

**İKLİMLENDİRME CİHAZLARINDA  
INVERTER TEKNOLOJİSİNİN VE  
DEĞİŞKEN SOĞUTUCU AKIŞKAN SICAKLIĞININ VERİME VE  
KONFORA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Çağkan Ciniviz  
171421102

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Çevre ve Enerji Teknolojileri Yönetimi Anabilim Dalı  
Enerji Etkin Yapılar Yüksek Lisans Programı  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Neslihan Yuca Doğdu




İstanbul  
T.C. Maltepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Ağustos, 2019

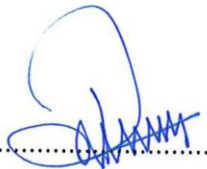
## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Çağkan Ciniviz'in

İklimlendirme Cihazlarında Inverter Teknolojisinin Ve Değişken Soğutucu Akışkan Sıcaklığının Verime Ve Konfora Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi


başlıklı tezi 03/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Çevre ve Enerji Teknolojileri Yönetimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak oy birliğiyle başarılı olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Tez Danışmanı	: Dr. Öğr. Üyesi Neslihan YUCA DOĞDU	
Üye	: Doç. Dr. Sinan Apak	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Yasin KARAGÖZ	



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. İltiz Büyükduman

	<b>ŞEKİL ONAY SAYFASI</b>	Doküman No	FR-105
		İlk Yayın Tarihi	20.12.2017
		Revizyon Tarihi	10.12.2018
		Revizyon No	01
		Sayfa	1/2

## ŞEKİL ONAY SAYFASI


19/09/2019

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE, Aşağıda bilgileri bulunan lisansüstü öğrencinin tezi şekil yönünden tarafımda incelenmiş ve Enstitüye teslim edilmesi uygun bulunmuştur.  <div style="text-align: right;">Anabilim Dalı Başkanı Nevin TAŞALTIN İmza</div>
---

<b>ÖĞRENCİ BİLGİLERİ</b>	
ADI SOYADI	ÇAĞKAN CİNİVİZ
ÖĞRENCİ NUMARASI	171421102
ANABİLİM DALI	ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
PROGRAMI	( X ) YÜKSEK LİSANS ( ) DOKTORA ( ) SANATTA YETERLİK
DANIŞMANI	
TEZ BAŞLIĞI	İKLİMLENDİRME CİHAZLARINDA INVERTER TEKNOLOJİSİNİN VE DEĞİŞKEN SOĞUTUCU AKIŞKAN SICAKLIĞININ VERİME VE KONFORA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ
SAVUNMA TARİHİ	03.09.2019
e-posta	cagkann@gmail.com

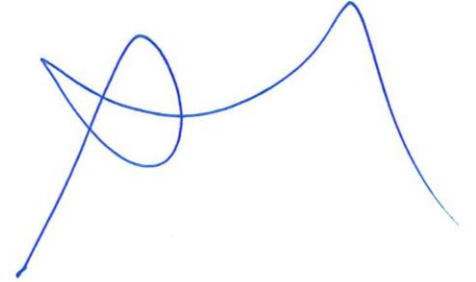
İç Kapak	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Jüri Onay Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Etik İlke ve Kurallara Uyum Beyanı	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
İntihal Raporu	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Teşekkür Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Öz (Başlık-Öz-Anahtar Sözcükler)	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Abstract (Title-Abstract-Key Words)	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
İçindekiler	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Çizelgeler Listesi	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Şekiller Listesi (varsa)	<input type="checkbox"/> Şekil yok <input checked="" type="checkbox"/> Uygun <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Kısaltmalar Listesi	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Tablolar Listesi (varsa)	<input checked="" type="checkbox"/> Tablo yok <input type="checkbox"/> Uygun <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Ekler Listesi (varsa)	<input checked="" type="checkbox"/> Ek yok <input type="checkbox"/> Uygun <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Özgeçmiş	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok

Hazırlayan İlgili Birim	Kalite Koordinatörü Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Kurumsal Yetkili Prof. Dr. Belma AKŞİT
----------------------------	--	---

	<b>ŞEKİL ONAY SAYFASI</b>	Doküman No	<b>FR-105</b>
		İlk Yayın Tarihi	<b>20.12.2017</b>
		Revizyon Tarihi	<b>10.12.2018</b>
		Revizyon No	<b>01</b>
		Sayfa	<b>2/2</b>

Sayfa Genişliği	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Yazı Tipi	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Referans Kullanımı	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Kaynakça Yazımı	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Ekler (varsa)	<input checked="" type="checkbox"/> Ek yok <input type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir

Hazar Akgül  
İmza



Hazırlayan İlgili Birim	Kalite Koordinatörü Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Kurumsal Yetkili Prof. Dr. Belma AKŞİT
----------------------------	--	---

(Doküman No: FR-105; Yayın Tarihi 20.12.2017; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)

 maltepe üniversitesi	<b>ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI</b>	Doküman No	FR-178
		İlk Yayın Tarihi	01.03.2018
		Revizyon Tarihi	
		Revizyon No	00
		Sayfa	iii/1

## ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

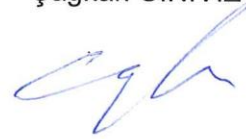
19/09/2019

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarından bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; çalışmamın Maltepe Üniversitesinde kullanılan "bilimsel intihal tespit programı" ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığımı beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Öğrencinin Adı ve Soyadı

Çağkan CİNİVİZ



Hazırlayan: İlgili Birim	Onaylayan: Kalite Yönetim Koordinatörlüğü
--------------------------	---

# Çağkan Ciniviz Tez Teslim

ORIJINALLIK RAPORU

% **16**

BENZERLIK ENDEKSİ

% **12**

İNTERNET  
KAYNAKLARI

% **2**

YAYINLAR

% **11**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

- |          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)<br>Öğrenci Ödevi                      | <b>%5</b> |
| <b>2</b> | <a href="http://www.homeappliances.hitachi-imdx.jp">www.homeappliances.hitachi-imdx.jp</a><br>İnternet Kaynağı         | <b>%1</b> |
| <b>3</b> | <a href="http://acikerisim.aku.edu.tr">acikerisim.aku.edu.tr</a><br>İnternet Kaynağı                                   | <b>%1</b> |
| <b>4</b> | <a href="http://www.baskent.edu.tr">www.baskent.edu.tr</a><br>İnternet Kaynağı   | <b>%1</b> |
| <b>5</b> | Submitted to Ankara University<br>Öğrenci Ödevi  | <b>%1</b> |
| <b>6</b> | <a href="http://docplayer.biz.tr">docplayer.biz.tr</a><br>İnternet Kaynağı   | <b>%1</b> |
| <b>7</b> | <a href="http://www.ttmd.org.tr">www.ttmd.org.tr</a><br>İnternet Kaynağı   | <b>%1</b> |
| <b>8</b> | KAYA, Murat. "Isı pompası ve kombi ısıtma sistemleri maliyet analizlerinin karşılaştırılması", Kubilay Aslantaş, 2009. | <b>%1</b> |

*N. Jüca*

## TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın gerçekleőtirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaőan, ne zaman ihtiyacım olsa kıymetli vaktini benimle paylaőan, saygıdeğer danışman hocam; Dr. Öğr. Üyesi Neslihan Yuca Doğdu'ya, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her safhasında bana destek olan değerli eőime sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

aękan Ciniviz

Aęuston 2019



## ÖZ

### İKLİMLENDİRME CİHAZLARINDA INVERTER TEKNOLOJİSİNİN VE DEĞİŞKEN SOĞUTUCU AKIŞKAN SICAKLIĞININ VERİME VE KONFORA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Çağkan Ciniviz

Yüksek Lisans Tezi

Çevre ve Enerji Teknolojileri Yönetimi Anabilim Dalı

Enerji Etkin Yapılar Yüksek Lisans Programı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Neslihan Yuca Doğdu

Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019

Günümüzde enerji verimliliği çok büyük önem arz etmektedir. Son yıllarda üretilen her üründe enerji verimliliğine dikkat edilmektedir. Gelişen mühendislik bilimleri sayesinde enerji verimli ürünler üretilmektedir.

Her sektörde olduğu gibi iklimlendirme sektöründe de enerji verimliliği çok önemlidir. Bireysel sistemlerden, endüstriyel uygulamalara kadar birçok farklı ürünün verimlilik değerleri artırılmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmada temel olarak iki farklı konuya değinilmiştir. Bunlardan biri Inverter teknolojisinin verimliliğe etkisidir. Bu bölümde bir test düzeneği sayesinde; inverter ve non-inverter klimaların kıyaslaması yapılmıştır.

Diğer bölümde ise VRV sistemlerinde değişken soğutucu akışkan sıcaklığının verime ve konfora etkisi yine bir test düzeneğiyle test edilmiştir.

Sonuç olarak, test düzeneklerinde edinilen veriler grafiklere dökülmüştür. Bu grafikler ışığında inverter teknolojisinin %44 verim sağladığı saptanmıştır. Değişken soğutucu akışkan sıcaklığı bulunan cihazın ise %33,2 daha verimli olduğu görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** 1. Inverter ; 2. VRV ; 3. iklimlendirme ; 4. Soğutucu akışkan.



## **ABSTRACT**

### **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF INVERTER TECHNOLOGY AND VARIABLE REFRIGERANT TEMPERATURE ON EFFICIENCY AND COMFORT IN AIR CONDITIONING DEVICES**

Çağkan Ciniviz

Master Thesis

Department of Environmental and Energy Technology Management

Energy Efficient Constuction Programme

Advisor: Asst. Prof. Neslihan Yuca Doğdu

Maltepe University Institute of Science, 2019

Nowadays, energy efficiency is very important. In recent years, companies have been paying attention to energy efficiency. Thanks to developing engineering sciences, energy efficient products can be produced.

As in every sector, energy efficiency is very important in the air conditioning sector. Efficiency values of many different products are tried to be increased from individual systems to industrial applications.

In this study, two different issues are mentioned. One of them is the effect of inverter technology on efficiency. In this section, thanks to testing; Inverter and non-inverter air conditioners are compared.

In the other section, the effect of variable refrigerant temperature on efficiency was tested with the test devices.

As a result, test data are plotted. In the light of these graphs, it was found that inverter technology provides 44% efficiency. The device with variable refrigerant temperature was found to be 33.2% more efficient.

**Keywords:** 1. Inverter ; 2. VRV ; 3. climatization ; 4. Refrigerant.

## İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI .....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI ..	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
TEŞEKKÜR.....	ivii
ÖZ.....	viii
ABSTRACT.....	ix
İÇİNDEKİLER .....	x
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR .....	xiv
ÖZGEÇMİŞ .....	xvi
1. BÖLÜM GİRİŞ .....	1
1.1. İklimlendirme Nedir? .....	1
1.2. İklimlendirmenin Temel Prensipleri .....	3
1.2.1. Isı ve Sıcaklık Kavramı .....	3
1.2.2. Nem Kavramı.....	3
1.2.3. Isı Transferi.....	3
1.2.4. Isı Pompası Çevrimi.....	3
1.2.5. Temel Parçalar ve Çalışma Prensipleri .....	4
1.2.5.1. Kompresör .....	5
1.2.5.2. Evaporatör .....	5
1.2.5.3. Kondenser.....	5
1.2.5.4. Genleşme Valfi .....	5
1.2.5.5. Soğutucu Akışkanlar .....	5
1.3. Isı Pompası Çeşitleri .....	6
1.3.1. Hava Kaynaklı Isı Pompası .....	6
1.3.2. Su Kaynaklı Isı Pompası .....	7
1.3.3. Toprak Kaynaklı Isı Pompası .....	8
1.3.3.1. Açık Sistemler .....	8
1.3.3.2. Kapalı Sistemler.....	9
1.4. Gelişen İklimlendirme Teknolojileri.....	9
1.4.1. Split Klimalar.....	9
1.4.2. Multi Split Klimalar .....	10
1.4.3. VRV Sistemleri.....	11
2. BÖLÜM YÖNTEM .....	14
2.1. İklimlendirme Teknolojilerinin Enerji Verimliliğinin Belirlenmesi.....	14
2.2. Sezonsal Verimliliğin Belirlenmesi .....	14
2.3. Inverter Teknolojisi ve Verimliliğe Etkisinin Belirlenmesi .....	15
2.4. Değişken Soğutucu Akışkan Sıcaklığının Verimliliğe Etkisinin İncelenmesi	25
2.4.1. Değişken Soğutucu Akışkan Sıcaklığı ve Sabit Akışkan Sıcaklığı	
Teknolojilerinin Kıyaslama Düzenliği .....	26
3. BÖLÜM BULGULAR VE YORUMLAR.....	29
3.1. Inverter / Non-Inverter Deneyi Bulguları.....	29
3.2. VRV IV – VRV III Kıyaslaması.....	30

4. BÖLÜM SONUÇ.....	36
5. KAYNAKÇA .....	37



## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1: Non-Inverter Klima Teknik Değerleri [24].....	10
Çizelge 2: Inverter Klima Teknik Değerleri [25].....	10
Çizelge 3: Sabit Akışkan Sıcaklığına Sahip VRV Teknik Özellikleri [29].....	13
Çizelge 4: Değişken Akışkan Sıcaklığına Sahip VRV Teknik Özellikleri [30].....	13
Çizelge 5: Sezonsal Verimlilik Kriterleri [34].....	15
Çizelge 6: VRT Teknolojisi ile Dış Ortam Sıcaklığının Karşılaştırması [36].....	25
Çizelge 7: Değişken akışkan sıcaklığı ve sabit akışkan sıcaklığı kıyaslaması [36].....	25
Çizelge 8: Inverter/Non-Inverter Verimlilik Kıyaslaması.....	29
Çizelge 9: VRV IV - VRV III Kondanzasyon sıcaklığına bağlı verimlilik kıyaslaması	31
Çizelge 10: VRV IV - VRV III Evaporasyon sıcaklığına bağlı verimlilik kıyaslaması	.32
Çizelge 11: VRV IV - VRV III Kondanzasyon sıcaklığına bağlı üfleme sıcaklığı kıyaslanması.....	33
Çizelge 12: VRV IV - VRV III Evaporasyon sıcaklığına bağlı üfleme sıcaklığı kıyaslanması.....	34

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Ters Carnot çevrimi T-s diyagramı .....	4
Şekil 2: Isı Pompası Çevrimi .....	6
Şekil 3: Hava Kaynaklı Isı Pompası Şeması .....	7
Şekil 4: Su Kaynaklı Isı Pompası .....	7
Şekil 5: Yatay Tip Isı Pompası .....	8
Şekil 6: Split Klima .....	9
Şekil 7: Multi Split Klima Şeması .....	11
Şekil 8: VRV Sistem Şeması .....	12
Şekil 9: Sezonsal verimlilik grafiği .....	15
Şekil 10: Inverter klima ve on-off klima karşılaştırması .....	16
Şekil 11: Test Programı Açıklaması-1 .....	18
Şekil 12: Test Programı Açıklaması-2 .....	19
Şekil 13: Test programı açıklaması-3.....	20
Şekil 14: Test programı açıklaması-4.....	21
Şekil 15: Test programı açıklaması-5.....	22
Şekil 16: Test programı açıklaması-6.....	23
Şekil 17: Inverter Test Düzeneği Görseli .....	24
Şekil 18: Test düzeneği üfleme sıcaklığı kıyaslama görseli .....	27
Şekil 19: Test düzeneği anlık verimlilik kıyaslama görseli.....	27
Şekil 20: VRT Test düzeneği görseli .....	28

## KISALTMALAR

HKIP	: Hava Kaynaklı Isı Pompası
SKIP	: Su Kaynaklı Isı Pompası
TKIP	: Toprak Kaynaklı Isı Pompası
SEER	: Seasonal Energy Efficiency Ratio
EER	: Energy Efficiency Ratio
VRV	: Variable Refrigerant Volume
VRT	: Variable Refrigerant Temperature
COP	: Coefficient of Performance
SCOP	: Seasonal Coefficient of Performance
AC	: Alternating Current
DC	: Direct Current
Hz	: Hertz
AC	: Alternating Current
$T_{amb}$	: Dış Ortam Sıcaklığı
$T_r$	: Soğutucu Akışkan Sıcaklığı
$T_H$	: Kondansasyon Sıcaklığı
$T_C$	: Evaporasyon Sıcaklığı
$Q_{out}$	: Alınan Isı
s	: Entropi

Min : Minimum

Nom : Nominal

Maks : Maksimum

s : Entropi

Min : Minimum

Nom : Nominal



# ÖZGEÇMİŞ

Çağkan Ciniviz

## Çevre ve Enerji Teknolojileri Yönetimi Anabilim Dalı

### Eğitim

Derece Yıl Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı  
Ls. 2014 Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği  
Lise 2008 Zonguldak İMKB Anadolu Öğretmen Lisesi

### İş/İstihdam

Yıl Görev  
2017- Makine Mühendisi, Daikin Isıtma Soğutma Sistemleri A.Ş.  
2015-2017 Makine Mühendisi, Ente Endüstriyel Tesisler San. A.Ş.

### Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı : Rize, 1990 Cinsiyet: Erkek  
Yabancı diller : İngilizce (çok iyi)  
GSM / e-posta : +905062447853 / cagkann@gmail.com



# 1. BÖLÜM GİRİŞ

Geçmişten bugüne kadar kullanılan iklimlendirme sistemlerinde ana amaç farklı mahalleri ısıtmak ya da soğutmaktır. Günümüzde iklimlendirme yapmak için pek çok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanları; kombi, kazan, ısı pompası, klima santrali, ısı geri kazanım cihazları, soğutma grupları, güneş enerjisinden faydalanan sistemler vb. gibidir. Bunlardan en verimli olan sistemlerden biri ısı pompası sistemidir.

Isı pompası sisteminin, konut iklimlendirilmesinde kullanılması, ekonomik açıdan bir kazanım olmakla beraber çevresel anlamda da pozitif bir etki yaratmaktadır. Isı pompaları geleneksel sistemlere kıyasla, enerji giderini minimuma indirmektedir. Elektrikli ısıtıcılarla kıyaslandığında, ısı pompası önemli bir enerji tasarrufu yapmaktadır. Atık ısıların tekrar kullanılması ısı pompası kullanımını artırmaktadır. Isı pompaları, hava, toprak ve su gibi doğal kaynakları kullanarak iklimlendirme işlemi gerçekleştiren ve endüstriyel uygulamalarda çokça kullanılan bir teknolojidir.[1]

İklimlendirme yapılan yerlerdeki toplam enerji harcamasını göze alırsak, tüketilen enerjinin önemli bir kısmı; ısıtma, soğutma ve havalandırma amacıyla kullanılmaktadır. Kullanılan enerjinin literatürde fosil yakıtlar olarak geçen; doğalgaz kömür fuel-oil gibi yenilenemez olması, sera gazı salınımı sebebiyle küresel ısınmaya direkt etki yaptığından ayrı bir sorun olarak görülmektedir. [2]

Bu çalışmada gelişen iklimlendirme teknolojilerinde verimlilik ve konforun gelişimi incelenecektir. Çalışmada öncelikle genel literatür araştırması paylaşılacak, akabinde güncel teknolojiler hakkında bilgiler verilir, inverter teknolojisi ve değişken soğutucu akışkan sıcaklığı teknolojisi test düzenekleri yardımıyla günlük veriler alınıp değerlendirme yapılarak incelenmiş ve verimliliğe etkisi değerlendirilmiştir.

## 1.1. İklimlendirme Nedir?

İklimlendirmeyi genel olarak tanımlayacak olursak; canlıların konforunu sağlamak amacıyla yapılan ya da herhangi bir endüstriyel mamülün üretim ya da saklama koşullarının oluşturulması için gerekli iç hava şartlarının oluşturulması işlemidir. Teknik olarak; bir ya da birkaç ortam havasının dış ortam şartlarına bağlı kalmadan, yapay bir şekilde olması gereken ortam şartına getirilmesine iklimlendirme denir. Bu ortam şartları; oksijen oranı, partikül sayısı, sıcaklık, hava hızı, basınç ve nem olmaktadır. İç ortam havasını istenilen şartlara getirmek için kullanılan cihazlara da klima denir. [3]

### A- Konfor Amacıyla Yapılan Uygulamalar

- Konut İklimlendirmesi
- Mağaza İklimlendirmesi

- Ofis veya Büro İklimlendirmesi
- Toplantı Mekanları
- Eğitim Yapıları
- Hastaneler
- Ulaşım Araçları
- Uzay Araçları
- Sığınaklar

#### B- Hassas Ortam Veya Hassas Cihaz ve Makinaların Bulunduğu Uygulamalar

- Laboratuvarlar
- Temiz Oda Uygulamaları
- Makine ve Ekipman Test Ortamları
- Teknik Odalar

#### C- Endüstriyel Uygulamalar

- Üretim Banı İklimlendirmesi
- Endüstriyel Yapı İklimlendirmesi
- Matbaa ve Baskı İşlemleri
- Tekstil ve benzeri prosesler
- Fotoğraf işlemleri ve depolama
- Canlı ve nebatatın korunması
- Ziraî maddelerin kurutma ve depolanması

İklimlendirmede günümüzde kullanılan teknolojilerden biri inverter teknolojisidir. Bu teknoloji sayesinde ihtiyaca bağlı kapasite kullanılarak enerji tüketimi azaltılmaktadır.

Inverter sistemler nasıl enerji tasarrufu sağlar?

- Soğutma veya ısıtma kapasitesi, ısı yükü ve ayar sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir.
- Oda sıcaklığı ayar sıcaklığına çok yakın sıcaklıklarda tutulmaktadır.
- Sistem, ilk çalışma anında ısı yükü yüksekse frekansını artırarak, ortamı kısa sürede ayar sıcaklığına getirmektedir.
- Yüksek verimli ve soğutucu akışkan kontrollü çalışma, enerji tasarrufu ve konfor sağlamaktadır.
- Inverter iklimlendirme cihazlarında frekans kontrolü sayesinde kompresör frekansını değiştirerek geniş bir alanda kapasite kontrolü sağlar.
- Isıtma modunda ortaya çıkan dış ünite buzlanmasının çözülmesi için kullanılan defrost süresi inverter kompresörlü klimalarda çok kısadır.

- Ayar sıcaklığına çok yakın sıcaklıklarda çalıştığından, oda içi sıcaklık farkları oluşmamaktadır. [4]

## **1.2. İklimlendirmenin Temel Prensipleri**

### **1.2.1. Isı ve Sıcaklık Kavramı**

Isı, maddelerin sıcaklığını 1°C artırabilmek için ihtiyaç duyulan enerjidir. İki madde arasında sıcaklık farkından dolayı enerji geçişi olmaktadır. Bu enerjiye ısı enerjisi adı verilir. Diğer bir taraftan; sıcaklık, cisimlerin kinetik enerjisinden dolayı ortaya çıkan bir değerdir. Isı, kalorimetre; sıcaklık, termometre ile ölçülür.

### **1.2.2. Nem Kavramı**

Su buharının literatürdeki karşılığı nemdir. Üç farklı nem değeri ölçülür. Bunlar; mutlak nem, bağıl nem ve spesifik nem değerleridir. Birim hacimdeki nem miktarına mutlak nem denir. Birimi gram/metreküptür. Bağıl nem ise havadaki nem miktarının o havanın taşıyabileceği maksimum neme oranı olarak tanımlanır.

### **1.2.3. Isı Transferi**

Isı transferi, farklı sıcaklıklardaki iki maddenin ısı değiştirmesine verilen tanımdır. Isı transferinin iki temel kavramı bulunur. Bunlar; ısı ve sıcaklıktır. Maddedeki ısı enerjisi kütle, sıcaklık ve maddenin öz ısısı ile doğru orantılıdır. Isı transferi her zaman yüksek sıcaklıktaki maddeden, düşük sıcaklıktaki maddeye doğru olur.

### **1.2.4. Isı Pompası Çevrimi**

Isı pompası çevrimi, diğer bir adıyla Carnot çevrimi Nicolas Lenard Sadi Carnot tarafından 1820 yıllarında bulunan ideal bir termodinamik çevrimdir. Sonraki yıllarda, Emile Clapeyron, bu termodinamik çevrimi daha ileriye taşımıştır.

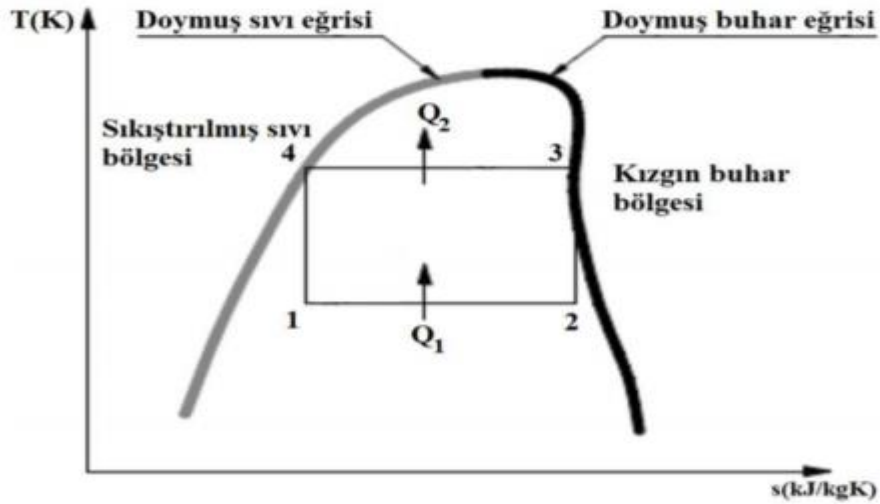
Bir sistem, belli sıcaklık ve basınç değerlerinden başlayıp farklı değerlere eriştikten sonra tekrar başladığı hale geri dönüyorsa bu sisteme termodinamik bir çevrim gerçekleştiriyor denilmektedir. Çevrim gerçekleşirken, iş girişi ya da çıkışı, çift yönlü ısı transferi gibi işlemler olabilir.

Isı makinesinin prensipte temel termodinamik kanuna dayanır. Isı transferi yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru olurken, iş gerçekleştiren cihazlara ısı makinesi denir. Bu tanım termodinamiğin ikinci yasasına dayanmaktadır.

Bir ısı makinesi tersinir de çalışabilmektedir. Isı makinesinin tersinir çalışması düşük sıcaklıktaki ortamdan ısı alıp yüksek sıcaklıktaki ortama bırakmasıdır ki bu işlemin gerçekleşmesi için sisteme iş verilmesi gerekir. Çünkü ısı hiçbir zaman düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa doğru transfer olmaz.

### 1.2.5. Temel Parçalar ve Çalışma Prensibi

Isının düşük sıcaklıktaki ortamdan yüksek sıcaklıktaki ortama aktarılmasına soğutma işlemi denir. Termodinamiğin ikinci kanununa göre bir sisteme iş girişi olmadan düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa ısı transferi yapamaz. Carnot çevrimi, soğutma çevrimini ideal şartlarda en iyi gösteren çevrimdir. Şekil-1'de T-s diyagramı görülen çevrim dört farklı aşamadan oluşmaktadır. 1-2: T1 sıcaklığındaki olan akışkana Q1 ısısının girişi, 2-3: entropi sabitken sıkıştırma sıkıştırma, 3-4: T2 sıcaklığında ki akışkandan Q2 ısısının çıkışı, 4-1: sabit entropi ile basınç düşüşü olarak görülür.[5]



Şekil 1: Ters Carnot çevrimi T-s diyagramı [5]

Genellikle, soğutma modundaki ısı yükü, ısıtma modundan daha büyüktür, bu nedenle, soğutma modundaki soğutucu akışkanın kütle akış hızı, ısıtma modundaki hızdan daha büyük olmaktadır. Genleşme valfi, soğutucu akışkandan gelen soğutucu akışkanın kütle akış hızını kontrol etmek için kullanılmaktadır ve iç ünite soğutma modunda evaporatör olarak çalışmaktadır, dış ortam da ısıtma modunda evaporatör olarak çalışmaktadır. Bu nedenle, genleşme valfinin soğutma modundaki akış direncinin ısıtma modundan daha küçük olmasını gerekmektedir. [6]

Isı pompalarının temel parçaları şunlardır:

- Kompresör

- Evaporatör
- Kondenser
- Genleşme valfi
- Soğutucu akışkan [7]

#### **1.2.5.1. Kompresör**

Kompresör, evaporatörden gaz fazında çıkan akışkanı belirli basınçta sıkıştırarak kondensere gönderen sistem elemanıdır. [8]

#### **1.2.5.2. Evaporatör**

Genleşme valfinde basıncı ve sıcaklığı evaporatör çalışma koşullarına göre düzenlenen soğutucu akışkan evaporatöre girer ve çevresindeki ısıyı kendi üzerine çekerek buharlaşır. Evaporatörler; çalışma şartlarına, soğutucu akışkanın beslenmesine, kontrol şekline ve uygulamaya göre pratikte farklı boyut ve kapasitelerde üretilebilmektedir. [9]

#### **1.2.5.3. Kondenser**

Kondenser, kompresörden sonrasında oluşan yüksek sıcaklık ve yüksek basınçtaki akışkanın sıcaklığının düşürülüp yoğunlaştırıldığı bölümdür. İki farklı ortama ısı bırakıldığı için (hava ve su) su soğutmalı ve hava soğutmalı kondenser olarak iki grupta incelenebilir. Hava soğutmalı yoğunlaştırucularda serpantin fin ve bakır borudan oluşur. Bakır borulardan sistemde kullanılan akışkan geçerken fin aralarından hava geçer ve akışkanı yoğunlaştırır. Bu kondenser tipleri su soğutmalı tiplere göre daha düşük verimlidir ancak bakım ve montaj kolaylığı ve yatırım maliyetleri sebebiyle daha çok tercih edilir. [10]

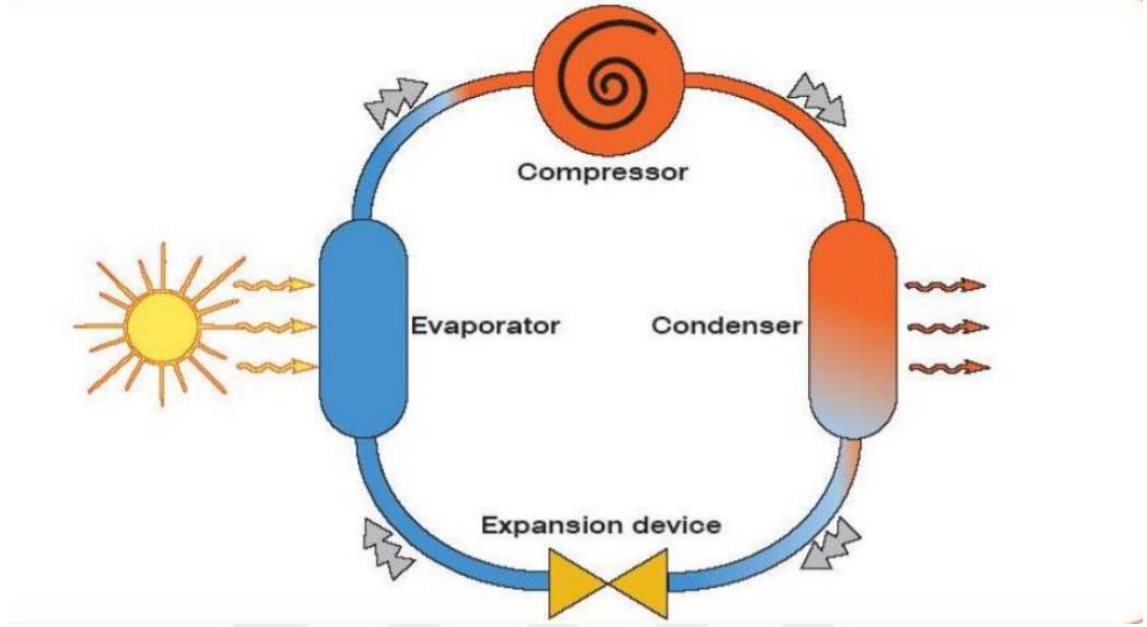
#### **1.2.5.4. Genleşme Valfi**

Yoğuşan sıvının basıncının düşürüldüğü elemandır. Alçak basınçta sıvı-buhar karışımı şeklinde evaporatöre gönderilir. [11]

#### **1.2.5.5. Soğutucu Akışkanlar**

Soğutma çevrimlerinde ısının taşınmasında önemli rol oynayan ısı transferini gaz halden sıvı hale ve sıvı halden gaz hale dönüşüm devrelerinde sağlarlar. [12]

Şekil 2’de temel ısı pompası çevriminin şematik gösteriminde komponentlerin ayrı ayrı konumlandırılması paylaşılmıştır.

