunu belirlenmiştir.

Hava soğutma yöntemi, düşük maliyeti ve basit tasarımıyla ön plana çıkmaktadır. Ancak, sıcaklık kontrolünde bazı sınırlamaları ve verimlilik sorunları bulunmaktadır. Sıvı soğutma yöntemi ise daha yüksek soğutma kapasitesi ve daha istikrarlı bir çalışma sağlaması sebebiyle tercih edilmektedir. Ancak, sistemde karmaşıklık ve maliyet artmaktadır. Doğrudan soğutma yöntemi, yüksek soğutma verimliliği ve hızlı tepki süresi sunmasıyla önemli avantajlara sahiptir. Ancak, daha karmaşık bir yapıya ve maliyet artışına neden olabilir. Termoelektrik soğutma yöntemi, yüksek verimlilik, kompakt boyutlar ve titreşimsiz işlem gibi avantajlar sunar. Ancak, yüksek maliyeti ve sınırlı soğutma kapasitesi dezavantajlar arasında yer alır. PCM ile soğutma yöntemi ise, bataryaların sıcaklık değişimini düşük seviyede tutarak performansı iyileştirebilir. Ancak, PCM malzemelerinin düşük ısı transfer katsayısı ve hacim genişlemesi gibi bazı kısıtlamaları vardır.

Araç klima sisteminin kullanımı ile de batarya soğutma işlemi gerçekleştirebilmektedir. Isıl yönetim sistemlerinin araç içi klima sistemi ile entegreli çalışma durumları incelenmiştir. Özellikle akışkan olarak hava kullanıldığı ısıl termal yönetim sistemlerinde alınması gereken dış hava araç içi klima havası olabilmektedir. Ayrıca araç içi iskelet tasarımına göre klima havasının doğrudan batarya üzerine teması ile de sistem kurulabilmektedir. Batarya ısıl yönetim sistemleri her geçen gün gelişmektedir. Bataryaların sıcaklık kontrolü sağlanabilmesi için en uyumlu sistemler

aranmaktadır. Enerji verimliliği, sistem kurulum maliyeti, karmaşıklık ve ısı transferi konuları başta olmak üzere BTYS tercihi yapılmaktadır.

KAYNAKÇA

Ali, H. A., & Abdeljawad, Z. N. (2020). *Thermal Management Technologies of Lithium-ion Batteries Applied for Stationary Energy Storage Systems: Investigation on the thermal behavior of Lithium-ion batteries.*

Chen, Y., Kwak, K. H., Kim, J., Jung, D. D., & Kim, Y. (2022). Control-oriented Model of HVAC and Battery Cooling Systems in Electric Vehicles. *IFAC-PapersOnLine*, 55(37), 44–49. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2022.11.159>

Jouhara, H., Khordehgah, N., Serey, N., Almahmoud, S., Lester, S. P., Machen, D., & Wrobel, L. (2019). Applications and thermal management of rechargeable batteries for industrial applications. *Energy*, 170, 849–861. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.218>

Özel, M. A. (2019). *Elektrikli Araçlarda Kullanılan Batarya Paketinin Termal Modeli ve Analizi*. Bursa Uludağ Üniversitesi.

Panahi, M., Heydari, H. R., & Karimi, G. (2021). Effects of micro heat pipe arrays on thermal management performance enhancement of cylindrical lithium-ion battery cells. *International Journal of Energy Research*, 45(7), 11245–11257. <https://doi.org/10.1002/er.6604>

Pesaran, A. (2001). Battery Thermal Management in EVs and HEVs: Issues and Solutions. *Engineering, Environmental Science*, 43(5), 34–49.

Sirikasemsuk, S., Wiriyasart, S., Prurapark, R., Naphon, N., & Naphon, P. (2021). Water/nanofluid pulsating flow in thermoelectric module for cooling electric vehicle battery systems. *International Journal of Heat and Technology*, 39(5), 1618–1626. <https://doi.org/10.18280/IJHT.390525>

Umezu, K., & Noyama, H. (2010). Air-Conditioning system For Electric Vehicles i-MiEV. *SAE Automotive Refrigerant & System Efficiency Symposium 2010*, 1–20.

Xu, B., & Arjmandzadeh, Z. (2023). Parametric study on thermal management system for the range of full (Tesla Model S)/compact-size (Tesla Model 3) electric vehicles. *Energy Conversion and Management*, 278, 116753. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2023.116753>

Yenigün, M., & Utlu, Z. (2018). Elektrikli Araçlarda Kullanılan Batarya Soğutma Sistemlerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 59(692), 35–47.

Zhao, R., Zhang, S., Liu, J., & Gu, J. (2015). A review of thermal performance improving methods of lithium ion battery: Electrode modification and thermal management system. In *Journal of Power Sources* (Vol. 299, pp. 557–577). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2015.09.001>

BÖLÜM IV

Yenilikçi Buzlu Su Teknolojisi Kullanımıyla Beton Santrali Soğutma Sistemi

Ramazan Çağıl ÇİÇEKDİKEN¹

Aşkın ŞAHİN²

Özkan İNER³

Ali KİBAR⁴

Giriş

Büyük ölçekli inşaat projelerinde betonun hızlı ve etkili bir şekilde soğutulması, betonun dayanıklılığı ve kalitesi için önemli bir faktördür. Beton soğutma sistemleri, bu ihtiyacı karşılamak amacıyla geliştirilmiş özel iklimlendirme sistemleridir. Bu sistemler, betonun hızlı ve homojen bir şekilde soğutulmasını sağlayarak çatlaklar, bozulmalar ve dayanıklılık kaybı gibi sorunları önler. Beton soğutma sistemlerinin avantajları arasında hızlı soğutma,

