



JEOTERMAL ENERJİ İLE YAPILAN BÖLGESEL ISITMA SİSTEMLERİNDE
ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI

Erhan GÜNGÖR

Yüksek Lisans Tezi

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Mart – 2018

JEOTERMAL ENERJİ İLE YAPILAN BÖLGESEL ISITMA SİSTEMLERİNDE
ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI

Erhan GÜNGÖR

Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

Mart-2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Erhan GÜNGÖR'ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Jeotermal Enerji İle Yapılan Bölgesel Isıtma Sistemlerinde Enerji Verimliliğın Arttırılması” başlıklı bu çalışma, jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğının ilgili maddeleri uyarınca değeriendirilerek kabul edilmiştir.

16/03/2018

Prof. Dr. Önder UYSAL

Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Muammer GAVAS

Bölüm Başkanı, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

Danışman, Elektrik-Elektronik Mühendisliğı Bölümü**Sınav Komitesi Üyeleri**

Doç. Dr. Abdülkadir ÇAKIR

Elektrik-Elektronik Mühendisliğı Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi

Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

Elektrik-Elektronik Mühendisliğı Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

Doktor Öğretim Üyesi Mustafa TOSUN

Elektrik-Elektronik Mühendisliğı Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %15 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

Erhan GÜNGÖR

JEOTERMAL ENERJİ İLE YAPILAN BÖLGESEL ISITMA SİSTEMLERİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI

Erhan GÜNGÖR

İleri Teknolojiler, Yüksek Lisans Tezi, 2018

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

ÖZET

Bu çalışmada, jeotermal enerji ile yerleşim birimlerinin ısıtılmasında her aboneye eşit ve optimum ısı transferi sağlanması amacıyla oransal vana kontrol sistemi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bunun için iki ayrı oransal vana eşanjör dönüşüne bağlanmıştır. Yüzer tip oransal vananın kontrol formu on- off, analog girişli oransal vananın kontrolü ise PI denetimli formda uygulanmıştır. Her iki kontrolde akıllı rölelerin programlanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu iki vananın akıllı röle kontrolleri renkli dokunmatik tuş panel, text panel ve akıllı röle üzerindeki display panel üzerinden olmak üzere üç ayrı operatör panel ile izleme, gözlemleme, müdahale ve ayarlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Eşanjör giriş, dönüş ve binaya giren sıcaklık değerlerinin ölçümünde PT100 kullanılmıştır. Ayrıca sistemin internet ya da kapalı Wi-Fi ağı üzerinden uzaktan kontrol edilebilmesi için android işletim sistemine sahip tablet ve akıllı telefon programlamaları da oluşturulmuş, tablet ve telefonlardan uzaktan erişim sağlanarak oransal vana amaca uygun şekilde kontrol edilmiştir.

Bu kontrol sonucunda eşanjör dönüş sıcaklığı istenilen sıcaklık derecesine ayarlanarak birimin yeterli değerde ısınmasına imkan sağlanmıştır. Programda oluşturulan zaman modlarıyla ısıtılan birimde, haftanın belli gün ve saatlerinde istenilen derecelerde eşanjör sıcaklığı kontrol altında tutularak yüksek oranda bir tasarruf sağlanmıştır.

Eşanjör sıcaklığının kontrol edilmesiyle jeotermal iletim hatlarına sıcak su basan sirkülasyon pompa motorlarının otomatik devir ayarları yapılarak yüksek oranda seyreden elektrik sarfiyatı minimuma düşürülmüş dolayısıyla elektrik enerjisinde de büyük bir tasarruf elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı telefon ile kontrol, Enerji verimliliği, Jeotermal enerji, PI denetim, Uzaktan erişim.

INCREASING OF THE ENERGY PRODUCTIVITY IN REGIONAL HEATING SYSTEMS CONDUCTED BY GEOTHERMAL ENERGY

Erhan GÜNGÖR

Advanced Technologies, Master Thesis, 2018

Thesis Advisor: Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN

SUMMARY

In this study, with the aim of providing equal and optimum heat transfer to each subscriber, heating of the accommodation units by geothermal energy has been conducted with the execution of fractional valve control systems. For that reason, two separated fractional valves have been connected to the heat exchanger. Fractional float-type valve has been controlled in ‘on-off’ control form while the fractional valve with the analog input has been controlled in PI control form. Both of the controls have been implemented by adjusting of the smart relays. Smart relay controls of that valves have been conducted as watching, observing, intervention and adjusting transactions via three separated operator panels including color touch panel, text panel and display panel on the smart relay. PT100 has been used to qualify the temperature of heat exchanger port, turn and the accessing heat to the building. In addition, for remote control of the system via internet or closed Wi-Fi network, Android OS smart phone and tablet applications have been generated, fractional valve has been controlled expediently for purpose by providing remote access from tablets and phones.

As a result of this control, sufficient heat has been provided to unit by adjusting the turn temperature of the heat exchanger to the desired temperature. High savings have been provided by controlling the desired temperature of the heat exchanger in certain days and hours of the week, at the unit heated by the timing modes that have been generated in the application.

High electricity consumption rates have been declined to the minimum with the control of the temperature of the heat exchanger by adjusting the automatic assignments of circulation pump motors pumping hot water to geothermal transmission lines. Therefore, huge electricity savings have been passed on.

Key Words: Control by smart phone, Energy productivity, Geothermal energy, PI control, Remote access.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana yardımcı olan başta danışman hocam Sayın Doç. Dr. Rüştü GÜNTÜRKÜN'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Yüksek Lisans çalışmalarım boyunca desteklerini benden esirgemeyen Sayın Fevzi İLCİ'ye, Simav Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Tesisat ve İklimlendirme Alanı Atölye Şefi Sayın Gökhan YONAR'a, Simav Belediye Başkanı Sayın Süleyman ÖZKAN'a, Simav Belediyesi Jeotermal Merkezi Şefi Sayın Mehmet PINAR'a ve Simav Belediyesi Jeotermal Merkezi çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. JEOTERMAL ENERJİ	4
2.1. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları	5
2.2. Jeotermal Enerjinin Özellikleri	6
3. JEOTERMAL ENERJİ İLE ISITMA	7
3.1. Jeotermal Enerji İle Konut Isıtıcılığına Uygun Yerler	7
3.2. Türkiye’de Jeotermal Enerjinin Kullanımı	7
3.3. Türkiye’de Konut Isıtmasında Başlıca Yerler	8
3.4. Sera Isıtması.....	9
3.5. Jeotermal Enerji İle Isıtmadaki Kullanım Fiyatları	9
3.6. Bölgesel Isıtmada Konutların ve Diğer Birimlerin Durumu.....	11
4. OTOMATİK KONTROL SİSTEMLERİ.....	13
4.1. Aç-Kapa Kontrol (on-off)	13
4.2. Oransal Kontrol (P).....	14
4.3. Oransal+İntegral Kontrol (PI).....	15
4.4. Oransal+Türevsel Kontrol (PD).....	16
4.5. Oransal+İntegral+Türevsel Kontrol (PID).....	17
4.6. Zaman Oransal Kontrol (Time Proportioning Control - TCP).....	17
4.7. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Kontrol	18
5. SİSTEM KONTROLLERİ	19

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5.1. Programlayıcılar	19
5.1.1. Programlanabilir lojik kontrol cihazları (PLC)	19
5.1.2. Akıllı röleler	19
5.2. Kontrolcüler	20
5.2.1 Operatör paneller (HMI)	20
5.2.2. Android işletim sistemi ile sistem kontrolü	21
5.2.3. SCADA ile kontrol	22
5.3. Kontrol Elemanları	23
5.3.1. Basınç sensörü	23
5.3.2. Hız kontrol cihazı (Frekans konvertörleri)	23
6. BİNA ALTI (BİNA GİRİŞİ) EŞANJÖR ISI DEĞİŞTİRİCİLERİN ORANSAL KONTROLLERİ.....	25
6.1. Eşanjör (Plakalı Isı Değiştiriciler)	25
6.2. Eşanjör Sıcaklığını Kontrol Altında Tutmaya Yarayan Oransal Vanalar	26
6.2.1. Yüzer oransal vanalar	26
6.2.2. Analog girişli oransal vanalar	27
6.3. Rezistans Termometreler (PT100)	28
7. VANA KONTROLLERİ	29
7.1. Manuel Metodla Vana Kontrolü.....	29
7.2. Termostatik Vana İle Kontrol.....	29
7.3. Oransal Vananın Elektronik Kart İle Kontrol	29
8. EŞANJÖR SICAKLIĞININ KONTROLÜ	31
8.1. Oransal Vananın Açık-Kapalı (On-Off) Kontrolü.....	33
8.1.1. Oransal vana sistemindeki KTP 400 operatör panel ekranları	33
8.1.2. Aç-kapa oransal vana kontrolünde logo TD text operatör panel ekranları.....	40
8.1.3. Aç-kapa oransal vana kontrolünde logo üzerindeki panel ekranları.....	45
8.2. Oransal Vananın PI Denetimli Kontrolü	48
8.2.1. PI denetimli oransal vana kontrolünde logo TD text operatör panel ekranları.....	50
8.2.2. PI denetimli oransal vana kontrolünde logo üzerindeki panel ekranları	56
9. ORANSAL VANANIN ANDROİD İŞLETİM SİSTEMİNE SAHİP TELEFON / TABLET ÜZERİNDEN KONTROLÜ	60

İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa**

10. JEOTERMAL BORULARINDAKİ BASINÇ DEĞİŞİMLERİNE GÖRE ELEKTRİK POMPA MOTOR DEVİR AYARLARININ PI DENETİMLİ KONTROLÜ	71
10.1. PI Denetimli Jeotermal Su Pompa Motorlarının Devir Ayar Kontrolünde Operatör Panel Ekranları ve Sistemin Çalışması.....	72
10.2. Sirkülasyon Pompa Motorlarının Devir Hız Kontrolünün Önemi.....	74
11. ARAŞTIRMA BULGULARI VE ANALİZLER	75
12. SONUÇ VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	86
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Örnek entegre jeotermal enerji kullanım ünitesi	5
3.1. Kalorimetre	9
3.2. 20.10.2017 tarihli 9,443 m ² ısınma alanına sahip okulun bir aylık jeotermal ısı faturası ...	10
3.3. Ocak 2018 tarihli 130 m ² ısınma alanına sahip konutun bir aylık jeotermal ısı faturası	10
3.4. Bölgesel ısıtma	11
4.1. Açık-kapalı kontrol (ideal)	13
4.2. İdeal açık-kapalı kontrol transfer eğrisi	14
4.3. Oransal kontrol cihazı transfer eğrisi	15
4.4. Oransal+integral kontrol reaksiyon eğrisi	16
4.5. Oransal+türevsel reaksiyon eğrisi	16
4.6. Oransal+integral+türevsel kontrol reaksiyon eğrisi	17
4.7. Zaman oransal kontrol	17
4.8. Bulanık mantık kontrol eğrisi	18
5.1. Değişik marka PLC cihazları	19
5.2. Değişik marka akıllı röleler	20
5.3. Operatör paneller	21
5.4. Tablet ve telefon	22
5.5. Örnek SCADA ana ekranı	22
5.6. Basınç sensörleri	23
5.7. Çeşitli markaların hız kontrol cihazları	24
6.1. Plakalı ısı değiştirici	25
6.2. Plakalı ısı değiştiricinin parçaları	26
6.3. Aç – kapa (yüzer) oransal vana	26
6.4. 0-10 V sinyal aralığında çalışan oransal vana	27
6.5. PT100 ve kontrol cihazı	28
7.1. Termostatik vana	29
7.2. Elektronik kontrollü oransal vana	30
7.3. Elektronik kontrollü oransal vana panosu	30
8.1. Oransal vana kontrol sistemi	31
8.2. Oransal vana kontrol sisteminin şematik gösterimi	32
8.3. Operatör panel ana ekranı	34
8.4. Operatör panel ikinci ekran (izleme sayfası ekranı)	35

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
8.5. Operatör panel üçüncü ekran (değer giriş yeri ekranı).....	36
8.6. Operatör panel dördüncü ekran (şifre değiştirme ekranı)	37
8.7. Operatör panel beş, altı ve yedinci ekran (zaman modlarının programlandığı ekranlar).....	38
8.8. Logo TD’de set derece değeri girilen ekran.....	41
8.9. Logo TD’de vanaların durumlarını gösteren ekran.....	41
8.10. Logo TD’de set değeri yanlış bir değer girildiğinde hata mesajı ekranı	42
8.11. Logo TD’de set değeri aktif olduğunda gelen mesaj ekranı.....	42
8.12. Logo TD’de zaman ayarlarının yapıldığı ekranlar	43
8.13. Logo TD’de zaman ayarlarında yanlış set değeri girildiğinde gelen hata mesaj ekranları	44
8.14. Logo TD’de zamanlamaların devreye alındığını gösteren ekranlar	44
8.15. Logo TD’de zamanlamaların set değerlerinin aktif olduğunu gösteren ekranlar.....	45
8.16. Logo Display’de set derece değeri girilen ekran.....	46
8.17. Logo Display’de sıcaklıkların izlendiği ekran	46
8.18. Logo Display’de sirkülasyon pompa durumunun izlendiği ekran	47
8.19. Logo Display’de vananın durumunu gösteren ekranlar	48
8.20. Logo Display’de zaman ayarlarının yapıldığı ekranlar.....	48
8.21. 0-10 V sinyal aralığında çalışan oransal vana	50
8.22. Logo TD’de sistem ilk açıldığında istenilen şifre ekranı	50
8.23. Logo TD’de set derece değeri girilen ekran.....	51
8.24. Logo TD’de set değeri yanlış bir değer girildiğinde hata mesajı ekranı	52
8.25. Logo TD’de şifre değiştirme ekranı	52
8.26. Logo TD’de vananın açılma durumunu yüzdelik olarak ve bar grafiğinde veren ekran....	53
8.27. Logo TD’de zaman ayarlarının yapıldığı ekranlar	53
8.28. Logo TD’de zaman ayarlarında yanlış set değeri girildiğinde gelen hata mesaj ekranları	54
8.29. Logo TD’de zamanlamaların devreye alındığını ve vananın açılma durumunu gösteren ekranlar	55
8.30. Logo TD’de zaman modları set değerlerinin aktif olduğunu gösteren ekranlar	56
8.31. Logo Display’de sistem ilk açıldığında istenilen şifre ekranı	56
8.32. Logo Display’de set derece değeri girilen ekran.....	57
8.33. Logo Display’de şifre değiştirme ekranı.....	57
8.34. Logo Display’de derecelerin izlendiği ekran	58
8.35. Logo Display’de zaman ayarlarının yapıldığı ekranlar.....	58

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
8.36. Logo Display’de zaman modları set değerlerinin aktif olduğunu ve derece değerlerini gösteren ekranlar	59
9.1. Oransal kontrolün telefondaki ana ekranı	61
9.2. Set değerin girildiği, çalıştırılıp durdurulduğu ve konumların izlendiği ekran.....	62
9.3. Sıcaklık değerlerinin izlendiği ekran	63
9.4. Zaman modlarının durumunu gösteren ekran	64
9.5. Zaman1 modu ayar ekranı.....	65
9.6. Zaman2 modu ayar ekranı.....	66
9.7. Zaman2 modu devredeyken ekran görüntüleri.....	67
9.8. Tüm zamanlamaların devreye alındığını gösteren ekranlar	68
9.9. Kamera görüntüsü	69
9.10. Tablet ve telefon ekran görüntüleri	70
10.1. Hız kontrol sistemi	72
10.2. Basınç set değerinin girildiği ekran.....	73
10.3. Sirkülasyon pompa motorunun dakikadaki devir sayısını gösteren ekran	74
11.1. Gün boyu zaman modlarına göre ideal sıcaklıklara set edilmiş oransal vananın tasarruf göstergesi.....	80
11.2. 19.01.2018 tarihli elektrik faturası	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
11.1. Oransal vana olmadan mevcut durum değerleri.....	76
11.2. Oransal vana takıldıktan sonraki değerleri.....	77
11.3. Oransal vana olmadan mevcut durum değerleri.....	77
11.4. Oransal vana tam açıkken alınan sonuçlar.....	78
11.5. Oransal vana takılıp 50 °C’de set edilerek alınan sonuçlar	78
11.6. Oransal vana takılıp 48 °C’de set edilerek alınan sonuçlar.....	78
11.7. Oransal vana takılıp 45 °C’de set edilerek alınan sonuçlar.....	79
11.8. Zaman modlarına göre oransal vananın set edilerek gün boyu harcanan enerji.....	80