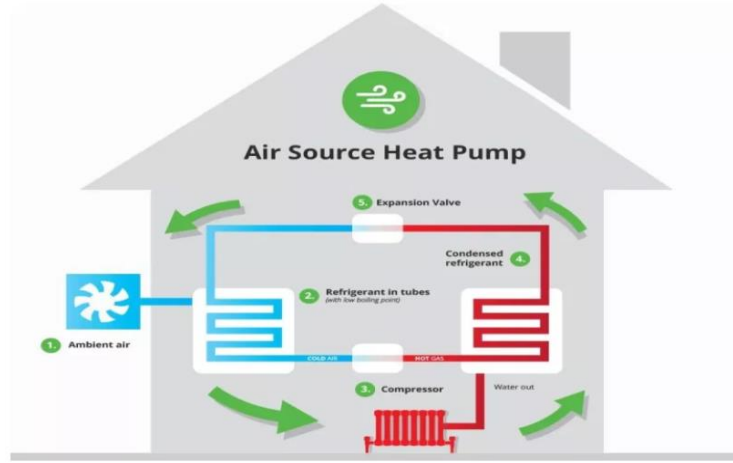


Şekil 2: Isı Pompası Çevrimi [13]

### 1.3. Isı Pompası Çeşitleri

#### 1.3.1. Hava Kaynaklı Isı Pompası

Hava her ortamda bulunabilir olduğundan ısı pompalarına çok önemli bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. HKIP’ler kışın dış havadan aldığı ısıyı iç ortama aktarır iç ortamın ısınmasını sağlarken (Şekil 3), yazın iç ortamdan aldığı ısıyı, dış havaya göndererek soğutma sağlamaktadır. HKIP’nin yatırım maliyetinin diğer ısı pompalarına göre daha düşük olması nedeniyle ılıman iklimlerde çok fazla tercih edilmektedirler. [14]

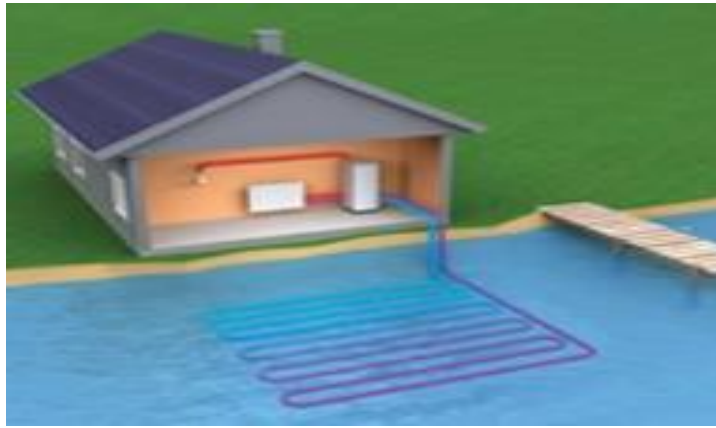


Şekil 3: Hava Kaynaklı Isı Pompası Şeması [15]

### 1.3.2. Su Kaynaklı Isı Pompası

Su kaynaklı ısı pompası ısıyı suya bırakan ya da ısıyı sudan alan sistemlerdir. (Şekil 4) Uygulama tiplerine göre açık ya da kapalı sistem olarak uygulanabilir.

Danize göre daha az derinlikte olan göl veya nehirlerde uygulama toprak kaynaklı ısı pompasına benzer. Borular Şekil 4’te görüldüğü gibi yatay olarak 2,5 metre derinliğe uygulanır. Borularda dolaşan su nehir ya da gölden aldığı enerjiyi ısı pompası sistemindeki soğutucu akışkana gönderir. Bu suya donma önlemi olması açısından anti-freeze eklenmektedir. [16]



Şekil 4: Su Kaynaklı Isı Pompası [16]

### 1.3.3. Toprak Kaynaklı Isı Pompası

Su soğutmalı kondenser yardımıyla ısının toprağa bırakılması ya da topraktan ısı alınması ile çalışan sisteme toprak kaynaklı ısı pompası denir. Sistemdeki komponentler; evaporatör ve fan, elektrik panosu, hava filtresi ve su soğutmalı kondenserdir. TKIP'lerde topraksıcaklığı hava sıcaklığına göre daha stabil olmasından dolayı verimlilik hava kaynaklı ısı pompalarına göre daha yüksektir. [17]

Toprak kaynaklı ısı pompaları uygulama açısından kıyaslandığında hava kaynaklı ısı pompalarına göre daha zor bir uygulamadır.

İki tip toprak kaynaklı ısı pompası bulunur; (Şekil 5)

-Yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası

-Dik tip toprak kaynaklı ısı pompası

Yatay tip toprak kaynaklı ısı pompalarında uygulama 1,5 metre civarındaki bir derinliğe kılçak boruların döşenmesi ile olur. Bu derinlik toprağın nem değerine göre değişmektedir. Dik tip uygulamada ise toprağa sondaj mantığı ile borulama yapılır.



Şekil 5: Yatay Tip Isı Pompası [18]

#### 1.3.3.1. Açık Sistemler

Açık sistem,ler ısı alınacak ya da verilecek kaynağı sistemde kullanılarak tekrar doğaya geri gönderilerek kullanılan sistemdir. [19]



### 1.3.3.2. Kapalı Sistemler

Kullanılan kaynağın açık olarak kullanılamaması durumundan dolayı kapalı çevrim olarak kullanılan sistemlerdir. [20]

## 1.4. Gelişen İklimlendirme Teknolojileri

### 1.4.1. Split Klimalar

Adından da anlaşılacağı üzere split klimalar bir iç ve bir dış üniteden oluşan sistemlerdir. (Şekil 6) Sistemde bulunan komponentlerden kompresör genişleme valfi ve bir serpantin dış ünite üzerinde; Diğer serpantin de iç ünite üzerindedir. İç ünite ve dış ünite arasında bir gidiş bir de dönüş olmak üzere iki bakır boru bağlantısı vardır. Bu bakır borular ile ısı taşınarak iklimlendirme yapılır. [21]



Şekil 6: Split Klima

Oda klimaları (RAC), bina sakinlerine konforlu bir ortam sağlamak için yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Enerji tüketiminden tasarruf etmek ve termal konfor seviyesini korumak, RAC araştırma alanında iki ana başlık oluşturmaktadır. İç mekan termal konforu sıcaklık, nem ve hava hızı gibi birçok faktöre bağlıdır. [22]

Soğutma ve ısıtma dönemlerinde görülen dış ortam sıcaklıklarının sıklığı tespit edilip bulunan sıcaklık değerlerinde iklimlendirme ürünlerinin verimlilik değerleri hesaplanmaktadır. Bu sayede görülme sıklıkları tespit edilen sıcaklıklardaki verimlilik değerlerinin hesaplama yöntemi yenilenmiştir. 12 kW'a kadar olan iklimlendirme ürünlerinde kullanılan bu verimlilik kriterine sezonsal verimlilik adı verilmektedir. [23]

Inverter split klimalar ile non-inverter split klimalar verimlilik açısından kıyaslığında; inverter klimalarda SEER değeri, non inverter split klimalarda ise EER değeri görülür. (Çizelge 1 ve Çizelge 2)

Burada SEER değeri; 4 farklı şartta test edilen sezonsal verimlilik değerini, EER ise bir şartta test edilen veimlilik değerini gösterir. Çizelge 1'de görülen verimlilik değerleri Şekil 2'den yüksektir. Ancak bu durumun kullanım koşulları dikkate

alındığında tam tersi etki yaptığı görülmektedir. Test çalışmasında da inverter split klimanın, non inverter split klimaya göre daha verimli olduğu anlatılmıştır.

Model	Indoor		RAS-VX10CJ	RAS-VX13CJ	RAS-VX18CJ	RAS-VX24CJ
	Outdoor		RAC-VX10CJ	RAC-VX13CJ	RAC-VX18CJ	RAC-VX24CJ
Phase, Voltage, Frequency		φ,V,Hz	1φ,220-230V,50Hz			
Cooling Capacity		kW	2.85 (0,9-3,5)	3,4 (0,9-4,2)	5,00 (0,9-5,8)	6,2 (1,5-7,00)
EER		BTU/h.W	15,00	11,8	11,6	9,84
Total Input		W	648	983	1470	2150
Total Amperes		A	3,40-3,25	5,24-5,02	6,74-6,45	9,87-9,44
Air flow (Powerful/H/M/L/Silent)		m3/min	12,0/11,5/9,0/6;0/3,5	12,0/11,5/9,0/6;0/3,5	15,0/14,5/12,0/8,0/6,0	15,0/14,5/12,0/8,0/6,0
Indoor Sound Level (Powerful/H/M/L/Silent)		dB	48-44-35-27-19	48-44-35-27-19	49-48-40-33-30	49-48-40-33-30
Dehumidifying Capacity		l/h	1,6	1,6	3,4	4,5

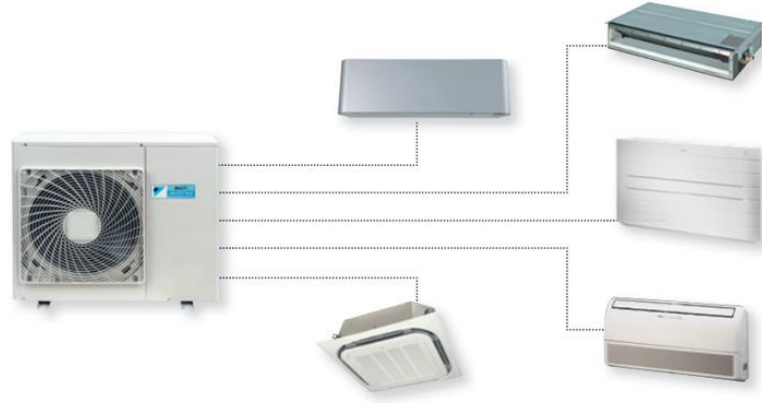
Çizelge 1: Non-Inverter Klima Teknik Değerleri [24]

Verimlilik Verisi	Sezonsal Verimlilik (EN14825'e göre)						
	Soğutma Kapasitesi	Isıtma Kapasitesi	Enerji Etiketleri	Pdesign	SEER	SCOP	Yıllık Enerji Tüketimi
	Min./Nom./Maks. (kW)	Min./Nom./Maks. (kW)	Soğutma/Isıtma	Soğutma/Isıtma (kW)	Soğutma	Isıtma	Soğutma/Isıtma (kWh)
25	2,4	3,2	A+++/A++	2,40/2,70	8,64	4,60	97/822
35	3,5	4,0	A++/A++	3,50/3,00	7,19		170/913
50	4,8	5,8	A++/A+	4,80/4,60	7,02	4,28	239/1505

Çizelge 2: Inverter Klima Teknik Değerleri [25]

#### 1.4.2. Multi Split Klimalar

Bir mahalde bulunan farklı ortamların iklimlendirilmesi için kullanılan sistemlerdir. Bu mahaller; konut, ofis, mağaza, restoran gibi mahaller olabilir. Özellikle dış cephesi cam olan binalarda dış ünite asmak pek mümkün olmadığı için multi split sistem kullanılarak birden çok iç mahal tek dış ünite ile iklimlendirilmektedir. [26]

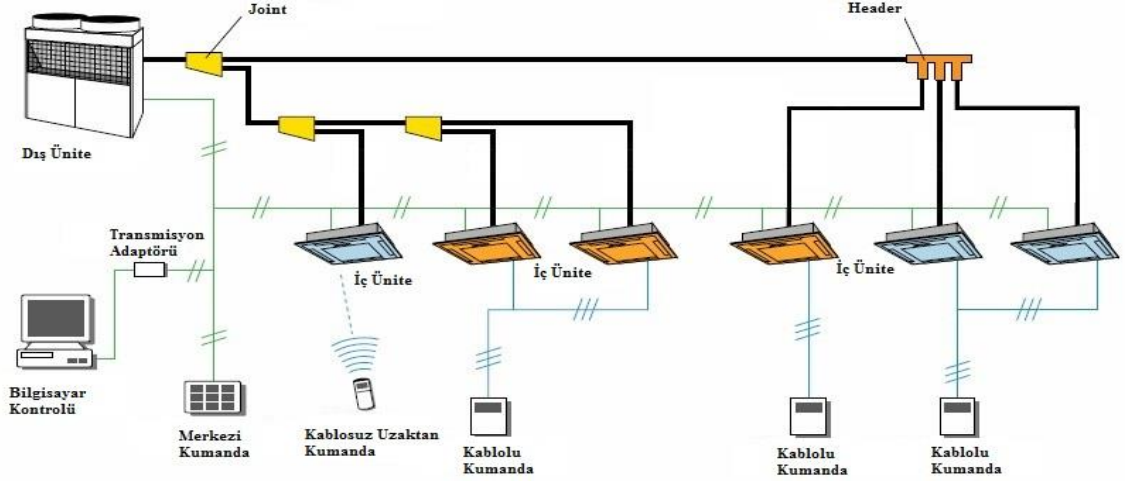


Şekil 7: Multi Split Klima Şeması

### 1.4.3. VRV Sistemleri

VRV ismi İngilizce Variable Refrigerant Volume kelimelerinin kısaltmasıdır. Türkçe olarak değişken debilir soğutucu akışkan hacmi diye çevirilebilir. Bu ismi farklı firmalar farklı isimler ile kullanmaktadırlar. Örneğin VRF (Variable Refrigerant Fluid) gibi. Ana mantık olarak VRV bir dış üniteye birden çok iç ünite bağlanan multi split ile benzese de pratikte ana farklılıklar vardır. Örneğin Multi split ürünlerde dış üniteye bir serpantin kompresör ve genişleme valfi bulunurken; VRV sisteminde dış üniteye sadece kompresör ve serpantin bulunur. Bu uygulama sayesinde multi splitte dış üniteye her bir iç üniteye ayrı ayrı bakır borulama yapılması gerekirken VRV’de bir ana hat borulaması yapılır ve iç ünitelere gelindiğinde kollara ayrılarak akışkanın iç üniteye ulaşması sağlanır. Ayrıca daha hassas kontrol yapılabilen ürünlerdir. Hava soğutmalı sistemlerde COP/EER değerleri yani verimlilik değerleri 5,0 civarlarında olmakla beraber toplam bakır borulama mesafeleri 1000m’lere kadar ulaşmaktadır. [27]

Son yıllarda öne çıkan terimlerden biri olan kavram iç hava kalitesidir. İklimlendirme genel olarak düşünüldüğünde artık sadece ısıtma ve soğutma değil bunlar ile birlikte mahallerin havalandırılması da önem kazanmaktadır. Bu uygulamalar için VRV ürünleri ile uyumlu çalışan ve ısı geri kazanımlı havalandırma yapan HRV cihazları ile havalandırma işlemi yapılabilmektedir. [28]



Şekil 8: VRV Sistem Şeması

Değişken akışkan sıcaklığı ile sabit akışkan sıcaklığı teknik özellikleri ile birlikte EER ve COP değerleri dikkate alındığında sabit akışkan sıcaklığına sahip cihazın daha verimli olduğu görülmektedir. (Çizelge 3 ve Çizelge 4) Ancak bu değerler iki cihazın da tam kapasite ve tam yükte çalıştığı zamanlardaki değerler olduğundan kısmi yüklerde değişken akışkan sıcaklığına sahip cihazların daha verimli olduğu test düzenekleri vasıtasıyla ispatlanmaya çalışılmıştır.