¹ Mekatronik Müh., Aytek Soğutma, cagilcicekdiken@aytekchillers.com

² Makine Müh., Aytek Soğutma, askinsahin@aytekchillers.com

³ Makine Müh., Aytek Soğutma, ozkaniner@aytekchillers.com

⁴ Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, alikibar@kocaeli.edu.tr

homojen soğutma, sıcaklık kontrolü, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik sayılabilir. Ayrıca, buzlu su teknolojisi gibi yenilikçi yaklaşımlar, suyun daha düşük sıcaklıklara soğutulmasını sağlayarak betonun daha düşük sıcaklıklarda üretilmesine imkân sağlar. Buzlu su teknolojisi, düşük maliyeti, enerji verimliliği ve düşük ses seviyeleri gibi avantajlara sahiptir. Sonuç olarak, beton soğutma sistemleri, inşaat projelerinin kalitesini artırmak ve çevresel sürdürülebilirliği iyileştirmek için önemli çözümler sunar. Bu sistemler, büyük yapı projelerinde güvenilir ve etkili bir şekilde kullanılarak betonun uygun sıcaklıkta tutulmasını sağlar.

Beton Soğutma Sistemleri

İnşaat sektöründe, betonun hızlı ve etkili bir şekilde soğutulması önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Özellikle büyük yapı projelerinde, betonun ideal sıcaklıkta tutulması, dayanıklılığı ve kaliteyi artırıcı bir faktör olarak öne çıkmaktadır (Zhao et al., 2022). Beton soğutma sistemleri, bu ihtiyacı karşılamak amacıyla geliştirilen özel iklimlendirme yöntemleridir. Özellikle büyük yapı projelerinde, betonun hızlı ve etkin bir şekilde soğutulması büyük bir öneme sahiptir. Beton içerisinde gerçekleşen reaksiyonlar sonucu ısınan bir malzemedir. Bu reaksiyonlar neticesinde beton sıcaklığı yükselir ve istenmeyen çatlaklar, bozulmalar ve dayanıklılık kaybı gibi sorunlar meydana gelebilir (Zhao et al., 2022). Bu yüzden, betonun belli bir sıcaklık aralığında tutulması gerekmektedir.

Beton soğutma sistemleri, betonun hızlı bir şekilde soğumasını sağlayarak etkili bir çözüm sunar. Soğutma işlemi, betonun iç yapısının istenilen özelliklere sahip olmasını ve dayanıklılığının artmasını sağlar (Juenger et al., 2004). Beton soğutma sistemleri genellikle büyük yapı projelerinde kullanılır. Örneğin, yüksek binalar, köprüler, barajlar ve havalimanları gibi projelerde beton soğutma sistemleri sıklıkla uygulanmaktadır. Bu tür projelerde büyük miktarlarda beton kullanıldığı için, betonun homojen bir şekilde soğutulması büyük bir önem arz etmektedir.

Beton soğutma sistemleri, farklı bileşenlerden oluşur. Bunlar arasında soğutucu gazı sıkıştıran ve döngüyü sağlayan bir kompresör, gazın sıvı hale dönüştüğü ve çevreye ısı verdiği kondenser, betonun üzerine yerleştirilen soğutucu paneller, suyu panellere eşit bir şekilde dağıtan dağıtıcı boru, su dolaşımını sağlayan su pompası ve sistemi kontrol eden bir kontrol paneli bulunmaktadır.

Shen et al., (2022), derin yüksek sıcaklıklı madenlerde kullanılabilecek yeni bir soğutma yöntemi olan buzlu beton teknolojisini incelemişlerdir. Yaptıkları araştırmada, farklı buz içeriklerinin (0% ile 60% arasında değişen) betonun ısı transferi ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Yüksek buz içeriğinin, betonun daha hızlı soğumasına ve daha yüksek mukavemet özelliklerine sahip olmasında etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, çalışmalarında buz içeriği arttıkça betonun soğutma verimliliğinin arttığı tespit edilmiştir.

Shen, Lv, Yang, Ma, Zhang, & Wei, (2022), yüksek jeotermal sıcaklıkların derin madenlerdeki mineral kaynaklarının çıkarılmasını zorlaştırdığını belirtip soğutma yöntemi olarak buzlu beton teknolojisini öneren bir çalışma yapmışlardır. Farklı başlangıç buz içeriklerinin (%0-60) betonun ısı transferi ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak başlangıç buz içeriği arttıkça mekanik dayanımın arttığını, buz parçacıklarının betonun iç yapısını iyileştirdiğini ve buzlu betonun soğutma verimliliğini yükselttiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca derin madenlerde çevre dostu ve verimli bir soğutma yöntemi olarak buzlu betonun potansiyelini vurgulanmıştır.

Yüksek beton sıcaklıkları inşaat yapılarında bir takım önemli sorunlar ve olası problemleri beraberinde getirmektedir. Özellikle büyük hacimli yapılar ve mukavemetin önemli olduğu durumlarda yüksek sıcaklık kontrolü zorunluluk arz etmektedir. Sıcaklık kontrolü uygun olarak yapılmadığı takdirde beton yapının uzun vadeli performansı ve bütünlüğü olumsuz olarak etkilenmektedir.