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
%	Yüzde
°C	Santigrad
AC	Alternatif Akım
AQ	Analog Çıkış
AVM	Alış veriş merkezleri
c	Suyun öz yoğunluğu
DC	Doğru akım
DNN	Dönen
F	Cuma
F4	Operatör paneldeki tuş
GLN	Gelen
h	Saat
HMI	İnsan makine arayüzü
Hz	Herzt – frekans birimi
kcal	Kilokalori - enerji birimi
krş	Kuruş
KTP	Siemens marka dokunmatik tuş panel
kW	Kilowatt – Güç birimi
kWh	Kilowattsaat
LOGO	Siemens marka akıllı röle
Logo Display	Siemens marka akıllı rölenin kendi üzerindeki ekran
Logo TD	Siemens marka akıllı röleye ait operatör panel
M	Pazartesi
m	Kütle
m ²	Metre kare
m ³	Metreküp
mA	Mili Amper
mbar	Mili bar
N	Devir
P _o	Oransal kontrol

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
P	Güç
PC	Bilgisayar
PD	Oransal Türevsel Kontrol
PI	Oransal İntegral Kontrol
PID	Oransal İntegral Türevsel Kontrol
PLC	Programlanabilir Lojik Kontrol
PMP	Pompa
PT100	Rezistans Termometre
Q	Enerji
rpm	Dakikadaki devir sayısı
S_c	Cumartesi
S_p	Pazar
SCADA	Merkezi denetleme kontrol ve veri toplama
SET	Ayarlanan sıcaklık derece değeri
SFR	Şifre
sn	Saniye
t	Zaman
T	Sıcaklık
T_s	Salı
T_p	Perşembe
TL	Türk Lirası
V	Volt
V _{DC}	Doğru Akım Voltajı
vs	Vesaire
W	Çarşamba
ZMN	Zaman
Δt	Sıcaklık farkı

1. GİRİŞ

Ülkelerin ekonomik açıdan giderek gelişmeleri, enerjiye olan ihtiyaçları da hızla arttırmaktadır. Bu nedenle ülkeler, bir yandan alışılmış enerji kaynaklarından daha ekonomik yararlanma yollarını, diğer yandan da yenilenebilir enerji kaynaklarından daha kapsamlı olarak faydalanma şekillerini araştırmaktadırlar (Şahin ve Güntürk, 2008).

Jeotermal enerji tükenmeyen ve yenilenebilen bir alternatif enerji kaynağıdır. Jeotermal enerji; çevre dostu, ucuz, yenilenebilir ve yerli bir enerjidir. Jeotermal enerjinin en önemli kullanım alanları konut ve seraların ısıtılmasıdır (Yonar, 2007).

Jeotermal enerji ile ısıtma sistemi uygulanan bir çok yerde kontrol sistemi manuel şeklindedir. Isıtma sisteminin manuel kontrol olması bir çok konutta adaletsiz bir ısınmaya sebep olur. Eşanjör merkezlerine yakın olan konutlar yüksek ısıdan faydalanırken eşanjör merkezlerine uzak mesafede olan konutların düşük ısıya maruz kalmaları sonucu ısınamaması manuel kontrolün getirdiği en büyük problemlerden biridir.

Eşanjör merkezlerine yakın olan konutlarda oturanlar çok fazla ısındıklarından cam, pencere, balkon kapısı açarak ısıyı havaya bırakmak suretiyle ısı israfına da yol açarlar. Bir taraftan ısınamayan aboneler diğer taraftan çok ısındığı için ısıyı dışarıya atan yani israf eden aboneler ortaya çıkar.

Aynı hatta bağlı olan yan yana bulunan apartmanlar da bile jeotermal ısı girişleri çok farklı olabilir. Bina girişlerindeki jeotermal ısı giriş boru çapları bina giriş sıcaklıklarını büyük oranda etkilemektedir. Önceden yapılmış bina ya da adalardaki boru çapları çoğunlukla küçük kullanılmıştır. Yeni yerleşim birimlerinde ise büyük çaplı borular kullanılır. Küçük çaplı borulardan ısı girişi, büyük çaplı borulara göre düşük kalabilmektedir. Bunun çözümü belki boruları değiştirmek denebilir ancak bu çok masraflı bir yoldur. Jeotermal hat plansızlığı, düzensizliği veya plansız programsız büyüme bu sorunları daha bir çıkmaza sürüklemektedir.

Yukarıdaki probleme benzer başka bir konu ise boruların kireç veya pisliklerden dolayı çaplarının daralmasıdır. Aynı hatta bağlı, aynı çaplı boru ile girilmiş olan bitişik evler de bile bina giriş sıcaklıkları farklı olabilmektedir.

Konutların haricinde belli saat ve günlerde çalışma yapılan kamu binalarının (okul, kütüphane, cami, spor salonları vb.) sürekli ısıtılması sonucu da ısı israfına yol açmaktadır. Bir okulun hangi günlerde ve saatlerde eğitim verdiği bellidir. Bu gün ve saatlerin dışında okulun

sürekli ısıtılması yine ısı israfına yol açacaktır ve ayrıca bu gibi yerler ısıtılırken ısınamayan konutlar olacaktır.

Isı israfının çok yüksek olması sadece ısı enerjisini değil elektrik sarfiyatını da çok etkilemektedir. Örneğin belli gün ve saatlerde çalışma yapılan bir yerin sürekli ısıtılması sonucu eşanjör merkezlerindeki sirkülasyon pompa motorlarının sürekli yüksek devirde ve tam yükte çalışması demektir ki bu da muazzam bir elektrik harcanmasına sebep verir.

Hava ısının biraz yüksek olduğu zamanlarda mesela bahar aylarında ısı sistemin manuel kontrol sonucu konutların ve diğer birimlerin sürekli yüksek derecede ısınması sağlanacak ve bundan dolayı da eşanjör merkezlerindeki sirkülasyon pompa motorları sürekli çalışacağından elektrik sarfiyatı ve ısı israfı çok yüksek olacaktır.

Manuel kontrolün getirdiği bir başka olumsuz yönde kuyulardan çıkartılan sıcak suyun israf edilmesidir. Manuel kontroller sonucu israf israfı doğurmuştur. Gereksiz zamanlarda gereksiz yerlerin ısıtılması kuyulardan çıkartılan suyunda çok yüksek miktarda olmasına sebep verir.

Şöyle de söylenebilir; manuel kontrolle bir kuyu, 1000 birimi ısıtıyorsa otomasyonla yapılacak bir ısıtma sistemi, israfı minimum seviyesine getirip bir kuyudan çıkartılan sıcak su ile 2000 hatta 3000 birim ısıtılabilir.

Ayrıca bölgemizde bulunan sera işletmecileri de bu jeotermal ısıdan faydalanmaktadır. Seraların ısıtılması yine manuel kontrollü olduğundan sera işletmecileri seranın ısı kontrolünü kendileri yapmaktadırlar. Bu da hem çalışan için büyük bir yük getirmekte hem de üretilen sebze ve meyvenin kalitesini etkilemektedir. Düşünün ki; sürekli hava sıcaklığına bakarak seranın belirli bir sıcaklıkta kalmasını sağlayacak bir çalışanın olması gerekecektir. Eğer hatalı bir gözlem veya yanlış bir işlem yapılırsa üretilen sebze kalite çok düşük olacak veya üretim olmayacaktır.

Bir başka konu da jeotermal enerji kaynaklarının olduğu yerlerde depremlerinde çok olmasıdır. Kuyulardan çıkartılan suyun yüksek israf seviyesinde harcanması ve tekrar geriye bu suyun enjekte edilmemesi zaten deprem yönüyle tehlikeli olan bu bölgeler daha da tehlikeli hale gelecektir. Kuyulardan çıkartılan sıcak su israfının önüne geçilebilmesi için otomasyon teknolojilerinden faydalanılması gerekmektedir.

Sonuçta bu jeotermal enerji de sonsuz bir kaynak olmayıp bu kaynağında bir ömrünün olduğu bilinerek harcanmalıdır. Bu temiz enerjiyi en güzel ve en bilinçli bir şekilde israf etmeden kullanmak için de çözüm odağı otomasyon teknolojisini en kısa zamanda hayata geçirmektir.



2. JEOTERMAL ENERJİ

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden olan jeotermal enerji ise günümüzde elektrik üretimi, tıp, turizm, ziraat, endüstri gibi sayısız alanda kullanılabilen bir kaynaktır (Külekçi, 2009).

Jeotermal kelimesi Yunan kökenli geo (dünya) ve termal (ısı) kelimelerinin birleşmesinden oluşmaktadır (İnce, 2005).

Jeotermal enerji temelde dünyanın alt katmanlarında bulunan ve önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilen bir çeşit termal enerjidir. Bu enerji kaynağı asırlardır su ve yeryüzü ısınmasında, tıbbi amaçlı tedavilerde ya da pişirme amacıyla kullanılmaktadır (Dur, 2005).

Jeotermal kaynak, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısıнын oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Jeotermal enerji ise bunlardan dolayı veya doğrudan her türlü faydalanmayı kapsamaktadır (Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 2001).

Jeotermal kelime anlamı olarak ise; jeo “yer”, termal ise “ısı” anlamına gelmektedir, yani jeotermal “yer-ısı” demektir.

Jeotermal enerji;

- ✓ Çevre dostu,
- ✓ Ucuz,
- ✓ Yenilenebilir,
- ✓ Yerli bir enerjidir (Yonar, 2007).

Jeotermal enerji üretim maliyeti diğer enerji kaynaklarına oranla düşüktür. Bu maliyet, entegre kullanımlar söz konusu olduğunda daha da düşmektedir. Jeotermal enerji tükenmeyen ve yenilenebilen bir alternatif enerji kaynağıdır (Maden Tetkik ve Araştırma [MTA], 1996).

Günümüzde, artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji ihtiyacı ülkemizin kısıtlı kaynaklarıyla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark hızla büyümektedir. Bu durumda, mevcut enerji kaynaklarımızdan daha etkili bir biçimde yararlanmak giderek artan bir önem kazanmaktadır. Enerji talebindeki hızlı artışın karşılanması

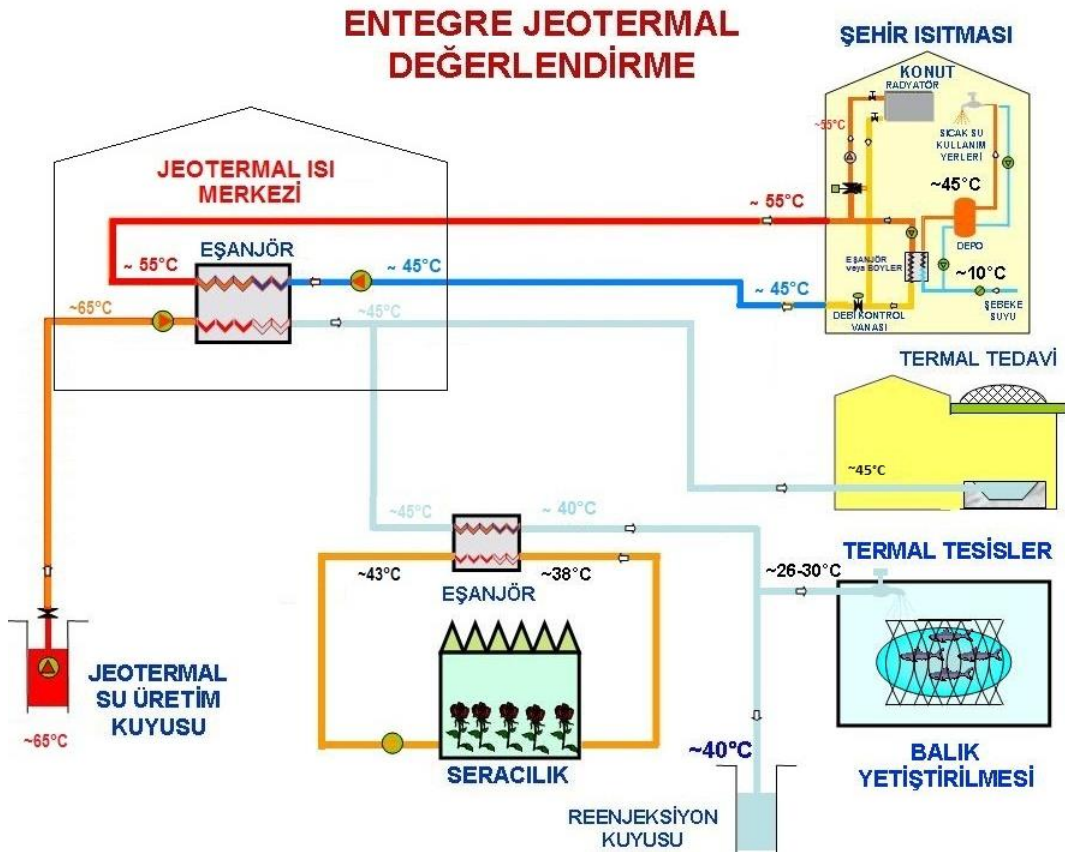
için, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması yararlı olacaktır. (M. Kozak ve Ş. Kozak, 2012).

2.1. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları

Türkiye’de bilinen jeotermal alanların %95’i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına, diğeri de elektrik üretimine uygundur (Yıldırım, 2005).

Jeotermal enerji ayrıca, tropikal bitki ve balık yetiştirilmesinde, hayvan çiftliklerinin, cadde ve havaalanı pistlerinin ısıtılmasında, yüzme havuzu, termal tedavi merkezleri ve diğere turistik tesislerde kullanılmaktadır (Yonar, 2007).

Şekil 2.1’de jeotermal enerji kullanım alanlarına ait entegre jeotermal kullanım ünitesi örneği görülmektedir.



Şekil 2.1. Örnek entegre jeotermal enerji kullanım ünitesi (DPT, 2007).

2.2. Jeotermal Enerjinin Özellikleri

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızla artan nüfus, aynı zamanda gelişmişlik göstergesi de olan kişi başına enerji tüketimini arttırmıştır. Diğer enerji kaynaklarındaki azalma insan oğlunu yeni ve alternatif enerji kaynakları aramaya yöneltmiştir. Bu süreç alternatif enerji kaynakları olarak da adlandırılan rüzgar, güneş, biomas (biyolojik kaynaklı artık maddeler hayvan dışkısı gibi), jeotermal vb. türlerden faydalanma olanaklarının daha detaylı araştırılması gerekliliğini doğurmuştur. Birincil enerji kaynaklarının tükenebilir, pahalı ve olumsuz çevre etkilerine sahip olması diğer alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları ile beraber "Jeotermal Enerji" konusunu ön plana çıkarmıştır.

Optimum koşullar sağlanarak yararlanılan jeotermal enerjinin bilinen klasik enerji türlerine göre birçok avantajı vardır. Kısaca jeotermal enerjinin özellikleri şu şekildedir;

1. Yenilenebilir enerji kaynağıdır.
2. İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasına rağmen amortisman süresi kısadır.
3. Kentsel yaşamda konfor artırıcı özelliği vardır.
4. Rezervler, diğer fosil kaynaklara göre sonsuza yakındır.
5. Jeotermal enerji diğer türlere kolayca dönüşür. Gerekli tesis boyutu nükleer ve petrolün işlendiği tesislerden küçüktür.
6. Diğer enerji türlerinden ucuzdur.
7. Çevre kirlenmesine yol açmaz.
8. Jeotermal enerji meteorolojik koşullardan etkilenmez.
9. Jeotermal tesislerin bakımı ve korunması kolay ve ucuzdur.
10. Yüksek teknoloji gerektirmedikinden ülkeyi teknolojik ve politik yönden bağımsız kılar.
11. Jeotermal kaynakların belirlenme şansı petrole göre daha kolaydır.
12. Korozyon ve kabuklaşma gibi olumsuz yönlerine rağmen teknolojik gelişmeler bu sorunu çözmektedir (Eltez, 1997).