Kapasite aralığı		HP		10		12		14		16	
Soğutma kapasitesi	Nom.			28 <sup>1</sup>		33,5 <sup>1</sup>		40 <sup>1</sup>		45 <sup>1</sup>	
Isıtma kapasitesi	Nom.			31,5 <sup>2</sup>		37,5 <sup>2</sup>		45 <sup>2</sup>		50 <sup>2</sup>	
Çekilen güç - 50Hz	Soğutma	Nom.		7,09 <sup>1</sup>		8,72 <sup>1</sup>		11,4 <sup>1</sup>		14,1 <sup>1</sup>	
	Isıtma	Nom.		7,38 <sup>2</sup>		8,84 <sup>2</sup>		11,0 <sup>2</sup>		12,8 <sup>2</sup>	
EER				3,95		3,84		3,51		3,19	
COP				4,27		4,24		4,09		3,91	
Bağlanabilir maksimum iç ünite sayısı				21		26		30		34	
İç ünite bağlantı indeksi	Min.			125		150		175		200	
	Nom.			250		300		350		400	
	Maks.			325		390		455		520	
Boyutlar	Ünite	Yükseklik	Genişlik	Derinlik	mm	1.680x1.300x765					
Ağırlık	Ünite				kg	331	339				
Isı eşanjörü	Tipi	Çapraz kanatlı serpantin									
Fan	Tipi	Pervaneli fan									
	Hava debisi	Soğutma	Nom.	m <sup>3</sup> /dk	-						
Ses gücü seviyesi	Soğutma	Nom.		Pa	78						
	Isıtma	Nom.		Pa	78						
Ses basıncı seviyesi	Soğutma	Nom.		dB(A)	78	80	83	84			
	Isıtma	Nom.		dB(A)	58	60	62	63			
Kompresör	Tipi	Hermetik sızdırmaz scroll kompresör									
Kompresör 2	Tipi	Hermetik sızdırmaz scroll kompresör									
Çalışma sıcaklık aralığı	Soğutma	Min.-Maks.		°C KT	-5-43						
	Isıtma	Min.-Maks.		°C YT	-20-15,5						
	Sıcak su üretimi	Mahal istma	Min.-Maks.		°C KT	-20-20 / 24 <sup>3</sup>	-20-20 / 24 <sup>3</sup>	-20-20 / 24 <sup>3</sup>	-20-20 / 24 <sup>3</sup>		
		Mahal istma	Min.-Maks.		°C KT	-20-43					
Soğutucu akışkan	Tipi	R-410A									
	Şarj			kg	10,6	10,8	11,1				
Soğutucu akışkan yağı	Tipi	Genleşme vanası (elektronik tip)									
	Şarj			kg	Daphne FVC68D						
Boru bağlantıları	Sıvı	Tipi	Lehimli bağlantı								
		DÇ	mm	9,52	12,7						
	Gaz	Tipi	Lehimli bağlantı								
		DÇ	mm	22,2	28,6						
	Deşarj gazı	Tipi	Lehimli bağlantı								
		DÇ	mm	19,1			22,2				
	Boru uzunluğu	DÜ - İÜ	Maks.	m	100						
		Bağlanma	Maks.	m	40						
	Toplam boru uzunluğu	Sistem	Gerçek	m	300						
	Kot farkı	DÜ - İÜ	İç içe konumlandırılmış ünite	Maks.	m	40/40					
İÜ - İÜ					Maks.	m	15				
İlave soğutucu akışkan miktarı	Yüksek basınç tarafı	Tasarım basıncı	bar	Montaj kılavuzuna bakın							
Güç beslemesi	Faz / Frekans / Gerilim			Hz/V	3~/50/380-415						
Akım - 50Hz	Maksimum sigorta amperi (MFA)	A			25	40					

Çizelge 3: Sabit Akışkan Sıcaklığına Sahip VRV Teknik Özellikleri [29]

Kapasite aralığı		HP		8		10		12		14		16		18		20
Soğutma kapasitesi	Nom.			22,4 (1) (2)		28,0 (1) (2)		33,5 (1) (2)		40,0 (1) (2)		45,0 (1) (2)		50,4		56,0
Isıtma kapasitesi	Nom.			22,4 (3) (4)		28,0 (3) (4)		33,5 (3) (4)		40,0 (3) (4)		45,0 (3) (4)		50,4		56,0
	Maks.			25,0		31,5		37,5		45,0		50,0		56,5		63,0
Çekilen güç - 50Hz	Soğutma	Nom.		5,31 (1) / 4,56 (2)		7,15 (1) / 6,19 (2)		9,23 (1) / 8,31 (2)		10,7 (1) / 9,61 (2)		12,8 (1) / 11,9 (2)		15,2		18,6
	Isıtma	Nom.		4,75 (3) / 4,47 (3)		6,29 (3) / 5,47 (3)		8,05 (3) / 6,83 (3)		9,60 (3) / 8,37 (3)		11,2 (3) / 9,88 (3)		12,3		14,9
EER				5,51		7,38		9,43		11,3		12,9		14,3		17,5
COP - Maks.				4,22 (1) / 4,92 (2)		3,92 (1) / 4,52 (2)		3,63 (1) / 4,03 (2)		3,74 (1) / 4,16 (2)		3,52 (1) / 3,79 (2)		3,32		3,01
COP - Nom.				4,54		4,27		3,98		3,98		3,88		3,95		3,60
ESEER				4,72 (3) / 5,01 (3)		4,45 (3) / 5,12 (3)		4,16 (3) / 4,90 (3)		4,17 (3) / 4,27 (3)		4,02 (3) / 4,56 (3)		4,10		3,76
Bağlanabilir maksimum iç ünite sayısı				7,41		7,37		6,84		7,05		6,63		6,26		5,68
İç ünite bağlantı indeksi	Min./Nom./Maks.			100/200/260		125/250/325		150/300/390		175/350/455		200/400/520		225/450/585		250/500/650
Boyutlar	Birim	Yükseklik	Genişlik	Derinlik	mm	1.685x1.240x765										
Ağırlık	Birim				kg	210	218	304				305	337			
Fan	Debi	Soğutma	Nom.	m <sup>3</sup> /dak	162	175	185	223				260	251	261		
Ses gücü seviyesi	Soğutma	Nom.		dB(A)	78	79	81				86	88				
	Isıtma	Nom.		dB(A)	58	58	61	64				65	66			
Ses basıncı seviyesi	Soğutma	Gece	Seviye 1	dB(A)	56	58	58	58				58	60			
		Sessiz	Seviye 2	dB(A)	55	54	54	52				52	52			
		Modu	Seviye 3	dB(A)	53	52	52	47				47	48			
		Min.-Maks.		°C KT	-5,0-43,0											
Çalışma sıcaklık aralığı	Isıtma	Min.-Maks.		°C YT	-20-15,5											
	Soğutucu akışkan	Tipi / GWP	R-410A / 2.087,5													
Boru bağlantıları	Şarj			kg/TCO	9,7/20,2	9,8/20,5	9,9/20,7	12,7				11,8/24,6		15,9		
	Sıvı	DÇ		mm	9,52		12,7						15,9			
	Gaz	DÇ		mm	19,1	22,2	19,1				28,6		28,6			
	Deşarj gazı	DÇ		mm	15,9	19,1						22,2		28,6		
Toplam boru uzunluğu	Sistem	Gerçek	m	1.000												
Güç beslemesi	Faz/Frekans/Gerilim			Hz/V	3N~/50/380-415											
Akım - 50Hz	Maksimum sigorta amperi (MFA)	A			20	25	32				40	50				

Çizelge 4: Değişken Akışkan Sıcaklığına Sahip VRV Teknik Özellikleri [30]

## 2. BÖLÜM YÖNTEM

### 2.1. İklimlendirme Teknolojilerinin Enerji Verimliliğinin Belirlenmesi

COP (Coefficient of Performance) değeri alınan enerjinin verilen enerjiye oranı olarak hesaplanır. Teoride ısı pompası sistemlerinin verimliliğinin ölçme amacıyla kullanılır. COP değeri ısı pompalarının ısıtmadaki verimliliğini göstermektedir. Ve aşağıda görülen formül ile hesaplanır. [31]

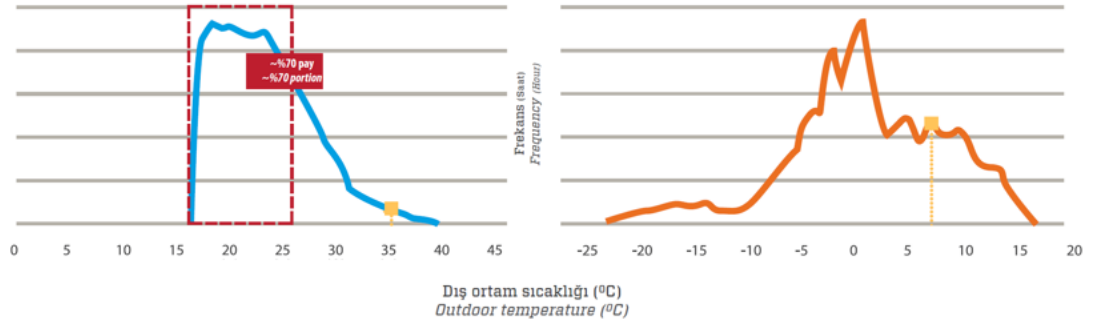
$$COP_{th,h} = \frac{Q_{out}}{W}, \quad COP_{th,h} = \frac{T_H}{T_H - T_C} \quad [30]$$

EER (Energy Efficiency Ratio Enerji) değeri ısı pompası sisteminde evaporatörde elde edilen soğutma kapasitesi için kullanılan enerji oranıdır. Bu değer ısı pompası cihazlarında soğutma verimliliği hesaplanırken kullanılır ve aşağıdaki formül vasıtasıyla bulunur. [32]

$$EER = \frac{Q_e}{W} \quad [32]$$

### 2.2. Sezonsal Verimliliğin Belirlenmesi

Önceki yıllarda kabul edilen verimlilik oranları farklı dış ortam şartlarında kullanıldığı ve bu şartların cihazların kendi bölgelerinde bile sürekli değişkenlik gösterdiği için tam olarak doğru değeri yansıtmamaktaydı. Ancak sezonsal verimlilik kriterlerinin devreye girmesi ile eskiden ısıtma sezonunda test değeri olan +7 derece santigratlık sıcaklık dört farklı dış ortam sıcaklığında (-7, +2, +7 ve +12), soğutma sezonu için test değeri olan +35 derece santigrat yine dört farklı dış ortam sıcaklığında (+20, +25, +30, +35) yapılmaktadır. Şekil 9'da sezonsal verimlilik hesaplanırken kullanılan EER ve kapasite değeri paylaşılmıştır. Ayrıca çizelge 5'te bu farklı sıcaklık test değerleri de paylaşılmıştır. Bu ölçümler sayesinde daha önceleri cihazların yoğun kullanıldıkları dış ortam sıcaklıklarındaki verim değerleri kullanılarak kullanıcılara daha doğru bilgilendirme yapılması sağlanmaktadır. [33]



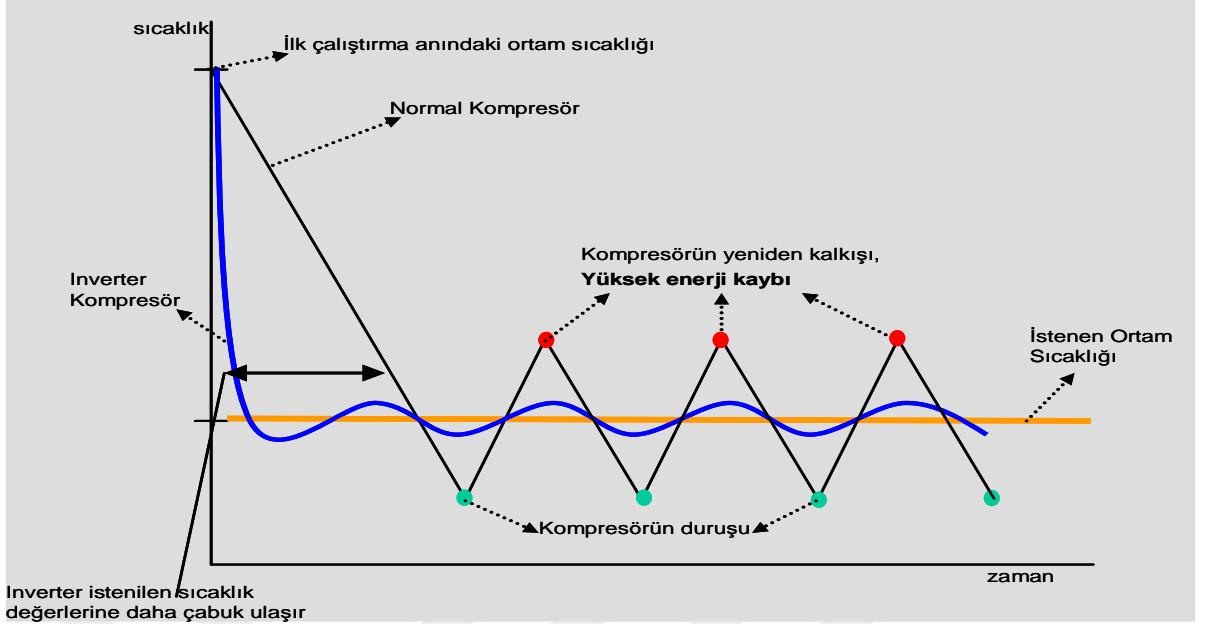
Şekil 9: Sezonsal verimlilik grafiği [34]

Nokta	Kısmi yük oranı(%)	Dış ortam kuru termometre sıcaklığı (°C)	İç ortam kuru termometre/yaş termometre sıcaklığı (°C)
A	100	35	27(19)
B	74	30	27(19)
C	47	25	27(19)
D	21	20	27(19)

Çizelge 5: Sezonsal Verimlilik Kriterleri [34]

### 2.3. Inverter Teknolojisi ve Verimliliğe Etkisinin Belirlenmesi

Inverter iklimlendirme cihazları alternatif akımı doğru akıma dönüştürerek gerilim voltajını sabitlemekte bununla birlikte kompresörün frekansını ayarlayabilmesinde büyük önem taşımaktadır. Bu durum sayesinde cihazın ortam ihtiyacına göre çalışmasını ve minimum enerji tüketmesini sağlar. Dolayısı ile inverter olmayan cihaz ile kıyaslandığında hem daha düşük enerji tüketir hem de daha konforlu bir iklimlendirme sağlar. (Şekil 10) [34]



Şekil 10: Inverter klima ve on-off klima karşılaştırması [34]

Enerji etiketleri belirli bir teknolojiyi ifade etmemektedir ve bu nedenle ürünleri karşılaştırılabilir kılmaktadır. Energy etiketi sınıfları, enerji verimliliği iyileştirmeleri ve yıllık elektrik tasarrufu için gösterge sağlamaktadır. [35]

Avrupa Birliğinde, Enerji etiketi, 1995'ten bu yana seçilen ürünlerin enerji tüketimini azaltmak için bir araç olarak kullanılmaktadır. AB'nin Enerji Etiketleme çerçevesi Yönetmeliği, enerji kullanımı ve verimliliği için enerji ile ilgili ürünler için zorunlu etiketleme gereksinimlerini belirler. Tüketici satın alma kararında enerji verimli ürünler tercih etmeyi tercih etmektedir. Avrupalı tüketicilerin büyük bir kısmı enerji etiketinin farkındadır ve azaltılmış enerji tüketiminden kaynaklanan maliyet tasarrufları nedeniyle satın alma kararlarında kullanılmaktadır.[35]

#### -Inverter Test Düzeneği

Bu düzenek ile sabah 08:00'dan akşam 18:00'a kadar iki ortamdaki klima çalıştırılmıştır. Bir odada inverter klima diğer odada non-inverter klima bulunur ve eşit hacimdeki odaları soğutarak gün sonunda kümülatif enerji tüketimleri ölçülmüştür. Her iki odadaki klimalar da 2,5kW kapasitededir. (Şekil 17) Her gün ölçülen değerler tez çalışması sonunda grafiklere dökülerek verimlilik kıyaslaması yapılmıştır. Test programının grafikleri aşağıda açıklanmıştır.

İki ayrı odadaki klimaların kümülatif enerji tüketimleri ve yüzdesel olarak enerji tasarrufu gösterilmiştir. (Şekil 11)

Çalışma saatine bağlı tüketim miktarı Şekil 12'de gösterilmiştir.

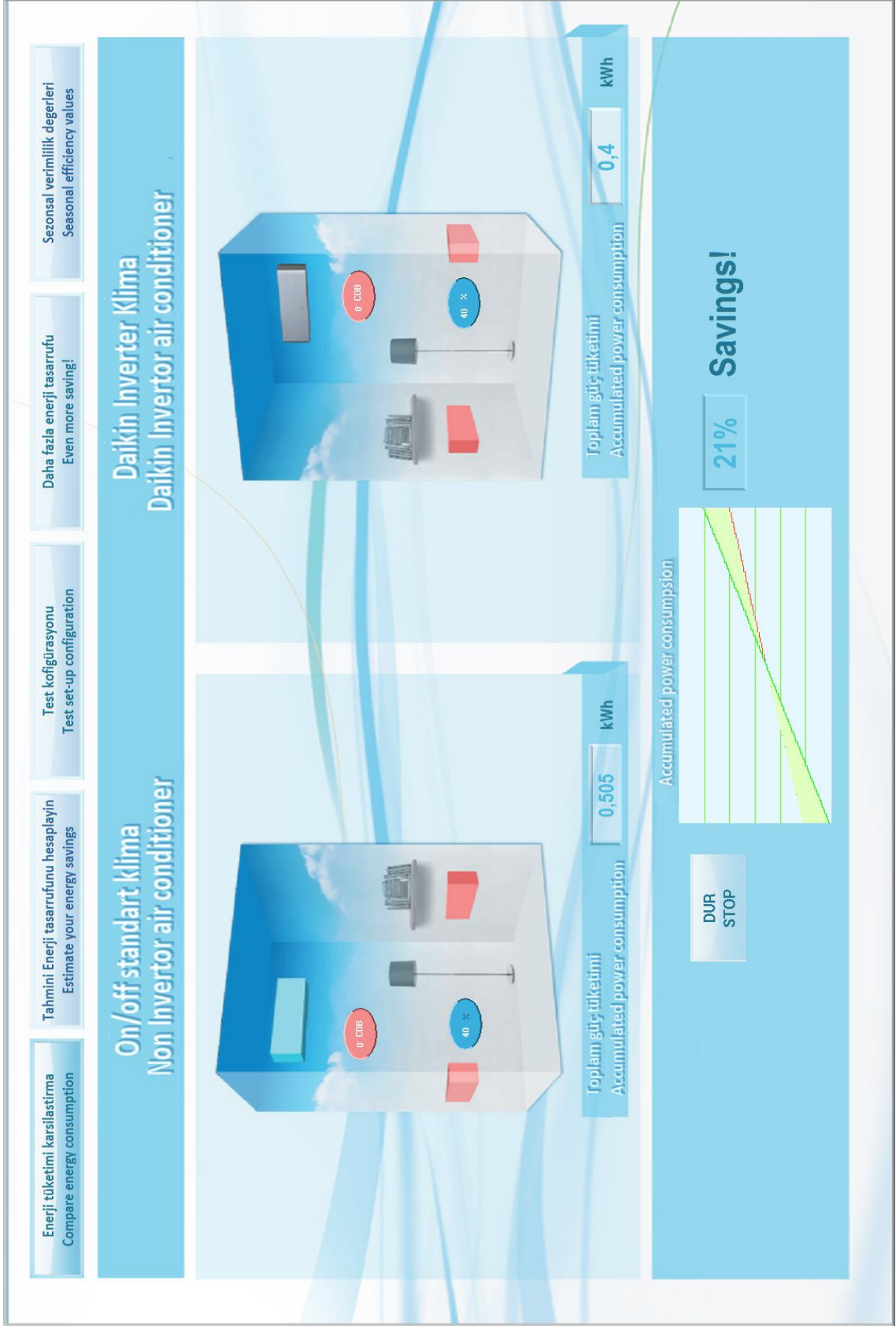


Isıtıcıların toplam gücü ne ek olarak ayar noktası ve klima gücü Şekil 13’de gösterilmiştir.