Yüksek beton sıcaklıklarının beraberinde getirdiği başlıca sorunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Barragán et al., 2001):

1. Çekme mukavemetinin azalması: Yüksek beton sıcaklıkları, çekme mukavemetinin azalmasına yol açar. Çekme mukavemeti, betonun gerilmeye veya uzamaya çalışan kuvvetlere karşı koymada büyük bir öneme sahiptir. Mukavemetteki bu azalma yapısal bütünlüğü tehlikeye atmaktadır.

2. Düzensizlik: Yüksek beton sıcaklıkları, beton karışımı içinde düzensizliklere neden olabilmektedir. Betonun içerisinde meydana gelen sıcaklık farklılıkları, sertleşme sürecinde tutarsızlıklara yol açarak beton yapısında zayıflıklar ve düzensizlikler oluşturur. Düzensiz betonun, tasarım özelliklerini karşılama kabiliyetini azaltarak çatlaklar ve hataların daha fazla görünmesine neden olur.

3. Çatlama Eğiliminin Artması: Yüksek beton sıcaklıklarıyla ilişkilendirilen en önemli sorunlardan biri çatlama eğiliminin artmasıdır. Çatlaklar, hızlı kuruma, termal gerilmeler ve azalan işlenebilirlik gibi bir dizi nedenle oluşabilir ve yüksek sıcaklıklar bu tür çatlakların oluşma riskini artırmaktadır. Bu çatlaklar, betonun yapısal bütünlüğü ve dayanıklılığını tehlikeye atan unsurlardan birisidir.

4. Azalan Dayanıklılık: Beton yapıların, uzun bir ömre sahip olması ve çeşitli çevresel etkilere dayanabilmesi beklenir. Yüksek beton sıcaklıkları, betonun uzun süreli dayanıklılığını etkilemektedir. Artan su ihtiyacı ve değişen bakım süreci, betonun donma-çözülme döngülerine ve kimyasal etkilere karşı direncini bozmaktadır.

5. Büyük Hacimli Projelerdeki Zorluklar: Büyük hacimli projeler büyük miktarda beton içerir ve genellikle taşınması gereken yapısal yükler nedeniyle daha fazla dayanıklılık ve mukavemet gerektiren yapılardır. Bu projelerde beton sıcaklıkları uygun şekilde kontrol edilmediği takdirde, olası sorunlar daha kritik hale gelir ve çözümülemesi daha zor olabilmektedir.

Bu sorunları ele almak için, yüksek beton sıcaklıklarının etkilerini kontrol etmek ve azaltmak için stratejiler uygulamak gerekmektedir. Bu kontrol süreci, beton içeriklerini soğutmak, soğuk su kullanmak ve dökme ve bakım süreçleri sırasında gölgeleme veya soğutma tekniklerinin kullanılması yöntemlerini içermektedir. Uygun karışım tasarımı ve çevresel koşulların dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi, büyük hacimli projelerde, mukavemet ve dayanıklılığın önemli olduğu yerlerde istenen beton kalitesini elde etmek için büyük bir öneme sahiptir.

Beton soğutma yöntemleri

Betonun sıcak hava koşullarında sıcaklığını kontrol etmek, nihai ürünün kalitesini ve performansını sağlamak için önemlidir. Beton karışımının sıcaklığı, karışım yapılma anındaki karışım bileşenlerinin sıcaklığından etkilenir. Karışımın önemli bir kısmını oluşturan agregalar, karışım sıcaklığı üzerinde büyük etkiye sahip elemanlardan birisidir. Sıcak hava koşullarında agregalar yüksek sıcaklıklara ulaşır, bu da karışım sıcaklığının artmasına sebep olur. Beton sıcaklığını sıcak hava koşullarında kontrol etme konusundaki önem arz eden noktalar şunlardır (Azenha et al., 2019):

1. Malzeme sıcaklıkları: Beton karışımındaki her bir malzemenin sıcaklığı önemlidir. Özellikle çimento, agrega ve su sıcaklıklarını düzenli olarak kontrol etmek, betonun genel sıcaklığını belirlemek açısından kritiktir. Malzeme sıcaklıklarının ölçülmesi, karışımın homojenliği ve betonun dayanıklılığı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Sıcak malzemelerin kullanılması, betonun karışım sürecini hızlandırır ve bu durum betonun özelliklerini olumsuz yönde etkiler.
2. Agregaları soğutma: Agregalar, betonun içerisindeki katı malzemelerdir. Agregaların sıcaklığını düşürmek için stok yığınlarını gölgelendirme, kaba agregaları su ile serpmek ve kullanımdan hemen önce suyla püskürtme gibi birçok yöntem kullanılabilir. Agregaların sıcaklığını düşürmek, genel karışım sıcaklığını azaltmaya yardımcı olur.

3. Karışım suyunu soğutma: Karışım suyunun sıcaklığını düşürmek, suyun sahip olduğu yüksek özgül ısıdan dolayı karışım sıcaklığını azaltmanın en etkili yollarından biridir. Soğuk su, mümkün olan en soğuk kaynaktan kullanılmalıdır ve su depolama tankları güneşten korunmalı veya mümkün değilse beyaz renge boyanmalıdır. Bazı beton tesisleri, su depolama tankında buz eritmek için kullanılabilen soğutma bobinleri ile donatılmıştır.