3. JEOTERMAL ENERJİ İLE ISITMA

Jeotermal enerji ile bölgesel ısıtma yapıldığında, enerji taşınımında sadece üretilen sıcak su kullanılmaktadır. Dolayısıyla binalarda kazan, yakıt deposu ve benzeri ekipmanlar kullanılmamaktadır. Sadece bina altında ısı eşanjörleri bulunmaktadır. Tabiatıyla jeotermal üretim alanından sıcak suyu taşıyan boru sistemi de burada ilk yatırımda göz önünde bulundurulacak ana elemanlardan biridir. Ülkemizde halen birçok yörede bölgesel ısıtma sistemi uygulanmış ve gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bunlardan en önemlileri: Balçova, Narlıdere, Afyon, Gönen, Simav, Kızılcacahamam, Kırşehir, Sandıklı, Kozaklı ve Diyarbakır'dır. Bu sistemlerin çoğunda bazı sorunlar yaşanmaktadır (Kozak, 2016).

Jeotermal enerji ile konutların, kamu binalarının ısıtılmasında soba kültüründen kalorifere ve merkezi ısıtmaya geçiş sağlanır. İnsanların konforlu ısınması, kaliteli temiz havaya ve sağlıklı bir yaşama olanak sunar. Yangın ve patlama tehlikesi olmayan bir enerji olması, üretiminin - tüketiminin kolay olması ve istenildiği an kullanılabilirliği konutların ya da diğer birimlerin ısıtılmasında büyük avantaj sağlar.

3.1. Jeotermal Enerji İle Konut Isıtmacılığına Uygun Yerler

Türkiye'deki jeotermal sahaların %55'i gibi önemli bir bölümü konut ısıtmacılığına uygun sıcaklıkta jeotermal akışkan içermektedir. 50 °C alt sınırına göre konut ısıtmacılığına uygun 80'in üstünde saha dillendirilmekte olup yine bu rakamlara temkinli yaklaşmak gerekmektedir (Uluşahin, 2009).

3.2. Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Kullanımı

Türkiye'de jeotermal enerji uygulamaları; daha çok konut ısıtması, sera ısıtması ve kaplıca amaçlı olarak yapılmaktadır. Elektrik enerjisi üretimine yönelik yüksek sıcaklıklı sahalar bulunmasına rağmen üretim düşük seviyelerde kalmıştır (Dönmez, 2003).

Genel olarak jeotermal enerjinin kullanım alanlarını doğrudan ve doğrudan olmayan kullanım olarak ikiye ayırmak mümkündür (Yiğit, 1994).

Doğrudan kullanım alanları:

150 °C altındaki sıcaklıklarda termal enerji direkt olarak sera, bölge ısıtma, sulu tarım, endüstriyel prosesler gibi alanlarda kullanılmaktadır.

- Sera Isıtması: Dünyanın çeşitli ülkelerinde seraların jeotermal enerji ile ısıtılması suretiyle turfanda sebzecilik, meyvecilik ve çiçekçilik yapılmaktadır (Demirel, 1998).
- Bölge Isıtması: İkinci bir doğrudan kullanma uygulaması bölge ısıtmasıdır. Bölge ısıtması soğuk iklim bölgelerine daha uygun bir kullanımdır. Binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada, suyun ısıtılmasında 40 °C üzerindeki sıcaklıkta bulunan jeotermal akışkandan yararlanılmaktadır (Yiğit, 1994).
- Endüstriyel Kullanım: Jeotermal enerjinin endüstriyel alanda bir çok kullanım şekli bulunmaktadır. Bunlar arasında sebze kurutma, tahıl ve kereste kurutma, kağıt ve kağıt hamuru işleme, kimyasal madde elde etme ve atık su işlemleri sayılabilir (Demirel, 1998).
- Tarımsal Ürün Kurutma: Dünya üzerinde yalnızca on ülke tarımsal ürünlerin kurutulmasında jeotermal enerjiyi kullanmaktadır (Lund ve Freeston, 2000).
- Soğuk ve Kar Çözme: Yol yüzeylerinde soğuk ve kar çözme projesi uygulamaları çok sınırlı bir şekilde Arjantin, İzlanda, Japonya, İsviçre ve Amerika'da görülmektedir (Lund ve Freeston, 2000).
- Banyo ve Yüzme (Termal Turizm): Dünya üzerinde 45 ülkede termal kür merkezleri, spa merkezleri, kaplıca havuzları bulunmaktadır. Buna rağmen birçok kaynak kullanım dışı olarak beklemektedir (Lund ve Freeston, 2000).

Jeotermal enerjinin doğrudan olmayan kullanımı ise jeotermal enerji ile elektrik üretimi yoluyla gerçekleşmektedir.

3.3. Türkiye’de Konut Isıtmasında Başlıca Yerler

Jeotermal enerji ile Gönen (Balıkesir), Simav (Kütahya), Kızılcahamam (Ankara), Balçova (İzmir), Sandıklı (Afyon), Kırşehir, Afyon, Kozaklı (Nevşehir), Sarayköy (Denizli), Salihli (Manisa), Edremit (Balıkesir), Bigadiç (Balıkesir) ve Diyadin (Ağrı) de konut ısıtılması yapılmaktadır. Bunun yanında Balçova (İzmir) termal tesisleri ile tedavi merkezi ve Üniversite kampüsü, Simav- Eynal’da kaplıca tesisleri, Kızılcahamam’da kaplıca tesis ve otelleri, Afyonda kent ısıtmacılığı, Afyon Ömer’de kaplıca tesisleri, otel ve moteller, Oruçoğlu ve Hayat turist tesisleri, Gediz’de kaplıca tesisleri, Havza’da kaplıca tesisleri ve otelleri, Salihli kaplıca motelleri, Ayder’de kaplıca tesisleri jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Salihli, Çeşme, Dikili ve Sındırgı’da ise yine merkezi sistem ısıtma için inşaatlar devam etmektedir. Bu sistemlerin

dışında ülkemizin birçok yöresinde küçük çaplı bina ve sera ısıtmaları da yapılmaktadır (Uluşahin, 2009).

3.4. Sera Isıtması

Simav-Eynal, Balçova, Seferihisar, Afyon-Ömer, Sivas-Sıcakçermik, Edremit-Havran, Sandıklı-Hüdai, Urfa-Karaali, İzmir-Dikili ve Sındırgı-Hisaralan'da uygulanmaktadır (Uluşahin, 2009).

3.5. Jeotermal Enerji İle Isıtmadaki Kullanım Fiyatları

Türkiye’de jeotermal enerji ile ısıtma yapılan bir çok il ve ilçelerde konutlar için ücretlendirme m² bazında yapılmaktadır. Jeotermal enerji ile ısınan abonelerin kalorimetre takma zorunluluğu tam olarak gerçekleştirilememektedir. Harcanan enerji kadar ücret ödeme sistemi en kısa zamanda hayata geçirilmesi gerekmektedir. Şekil 3.1’de kalorimetre görülmektedir.



Şekil 3.1. Kalorimetre.

Aşağıda jeotermal ile ısıtma yapılan Kütahya ilinin Simav ilçesindeki bir okulun m² bazındaki aylık faturası Şekil 3.2’de verilmiştir. Aynı ilçedeki bir konutun m² bazındaki aylık faturası da Şekil 3.3’de verilmiştir. Jeotermal ısıtma ücretleri Ekim ayında TL. olarak belirlenmekte olup, tüm 8 ay boyunca sabit kalmaktadır.

Tel : 0.274 513 70 06
Belediye Sarayı - SIMAV
Simav V.D.H.No: 770 003 0579

İl Kodu 43 № 065328

SAYIN: Simav Mes.Teknik Anadolu Lisesi
8121 Nolu Su Kullanım (Okul)

Vergi Dairesi: _____ Hesap No: _____ İrsaliye No: _____ Fatura Tarihi: 20.10/2017

CİNSİ	MİKTARI	FİYATI-TL	TUTARI-TL
Ekim Ayı	9443	1,94	18,319,42
AN ÖZER Memur Sicil No: 317			
			
BASIM YERİ : MAT OFSET Mehmet Adil TURGUT Hükümet Meydanı 30 Ağustos Cd. No.5 SIMAV Tel: 0.274 513 54 22 Simav V. D. H. No: 32405026552 Anlaşma Tarihi ve Sayısı : 24 Nisan 2015-7379 BASIM YILI : 2015		TOPLAM 18,319,42 K.D.V. % 18 3,297,50 K.D.V. % 8... — G. TOPLAM 21,616,92	

Şekil 3.2. 20.10.2017 tarihli 9,443 m² ısınma alanına sahip okulun bir aylık jeotermal ısı faturası.

SIMAV BELEDİYESİ SU KULLANIM İHBARNAMESİ

ABONE NO.: 7613 DÖNEMİ: OCAK 2018
SIRA NO.: 4-250-1/3 ABONE TİPİ: 1-KONUT

ABONE ADI SOYADI: ERHAN GÜNGÖR
ADRESİ: 101 EVLER MAH YUNUS EMRE CD. No: 9/3 D: 2

GEÇİKME ZAMMI TAHSİLAT ANINDA HESAPLANACAKTIR.

Metre Kare (m ²)	Tarife	Tutarı	Bakım Ücreti	Malzeme Ücreti
130	0	171,60	0	
Tamir Ücreti	Teminat Farkı	K.D.V.	GEÇMİŞ DÖNEM BORÇLARI	
	0	30,89	0,00	
Son Ödeme Tarihi: 31.01.2018			ÖDENECEK TOPLAM MİKTAR	
			202,49	

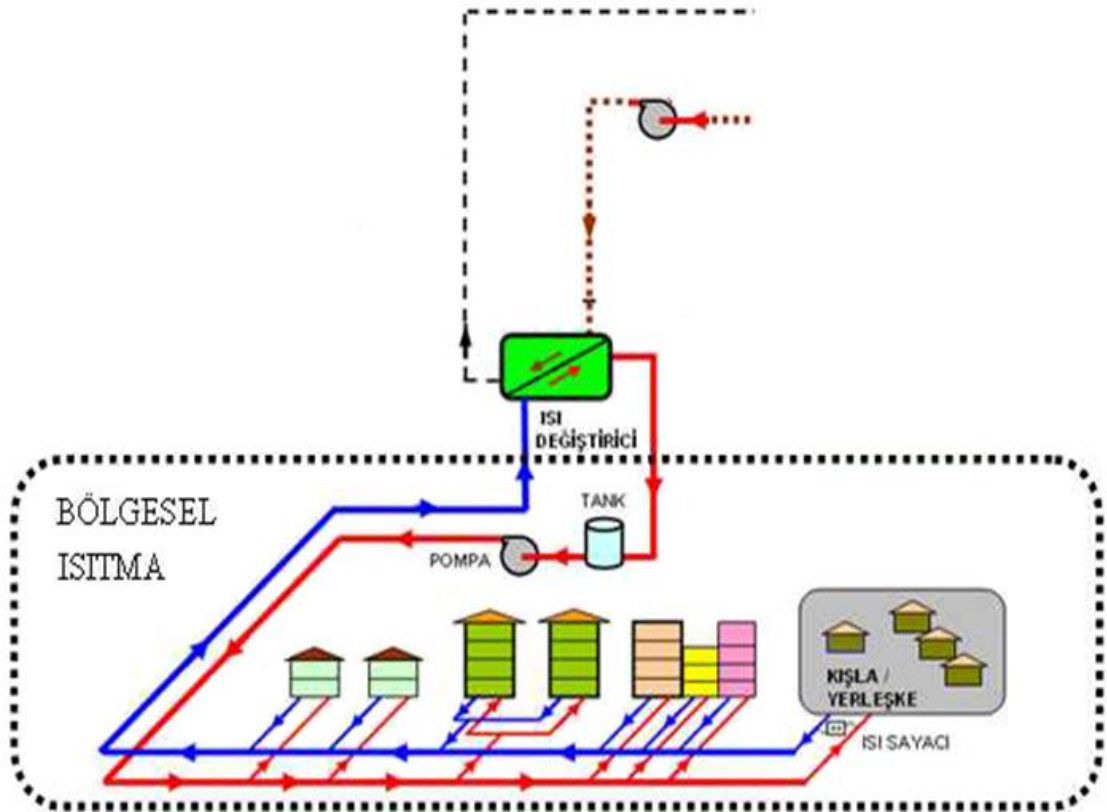
ÖDEMELER BELEDİYE VEZNESİ VE ANLAŞMALI BANKALARDAN OTOMATİK ÖDEME TALİMATIYLA TAHSİL EDİLMEKTEDİR.

Şekil 3.3. Ocak 2018 tarihli 130 m² ısınma alanına sahip konutun bir aylık jeotermal ısı faturası.

3.6. Bölgesel Isıtmada Konutların ve Diğer Birimlerin Durumu

Bir çok birimin ısıtılması anlamı taşıyan ve Şekil 3.4'te görülen bölgesel ısıtma sistemlerinde jeotermal enerjinin önemi büyüktür. Pek çok konutu içeren bölgesel ısıtmada manuel kontrollerin oluşturduğu adaletsiz ısınma bu sistemin en büyük problemidir. Eşanjör merkezlerine yakın olan abonelerin bina giriş sıcaklık değerleri yüksek, eşanjör merkezine uzak olan abonelerin ise bina giriş sıcaklık değerleri düşük olur. Bu da adil olmayan bir ısınmaya sebebiyet verir. Önceki konularda değinilen ısı ücretlendirmesi m^2 bazında olduğunda ısınmayan ısınamayan da aynı parayı vermek zorundadır.

Eşanjör merkezlerine yakın olan abonelerin sıcaklıkları düşürüldüğünde diğer uzak taraflara aktarılan ısı değerleri de yükselecektir. Isınamayan abone olmayacak, her abone yeterli derecede eşit miktarda ısıyı kendi binasına alacaktır.



Şekil 3.4. Bölgesel ısıtma.

Bölgesel ısıtma sistemlerinde otomatik kontrol uygulaması, sisteme sensörler ve kontrol cihazları yerleştirilmesi ve bunları bir programlanabilir kontrolcüye (PLC, Programmable Logic Controller) bağlanması ile gerçekleştirilir (Şener ve Günerhan, 2001).



4. OTOMATİK KONTROL SİSTEMLERİ

Başlıca kontrol tipleri:

1. Aç-kapa (on-off) kontrol
2. Oransal kontrol (P)
3. Oransal+İntegral kontrol (P+I)
4. Oransal+Türevsel kontrol (P+D)
5. Oransal+İntegral+Türevsel kontrol (P+I+D)
6. Zaman oransal (time proportioning) kontrol
7. Bulanık mantık (Fuzzy logic) kontrol

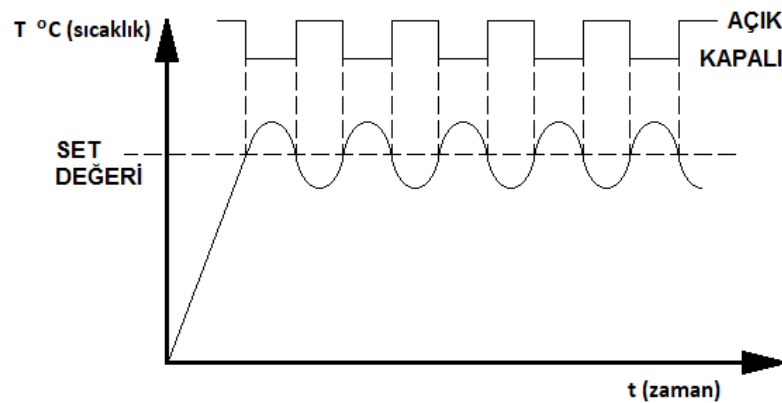
4.1. Aç-Kapa Kontrol (on-off)

İki pozisyonlu kontrolörlerdir. Sadece çalış ve dur olarak iki kontrol çıkışı üretilir. Hassasiyet gerekmeyen basit kontrol sistemlerinde kullanılırlar.