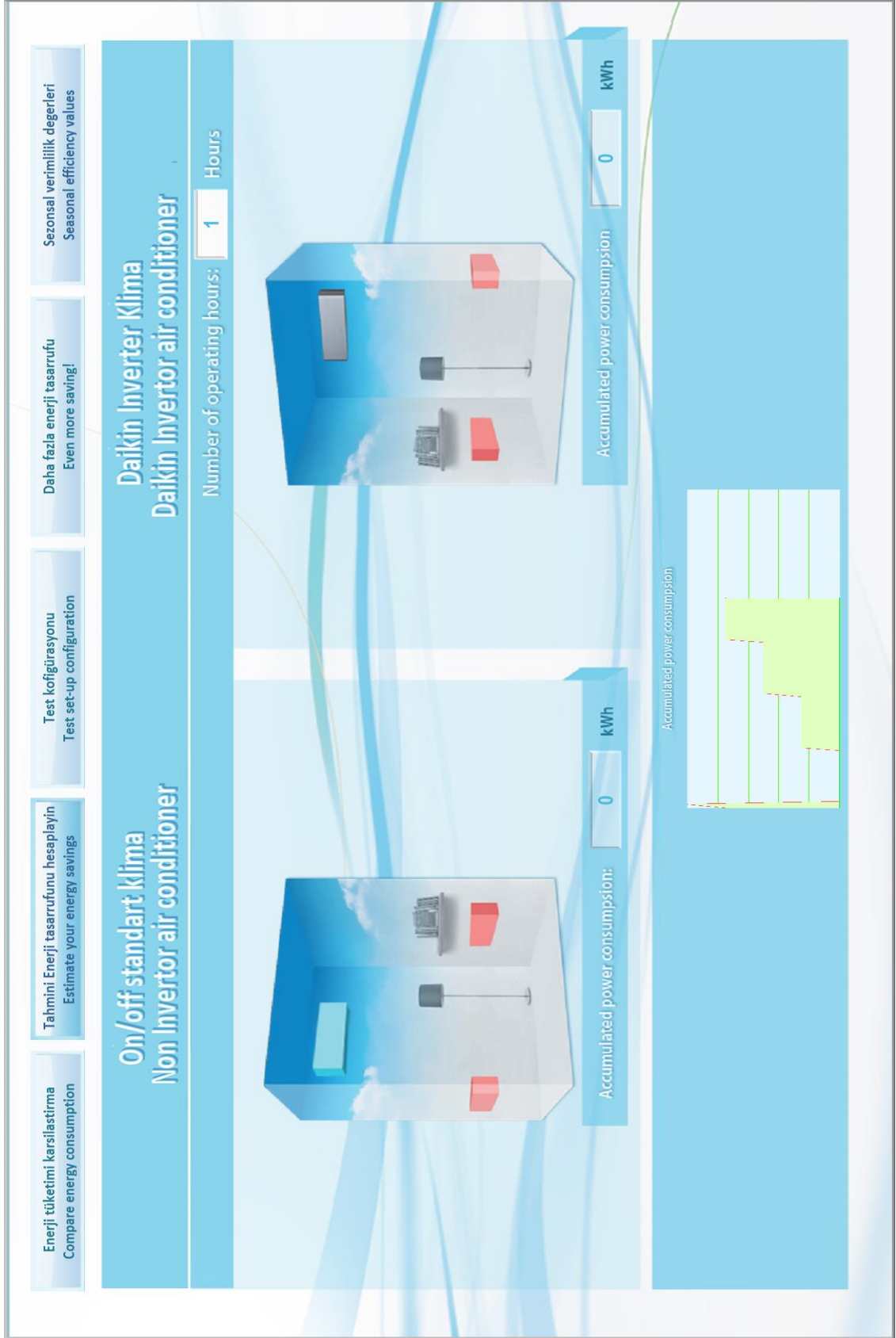
Isıtıcıların ısı yükleri ile birlikte oda içinde bulunan sensörlerin ölçüm sıcaklıkları Şekil 14’te gösterilmiştir.

Sıcaklık akım ve güce bağlı iki klimanın enerji tüketim trendi tekli ve çoklu grafiklerle kıyaslanmıştır. (Şekil 15 ve Şekil 16)