4. Buz kullanma: Agregaları soğutmak mümkün değilse veya istenilen sıcaklık elde edilemiyorsa, karışım suyunun bir kısmı kırık veya rendelenmiş buz ile değiştirilebilir. Buz, betonun karışım suyu olarak kullanıldığında hidrasyon reaksiyonunu başlatırken aynı zamanda sıcaklığın düşmesine yardımcı olur. Buz, yüksek ısı iletim kapasitesi nedeniyle beton sıcaklığını düşürmek için son derece etkilidir. Karışımın boşaltılması, bütün buzun eritilene kadar izin verilmemelidir.

5. Çimento soğutma: Çimentoyu soğutmak genellikle mümkün değildir, çünkü çimentonun özgül ısı kapasitesi düşüktür ve karışımında kullanılan miktarı düşük orandadır.

6. Sıvı azot kullanımı: Aşırı koşullar altında, agregaları soğutmak için sıvı azot kullanımı geçerli bir yöntem olabilir. Diğer yöntemler yetersiz olduğunda özel durumlar için düşünülebilir bir yöntemdir.

Genel olarak, sıcak hava koşullarında beton sıcaklığını kontrol etmek, beton yapısının kalitesini korumak ve inşaat projelerinde yüksek sıcaklıkların beton üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için gereklidir. Özellikle büyük projelerde, içeriklerin soğutulması ve buz veya soğuk su kullanımı gibi yöntemlerin kombinasyonu, istenen karışım sıcaklığının elde edilmesini sağlamaktadır.

Buzlu Su Teknolojisi ile Beton Soğutma

Buzlu su teknolojisi, beton soğutma işleminde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu teknoloji, suyun donma noktasına soğutularak oluşturulan buzlu suyun, betonun karışım suyu olarak kullanılması anlamına gelir (Rosen, 2023). Buzlu su, betonun

soğutulmasına ve sıcaklığının kontrol altında tutulmasına yardımcı olur. Buzlu su teknolojisinde ilk adım, buzun üretimidir. Buzlu su teknolojisi için genellikle özel cihazlar kullanılır. Bu cihazlar aracılığıyla suyun düşük sıcaklıklarda dondurulmasıyla buz üretilir. Üretilen buz, özel bir ekipmanla beton için kullanılacak olan suyla karıştırılarak buzlu su elde edilir. Buzlu suyun sıcaklığı, betonun istenilen soğutma seviyesini karşılayacak şekilde ayarlanır. Elde edilen buzlu su, beton karışımına eklenir. Buzlu suyun kullanımı, betonun sıcaklığını düşürerek hidrasyon (taşlaşma) sürecini yavaşlatır. Böylece, betonun daha kontrollü bir şekilde sertleşmesi sağlanmış olur. Betonun sıcaklığı düzenli olarak izlenir ve gerektiğinde daha fazla buzlu su eklenerek beton istenen sıcaklık aralığında tutulur. Şekil 1’de mobil bir beton soğutma ünitesi gösterilmektedir. Bu sistemde, üç aşamalı su soğutma sistemi ile ısı değişim metodu ile beton karıştırma proses tanklarında kullanılmak üzere 0,5 ° C'ye kadar buzlu su üretebilmektedir.



Şekil 1. Beton soğutma ünitesi.

Buzlu su teknolojisi, standart chiller sistemleri ve yaprak buz sistemleri arasında bir orta noktada konumlanır. Hem düşük su sıcaklıklarına ulaşabilme yeteneğiyle hem de daha ekonomik ve kullanımı kolay olmasıyla dikkat çeker. Bu teknoloji, su sıcaklığını 0,5°C'ye kadar düşürebilme kabiliyetiyle betonun daha düşük sıcaklıklarda üretilmesini sağlar (Rosen, 2023).

Beton soğutma, inşaat sektöründe önemli bir yer tutar. Betonun sıcaklık kontrolünün sağlanması, yapıların dayanıklılığı ve kalitesi için kritik bir rol oynar. Bu nedenle, çeşitli soğutma yöntemleri kullanılarak betonun istenen sıcaklık aralığında üretilmesi sağlanır. Geleneksel yöntemlerin sınırlı sıcaklık aralığına sahip olduğu durumlarda ise buzlu su teknolojisi devreye girer. Buzlu su teknolojisi, büyük tonajlı su kapasitelerini 0,5°C'ye kadar soğutabilen kapalı devre bir sistemdir. Bu teknoloji, suyun daha düşük sıcaklıklara indirilmesini sağlayarak betonun düşük sıcaklıklarda üretilmesine olanak tanır. Bu da yapıların daha dayanıklı, sağlam ve kaliteli olmasını sağlar (Ishee & Surana, 2019).

Geleneksel yöntemlerin sınırlı kaldığı durumlarda buzlu su teknolojisi, daha düşük su sıcaklıklarına ulaşabilme yeteneğiyle öne çıkar. Bu teknoloji, daha kaliteli yapıların inşa edilmesine olanak tanırken aynı zamanda enerji verimliliğinin de artmasını sağlar. Bu nedenle, beton üretiminde buzlu su teknolojisinin kullanımı, inşaat sektöründe yenilikçi ve etkili bir çözüm olarak değerlendirilmektedir.