Aç-kapa kontrol cihazı set değeri üstünde veya altında ayar değişkenini açar veya kapar.

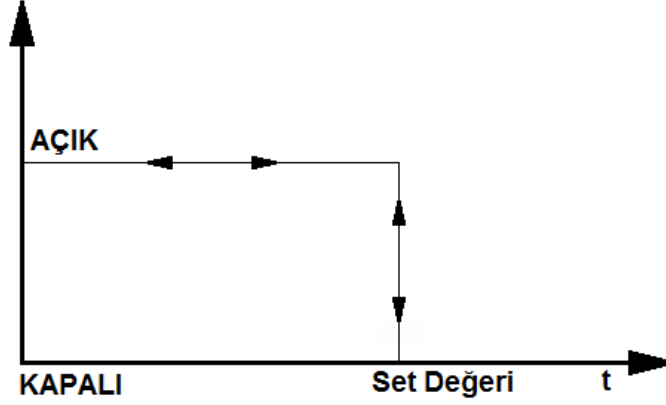
Aç-kapa kontrolde, kontrol altında tutulan değişken, mesela sıcaklık sürekli salınım halindedir. Set değerinin etrafında salınır. Bu salınımda tepeden tepeye değişim ve salınım sıklığı proses karakteristiklerine bağlıdır. Örneğin sıcaklık, ayarlanan değerin üstündeyse ısıtıcı çalışmaz, üstünde değilse çalışır.

Şekil 4.1’de aç-kapa ile kontrol edilen bir sistemin sıcaklık zaman eğrisi görülmektedir.



Şekil 4.1. Açık-kapalı kontrol (ideal).

Bu tip bir kontrolün ideal transfer eğrisi Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2. İdeal açık-kapalı kontrol transfer eğrisi.

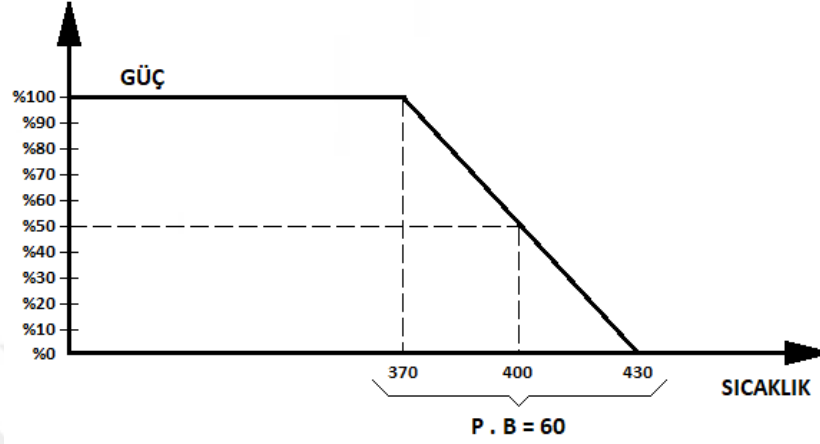
4.2. Oransal Kontrol (P)

Bir lineer geri beslemeli kontrol sistemidir.

Oransal kontrolde kontrol cihazı prosesin talep ettiği enerjiyi sürekli olarak ayar değişkenini ayarlayarak verir. Gereksinim duyulan enerji ile sunulan enerji arasında bir denge vardır. Elektrik enerjisi kullanılarak ısıtma yapılan bir proste, oransal kontrol cihazı ısıtıcının elektrik enerjisini, prosesin sıcaklığını set edilen değerde tutabilecek kadar, prosesin gereksinim duyduğu kadar verir. Enerjisinin %0’dan %100’e kadar ayarlanabildiği, oransal kontrol yapılabilen sıcaklık aralığına oransal band denir. Oransal band, set değeri etrafında eşit olarak yayılır (Şener ve Günerhan, 2001).

Örneğin 1200 °C’lik skalası olan bir cihazda %5’lik bir oransal band demek 0.05×1200 °C = 60 °C bir sıcaklık aralığı demektir. Bu 60 °C’lik aralığın 30 °C’si set değerinin üzerinde 30 °C’si set değerinin altında yer alır ve bu kontrol cihazı 60 °C’lik aralıkta oransal kontrol yapar. Set değeri 400 °C’ye ayarlanan, 1200 °C ölçüm aralığı olan ve %5 oransal band verilen bir oransal kontrol cihazında 370 °C ve 430 °C’ler bandın uç noktalarıdır. Kontrol cihazı düşük sıcaklıklardan başlamak üzere 370 °C’ye gelinceye kadar ısıtıcılara %100 enerji verilir yani enerji tamamen açıktır. 370 °C’den itibaren set değeri olan 400 °C’ye kadar sıcaklık yükselirken ısıtıcıya verilen enerji yavaş yavaş oransal olarak kısılr. Set değerinde sisteme %50 enerji verilir. Eğer sıcaklık set değerini geçip yükselmeye devam edecek olursa 430 °C’ye kadar enerji giderek kısılr ve 430 °C’nin üzerine geçtiği takdirde artık enerji tamamen kapatılır.

Sıcaklık düşerken de bunların tam tersi olacaktır. Oransal kontrol cihazı transfer eğrisi Şekil 4.3’de görülmektedir.

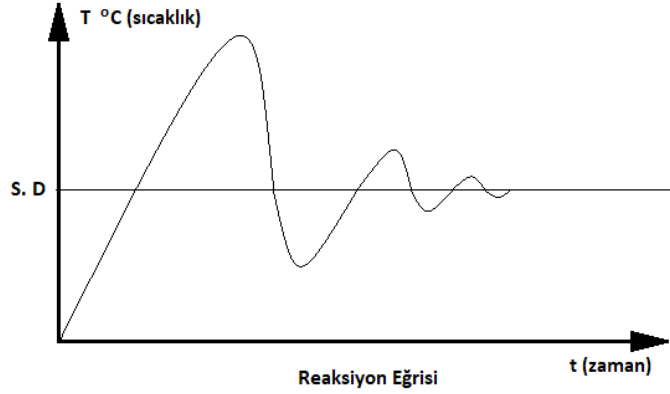


Şekil 4.3. Oransal kontrol cihazı transfer eğrisi.

4.3. Oransal+İntegral Kontrol (PI)

Oransal kontrolde oluşan off-set, manuel veya otomatik olarak kaldırılabilir. Ölçülen değer ile set edilen değer arasında fark sinyalinin zamana göre integrali alınır. Bu integral değeri, fark değeri ile toplanır ve oransal etki giderilmiş olur. Bu şekilde sisteme verilen enerji otomatik olarak artırılır veya azaltılır ve proses değeri set değerine oturtulur. İntegratör devresi gerekli enerji değişikliğine set değeri ile ölçülen değer arasında fark kalmayınca kadar devam eder. Fark sinyali sıfır olduğu anda artık integratör devresinin integralini alacağı bir sinyal söz konusu değildir. Oransal+İntegral kontrolün en belirgin özelliği sistemin genliği ilk anda set değerini geçer ve önemli bir miktar sapma yapar (overshoot). Set değeri etrafında bir-iki salınım yaptıktan sonra set değerine oturur (Şener ve Günerhan, 2001).

Şekil 4.4’te PI kontrolün reaksiyon eğrisi görülmektedir.

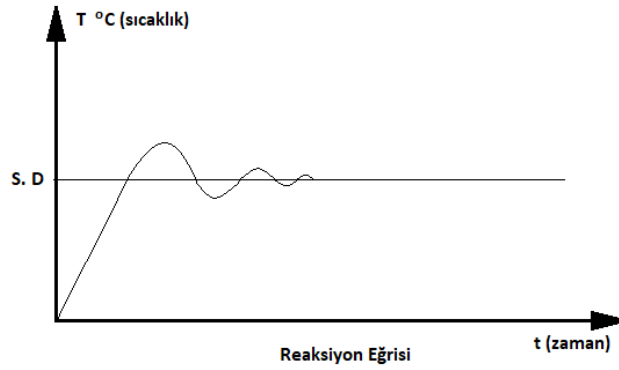


Şekil 4.4. Oransal+integral kontrol reaksiyon eğrisi.

4.4. Oransal+Türevsel Kontrol (PD)

Oransal+türevsel kontrolde set değeri ile ölçülen değer arasındaki fark sinyali elektronik türev devresine gider. Türevi alınan fark sinyali tekrar fark sinyali ile toplanır oransal devreden geçer. Bu şekilde düzeltme yapılmış olur.

Şekil 4.5’de PD kontrolün reaksiyon eğrisi görülmektedir.



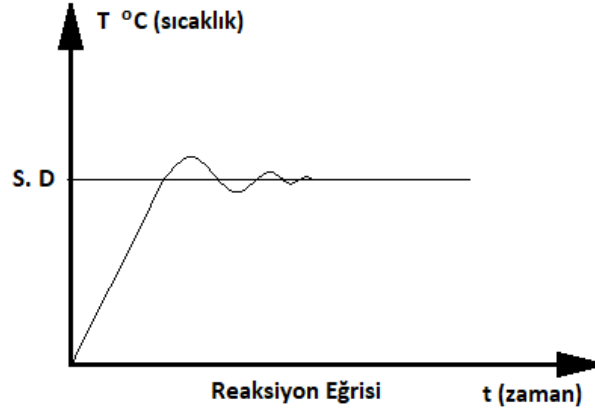
Şekil 4.5. Oransal+türevsel reaksiyon eğrisi.

- Türevsel etki düzeltici etkisini hızlı bir şekilde gösterir. Anlık ve hızlı değişimler içeren sistemlerin kontrolünde bu hızlı değişimlere ayak uydurmak üzere PD tip kontrolör seçilebilir.
- Sürekli tip uzun süreli proseslerde ve off-set arzu edilmeyen hallerde PI tip seçilebilir.

4.5. Oransal+İntegral+Türevsel Kontrol (PID)

Kontrolü güç, karmaşık sistemlerde oransal kontrol, oransal+türevsel, oransal+integral kontrolün yeterli olmadığı proseslerde oransal+integral+türevsel kontrol tercih edilmelidir.

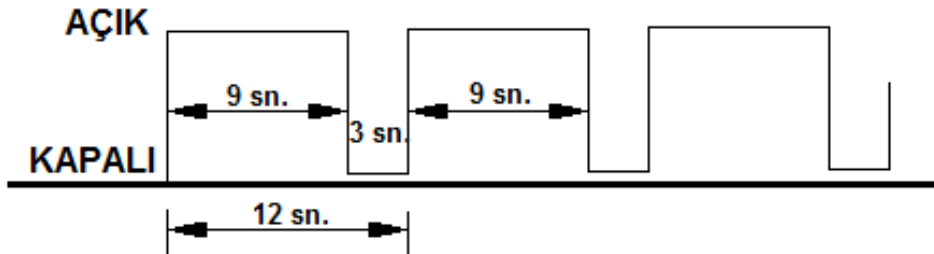
Şekil 4.6’da PID kontrolün reaksiyon eğrisi görülmektedir.



Şekil 4.6. Oransal+integral+türevsel kontrol reaksiyon eğrisi.

4.6. Zaman Oransal Kontrol (Time Proportioning Control - TCP)

Oransal kontrol formları içinde özellikle elektrik enerjisi ile çalışan sistemlerde en yaygın kullanılan kontrol formlarından olan oransal kontrolde enerji yüke belli bir periyodun yüzdesi olarak verilir. Şekil 4.7’de görüldüğü gibi 12 saniyelik bir periyotta sisteme 9 saniye enerji veriliyor, 3 saniye kesiliyor. Bunun anlamı, sisteme 12 saniyelik periyodun %75’inde enerji veriliyor, %25’inde kesiliyor demektir.



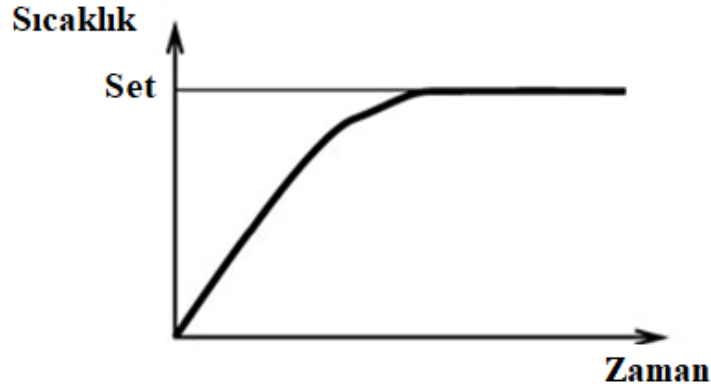
Şekil 4.7. Zaman oransal kontrol.

Bu tip çıkış en uygun biçimde, son kontrol elemanı kontaktör veya triyak, tristör olan proseslerde görülür. Triyak, tristör son kontrol elemanı olarak kullanıldığı zaman enerji kesip verme süreleri çok küçük aralıklara kadar indirilebilir (Şener ve Günerhan, 2001).

4.7. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Kontrol

Bulanık mantık kontrol sistemlerinde, kontrol değişkeninin set değerine göre uzaklığı algılanır. Set değerinden uzaklaşma miktarı belirli basamaklara bölünür. Her sapma aralığı için farklı enerji akışı sağlanarak sistemin kararlı duruma daha çabuk geçmesi sağlanır (Yılmaz ve Kaya, 2012).

Şekil 4.8’de Fuzzy Logic kontrol eğrisi görülmektedir.



Şekil 4.8. Bulanık mantık kontrol eğrisi.

5. SİSTEM KONTROLLERİ

5.1. Programlayıcılar

5.1.1. Programlanabilir lojik kontrol cihazları (PLC)

Programlanabilir Lojik Kontrol Cihazı “Programmable Logic Controller” kelimelerinin baş harfleri alınarak kısaca PLC olarak adlandırılır. Kumanda mantığı ile yapılan otomasyon sistemlerini çok daha pratik ve ucuza PLC’ler yapmaktadır. PLC’ler bilgisayar esaslı cihazlardır. PLC sistemi, çok karmaşık ve zor olan otomatik kumanda devre ve problemlerinin çözülmesinde çok büyük kolaylıklar sağlar. Günümüzde bir çok firma PLC cihazları üretmektedir. Üretilen PLC’lerin programlama mantıkları hemen hemen aynıdır.



Şekil 5.1. Değişik marka PLC cihazları.

5.1.2. Akıllı röleler

Akıllı röleler, endüstri alanında kullanılmak üzere tasarlanmış fiyat yönünden ekonomik, elektronik cihazlardır (Şekil 5.2). Programlanmaları aynı PLC cihazları gibidir. Girişlerden aldığı emirleri belli mantık işlemlerinden sonra çıkışa aktarmak suretiyle sistemi kontrol altında tutarlar. PLC’ler de olduğu gibi akıllı rölelerde de sayma, zamanlama, saklama,

aritmetik işlemleri analog işlemler gibi komutlar mevcuttur. PLC'ye göre daha düşük kapasiteli sistemlerde kullanılır.

Akıllı rölelerin bir çok modelinde kendilerine has ekranlar barındırırlar. Bu ekrandan programlanabilmeleri, programdaki zamanlama, sayma gibi parametreleri kolayca kendi ekranından değiştirilebilmeleri ya da programın işleminde ekran üzerinde takip edilebilmesi büyük bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca akıllı röleler bilgisayar üzerinden de programlanabilmektedir. PLC için küçük kalan makine ve sistem kontrollerinde oldukça sık kullanılmaktadır.



Şekil 5.2. Değişik marka akıllı röleler.

5.2. Kontrolcüler

5.2.1 Operatör paneller (HMI)

Türkçesi “İnsan-Makine Arayüzü” olan "Human- Machine Interface” kelimelerinin ilk baş harfleri alınarak HMI olarak adlandırılan operatör panelleri otomasyon teknolojisinde önemli bir yere sahiptir. Makinelerin dilini insanların diline çeviren bu yapı PLC’lerle iç içe

kullanılan bir şekilde gelmiştir. Makineyi ya da otomasyona dair herhangi bir sistemi kullanan bir operatör elektrik ya da otomasyondan anlamasına gerek kalmadan sadece makineyi ya da sistemi kullanmak için operatör panelden yani HMI'dan bu işi kolayca çözümleyip ve kullanabilir.