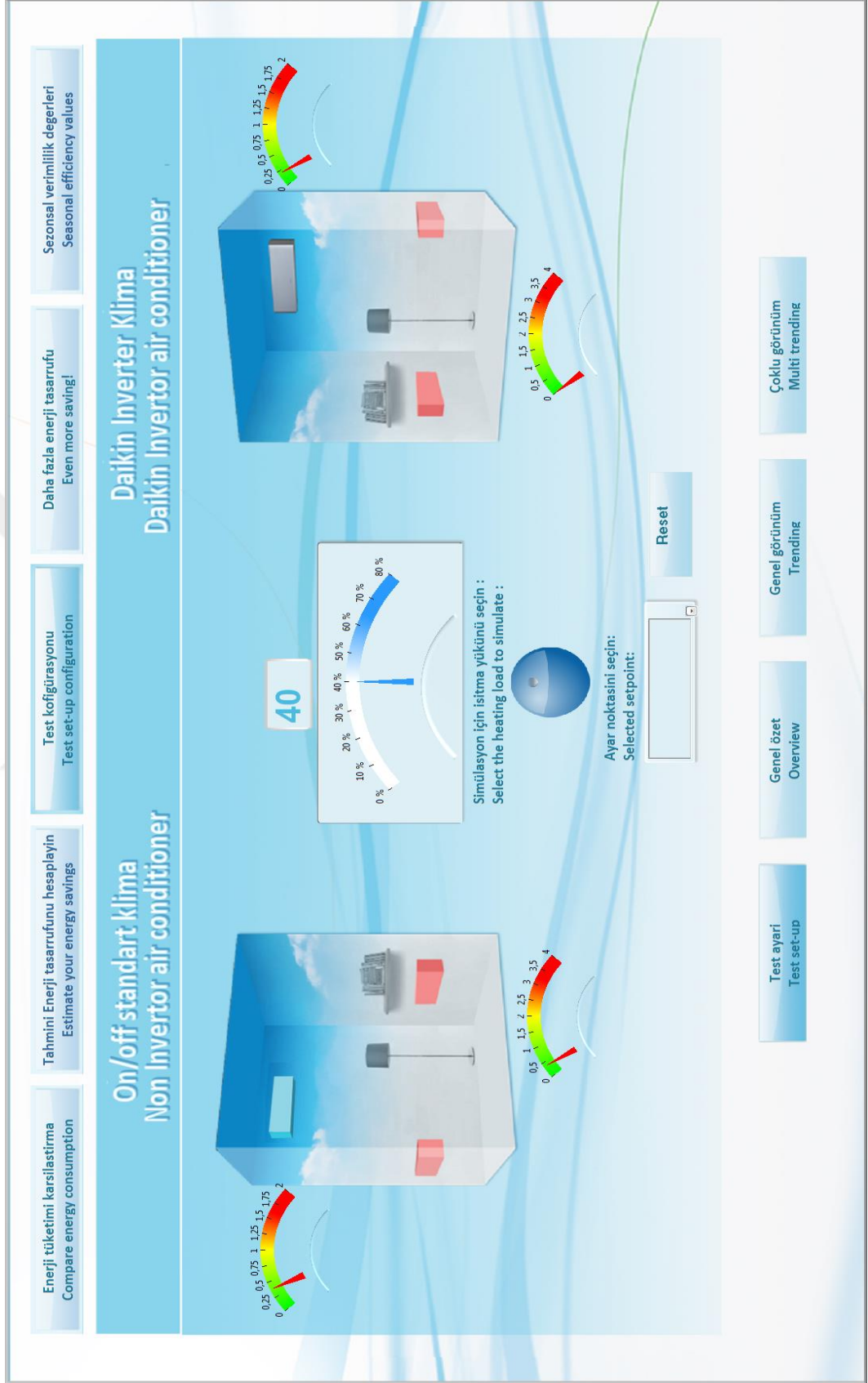




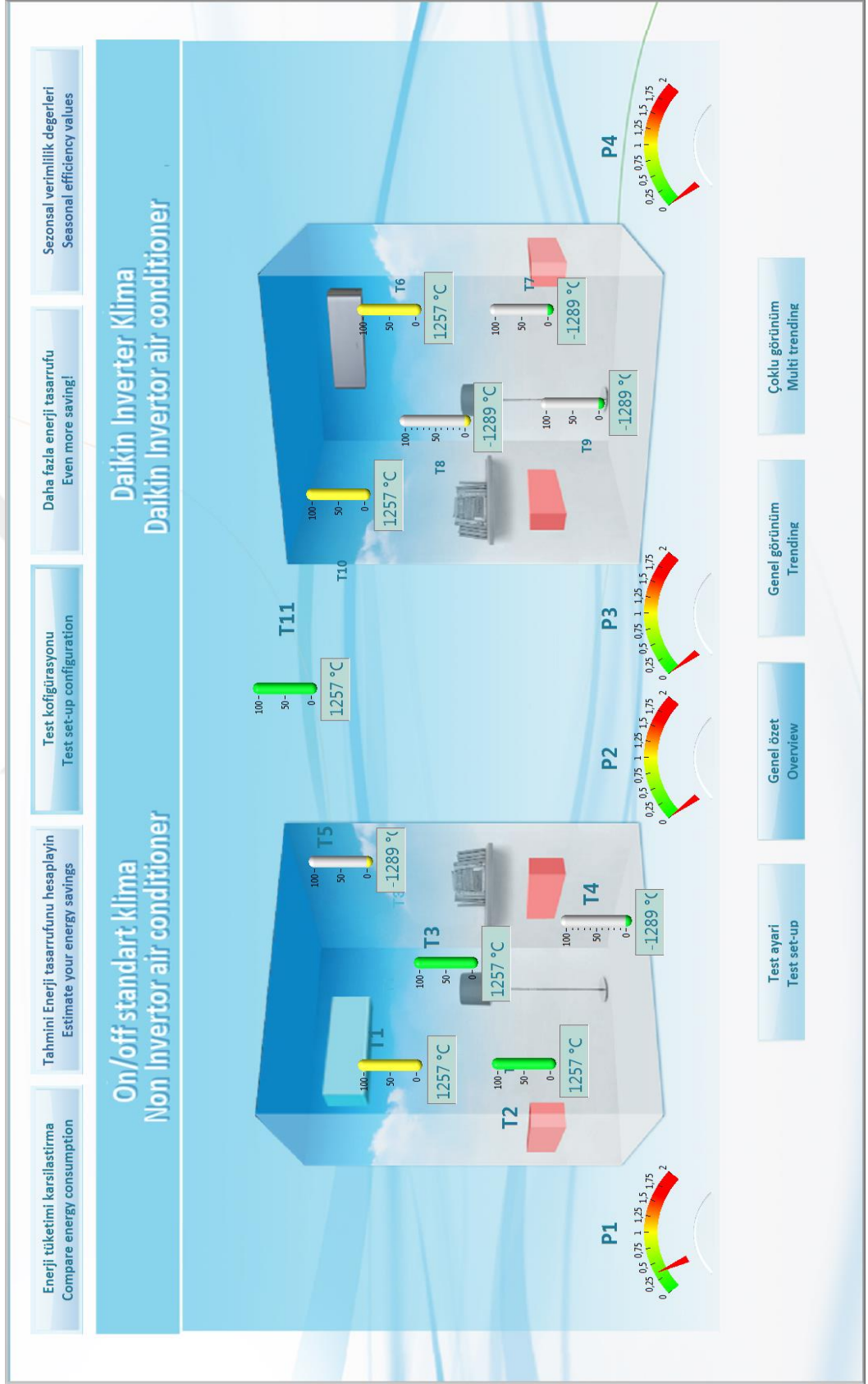
Şekil 11: Test Programı Açıklaması-1



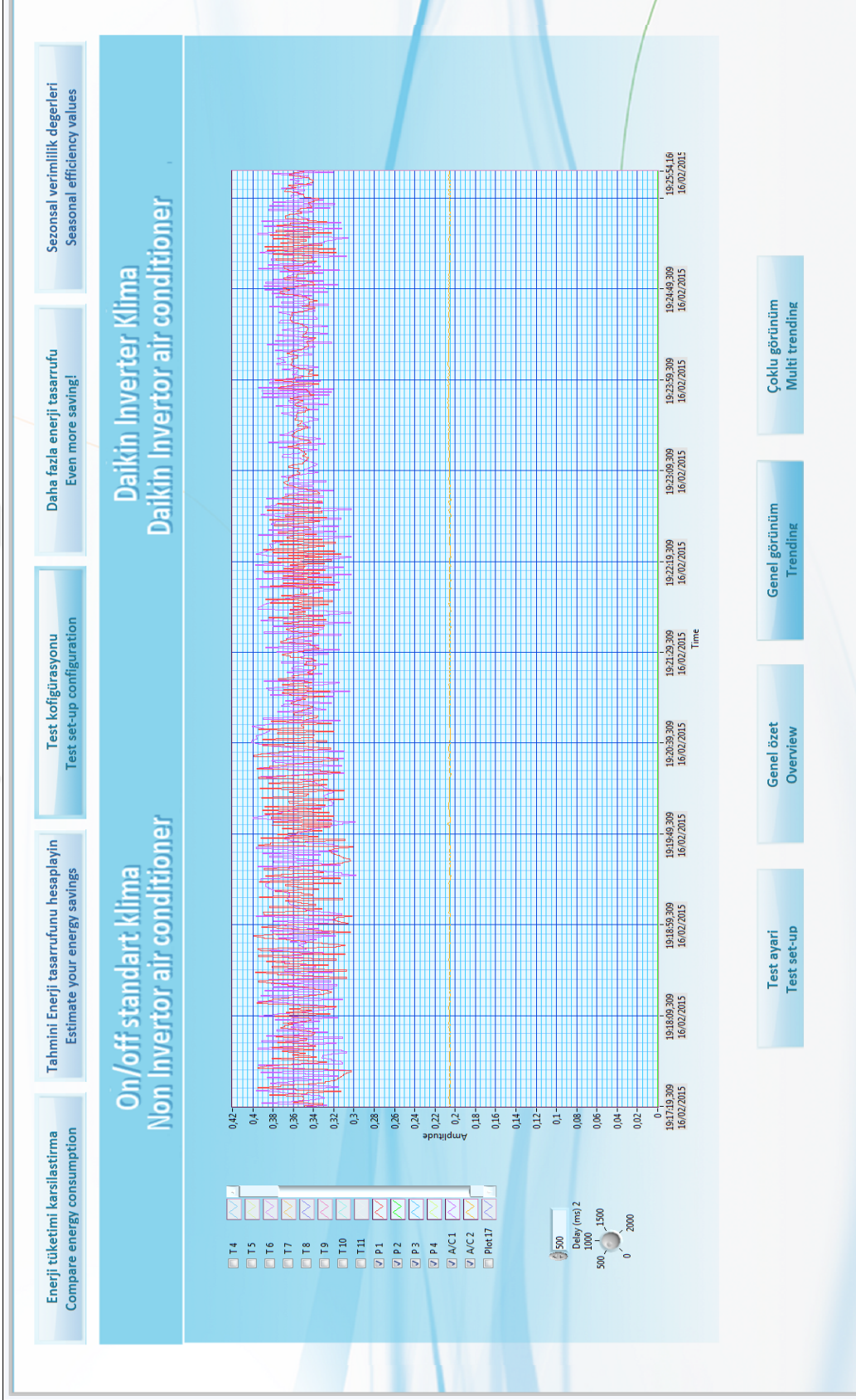
Şekil 12: Test Programı Açıklaması-2



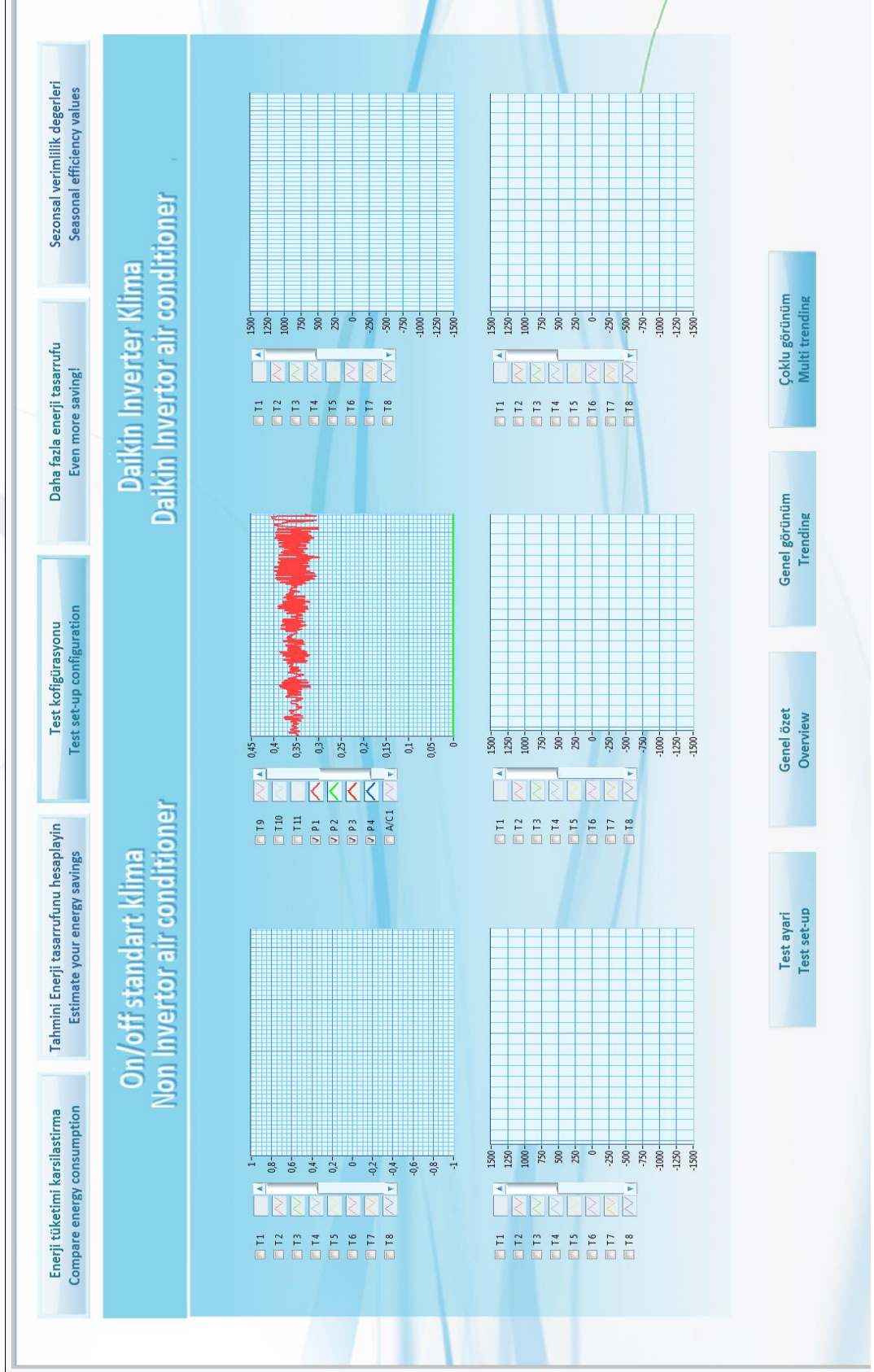
Şekil 13: Test programı açıklaması-3



Şekil 14: Test programı açıklaması-4



Şekil 15: Test programı açıklaması-5



Şekil 16: Test programı açıklaması-6

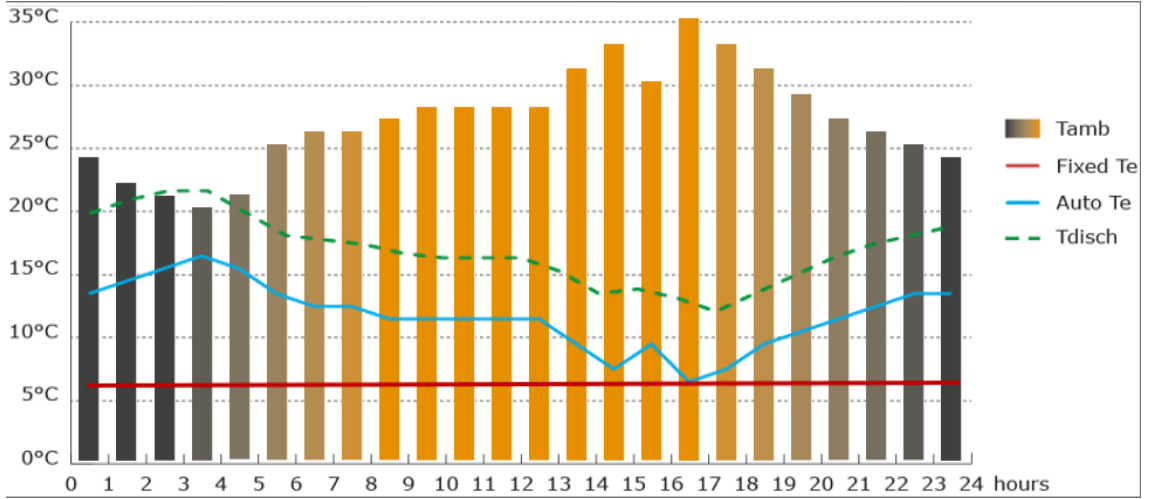


Şekil 17: Inverter Test Düzenegi Görseli



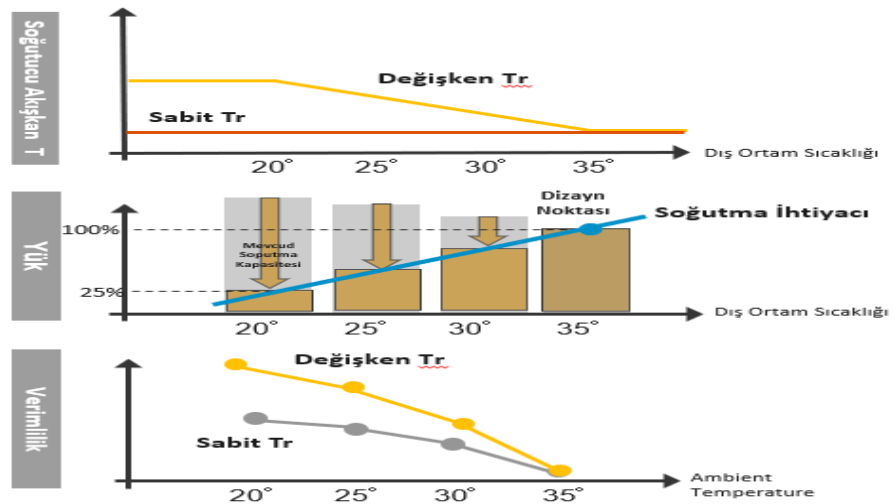
## 2.4. Değişken Soğutucu Akışkan Sıcaklığının Verimliliğe Etkisinin İncelenmesi

VRT; dış ortam sıcaklığına bağlı olarak soğutucu akışkan sıcaklığının değiştirilmesi teknolojisidir. Aşağıda bu teknolojilerin tablo&grafikler ile açıklaması yapılacaktır. VRT teknolojisinin bulunduğu cihazın değişken evaporasyon sıcaklığı ile sabit evaporasyon sıcaklığının dış ortam sıcaklığına bağlı kıyaslaması Çizelge 6'de paylaşılmıştır.



Çizelge 6: VRT Teknolojisi ile Dış Ortam Sıcaklığının Karşılaştırması [36]

Değişken akışkan sıcaklığı ile sabit akışkan sıcaklığının dış ortam sıcaklığına bağlı grafiği, dış ortam sıcaklığına bağlı soğutma ihtiyacı, dış ortam sıcaklığına bağlı verimlilik kıyaslaması Çizelge 7'te paylaşılmıştır.



Çizelge 7: Değişken akışkan sıcaklığı ve sabit akışkan sıcaklığı kıyaslaması [36]

#### **2.4.1. Değişken Soğutucu Akışkan Sıcaklığı ve Sabit Akışkan Sıcaklığı Teknolojilerinin Kıyaslama Düzenegi**

Bu düzenek ile VRT özelliği olan ve olmayan iki ayrı VRV cihazı aynı ortamları iklimlendirmeye çalışır ve anlık olarak verimlilik değerleri ve üfleme sıcaklıkları değişkenlik gösterir. Veriler anlık olarak görülebildiği için günde 4 farklı saatte (09:00, 12:00, 15:00, 18:00) veri tutulmuştur. Bilim, genellenebilir olan bilgilerin bütünü olduğu için araştırmalarda büyük bir alanda genellenebilir bilgiler elde etmeye çalışmak önem arz etmektedir. [37]

Belli bir zaman, emek, para vb. harcanarak en fazla bilgi kazandıran araştırma, en iyi araştırmadır. Gereğinden fazla bilgi toplanması ekonomik yönden israfa yol açtığı gibi, gereğinden az bilgi toplanması ise istenen amaca ulaşamama tehlikesine yol açar. [38]

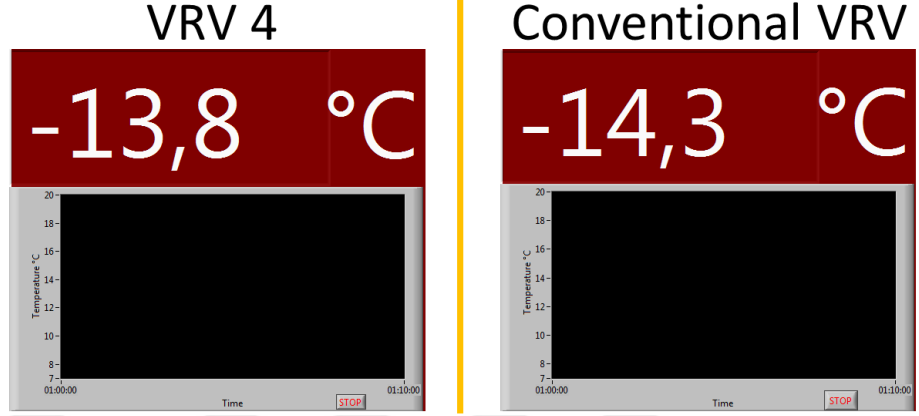
Bu çalışmada amaçlı örnekleme kullanılmıştır. Bu örneklemenin temeli, araştırmanın amaçları doğrultusunda bir evrenin temsilci bir örneği yerine, amaçlı olarak bir ya da birkaç alt kesimini örnek olarak almaktır. Başka bir deyişle amaçlı örnekleme, evrenin soruna en uygun bir kesimini gözlem konusu yapmak demektir. [39] Amaçlı örnekleme kullanılmasının sebebi; sabah saat 09:00'da daha düşük dış ortam sıcaklığında ve yüksek kapasitede sistemin davranışını test etmek, 12:00'da rejime girmiş sistemin davranışını test etmek; 15:00'da yüksek dış ortam sıcaklığında sistemin davranışını test etmek, 18:00'da düşük dış ortam sıcaklığında rejime girmiş sistemin davranışını test etmektir.

Çalışma sonunda bu veriler grafiklere dökülerek VRT teknolojisinin verimliliğe ve konfora olan etkisi gözlemlenmiştir. Test ortamlarında iki ayrı sistem bulunmaktadır. Bir tarafında VRT özelliği bulunan VRV IV, diğer tarafta VRT özelliği bulunmayan VRV III'dür. (Şekil 20) Düzenekteki cihazların üfleme sıcaklıkları (Şekil 18) ve anlık verimlilik değerleri (Şekil 19) paylaşılmıştır.

舒适

## comfort

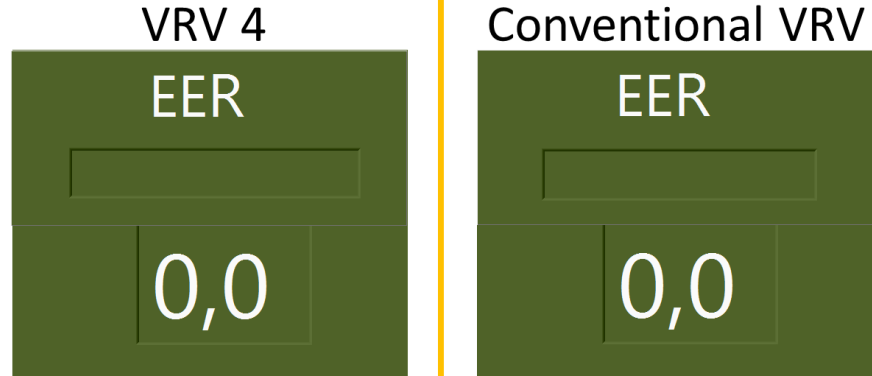
By intelligent evaporating temperature control the air discharge temperature is increased approximately to 5°C which prevents cold draft.



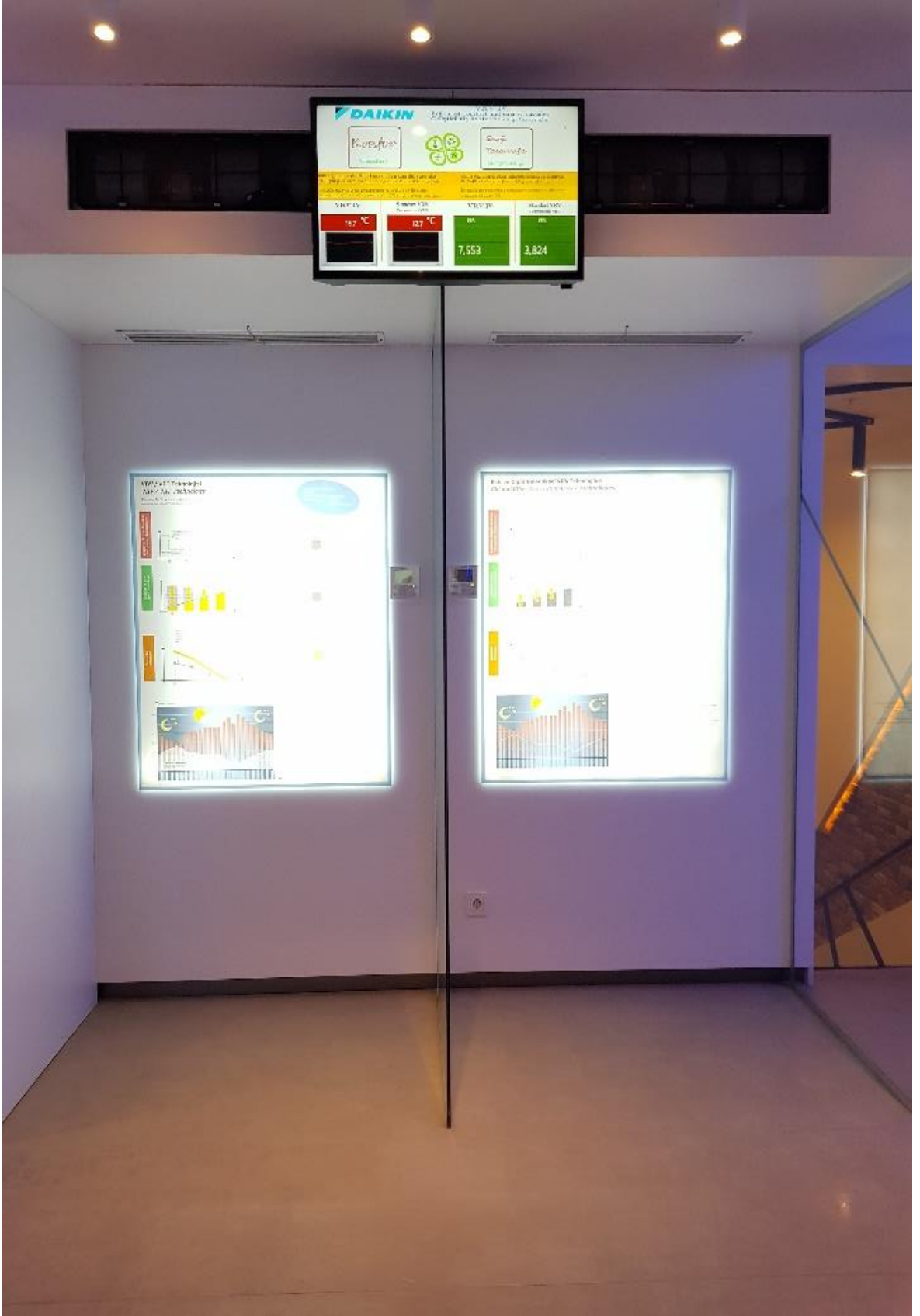
Şekil 19: Test düzeneği üfleme sıcaklığı kıyaslama görseli