Buzlu su teknolojisi, beton üretimi için önemli bir sıcaklık kontrol yöntemidir ve birçok avantajı bulunmaktadır:

Düşük maliyet: Buzlu su teknolojisi, diğer soğutma yöntemlerine kıyasla daha düşük maliyetli bir seçenektir. Bu durum, beton santralleri gibi uygulamalarda maliyet tasarrufu sağlar ve projelerin daha ekonomik bir şekilde yürütülmesine katkıda bulunur. Aynı zamanda enerji verimliliği daha yüksek olduğundan, uzun vadeli işletme maliyetlerinde tasarruf sağlar.

Kullanım kolaylığı: Buzlu su teknolojisi, karmaşık teknolojilere ihtiyaç duymadan kullanıcı dostu bir yapıya sahiptir. Bu sayede işletme süreçleri basitleştirilir, operatörler kolaylıkla sistemleri yönetebilir.

Kompakt tasarım: Buzlu su teknolojisi, daha küçük ve kompakt ünite tasarımları sunar. Böylece alan tasarrufu, taşınabilirlik avantajı ve daha esnek kurulum seçenekleri elde edilir.

Düşük sıcaklıklara ulaşma Yeteneği: Buzlu su teknolojisi, suyun sıcaklığını 0,5°C'ye kadar düşürebilme kabiliyetine sahiptir. Bu durum, betonun düşük sıcaklıklarda üretilmesini mümkün kılar, böylece daha yüksek kaliteli ve dayanıklı yapıların oluşturulmasına imkân tanır. Daha düşük sıcaklıklar, hidrasyon sürecini yavaşlatarak betonun istenilen mukavemet ve dayanıklılık özelliklerine sahip olmasını sağlar.

Yüksek performans: Buzlu su teknolojisi, diğer soğutma sistemlerine kıyasla daha düşük su sıcaklıklarına ulaşabilme yeteneğine sahiptir. Bu özellik, betonun daha iyi kalite ve dayanıklılıkla üretilmesini sağlar. Özellikle özel beton uygulamalarında ve yüksek performans gerektiren projelerde büyük bir avantaj sağlar.

Uygulama alanları: Buzlu su teknolojisi, beton santralleri gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle yüksek kaliteli beton üretimi, sıcaklık duyarlı beton karışımları, hızlı beton sertleşmesi gereken durumlar, çevresel faktörlerin etkisi altında beton üretimi gibi durumlarda çoklukla tercih edilir.

Buzlu su teknolojisi, betonun sıcaklık kontrolünü daha hassas bir şekilde sağlamayı amaçlayan etkili bir yöntemdir. Düşük maliyeti, kullanım kolaylığı, kompakt tasarımı ve düşük su sıcaklıklarına ulaşma yeteneği sayesinde beton üretim sürecini optimize eder ve daha kaliteli yapıların inşa edilmesine imkân tanır.

Sıcaklık etkisi ve beton kalitesi arasındaki ilişki, betonun üretim aşamasında önemli bir faktördür (Azenha et al., 2019). Betonun hidrasyon süreci, suyun beton karışımına katılmasıyla başlar ve bu süreçte su kimyasal reaksiyonlarla bağlar oluşturarak betonun sertleşmesini sağlar. Bu süreç sıcaklığa bağlı olarak hızlanır veya yavaşlar. Yüksek sıcaklıklar hidrasyon hızını artırırken, düşük sıcaklıklar hidrasyon hızını yavaşlatabilir. Bu durum betonun mukavemet özelliklerini ve son kalitesini etkileyebilir.

Buzlu su teknolojisi, özellikle büyük beton dökme projelerinde kullanışlıdır. Bu yöntem, betonun yüksek sıcaklıklarda sertleşmesini

önler. Böylece daha dayanıklı ve homojen bir beton elde edilmesi sağlanır. Ayrıca, çatlamların ve gerilmelerin önlenmesine katkıda bulunulur. Bu nedenle, özellikle sıcak hava koşullarında ve büyük inşaat projelerinde beton soğutma işlemi için tercih edilen bir yöntemdir.

Betonda sıcaklık kontrolü, özellikle sıcak hava koşullarında, inşaat projeleri için hayati öneme sahiptir. Betonun sıcaklığını düşürmek, betonun dayanıklılığını artırarak yapısal bütünlüğünü korur. Bu amaçla farklı düzeylerde soğutma ekipmanları kullanılabilir (Rosen, 2023).

Chiller Su Soğutucular

Beton sıcaklığını yaklaşık olarak 4-6°C azaltabilen chiller su soğutucular, dünya genelinde en yaygın ve tercih edilen beton soğutma sistemlerinden biridir. Bu sistem, maliyet açısından oldukça verimli bir seçenek sunmaktadır. Beton soğutmanın ilk aşamasını gerçekleştiren Chiller ünitesi, etkili ve başlangıç düzeyinde bir çözümdür.

Buzlu Su Soğutucular

Betonun sıcaklığını ortalama 6-8°C azaltabilen buzlu su soğutucular, ROSEN tarafından geliştirilen son teknoloji su soğutma sistemlerinden biridir [xx patenti]. Buzlu suyun, 1°C soğuk su ile karıştırılması önerilerek betonun 6-8°C kadar soğutulması sağlanabilir. Chiller ünitelerine benzer bir çalışma prensibine sahip olan bu sistem, orta düzeyde beton soğutma ihtiyaçları için idealdir.