Şekil 5.3. Operatör paneller.

HMI, operatörün, makine ya da üretim yeri ile iletişim kurmasına imkan sağlayan bir cihazdır (Şekil 5.3). Operatörden aldığı emirleri otomasyon sistemine iletir, otomasyon sisteminden aldığı verilerini de ekranında görüntüleyerek operatöre iletmiş olur.

5.2.2. Android işletim sistemi ile sistem kontrolü

İşletim sistemlerinin tümü dış donanımlarla haberleşmeye müsaittir. Şekil 5.4'te görülen cep telefonları, tabletler bir işletim sistemi tarafından çalışırlar. Android ya da diğer işletim sistemine sahip tabletler ve akıllı telefonlar harici donanımlarla bilgi alışverişi yapabilirler. Çalıştırma, kontrol, izleme, değer değiştirme gibi bir çok amacı gerçekleştirip panel gibi kullanılabilir.

5.3. Kontrol Elemanları

5.3.1. Basınç sensörü

Birim alana uygulanan kuvvetin büyüklüğüne basınç denir. Sıvıların veya gazların basıncını ölçen Şekil 5.6’da da görülen sensörlere basınç sensörü adı verilir.

Basınç sensörü bir transducer gibi çalışır. Basınca bağlı 4-20 mA ya da 0-10 Volt aralığında bir sinyal oluşturur. Bu sinyal dijital basınç ölçerde analog değere dönüştürülür ve değeri ekranda görülür.

Basınca bağlı olarak üretilen sinyal değeri, analog modüller yardımıyla akıllı röle ya da PLC’ye aktarılarak yapılması planlanan kontrol sisteminde kullanılır.



Şekil 5.6. Basınç sensörleri.

5.3.2. Hız kontrol cihazı (Frekans konvertörleri)

Bir elektrik motorunun hızını kontrol eden elektronik cihazlara “hız konvertörü” ya da "hız kontrol cihazı" denir.

Asenkron motorun istenilen hızda dönmesini sağlayan hız kontrol cihazında elektronik sürücü devresi bulunmaktadır.

Alternatif akım sürücüleri; motor hızını, motorun giriş gerilimini ve frekansını değiştirerek yapar. Gerilim frekansı düştükçe motorun hızı da düşer, frekans artırılınca motorun hızı da artar. Motorun hızı frekansla doğru orantıda değişir. 3 fazlı Asenkron motorların hızını değiştirmek kolay olmadığı için AC sürücüler tercih edilir.

Şekil 5.7’de çeşitli markaların hız kontrol cihazları görülmektedir.



Şekil 5.7. Çeşitli markaların hız kontrol cihazları.

Alternatif akım sürücüler bir doğrultucu gibi çalışırlar. Hız kontrole gelen alternatif akımı diyotlar yardımı ile doğru akıma dönüştürür. Dönüştürülen doğru akım kondansatör yardımı ile doğru DC bir gerilim elde edilir ve tekrardan alternatif gerilime dönüştürülür. İstenilen frekans motora tatbik edilerek asenkron motorun istenilen devirde dönmesi sağlanır.

6. BİNA ALTI (BİNA GİRİŞİ) EŞANJÖR ISI DEĞİŞTİRİCİLERİN ORANSAL KONTROLLERİ

Eşanjör sıcaklığının kontrol edilmesi prensibine dayanan bu sistemdeki eşanjör ve oransal vanalar;

6.1. Eşanjör (Plakalı Isı Değiştiriciler)

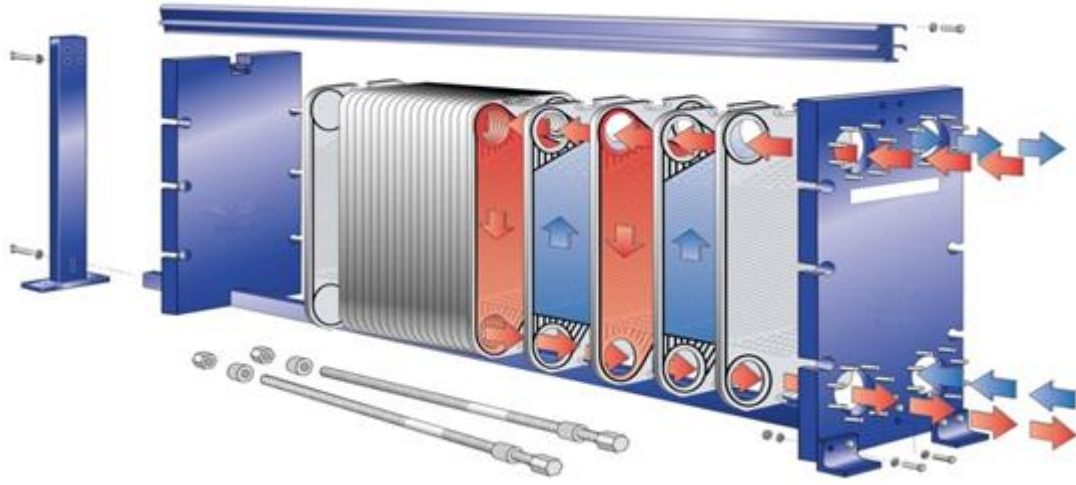
Farklı tiplerdeki plakaların yüzeyinde, farklı iki sıvının birbirlerine temas etmeden hareket etmesiyle ısı transferine olanak sağlayan makinelere plakalı ısı değiştiriciler veya eşanjörler denir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Plakalı ısı değiştirici.

Eşanjörler, farklı sıvıların birbirlerine karışmadan plakalar üzerinde ısılarını birbirlerine aktarması sebebiyle ısıtma ve soğutma işlemlerinde oldukça fazla bir şekilde kullanılmaktadır.

Şekil 6.2’de eşanjörün parçaları görülmektedir.



Şekil 6.2. Plakalı ısı değıştiricinin parçaları.

6.2. Eşanjör Sıcaklığını Kontrol Altında Tutmaya Yarayan Oransal Vanalar

6.2.1. Yüzer oransal vanalar

Şekil 6.3'te görülen on-off ya da başka tabirle yüzer kontrol vanaların çalışması 2 ayrı dijital çıkışla sağlanır. Dijital çıkışların biri vanayı açmak diğeri ise vanayı kapatmak amacıyla kullanılır.



Şekil 6.3. Aç – kapa (yüzer) oransal vana.

Yüzer kontrol vanalarda açma-kapama anlık olmaz. Vana tam açık iken vananın tam olarak kapanma süresi yaklaşık 2 dakika 40 saniyeyi bulur.

Belli bir süre saniye bazında vanaya dijital çıkış gönderilirse vana o nispette belli oranda açılır. Örneğin, vananın 10 sn'de açıldığını varsayalım. Bu vanaya 2 sn dijital çıkış gönderilirse vana %20 açılacaktır. 5 sn dijital çıkış gönderilirse vana yarı oranda açılmış olur. Dijital çıkışı belli saniyelerde vermek bu kontrol sistemlerinde zordur. Böyle bir uygulama PLC ile yapılabilir ancak yine de uygulamada set değeri yakalama açısından vana kontrolüne saniye ya da salise değerinde dijital çıkış gönderimi hassas olmaz. Eşanjör dönüş sıcaklığını kontrol altında tutmak için vana sürekli açma ve kapama şeklinde çalışır.

6.2.2. Analog girişli oransal vanalar

Şekil 6.4'te görülen analog girişli oransal kontrol vanaların çalışması 0-10VDC veya 4-20 mA çıkış sinyallerini kullanarak su geçişinde oranlı bir kontrolün sağlanması şeklindedir. Örneğin 0-10VDC mantığında; oransal vanaya 1 Volt verilirse, cihaz kendini %10 açar, 2 Volt verilirse cihaz kendini %20 açar.



Şekil 6.4. 0-10 V sinyal aralığında çalışan oransal vana.

Otomatik kontrol formlarında olan PI, PD ve PID denetimli kontrol sistemlerinde bu tip vanalar kullanılır. Eşanjör sıcaklığının kontrol altında tutulması sinyal aralığında çalışan bu tip vanalarla daha hassas şekilde yapılır.

6.3. Rezistans Termometreler (PT100)

Öz direnci, ısı değerine göre değişen elektronik devre elemanına PT100 olarak adlandırılır. Sıcaklığı ölçen bir elemandır. otomasyon sistemlerinde, endüstride çok kullanılmaktadır. Rezistans termometrelerde 0 °C’de değeri 100 ohm’dur. Hassas değer alınmak istenilen yüksek sıcaklıklarda PT100 kullanılır.



Şekil 6.5. PT100 ve kontrol cihazı.

PT100'ler tek başlarına çalışmazlar. Muhakkak PT100’e uyumlu ısı kontrol cihazları, PLC, akıllı röle veya diğer kontrol cihazları ile birlikte kullanılması gerekmektedir. Şekil 6.5’te PT100 ve PT100’e uyumlu ısı kontrol cihazı görülmektedir.

7. VANA KONTROLLERİ

7.1. Manuel Metodla Vana Kontrolü

Sistemde oransal vana var ancak kontrol şekli manuel ise veya kontrol mekanik ise sistem için problem teşkil edecektir. Set derece bir kere ayarlanacak ve muhtemelen bir kış sezonu boyunca aynı derecede sabit kalacaktır. Hava sıcaklığının düşmesinin veya yükselmesinin hiç önemi olmayacaktır. İsrar durumu oransal vananın hiç olmaması durumuna yakın seyredecektir.

7.2. Termostatik Vana İle Kontrol

Bu gibi kontrol sistemlerinde hassas olmayan termostatik vanalarda kullanılır (Şekil 7.1). Eşanjör dönüş sıcaklığına bağlanan termostat belli bir dereceye ayarlanıp bu derece altına düştüğünde vananın açılması, eşanjör dönüş sıcaklığı ayarlanan dereceden yukarı çıktığında vananın kapanması şeklinde çalışır. Tam bir on-off çalışma biçimidir.

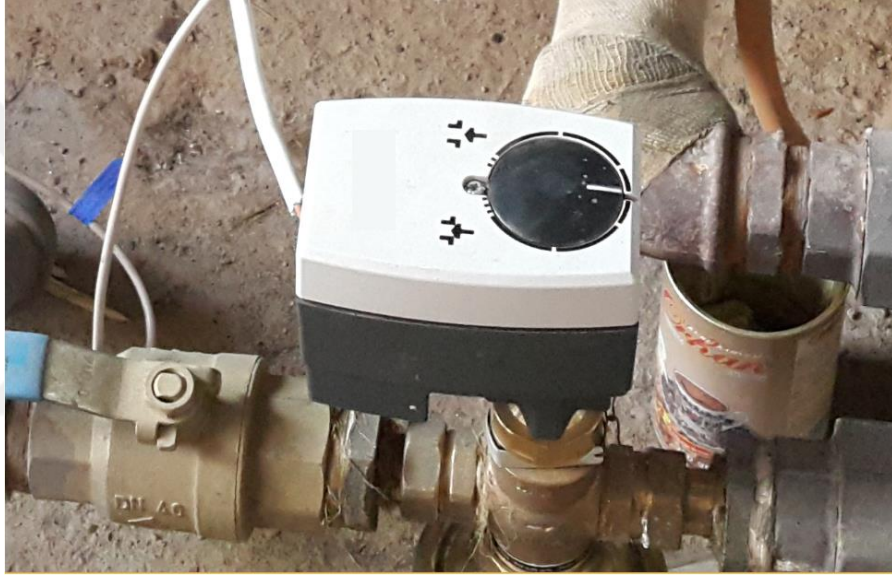


Şekil 7.1. Termostatik vana.

7.3. Oransal Vananın Elektronik Kart İle Kontrol

Oransal vananın elektronik kart ile kontrol edilmesinde sistemin set değerini değiştirmek mümkündür. Burada da set değerinin değiştirme işlemi kolay bir şekilde yapılması

gerekir. Bu set değeri 2. ya da 3. şahıslar tarafından hiçbir şekilde değiştirilememesi gerekmektedir. Elektronik oransal vana (Şekil 7.2) kontrollerinde set değiştirme işlemi, her vanaya ait kontrol panosundan yapılmaktadır (Şekil 7.3). Eğer set değeri değiştirilecekse o binaya ait vananın yanında bulunan panoya görevli operatör gidecek ve gerekli set değişim işlemini oransal vananın yanında yapacaktır. Bunda da zaman kaybı çok olacaktır. Operatör, sisteme anında müdahale edemeyecektir. Zamanlama programlamaları olmadığı için bir abonenin ya da bir kamu binasının günün belli dönemlerinde set değerini değiştirme şansı olmayacaktır. Bunun yapılabilmesi için onlarca ya da yüzlerce operatöre ihtiyaç duyulacaktır.



Şekil 7.2. Elektronik kontrollü oransal vana.



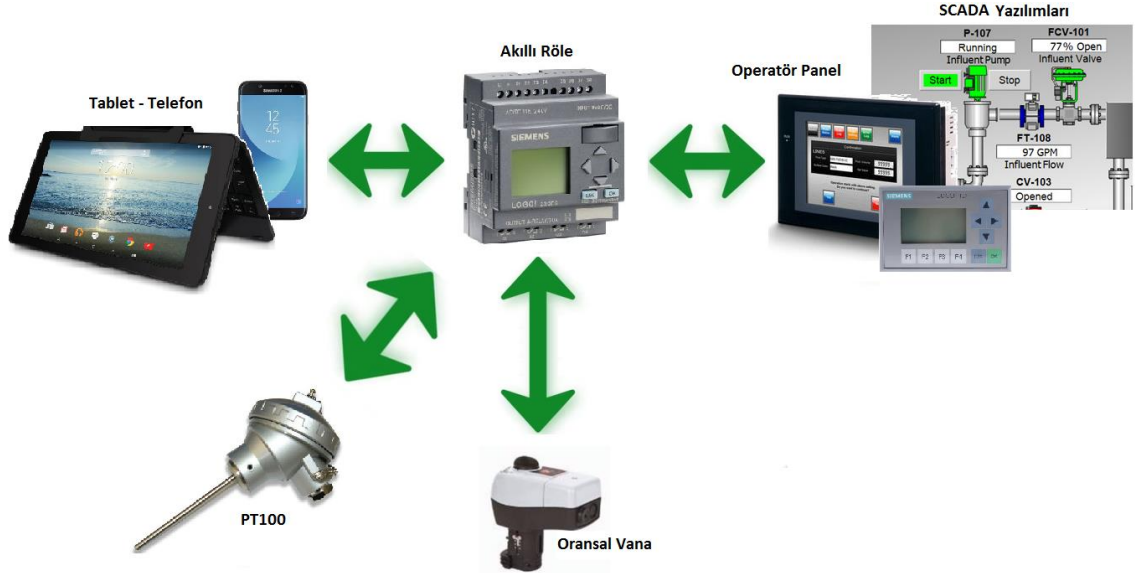
Şekil 7.3. Elektronik kontrollü oransal vana panosu.

8. EŞANJÖR SICAKLIĞININ KONTROLÜ

Her binaya ait eşanjör dönüş su sıcaklığının kontrolü için oransal vana kullanılması gerekmektedir. Bu vanaların kontrolü mekanik veya elektronik cihazlarla sağlanabilir. Mekanik kontrollerde sistemde çok büyük dalgalanmalar oluşacağından hiç tercih edilmeyecek bir yöntemdir. Ayrıca mekanik kontrollerde 3. şahısların da sistemi bilmeden çok fazla karışıp karıştıracağı da bir gerçektir.