## energy savings

By intelligent evaporating temperature control the efficiency is increased approximately upto 40%



Şekil 18: Test düzeneği anlık verimlilik kıyaslama görseli

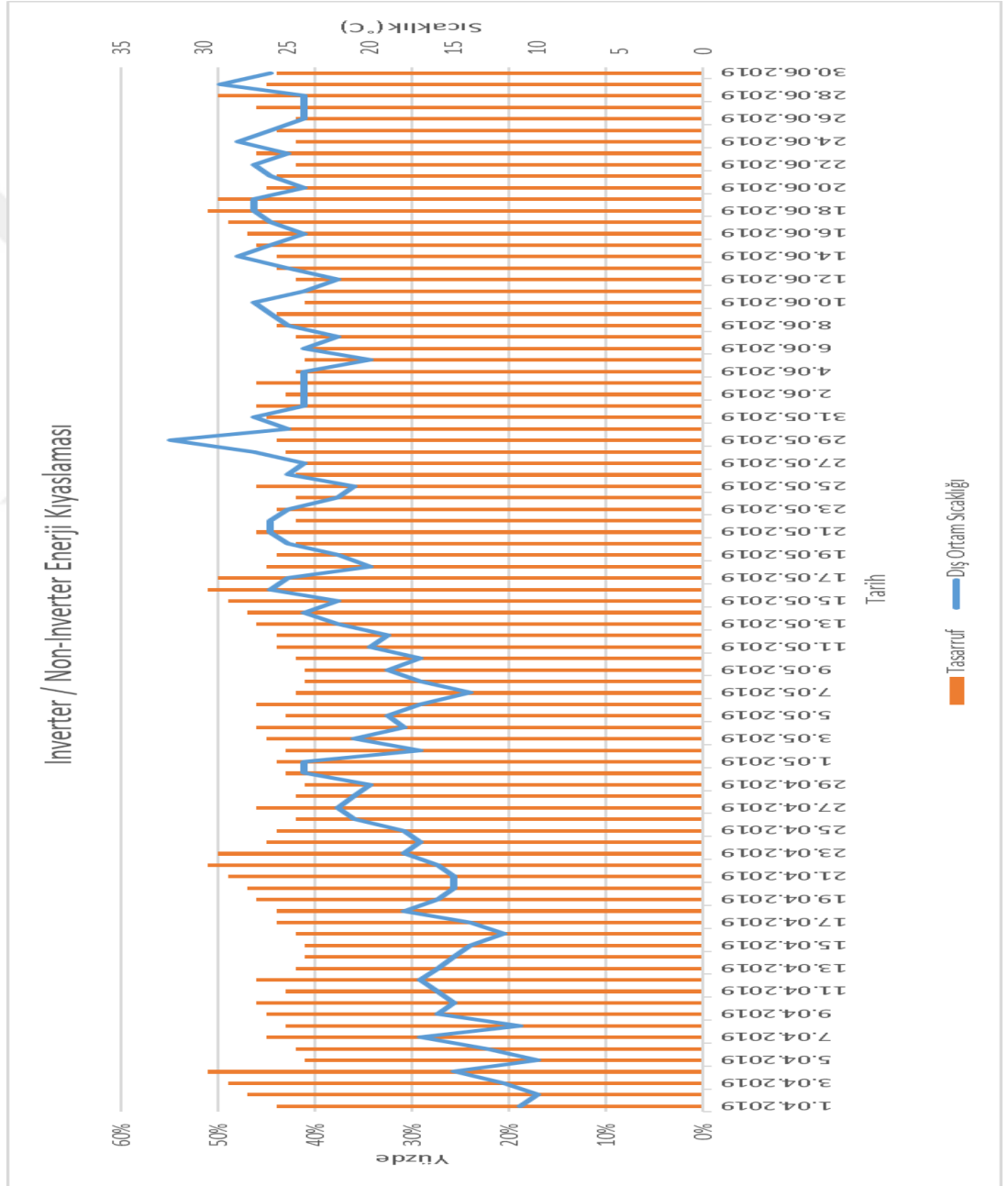


Şekil 20: VRT Test düzeneği görseli

### 3. BÖLÜM BULGULAR VE YORUMLAR

#### 3.1. Inverter / Non-Inverter Deneyi Bulguları

Test düzeneklerinde her gün 08:00 ile 18:00 arasında çalıştırılan düzenekten 18:00'da alınan veriler Microsoft Excel yardımı ile grafiğe dökülmüştür. Inverter kompresörlü klima ile Non-Inverter klimanın dış ortam sıcaklığına bağlı olarak gün bazlı yüzdesel değerler paylaşılmıştır. (Çizelge 8)



Çizelge 8: Inverter/Non-Inverter Verimlilik Kıyaslaması

Bu test noktasında edinilen bilgiler ışığında inverter kompresörlü klimanın inverter olmayan kompresörlü cihaza göre 3 aylık ölçüm sonucunda ortalama %44 daha verimli olduğu görülmüştür. Bu sonucun elde edilmesindeki en önemli sebep; inverter teknolojisine sahip cihazın kompresörü dur/kalk yapmadan çalışmaktadır. Buna karşın inverter olmayan cihaz ise ayarlanan sıcaklığa ulaşıldığında durur ve sıcaklık 2°C'ye yakın bir değerde, ayarlanan sıcaklık değerinden uzaklaştığında tekrar çalışır. Sürekli dur/kalk yapan kompresör hep maksimum kapasitede çalıştığı için daha yüksek enerji harcar. Literatür araştırmasında, inverter olmayan cihazların inverter cihazlara göre verimli olduğu saptanmıştır. Ancak pratikte bu şekilde gerçekleşmediği görülmüştür.

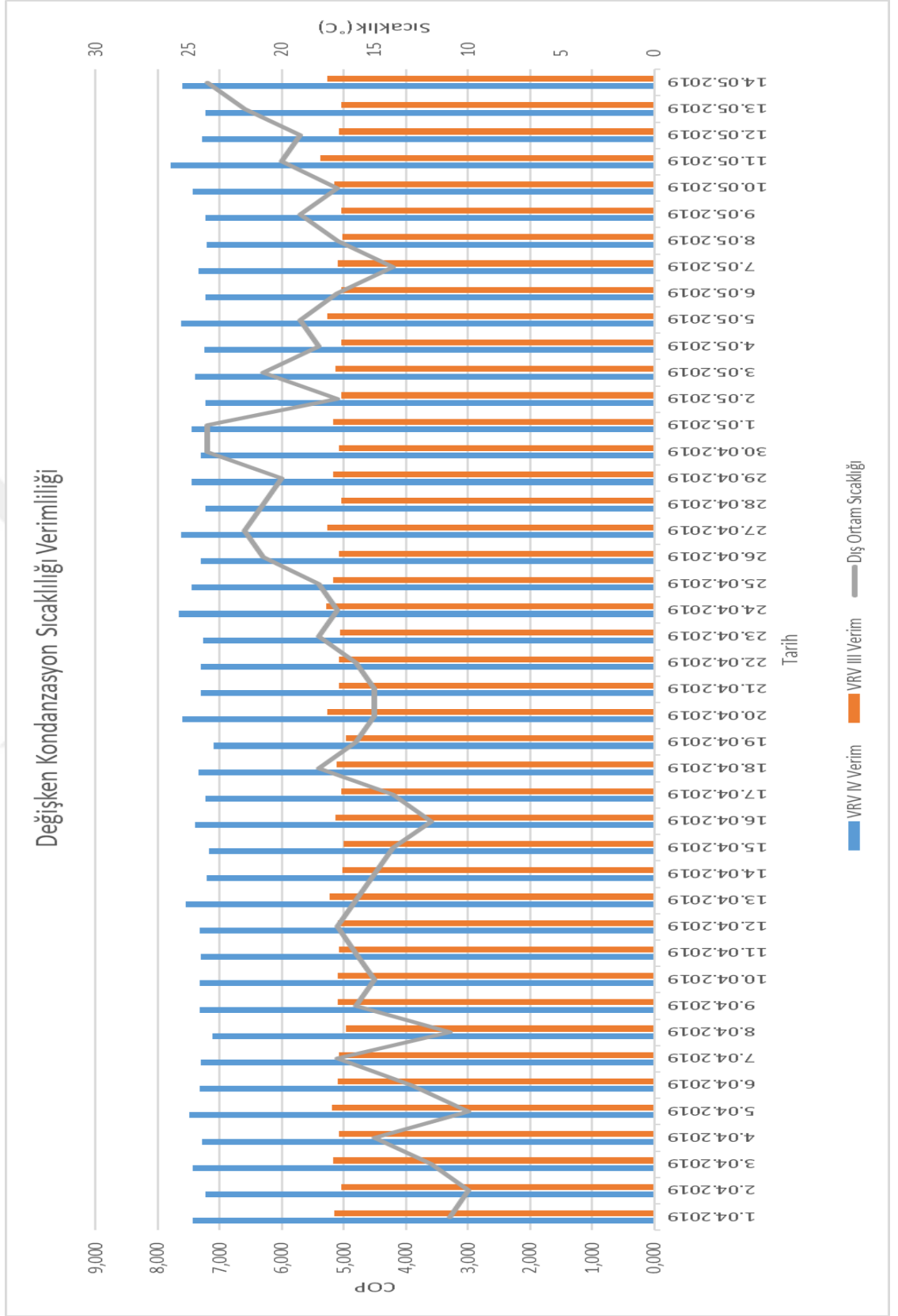
### **3.2.VRV IV – VRV III Kıyaslaması**

Test düzeneklerinde her gün 08:00 ile 18:00 arasında çalıştırılan düzenekten 09:00, 12:00, 15:00 ve 18:00'da alınan veriler Microsoft Excel yardımı ile grafiğe dökülmüştür. Aşağıdaki grafikte bu veriler paylaşılmıştır. Değişken kondanzasyon sıcaklığının verimliliğe etkisi dış ortam sıcaklığına göre paylaşılmıştır. (Çizelge 9)

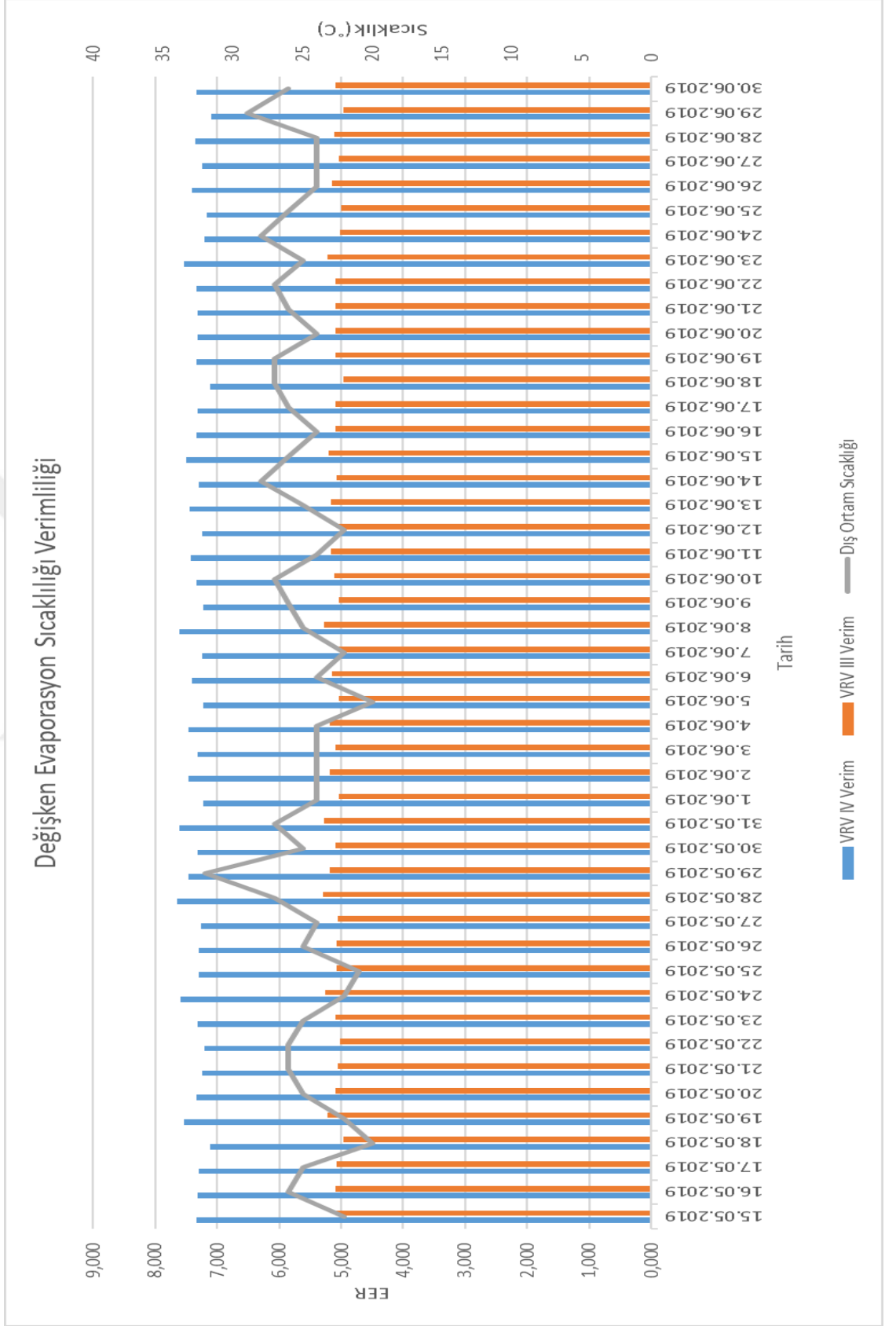
Değişken evaporasyon sıcaklığının dış ortam sıcaklığına bağlı olarak EER değerine yansımaları paylaşılmıştır. (Çizelge 10) Grafikte de görüldüğü üzere değişken soğutucu akışkan sıcaklığının verimlilik değerine bariz etkisi olmaktadır.

Üfleme sıcaklığının dış ortam sıcaklığına göre değişimi Çizelge 11'de verilmiştir. Bu çizelgede de görüldüğü üzere üfleme sıcaklığı dış ortam sıcaklığına göre değişmekte ve değişken kondanzasyon sıcaklığı ile üfleme sıcaklığının değişmesi verimde ve konforda etkilidir.

Üfleme sıcaklığının dış ortam sıcaklığına göre değişimi Çizelge 12'de verilmiştir. Bu çizelgede de görüldüğü üzere üfleme sıcaklığı dış ortam sıcaklığına göre değişmekte ve değişken evaporasyon sıcaklığı ile üfleme sıcaklığının değişmesi verimde ve konforda etkili olmaktadır.