Buz Tesisi

Betonun sıcaklığını en az 8-12°C kadar düşürebilen buz tesisi, özellikle hazır beton üretimi için son derece etkili bir çözümdür. Bu sistem, bir beton santraline entegre edilmiş bir buz makinesi kullanır ve buz depolama ile transfer sistemlerini içerir. Yüksek düzeyde soğutma ihtiyacı olan durumlarda optimal bir çözüm sunar.

Bu sistemler, inşaat projelerinde betonun istenilen sıcaklık aralığında tutulmasını sağlamaktadır. Betonun belirli bir sıcaklıkta kalması, dayanıklılığı artırarak çatlamları önler. Hangi seviyede soğutma ekipmanının kullanılacağı, projenin ihtiyaçlarına ve bütçesine bağlı olarak seçilir. Bu farklı seçenekler, betonun güvenli ve kaliteli bir şekilde kullanılmasını sağlar.

Beton soğutma sistemlerinin birçok avantajı bulunmaktadır. İlk olarak, betonun hızlı bir şekilde soğutulması, inşaat projelerinin süresini kısaltır ve zaman tasarrufu sağlar. İkinci olarak, betonun homojen bir şekilde soğutulması, iç yapısının daha sağlam ve dayanıklı olmasını sağlar. Ayrıca, bu sistemler enerji verimliliği sağlar ve çevresel açıdan daha sürdürülebilir bir inşaat süreci sunar.

Çalışma Prensipleri

Beton soğutma sistemi, bir kompresör ve kondenser içeren bir döngü sistemini kullanır. Sistemdeki soğutucu gaz, soğutucu panellerde dolaşır. Soğutucu gaz, yüksek basınçla soğutucu panellere dağıtılır. Burada, tekli su püskürtücüleri aracılığıyla akışkanın panellerin üst kısmına eşit bir şekilde dağıtılması sağlanır. Bu durum, betonun homojen bir şekilde soğumasını sağlar. Beton soğutma sistemi, etkili bir şekilde betonun sıcaklığını düşürmek için kullanılan özel bir döngü sistemine sahiptir. Bu sistem, kompresör ve kondenser gibi ana bileşenleri içerir. Soğutucu gaz, bu döngü sistemi içinde dolaşarak betonun soğutulmasını sağlar.

İlk aşamada, kompresör, soğutucu gazı yüksek basınçla sıkıştırır. Bu süreç sonucunda gazın sıcaklığı artar. Daha sonra, gaz, kondensere girer. Kondenser, gazın sıvı hale dönüşmesini sağlar ve bu sırada gaz, çevre ortama ısı verir. Sıvı hale dönüşen soğutucu gaz, soğutucu panellerdeki ince kanallardan geçer. Bu paneller genellikle alüminyum veya başka bir metal malzemeden yapılmış plakalardır. Panellerin içindeki kanallar, soğutucu gazın betonun üzerinde homojen bir şekilde dağılmasını sağlar. Böylece, betonun her noktası eşit şekilde soğutulur. Panellerin üst kısmına, tekli su püskürtücüleri olarak adlandırılan özel düzenekler yerleştirilir. Bu püskürtücüler,

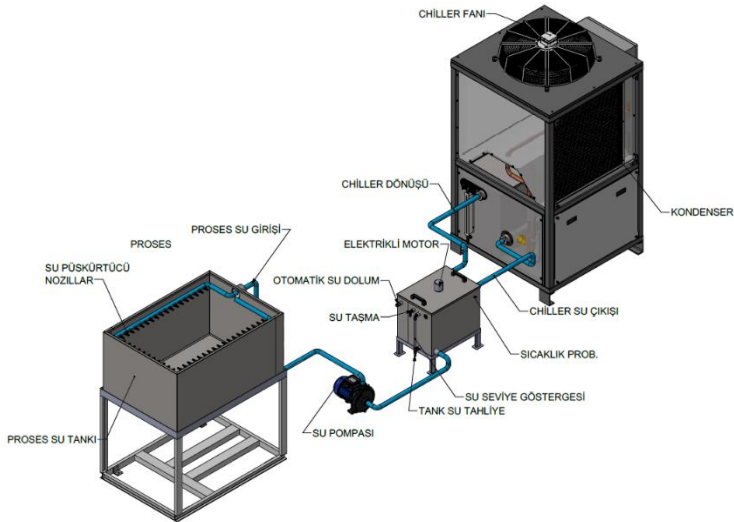
suyun panellerin üst kısmına eşit bir şekilde dağılmasını sağlar. Su, panellerin yüzeyine ince bir su perdesi şeklinde püskürtülür. Bu su perdesi, soğutucu gazın transferini kolaylaştırır ve betonun daha hızlı bir şekilde soğumasını sağlar.

Bu sistemde Şekil 2’de gösterildiği gibi iki aşamalı soğutma uygulanmaktadır. Birinci aşama soğutma ünitesi içerisinde gerçekleştirilir. İkinci aşama ise özel olarak oluşturulmuş olan serpantinli buzlu su elde etme ünitesinde gerileştirilir (Şekil 3). Birince aşamada soğutucu akışkan alçak basınçta bulunur. Akışkanın basıncı kompresör tarafından yükseltilerek kondensere gönderilir. Kondenserde, fanlar yardımıyla hava soğutmalı bir ortamda yoğunlaşma oluşturulur. Akışkan, düşük basınca sahip sıvı hale genleşme valfinden geçirilerek dönüştürülür. Daha sonra soğutma ünitesinin içinde bulunan evaporatör aracılığıyla ilk soğutma gerçekleştirilir.