Oransal vana kontrolleri PLC ya da akıllı röleler ile yapıldığında, oransal kontrol formlarına uygun yazılımların yapılmasına imkan tanır. Ayrıca, vananın çalıştırılmasının yanında sistemin takip edilmesi, gerektiği zamanlarda acil müdahale edilmesi, gerekli set sıcaklık değeri atamalarının yapılması ve zamanlamaların programlanması gibi işlemlere de olanak sağlar. Bu işlemlerin hepsi uzaktan kontrol edilebilir. PLC ya da akıllı röle üzerindeki text operatör panellerden, gelişmiş renkli tuş operatör panellerinden (HMI) ya da cep telefonu ve tablet gibi android işletim sistemine sahip akıllı cihazlardan bu kontrol sağlanır. Ayrıca eşanjör ana merkezine kurulacak SCADA yazılımıyla da aynı kontrol izlemeler ve gerekli müdahaleler gerçekleştirilebilmektedir.

Şekil 8.1’de oransal vana kontrol sisteminin basit gösterimi görülmektedir.



Şekil 8.1. Oransal vana kontrol sistemi.

Bu projede vana kontrolleri Siemens LOGO akıllı cihazlarla sağlanmıştır. “AÇ-KAPA” ve “PI DENETİMLİ” oransal kontrol yazılımları ile gerçekleştirilmiş iki ayrı oransal vana sistemi kontrol altında tutulmuş ve gerekli incelemeler yapılmıştır.

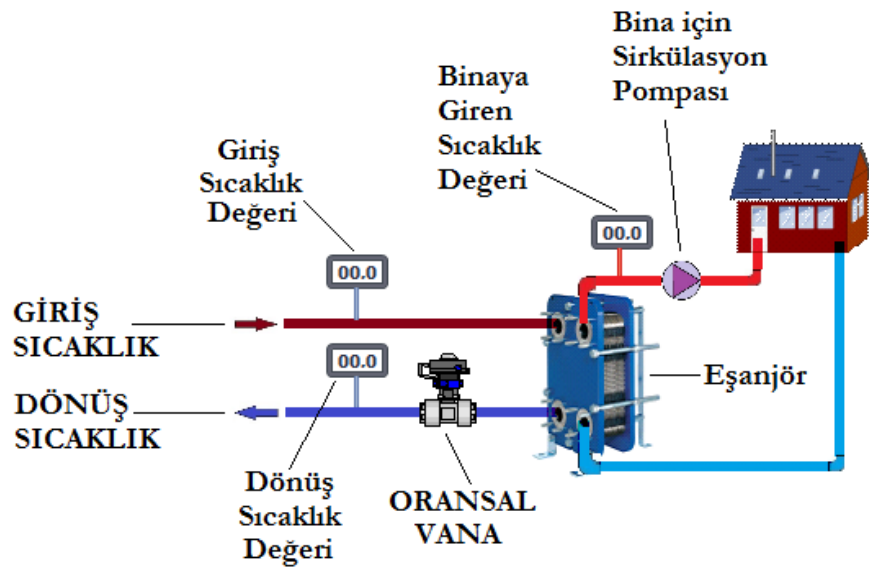
Bu sistemlerin çalıştırılması, izlenmesi, gerekli ayar ve anlık müdahalelerin yapılabilmesi için de değişik operatör paneller kullanılmıştır.

AÇ – KAPA şeklinde çalışan oransal vana kontrolünde aynı anda 3 değişik operatör panel kullanılarak sistem çalıştırılmış ve gözlenmiştir. Bunlar, KTP 400 renkli tuş operatör panel, akıllı rölenin üzerindeki panel ve bu akıllı röleye ait olan Logo TDE text operatör panellerdir.

PI DENETİM kontrollü çalışan oransal vana sisteminde de akıllı röleye ait Logo TDE text operatör panel ve akıllı röle üzerindeki text panel kullanılmıştır. İstenilirse KTP serisi bir tuş panel de yine bu sistem üzerinde kullanılabilir.

Ayrıca bu sistemlerin hepsi android işletim sistemine sahip olan tablet ve akıllı cep telefonlarından da kontrolleri sağlanmış, örnek olması amacıyla sadece AÇ-KAPA şeklinde çalışan oransal vana kontrolündeki android arayüz bu projede gösterilmiştir.

Oransal vana sistemindeki şematik görüntü Şekil 8.2’de gösterilmiştir. Bu resim, renkli tuş panelde ana ekran görüntüsü olarak alınmıştır.



Şekil 8.2. Oransal vana kontrol sisteminin şematik gösterimi.

8.1. Oransal Vananın Açık-Kapalı (On-Off) Kontrolü

Ayarlanabilen sıcaklık set değeri derecesine göre vana sürekli açılıp kapanma durumunda olacaktır. Oransal vananın açılıp kapanması çok ani gerçekleşmez. Vananın tam açıklıktan tam kapalıya geçme süresi yaklaşık 2 dakika 40 saniyedir.

Oransal vananın set edilen sıcaklık değeri, abonenin dönüş sıcaklık değerini baz alarak çalışır. Örneğin 40 °C’de set edilmişse, dönüş sıcaklığı da 38 °C ise oransal vana açılmaya başlayacaktır. Dönüş sıcaklığı 40 °C’yi gördüğü an vana çalışmasını durdurur. Bu durma kısa bir süreli olabilir. Sıcaklık 40,5 °C’yi gördüğü an vana bu sefer kapanmaya başlayacaktır. Bu arada sıcaklık biraz daha yükselip 41-42 °C’lere kadar çıkabilir. Vana kapanmaya başladığından dönüş sıcaklığı 41-42 °C’lerden aşağı inmeye başlayacaktır. 40 °C’de vana duracaktır. 39,5 °C’yi bulduğu an vana tekrar açılmaya başlayacaktır. Dikkat edilirse hem alt hem de üst limit olarak 0,5 °C’de çalışma aralığı verilmiştir. Bu örnekte ki oransal vana 40 °C’ye set edildiğinde 39,5 °C ile 40,5 °C arasında çalışması sağlanmıştır. Bu oran programsal olarak daha da düşürülebilir.

Set edilen derece değeri ile dönüş sıcaklık değeri eşit ise vana çalışmasını durduracaktır. Eğer dönüş sıcaklık değerindeki artış ya da düşüş kısa süreli olursa vananın da durma süresi kısa olacaktır.

Yapılan test sonucunda normal herhangi bir değere set edilmiş oransal vananın çalışma aralığı da $\pm 0,7 - 0,8$ °C olduğu gözlemlenmiştir. Yani programlanan çalışma aralığından $\pm 0,2 - 0,3$ °C daha sapma olduğu kaydedilmiştir.

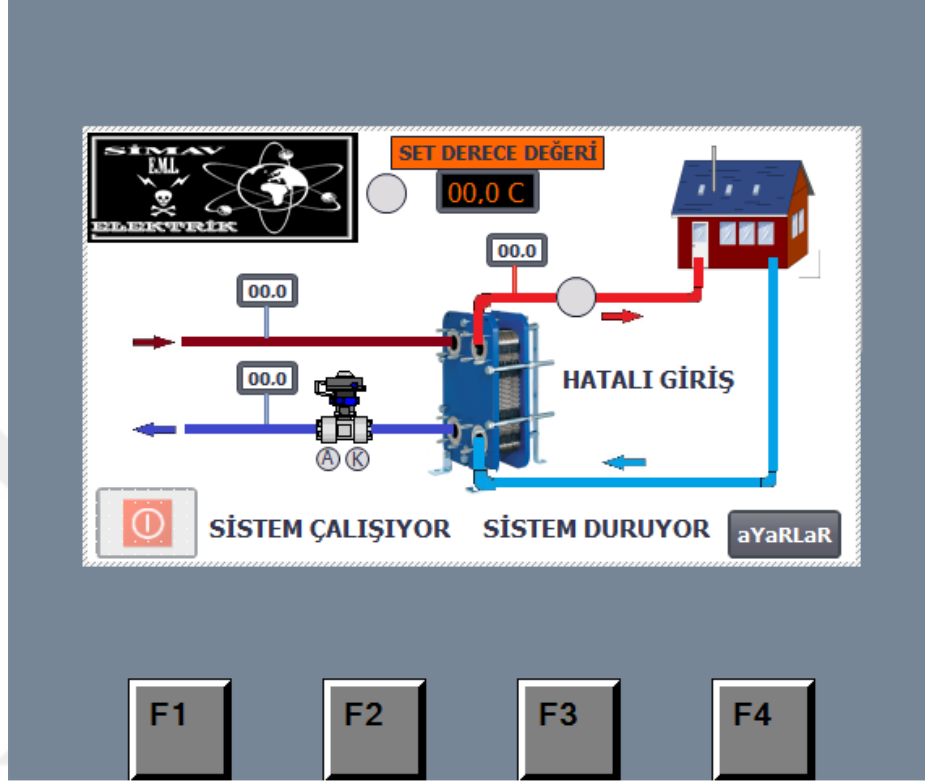
Dönüş sıcaklığı, set edilen değerden sürekli düşükse vana açılacaktır. Dönüş sıcaklığı artana kadar da vana açık pozisyonunda kalacaktır.

Oransal vana sistemini kontrol eden PLC’dir. Bu sistemin çalıştırılması, izlenmesi, ayarlarının değiştirilmesi, gerekli anlık müdahalelerin yapılmasına imkan sağlayan da operatör panellerdir. Yukarı da belirtilen AÇ-KAPA formunda çalışan oransal vana sistemine ait 3 değişik operatör panel ekranları aşağıda belirtilmiştir.

8.1.1. Oransal vana sistemindeki KTP 400 operatör panel ekranları

Oransal vana kontrol sisteminde birden fazla operatör panelle çalışılmıştır. Bunların içerisinde renkli dokunmatik tuş panel olarak Siemens marka KTP 400 Operatör panel kullanılmıştır. Bu panelde sistemin çalışması, sıcaklık değeri atamaları, zamanlama ayarları, hata mesajlar vb. tüm sistemin kontrol edilmesi ile ilgili işlemler ve gözlemler rahatlıkla yapılır.

Oransal vana kontrol sistemindeki renkli tuş panelin ekranları aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 8.3. Operatör panel ana ekranı.

Operatör panelde Şekil 8.3’de görülen ekran, sistemin çalıştığını, eşanjöre gelen ve dönen sıcaklık değerlerini, eve çıkan sıcaklık değerini, set edilen sıcaklık değerini, sirkülasyon pompanın devrede olduğu gözlemlenen ana ekrandır. Set derecede yanlış bir değer girilmesi halinde sistemin çalışmayacağı ve hatalı giriş yapıldığını uyarın ikaz metni de yine bu ana ekranda mevcuttur.

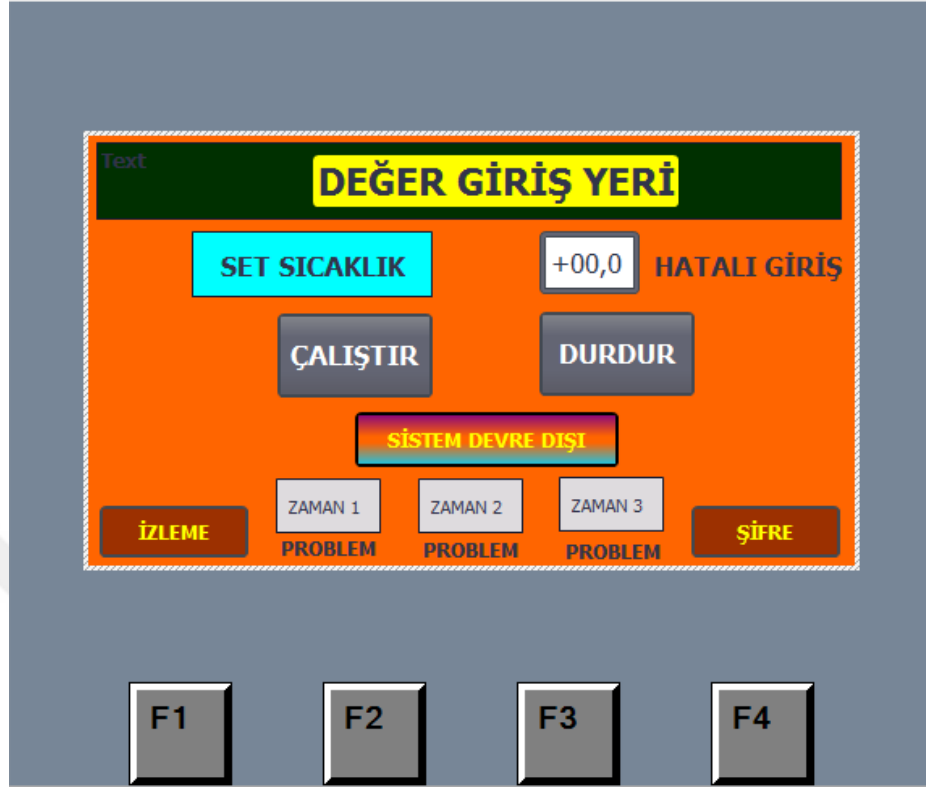
Ana ekrandan sistem çalıştırılmaz ve durdurulmaz. Sadece sistemin pozisyonu gözlemlenebilir. Sisteme müdahale edilebilmesi, gerekli ayarların yapılması için ana ekranın sağ alt kısmında “aYaRLar” tuşuna basılarak ikinci sayfaya geçiş yapılır.



Şekil 8.4. Operatör panel ikinci ekran (izleme sayfası ekranı).

Şekil 8.4’te görülen “izleme sayfası” ekranında sisteme herhangi bir müdahale yapılamaz. Sistemin durumu hakkında daha ayrıntılı bilgi almak için oluşturulmuş bir sayfadır. İleri bölümlerde değinilecek (Şekil 8.7) zamanlamaların set durumlarını ve set değerlerini bu sayfadan da görmek mümkündür.

Bu sayfadan ANA ekrana geçmek için altta bulunan “GERİ” tuşuna, ayarlar için “İLERİ” tuşuna basılır.



Şekil 8.5. Operatör panel üçüncü ekran (değer giriş yeri ekranı).

Şekil 8.5’de görülen “değer giriş yeri” ekranında sistemin çalıştırılması-durdurulması ve set değerinin değiştirilmesi işlemleri yapılır. Set değerinin hatalı girilmesi ya da zamanlamalardaki set değerlerinin yanlış girilmesi, hangi zamanlamanın devrede aktif olduğu gibi durumları da izlemek mümkündür.

Sistemin çalıştırılmasını, çalışan sistemin durdurulmasını, set değerinin girilmesini ve zamanlama programlarına girişi herkes yapamaz. Bu işlemler yetkilendirilmiş operatörler tarafından sağlanır. Bazı operatörler sadece sistemi çalıştırıp durdurabilirler. Daha üst bir operatör ise sistemi hem çalıştırıp durdurabilir hem de set değeri değiştirme ve zamanlama programlarına girebilme yetkisine sahiptir. Admin yani en üst operatör, yetkilendirmeyi istediği operatöre verebilir, operatörlerin şifrelerini değiştirebilir.

Operatör yetkilendirme ve şifre atama işlemleri için “ŞİFRE” ekran tuşuna basılır. Bir önceki sayfaya geçmek istenirse “İZLEME” tuşuna basılır.



Şekil 8.6. Operatör panel dördüncü ekran (şifre değiştirme ekranı).

Şifre değiştirme ekranından (Şekil 8.6) operatörleri yetkilendirme işlemi yapılır. Kullanıcı adı ve şifreleri bu ekrandan atanır. Şifre değiştirme ve yetkilendirme sadece admin tarafından oluşturulur.

Düşük yetkili bir operatör bu sayfaya gelemmez. Önceki ekranda “ŞİFRE” tuşuna basıldığında bu sayfa görüntülenmez ve bunun için şifre yazılmasını ister. Eğer şifre doğru yazılırsa bu ekrana girilebilir ve ileriye gidilebilir. Böylelikle 2. ya da 3. şahısların sistem kontrolüne girişi önlenmiş olur.

The image displays three sequential screenshots of an operator panel, each showing a different programming screen for a timing program. The screens are labeled 'ZAMANLAMA 1 PROGRAMI', 'ZAMANLAMA 2 PROGRAMI', and 'ZAMANLAMA 3 PROGRAMI'.