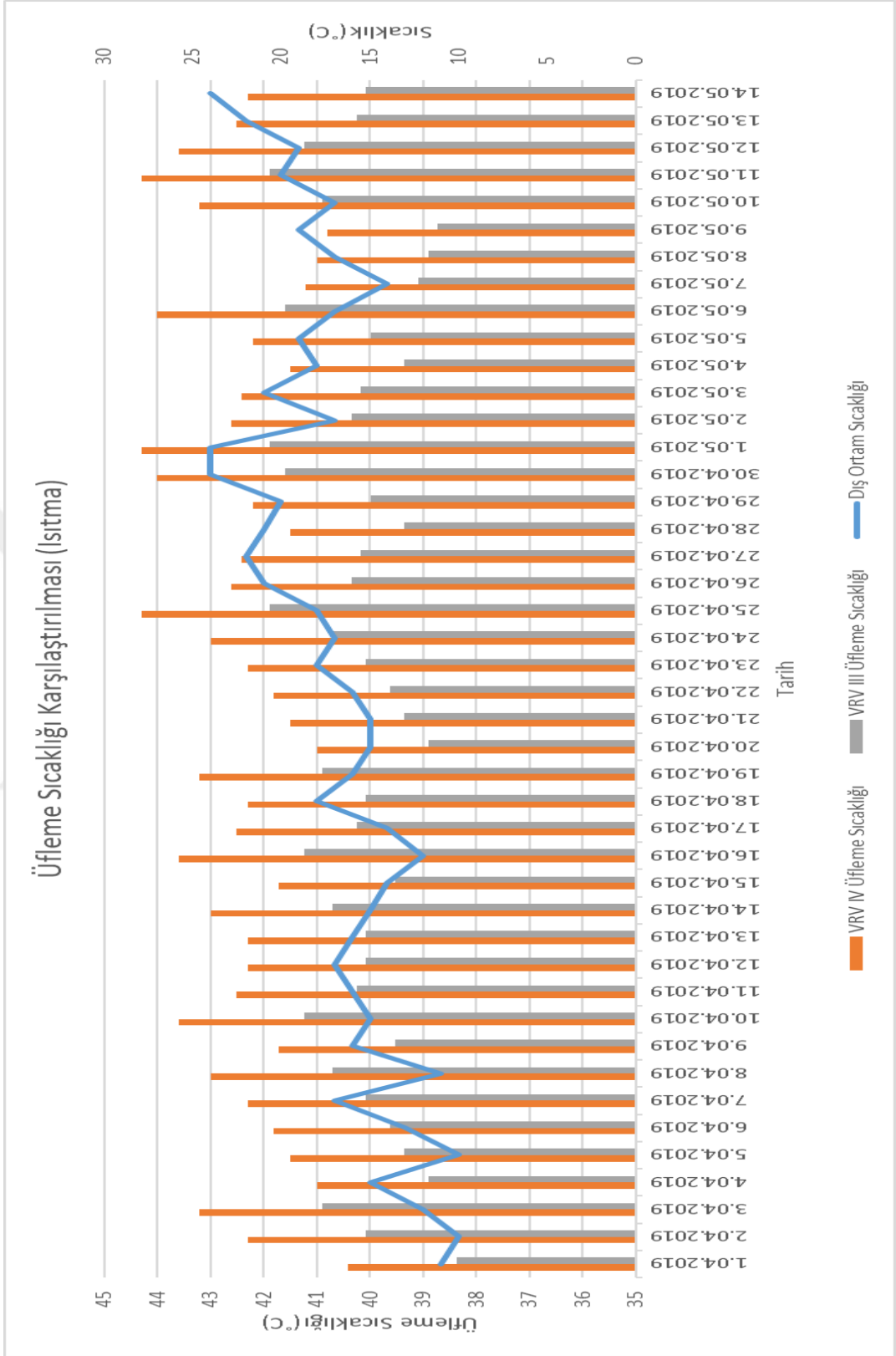


Çizelge 9: VRV IV - VRV III Kondansasyon sıcaklığına bağlı verimlilik kıyaslaması

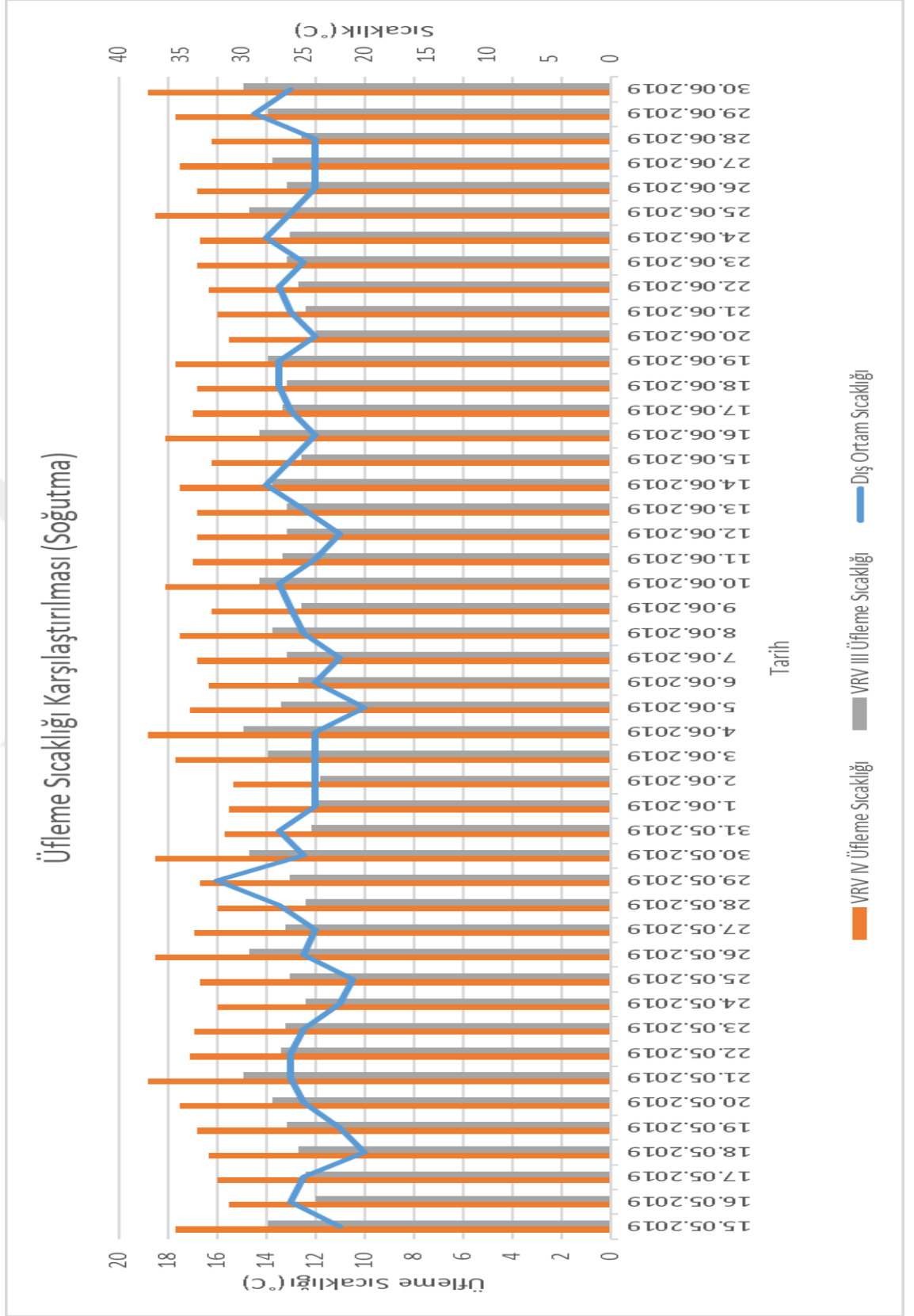


Çizelge 10: VRV IV - VRV III Evaporasyon sıcaklığına bağlı verimlilik kıyaslaması





Çizelge 11: VRV IV - VRV III Kondansasyon sıcaklığına bağlı üfleme sıcaklığı kıyaslanması



Çizelge 12: VRV IV - VRV III Evaporasyon sıcaklığına bağlı üfleme sıcaklığı kıyaslanması

Bu test noktasında edinilen bilgiler ışığında VRT özelliği olan VRV cihazının 3 alık ortalama verimlilik değeri 7,34'ken VRT özelliği olmayan VRV cihazının ortalama verimlilik değeri 5,1 olarak görölmüştür.



## 4. BÖLÜM SONUÇ

Bu çalışmada inverter teknolojisinin enerji verimliliğine etkisi ve değişken evaporasyon sıcaklığının verime ve konfora etkisi incelenmiştir. İnceleme literatür araştırmasında bulunan bilgilere ek olarak ürün sunumlarından faydalanılmıştır. Ayrıca iki farklı test düzeneğinde test edilen cihazlardan alınan veriler toplanmıştır. Bu veriler ışığında inverter kompresörlü split klimanın inverter olmayan split klimaya göre aynı şartlardaki verimlilik farkı %44 olarak gözlemlenmiştir.

Diğer bir yandan kıyaslama yapılan, soğutucu akışkanın sıcaklığını değiştirebilen VRV ile soğutucu akışkanın sıcaklığını değiştiremeyen VRV'den edinilen bilgiler yorumlandığında değişken soğutucu akışkan sıcaklığının EER ve COP ortalamasına %33,2 katkı sağladığı görülmüştür. Buna ek olarak iki cihaz arasındaki üfleme sıcaklığı farkı da gözlemlenebilmiş, ısıtmada ve soğutmada VRV IV'ün üfleme sıcaklığının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. VRT özelliği olan VRV cihazının ısıtmada ortalama 42,35, VRT özelliği olmayan VRV cihazının ise ortalama 40,12'dir. Ayrıca VRT özelliği olan VRV cihazının soğutmada ortalama üfleme sıcaklığı 16,9 VRT özelliği olmayan VRV cihazının ise soğutmada ortalama üfleme sıcaklığı 13,0'dür. Üfleme sıcaklığının daha yüksek olması kişi konforunun artması konusunda önemli bir etkidir.

Yapılan literatür araştırmasında inverter olmayan klimanın inverter klimaya göre daha verimli olduğu görülmüştü. Ancak pratikte bunun doğru olmadığı kanıtlanmıştır. Inverter olmayan klima tek test şartında denendiği için bu yanılma ortaya çıkmıştır. Test sonuçlarında da belirtildiği üzere %44 gibi bir verimlilik farkı gözlemlenmiştir.

Diğer bir yandan değişken akışkan sıcaklığı ile sabit akışkan sıcaklığı hakkında literatür araştırmasında edinilen bilgilerde; sabit akışkan sıcaklığına sahip VRV cihazının değişken akışkan sıcaklığına sahip cihaza göre daha verimli olduğu bilgisi edinilmiştir. Ancak pratikte bunun da doğru olmadığı test koşullarında kanıtlanmıştır.

Sonuç olarak; inverter klimanın non-inverter klimaya göre daha verimli olduğu görülmüştür. Bununla birlikte değişken soğutucu akışkan sıcaklığının verimliliğe ciddi oranda katkı yaptığı gözlemlenmiştir. Ayrıca değişken soğutucu akışkan sıcaklığının üfleme sıcaklığını yükselttiği dolayısıyla konfora katkısı da saptanmıştır.

## KAYNAKÇA

1. Kaya, M., 2009, “Isı Pompası Ve Kombi Isıtma Sistemleri Maliyet Analizlerinin Karşılaştırılması”, Hitit Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Çorum.
2. Engin, N., 2012, “Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma”, Türk Tesisat Mühendisliği Dergisi, 129, 62-70.
3. Taçgün, E., 2016, “Klima Santrallerinde Kullanılan V Profil Delikli Difüzörlü Hücrenin Akış Performansının Sayısal Ve Deneysel Olarak İncelenmesi”, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya
4. Arslan, A., 2014, “Toprak Kaynaklı Isı Pompası İle Doğal Gazlı Kombi Birleşik Sisteminin Enerji Verimliliği Yönünden Araştırılması”,Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
5. Karabağ, M., 2018, Vrv Klima Sistemlerinin Termodinamik Analizi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
6. Liu, T., Wang, S., Xu, Y., 2019, “Experimental investigation of stepped short tube orifice as expansion device in domestic air conditioning/heat pump system”, Energy & Buildings, 240:249, Çin.
7. Gülten, Z., 2000. Isı pompasıyla Çeşitli Düşük Sıcaklıklı Jeotermal veya Atık Sulardan Çekilebilecek Isı Miktarlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Hacettepe Üniv. Fen Bil. Enst., Ankara.
8. Kuru, M., 2019, “Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası Ve Doğalgazlı Isıtma Sisteminin Enerji Verimliliği Yönünden Karşılaştırılması”, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
9. Şensoy, B., 2019, “Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası Sistemlerinin Performans Analizi”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
10. Saçkan, Ö., 2018, “Deniz Erişim Tarihi: Suyu Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Termodinamik Analizi: Bir Otel Uygulaması”, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
11. Fazlıç, M., 2018, “Güneş Enerjisi Destekli Hava Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Yardımıyla Bir Evin Isıtılması, Soğutulması Ve Evsel Sıcak Su İhtiyacının Karşılanması Üzerine Fizibilite Çalışması”, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
12. Demircioğlu, N., 2010, “R22 Ve Alternatifleri R407c İle R410a Soğutucu Akışkanlarının Isı Pompasındaki Performanslarının Teorik Olarak İncelenmesi”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
13. Yıldız Teknik Üniversitesi, (<http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/IsiPompasi.pdf>, Erişim Tarihi: 06 Haziran 2019)
14. Canovate Enerji, (<http://portal.canovateenerji.com/tr-TR/hava-kaynakli-isi-pompasi>, Erişim Tarihi: 06 Haziran 2019)

15. HP Energy, (<https://hpenergyltd.com/samsung-air-source-heat-pumps/>, Erişim Tarihi : 04 Haziran 2019)
16. Ema Grup, (<http://www.emagrup.com/tr/su-kaynakli-isi-pompalari>, Erişim Tarihi: 11 Haziran 2019)
17. Akademi Makina, (<http://www.akademimakina.com/Kataloglar/bulten-isi-pompasi.pdf>, Erişim Tarihi: 12 Haziran 2019)
18. Muslu, M., 2017, “Isı Pompası Destekli Isı Geri Kazanım Cihazının Farklı Sıcaklıklardaki Performans Analizi”, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
19. Yerlibucak, Ş.M., 2007, Isı Pompaları, Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye.
20. Develioğlu, M., 2012, “Yer Kaynaklı Isı Pompalarının Teknolojik Gelişimi Ve Türkiye’deki Uygulanabilirliği”, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
21. Matesis Mühendislik, [http://www.matesismuhendislik.com/images/mekanik-sistemler/klima/klima\\_tipleri.pdf](http://www.matesismuhendislik.com/images/mekanik-sistemler/klima/klima_tipleri.pdf), Erişim Tarihi: 13 Haziran 2019)
22. Han, B., Yan, G., Yu, J., 2019, “Refrigerant migration during startup of a split air conditioner in heating mode”, Applied Thermal Engineering, 1068:1073 Çin.
23. Daikin Türkiye, (<http://www.sezonsalverimlilik.com/>, Erişim Tarihi: 13 Haziran 2019)
24. Hitachi, (<https://www.homeappliances.hitachi.com/my/support/catalog/image/Hitachi%20Air%20Cond%20GC.pdf>, Erişim Tarihi: 14 Haziran 2019)
25. Daikin Türkiye, (<https://www.daikin.com.tr/Urun-Detayi/Bireysel-Klimalar/Emura-Serisi-Klimalar/Ftxj25mw-Inverter-Klima#Urun-Ozellikleri> 8, Erişim Tarihi: 17 Haziran 2019)
26. Matesis Mühendislik, [http://www.matesismuhendislik.com/images/mekanik-sistemler/klima/klima\\_tipleri.pdf](http://www.matesismuhendislik.com/images/mekanik-sistemler/klima/klima_tipleri.pdf), Erişim Tarihi: 13 Haziran 2019)
27. Çölaşan, F. 2013. Değişken Debili Soğutucu Akışkanlı (VRF) İklimlendirme Sistemleri. Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi, 83: 29-34.
28. Mangan, S., 2006, “Akıllı Binalarda Alt Sistem Değerlendirmesi: İstanbul Örneği”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
29. Daikin, <http://vrfsistemleri.com/kataloglar/daikin.pdf> , Erişim Tarihi: 25 Temmuz 2017)
30. Daikin Europe, ([https://my.daikin.eu/dam/document-library/catalogues/ac/vrv/reyq-t/VRV%20IV%20range\\_Product%20profile\\_ECPtr15-206A\\_Catalogues\\_Turkish.pdf](https://my.daikin.eu/dam/document-library/catalogues/ac/vrv/reyq-t/VRV%20IV%20range_Product%20profile_ECPtr15-206A_Catalogues_Turkish.pdf), Erişim Tarihi: 11 Temmuz 2019)
31. Çengel, A. Y., Boles, A. M. 1996, Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik 5. Baskı. İstanbul.
32. Tesisat, <https://www.tesisat.org/enerji-verimlilik-kavramlari-cop-eer-eseer-ipvl.html>, Erişim Tarihi: 13 Haziran 2019)
33. Daşdemir A., Keçebaş A., “Klimalarda Sezonsal verimlilik ve Doğru Klima Kullanımı”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, S:150 (2015), s.13-18.

34. Sertan, U., Yakut, A., Teskon 2017 Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu Bildirisi, 831:839, İzmir, Erişim Adresi: [http:// mmoteskon.org/wp-content/uploads/2017/05/2017-055.pdf](http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2017/05/2017-055.pdf)

35. Palkowski, C., Schwarzenberg, S., Simo, A., 2019 “Seasonal cooling performance of air conditioners: The importance of independent test procedures used for MEPS and labels”, International Journal of Refrigeration, 417:425, Almanya

36. Yay, T., (2018, Şubat) “Daikin VRV Teknolojileri Konferansı”, İstanbul.

37. Karasar, N. (2005). Bilimsel araştırma ve yöntemi (15. baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım

38. Özçelik, D.A. (1981). Okullarda ölçme ve değerlendirme. ÜSYM Eğitim Yayınları:3

39. Sencer, M. (1989). Toplumbilimlerinde yöntem. İstanbul: Beta Basım.