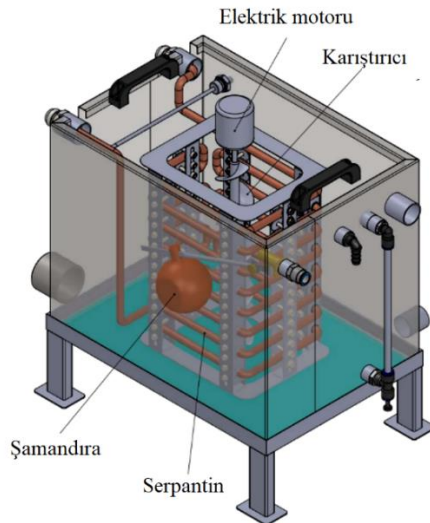
İkinci aşamada, buzlu su sisteminde serpantinli tank ünitesi bulunmaktadır. Bu tank içerisinde kapalı çevrim olarak ısı transfer yapılması için, bir serpantin bulunmaktadır. Serpantin içerisinde dolaşan sıvı glikollü suyun, birinci soğutma ünitesinde bulunan evaporatör tarafından -5°C ila -10°C aralığında soğutulması sağlanmaktadır. Glikollü su buzlu su ünitesinde bulunan serpantin içerisinde kapalı çevrim olarak dolaştırılmakta ve beton için kullanılacak olan suya karışmamaktadır. Bu şekilde betona karışacak su, -5°C / -10°C civarındaki serpantin ile ısı transferi sayesinde $0,5^{\circ}\text{C}$ ’ye kadar sıcaklığı düşmektedir. Burada kısmen serpantin etrafında buzlar oluşmaktadır. Isı transferini artırmak ve buzun eriyerek suya karışmasını hızlandırmak için bir karıştırıcı motor kullanılmıştır. Ünite içerisinde bir şamandıra kullanılarak suyun otomatik dolumu, yüksekliği ve taşması bu şamandıra sayesinde kontrol edilmektedir.

Şebeke veya kuyu suyu gibi harici bir kaynaktan su beslemesi yapılmaktadır. Bu suyun serpantinli ikinci soğutma ünitesine otomatik olarak dolumu sağlanmaktadır. Üniteye yaklaşık $0,5^{\circ}\text{C}$

sıcaklıktaki su bir pompa vasıtasıyla beton karışımına nozullara püskürtülmektedir.



Şekil. 2. Buzlu su ünitesi.



Şekil. 3. Serpantinli buzlu su ünitesi.

Beton soğutma sistemi, bu döngü ve dağıtım mekanizmaları sayesinde betonun sıcaklığını etkili bir şekilde düşürür. Böylece, betonun istenen sıcaklık aralığında kalması ve homojen bir şekilde soğuması sağlanır, betonun dayanıklılığı artar, çatlak oluşumu engellenir ve kalite yükselir. Beton soğutma sistemlerinin kullanımı, büyük yapı projelerinde ve özellikle sıcak iklimlerde daha yaygındır. Bu sistemler, betonun hızlı ve etkili bir şekilde soğutulmasını sağlayarak inşaat sürecinin hızlanmasına katkıda bulunur. Ayrıca, betonun homojen bir şekilde soğutulması, yapıların daha dayanıklı olmasını ve uzun ömürlü olmasını sağlar.

Beton soğutma sistemlerinin avantajları aşağıda sıralanmıştır (Alperen, 2023):

Hızlı hoğutma: Beton soğutma sistemleri, betonun hızlı bir şekilde soğutulmasını sağlar. Betonun belirli bir sıcaklık aralığında kalması önemlidir, çünkü aşırı ısınması betonun dayanıklılığını ve kalitesini olumsuz etkileyebilir. Soğutma sistemi, betonun istenen sıcaklık aralığında tutulmasını sağlayarak, inşaat projelerinin süresini kısaltır ve zaman tasarrufu sağlar.

Homojen soğutma: Beton soğutma sistemleri, betonun homojen bir şekilde soğutulmasını sağlar. Soğutucu gaz, soğutucu paneller aracılığıyla beton yüzeyine eşit bir şekilde dağıtılır. Bu sayede, betonun her noktası aynı hızda ve aynı sıcaklıkta soğur. Homojen soğutma, iç yapının daha sağlam ve dayanıklı olmasını sağlar, çatlak oluşumunu engeller ve betonun kalitesini artırır.

Kontrol altında tutulan sıcaklık: Beton soğutma sistemleri, betonun sıcaklığını kontrol altında tutar. Yüksek sıcaklıklar, betonun hızlı prizlenmesine ve çatlaklara neden olabilirken, düşük sıcaklıklar ise betonun olması gereken dayanıklılığına ulaşmasını engelleyebilir. Soğutma sistemi, betonun istenen sıcaklık aralığında kalmasını sağlayarak bu riskleri önler. Sıcaklık kontrolü, betonun daha homojen bir şekilde soğumasını sağlayarak istenmeyen sonuçların önüne geçer.

Enerji verimliliği: Beton soğutma sistemleri, enerji verimliliği sağlar. Soğutucu gazın dolaşımı ve su pompası gibi işlemler, enerji tüketimini optimize eder. Ayrıca, kontrol paneli aracılığıyla sıcaklık ayarlamaları yapılır ve enerji israfı önlenir. Bu da enerji maliyetlerini düşürür ve daha sürdürülebilir bir inşaat süreci sunar.