ZAMANLAMA 1 PROGRAMI (Green background):

- ZAMAN 1 SET DEĞERİ:** +00,0
- ZAMAN 1:** (Blue button)
- BAŞLAMA SAATİ:** 0000
- HATALI SET DEĞERİ:** 10:59:59
- G Ü N L E R:** PZT, SALI, ÇRŞ, PRŞ, CUM, CMT, PAZ
- BİTİŞ SAATİ:** 00 00
- ÇALIŞTIRMA:** (Red button)
- ZAMAN 2:** (Red button)

ZAMANLAMA 2 PROGRAMI (Cyan background):

- ZAMAN 2 SET DEĞERİ:** +00,0
- ZAMAN 2:** (Blue button)
- BAŞLAMA SAATİ:** 0000
- HATALI SET DEĞERİ:** 10:59:59
- G Ü N L E R:** PZT, SALI, ÇRŞ, PRŞ, CUM, CMT, PAZ
- BİTİŞ SAATİ:** 00 00
- ZAMAN 1:** (Red button)
- ZAMAN 3:** (Red button)

ZAMANLAMA 3 PROGRAMI (Orange background):

- ZAMAN 3 SET DEĞERİ:** +00,0
- ZAMAN 3:** (Blue button)
- BAŞLAMA SAATİ:** 0000
- HATALI SET DEĞERİ:** 10:59:59
- G Ü N L E R:** PZT, SALI, ÇRŞ, PRŞ, CUM, CMT, PAZ
- BİTİŞ SAATİ:** 00 00
- ZAMAN 2:** (Red button)
- ANA SAYFA:** (Red button)

Below each screen are four function buttons labeled F1, F2, F3, and F4.

Şekil 8.7. Operatör panel beş, altı ve yedinci ekran (zaman modlarının programlandığı ekranlar).

Şekil 8.7’ de görülen zaman modlarının programlandığı ekranlar, oransal vana kontrol programının en önemli yeridir. SET DEĞER derecesi haricinde üç ayrı zamanlama programında set değer verebilme özelliğinin olmasıdır.

Zamanlayıcıların programlarını oluşturacak operatör, üst derecede yetkilendirilmiş operatördür. Her zamanlayıcı içerisinde “Haftanın Günleri”, “Set Değeri”, set sıcaklık değerinin “Başlama ve Bitiş” saatleri bu sayfalardan verilir. Yanlış değer verilen bir set derecenin hatalı giriş uyarısı yine bu sayfadan da görülebilir.

Zamanlama programları, istenilen günleri belirli saatlerde -esas set değerinin haricinde- başka bir set değer derecesine ayarlama imkanına sahiptir. 3 zamanlama programı bulunan set değer ve bir de esas set değer düşünülürse bir günü 4 ayrı set değerinde oransal vana kontrol edilebilir.

Örneğin; Bir okulda eğitim öğretimin ne zaman yapılacağı bellidir. Hafta içi saat 8.00 ila 17.30 arası okulda eğitim öğretim olacağı düşünülürse oransal vana kontrol sistemi pazartesi sabah 06.00’da set değeri 40 °C’ye getirir. Öğrencilerin gitmesine yakın örneğin 16.00 gibi bir saatte set değer 35 °C’ye düşürülür. Eğer okulda yetiştirme kursları, yaygın eğitim kapsamında kurslar veya akşam dersleri varsa set değer 35 °C’de saat 22.30’a kadar devam eder. 22.30’dan sonra sistem uyuma moduna geçerek set değeri 27 °C’lere indirir. Salı sabaha kadar bu dönüş sıcaklık değeri okul için yeterlidir.

Oransal vanayı tamamıyla kapatmak çok soğuk havalarda okulun duvarlarının da çok soğuyacağından bu önerilmez. Eğer vana tam kapanma durumuna geçer ve okulun tüm birimleri çok soğuğa maruz kalırsa sabah okulun ısınması öğleni ya da akşamı bulabilir. Bu yüzden dönüş sıcaklığı az da olsa belli bir sıcaklık değerinde tutmak gerekir.

Salı sabahı saat 06.00’da tekrar set değer 40 °C’ye gelir ve okul açılana kadar okulun tüm birimleri yeteri kadar ısınmış olur.

Hafta içi tüm günler bu şekilde çalışabilir. Hafta sonu ise cuma günü gece uyku moduna geçen sistem pazartesi günü kademeli olarak set değer yükselip öğrenciler gelmeden okulun tüm birimlerinin ısınması sağlanır. Böylelikle büyük ısı israfının önüne geçilmiş olur.

Bu uygulama tüm kamu binalarında yapılabilir. Hükümet binaları, valilik konakları, kütüphaneler, spor tesisleri, sosyal tesisler vb. gibi yerlerde ısı dönüşümü sürekli aynı derecede olması çok büyük israfa neden olur.

Başka bir örnekte ibadethanelerimiz yani camiler. Namaz vakti girmeden yaklaşık yarım saat önce dönüş set değeri 40 °C'ye gelse, namaz sonu 30 °C'ye inse, yatsı namazından sonra 25 °C'ye inip sabah namazına 1 saat kala 40 °C'ye çıkartıldığı düşünülürse israfın önüne ne kadar geçileceği daha net anlaşılır.

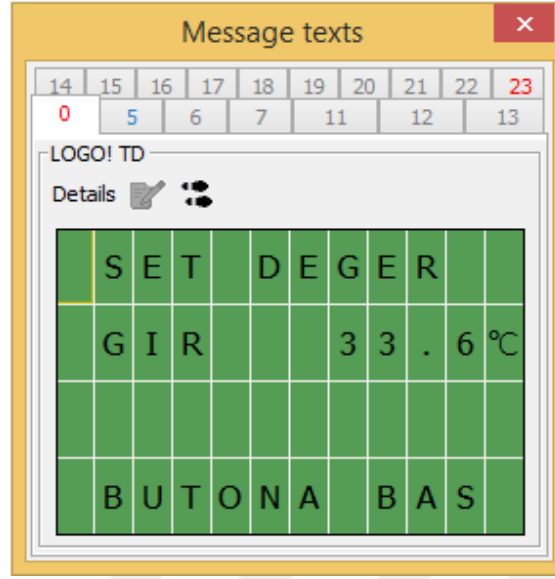
Oransal vana sisteminde zamanlamalarla yapılan farklı set değer sistemi sadece kamu binaları değil küçük-büyük bütün işyerleri, AVM'ler, siteler hatta konutlarda bile uygulamak gerekir. En basit bir evi düşünürsek herkesin istirahate çekildiği vakitte saat 01.00 gibi set değer düşük tutulabilir. Sabah 07.00'de uykudan kalkılacağı düşünülürse sabah 06.00da set değer tekrar yükselebilir.

Bu olayı bir de tersten düşünmek gerekirse; eğer sistemde oransal vana yoksa dönüş sıcaklığı sürekli yüksek değerden seyredecektir. Sıcaklık değeri sadece merkezden ayarlanacak ve her binaya farklı değerde ısı girişi olabilecektir. Binalara bağlanan jeotermal borularının çaplarının değişik olması nedeniyle merkezden aynı sıcaklık verilse bile binalardaki dönüş sıcaklık değerleri farklı olabilmektedir. Hatta binaların kot farkından bile farklı ısı dönüş değerlerine rastlamak mümkündür.

Kamu binaları sıcak olduğunda kalorifer peteklerinin kapatılması yerine pencerelerin, kapıların açılması insanlar için daha kolay olacağından bu yöntem uygulanacak ve israf çok yüksek olacaktır. Hafta sonu bir çok kamu yeri tatil olmasına rağmen binalar hala daha yüksek seviyeden ısınmaya devam edecektir ve hali hazırda etmektedir. Resmi tatilleri hatta 9 günlük çok uzun tatiller düşünülürse israfın korkunç boyutlarda olduğunu söylenebilir.

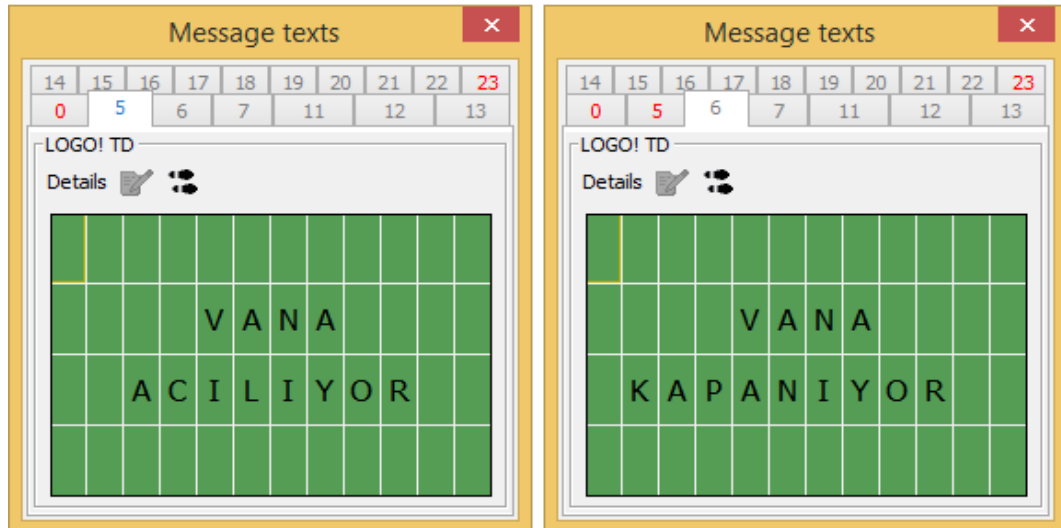
8.1.2. Aç-kapa oransal vana kontrolünde logo TD text operatör panel ekranları

Logo TD operatör paneli bu akıllı röleye ait bir paneldir. Başka bir akıllı rölede ya da PLC'de çalışmaz. Sadece metinsel ifadeler bulunur. Sistemi çalıştırma, durdurma, set değerlerini atama, hata mesajlarını görme, sıcaklık değerlerini izleme gibi işlemler rahatlıkla yapılabilir. Sisteme 2. ya da 3. şahısların karıştırmaması için programa şifreleme işlemi yapıp bu panelden şifre girişi ya da şifre değişimi de yapılabilir. Diğer kontrol sistemindeki programda şifreleme işlemi de gerçekleştirilmiştir.



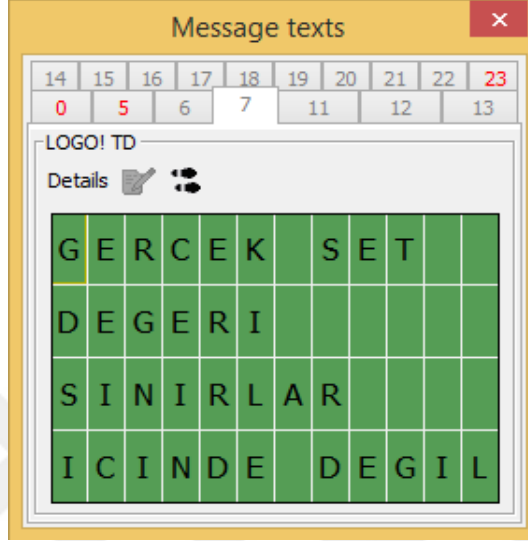
Şekil 8.8. Logo TD’de set derece değeri girilen ekran.

Şekil 8.8’de görülen ekran set derece değerinin operatör tarafından programa girilmesi için gerekli olan ekran yeridir. Dönüş sıcaklık değeri bu set edilen değer nispetine göre vana kontrol edilecektir. Ekranda görülen 33,6 °C değeri dönüş sıcaklığını bu değere getirmesi için vana açılacak veya kapanacaktır. İstenilen set derece girildikten sonra butona basılıp sistem çalıştırılacaktır.



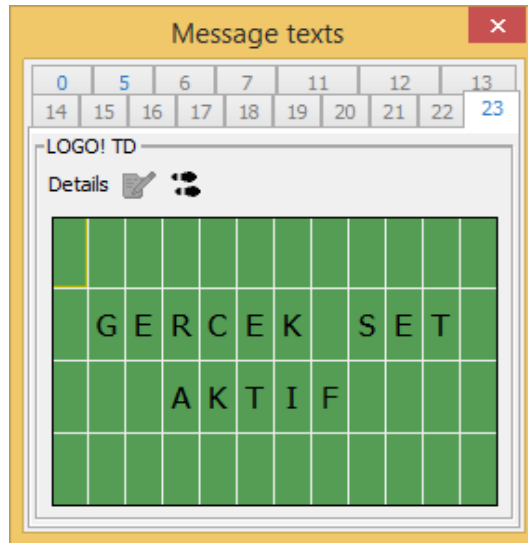
Şekil 8.9. Logo TD’de vanaların durumlarını gösteren ekran.

Şekil 8.9'daki ekranlar vananın açıldığını ya da kapandığını gösteren ekranlardır. Sistem çalışırken belli aralıklarda bu ekranlar operatör panele yansır. Vananın açıldığını veya kapandığını bu ekranlardan gözlemlenir.



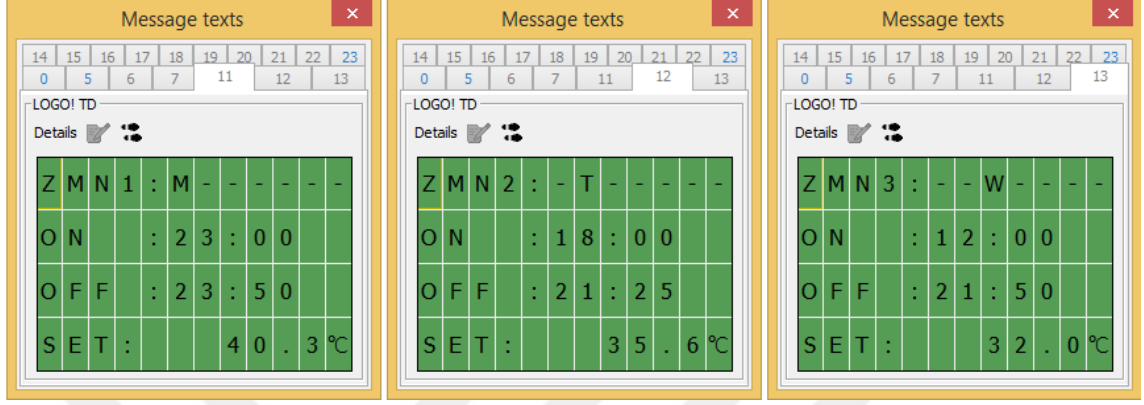
Şekil 8.10. Logo TD'de set değeri yanlış bir değer girildiğinde hata mesajı ekranı.

Operatör tarafından set derece değeri çok büyük ya da çok küçük bir değer ataması olursa Şekil 8.10'da görülen ekran da bu hata mesajı belirecek ve sistem çalışmayacaktır. Örneğin 80 °C veya 20 °C gibi bir set değer atamasını sistem kabul etmeyecek ve operatör ekranına bu hata mesajı çıkacaktır. Operatör uyarılacaktır.



Şekil 8.11. Logo TD'de set değeri aktif olduğunda gelen mesaj ekranı.

Set değeri ataması yapıp sistem çalıştırıldığında, ana set değeri üzerinden sistem kontrol edildiğinde ekranda bu mesaj belirecektir (Şekil 8.11).



Şekil 8.12. Logo TD’de zaman ayarlarının yapıldığı ekranlar.