Çevresel sürdürülebilirlik: Beton soğutma sistemleri, çevresel açıdan daha verimli bir süreç sağlar. Daha hızlı tamamlanan projeler, enerji tasarrufu ve atık azaltımı gibi faktörler çevresel etkileri azaltır. Ayrıca, betonun daha kaliteli ve dayanıklı olması, yapıların ömrünü uzatır ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar.

Sonuç olarak, beton soğutma sistemleri, inşaat sektöründe önemli bir iklimlendirme teknolojisi olarak kabul edilir. Bu sistemler, betonun ideal sıcaklıkta kalmasını sağlar, dayanıklılığını artırır ve kaliteyi sağlar. Ayrıca, iş süresini kısaltır, enerji verimliliği sağlar ve çevresel açıdan sürdürülebilir bir inşaat süreci sunar. Beton soğutma sistemlerinin kullanımı, büyük inşaat projelerinde yaygınlaşmaktadır ve inşaat sektörünün geleceğinde önemli bir rol oynamaktadır. Beton, inşaat sektöründe en yaygın kullanılan malzemelerden biridir ve kaliteli beton üretimi, dayanıklı yapıların temelini oluşturur. Ancak, betonun sıcaklığı, kalite üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek sıcaklıklar, betonun hızlı prizlenmesine ve çatlaklara neden olabilirken, düşük sıcaklıklar ise betonun olması gereken dayanıklılığına ulaşmasını engelleyebilir. Beton santrallerinde kullanılan soğutma sistemleri, bu sıcaklık kontrolünü sağlamada kritik bir rol oynar.

Sonuçlar

Beton soğutma sistemleri, inşaat sektöründe temel bir öneme sahip olan betonun kalitesi, dayanıklılığı ve projelerin uzun ömürlülüğü açısından kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle büyük ölçekli projelerde, betonun sıcaklık kontrolünün sağlanması, istenmeyen sorunların ve maliyet artışlarının önlenmesini sağlar.

Geleneksel beton soğutma sistemlerinin yanı sıra, buzlu su teknolojisi gibi yenilikçi yaklaşımlar da bu alanda önemli avantajlar

sunmaktadır. Düşük sıcaklıklara sahip suyun kullanılması, betonun daha düşük sıcaklıklarda üretilmesine ve böylece daha dayanıklı ve kaliteli yapıların inşa edilmesine olanak tanır. Ayrıca, buzlu su teknolojisi, enerji verimliliği, düşük işletme maliyetleri ve çevresel sürdürülebilirlik gibi faktörlerle de projelere katkı sağlar.

İnşaat sektörü, beton soğutma sistemlerinin ve yenilikçi teknolojilerin kullanımıyla daha sürdürülebilir ve verimli bir geleceğe doğru ilerlemeye devam etmelidir. Bu teknolojiler, projelerin süresini kısaltarak zaman ve kaynak tasarrufu sağlar, aynı zamanda daha dayanıklı ve çevre dostu yapıların inşa edilmesine imkân tanır. Bu nedenle, beton soğutma sistemlerinin ve buzlu su teknolojisinin benimsenmesi, inşaat sektörünün geleceğini daha parlak ve başarılı kılacaktır.

KAYNAKÇA

Alperen. (2023). *Beton Soğutma Sistemleri*. (16/12/2023 tarihinde [https://alperen.com.tr/beton-sogutma-sistemleri/adresinden ulaşılmıştır](https://alperen.com.tr/beton-sogutma-sistemleri/adresinden-ulaşılmıştır)).

Azenha, M., Sfikas, I. P., Wyrzykowski, M., Kuperman, S., & Knoppik, A. (2019). Temperature control. *RILEM State-of-the-Art Reports*, 27, 153–179. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76617-1_6/FIGURES/10

Barragán, B. E., Giaccio, G. M., & Zerbino, R. L. (2001). Fracture and failure of thermally damaged concrete under tensile loading. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 34(5), 312–319. <https://doi.org/10.1007/BF02482211/METRICS>

Ishee, C., & Surana, S. (2019). Hot weather concreting. *Developments in the Formulation and Reinforcement of Concrete*, 131–150. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102616-8.00006-X>

Juenger, M. C., Hema, J., & Solt, S. (2004). *The Effects of Liquid Nitrogen on Concrete Properties (FHWA/TX-08/0-5111-1)*. 7.

Rosen. (2023). *Beton Soğutma*. (16/12/2023 tarihinde <https://tr.tamutom.com/concrete-cooling> adresinden ulaşılmıştır).

Shen, Y., Lv, Y., Yang, H., Ma, W., Zhang, L., & Pan, J. (2022). Effect of different ice contents on heat transfer and mechanical properties of concrete. *Cold Regions Science and Technology*, 199, 103570. <https://doi.org/10.1016/J.COLDREGIONS.2022.103570>

Shen, Y., Lv, Y., Yang, H., Ma, W., Zhang, L., & Wei, X. (2022). Pore development and mechanical properties of iced concrete during hydration. *Construction and Building Materials*, 353, 129077. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2022.129077>

Zhao, H., Hu, Y., Tang, Z., Wang, K., Li, Y., & Li, W. (2022). Deterioration of concrete under coupled aggressive actions associated with load, temperature and chemical attacks: A comprehensive review. *Construction and Building Materials*, 322, 126466. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2022.126466>