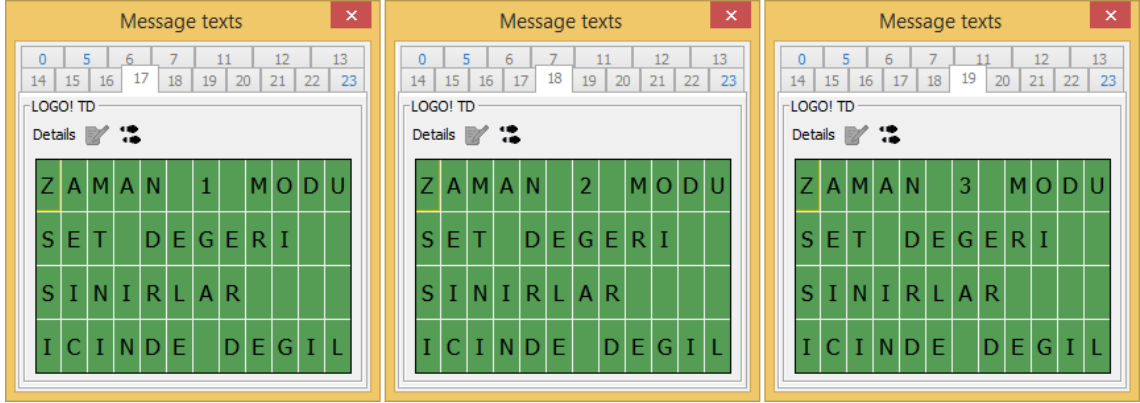
Şekil 8.12’de gösterilen ekranlar kontrol sisteminin bel kemiğini oluşturan zamanlama mod ayarlamaları içindir. Yapılan bu kontrol sisteminde önceki konuda anlatıldığı gibi 3 adet zamanlama modu bulunmaktadır. Bu zamanlama modları bu ekranlardan ayarlanır. İstenirse bir zaman modu istenirse üç zaman modu da programlanabilir. Yukarıdaki ZMN günleri, ON set edilen değerin başlama saati, OFF set edilen değerin bitiş saatini belirler. Aşağıdaki SET yeri de bu zaman aralıklarındaki eşanjör dönüş sıcaklığının -oransal vana yardımıyla- geleceği değerdir.

Birinci ekranı inceleyecek olursak pazartesi günü saat 23.00 ile 23.50 arası yani 50 dakika dönüş sıcaklığının 40,3 °C’ye çıkacaktır. 50 dakika sonra 23.51 de sistem tekrar gerçek set değerine geri gelecektir. Yani dönüş sıcaklığı Şekil 8.8’de gösterilen ekrandaki set değerine (33,6 °C’ye) düşecektir.

İkinci ekranda Zaman 2 modu programlanmıştır. Salı günü saat 18.00 ile 21.25 arası 35,6 °C’ye set edilmiştir. Bu ayarlanan gün ve saatte set değeri 35,6 °C olacaktır.

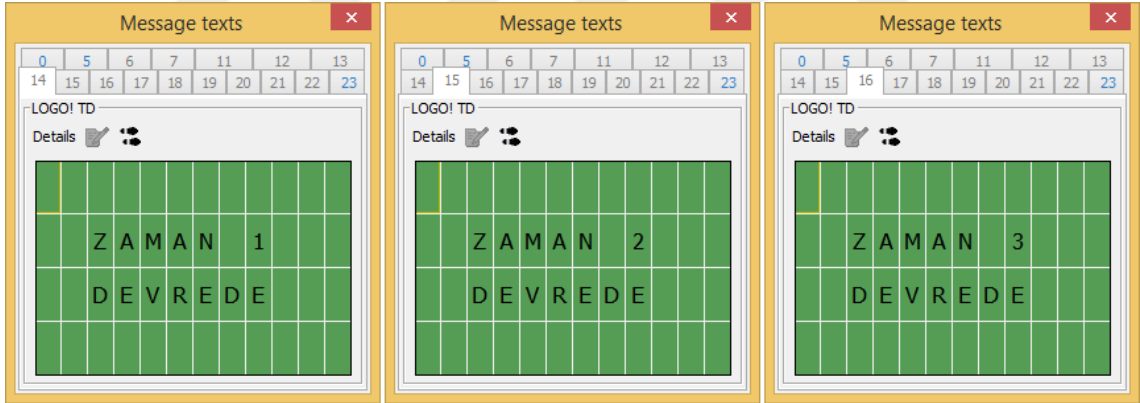
Operatör tarafından zamanlamalarda bir çakışma şeklinde programlama hatası yaparsa ilk zaman geçerli olacak şekilde sistem kendini ayarlayacaktır.

Herhangi bir zamanlama modun da bir çok gününde aynı anda programlanabilir. Örneğin hem pazartesi hem salı hem de cuma günü saat 21.00 ile 05.00 arasında 35,0 °C set edilebilme durumu da vardır.



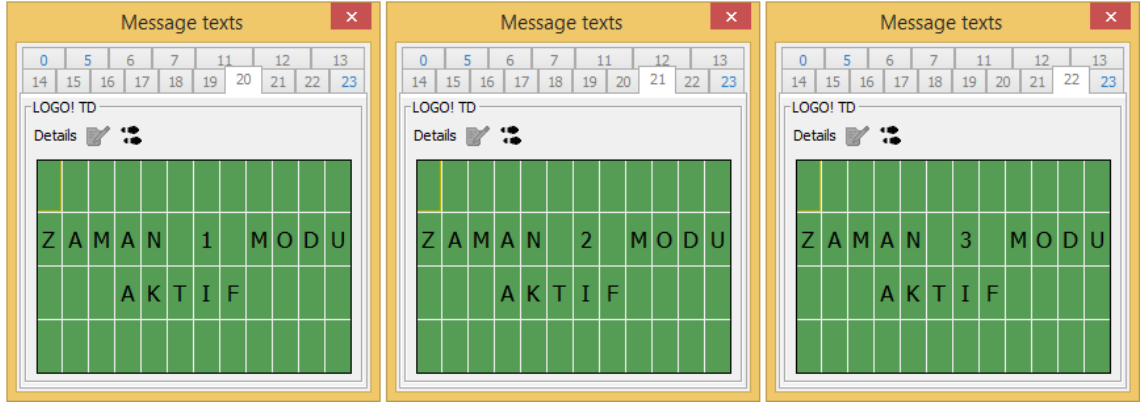
Şekil 8.13. Logo TD’de zaman ayarlarında yanlış set değeri girildiğinde gelen hata mesaj ekranları.

Operatör tarafından zamanlama modlarının programlanmasında eğer yanlış bir set değeri girilirse bu hata mesajları ekranda belirecektir (Şekil 8.13). Bu hata mesajları silinmeden zamanlamalar devreye girmeyecektir.



Şekil 8.14. Logo TD’de zamanlamaların devreye alındığını gösteren ekranlar.

Operatör, zamanlama modlarını doğru bir şekilde programladıktan sonra ekranda zamanlamaların devreye alındıklarını belirten bu mesajlar görünecektir (Şekil 8.14).



Şekil 8.15. Logo TD’de zamanlamaların set değerlerinin aktif olduğunu gösteren ekranlar.

Zamanlama modları devreye alındıktan sonra bu zamanlamaların günü ve saati geldiğinde ayarlanan set değerleri aktif hale gelecek ve Şekil 8.15’te görüldüğü gibi bu mesajlar ekrana yansiyacaktır. Örneğin ikinci ekrandaki “ZAMAN 2 MODU AKTİF” mesajı incelenecek olursa; Operatör tarafından programlanmış olan Salı günü saat 18.00-21.25 arası set değerin 35.6 °C’de devreye alınan sistemin çalışmaya başladığını bize bildirecektir.

8.1.3. Aç-kapa oransal vana kontrolünde logo üzerindeki panel ekranları

Logo’ya ait TD operatör panelde olduğu gibi PLC’nin üzerinde bulunan kendine ait panelde de çalıştırma, değer girme ve izleme-gözlemlleme işlemleri rahatlıkla yapılabilmektedir. Logo TD ayrıca satılan bir paneldir. Logo display ise kendinde var olan cihazın üzerindeki paneldir. Bu sistemin yüzlerce aboneye bağlanacağı düşünülürse PLC üzerindeki var olan bu panellerle oransal vananın kontrol edilmesi sistemin maliyet açısından daha ucuz olacağı kesindir.

Vana kontrol sisteminde Logo TD operatör panel ile Logo Display panel karşılıklı çalışması öngörülmüş ve program bu şekilde tasarlanmıştır. Bir panelde olamayan mesaj ekranı diğer panelde rahatlıkla izlenebilmektedir. Başka bir tabirle sistem kontrolü ikili panel şeklinde hazırlanmıştır.

Logo Display’deki panel ekranları;



Şekil 8.16. Logo Display’de set derece değeri girilen ekran.

Logo Display’de sistemin gerçek set değerinin girilmesi için gerekli olan ekrandır (Şekil 8.16). Bir önceki Logo TD operatör panelde de aynı mesaj metni yer almaktadır. İster bu panelden ister diğer panelden bu set değer ayarlanır. Set derece değeri ayarlandıktan sonra butona basıldığında sistem çalışmaya başlar. Basılması gereken buton, harici panoda bulunan buton da olabilir ya da panel üzerinde bulunan ok tuşları da buton işlevi görebilir.



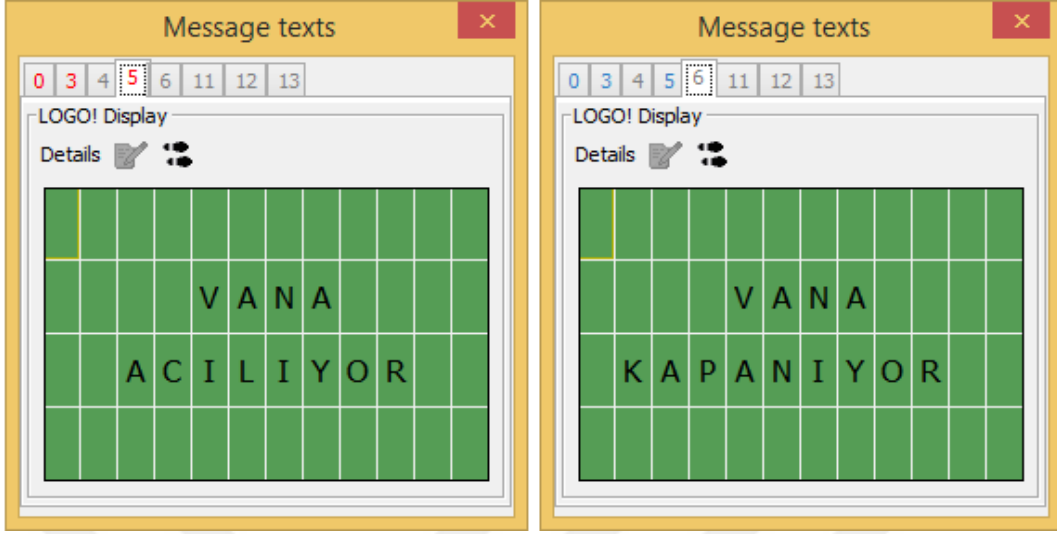
Şekil 8.17. Logo Display’de sıcaklıkların izlendiği ekran.

Sıcaklıkların izlendiği ekrandır (Şekil 8.17). Şekil 8.16'daki ekranda girilmiş olan set derece değeri, eşanjöre gelen sıcaklık, eşanjörden dönen sıcaklık ve binaya giren sıcaklık değerleri bu izleme ekranından görülür. Bu ekran diğer Logo TD operatör panelinde yoktur. Display'de bu ekran belirdiğinde TD ekranında başka bir mesaj ekranı belirecektir.



Şekil 8.18. Logo Display'de sirkülasyon pompa durumunun izlendiği ekran.

Jeotermal su eşanjör vasıtasıyla şebeke suyunu ısıtır. Isınan bu suyun binadaki dairelere gitmesi gerekir. İşte bu ısınan suyun iç mekanlara, kalorifer peteklerine kadar ulaşmasını sirkülasyon pompası sağlar. Binaya giren ısı değeri belli seviyeden aşağıda ise pompa soğuk suyu pompalayacağından devreye girmez. Binaya girecek olan su 35 °C olduğunda sirkülasyon pompası devreye girer ve ısınmış olan suyu dairelerin iç taraflarına ulaşımını sağlar. Şekil 8.18'de görülen bu ekran, sirkülasyon pompasının devreye girdiğini ve binaya kaç derece sıcak suyun çıktığının görüldüğü mesaj ekranıdır.



Şekil 8.19. Logo Display’de vananın durumunu gösteren ekranlar.

Oransal vananın açıldığını ya da kapandığını gösteren ekranlardır (Şekil 8.19). Sistem çalışırken belli aralıklarda Logo TD operatör panelinde olduğu gibi Logo Display’deki operatör panel ekranlarında belirir. Vananın açıldığı veya kapandığı bu ekranlardan gözlemlenir.



Şekil 8.20. Logo Display’de zaman ayarlarının yapıldığı ekranlar.

Logo TD ekranında olan zamanlama mod ayarlamaları Logo Display ekranında da vardır (Şekil 8.20). İster bu panelden ister diğer panelden istenirse renkli tuş panelden zaman mod ayarlamaları yapılır.

8.2. Oransal Vananın PI Denetimli Kontrolü

Bu oransal vananın besleme gerilimi 24 V, oranlı açma kapama kontrol gerilimi ise 0-10 Volttur. 0 Voltta vana kapalı, 10 Voltta ise vana tam açıktır. Vana kontrol gerilim yerine

örneğin 5 V verilirse vana %50 oranında açık olacaktır. Vana kontrol gerilim noktasına diyelim ki 3 Volt uygulanırsa vana %30 oranında açık ya da vana %70 oranında kapalı olduğu söylenebilir. Şekil 8.21’de 0-10 V sinyal aralığında çalışan oransal vana görülmektedir.

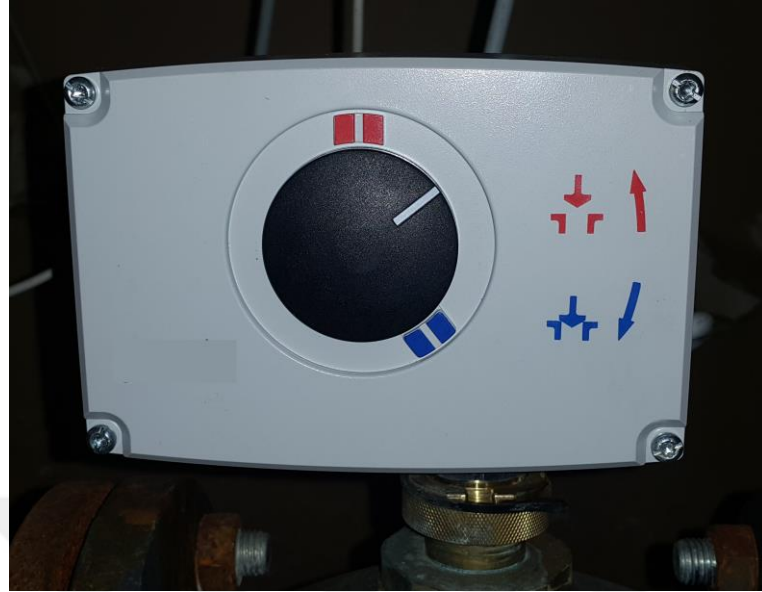
Bu vana, projemizde yapmış olduğumuz kontrol sisteminde “Oransal+İntegral Kontrol” kısaca PI denetimli şeklinde çalışmaktadır. Projemizde kullandığımız akıllı rölede PI kontrol blok formları olduğundan 0-10 V sinyal aralığında çalışan oransal vananın kontrolünü de PI denetimli kontrol şeklinde seçilmiştir.

Çalışma şekli; set edilen derece değerini -dönüş sıcaklığı düşük derecede olduğunu varsayalım- bulabilmek için baştan vana açılır, dönüş sıcaklığı set sıcaklık değerini yakaladığı an vana durur ancak dönüş sıcaklığı set değerinden yukarıya doğru çıkmaya çalışırsa vana kapanmaya başlar. Kapanırken tekrar dönüş sıcaklığı düşmeye başladığında vana tekrar açılır ve bu şekilde açma-kapamada küçük bir dalgalanma yaşanır. Kısa bir süre sonunda oransal vana belli bir oranda açık kalarak dönüş sıcaklığını set derece değerinde sabit tutmaya çalışır.

Eğer dönüş sıcaklığında bir değişiklik meydana gelirse kontrol sistemi tekrar aynı değerlendirmeyi yaparak vanayı belli bir oranda açık tutup dönüş sıcaklığını set değere eşitler.

PI denetim kontrollü vana, aç-kapa vana kontrol sistemine göre dönüş sıcaklığı set değere daha kısa zamanda ulaşma imkanına sahiptir. Aç-kapa kontrol sisteminde vana sürekli çalışma pozisyonundadır. Ya açılma ya da kapanma işlemi yapmaktadır. PI denetimli kontrolde ise vana belli oranda açık duracaktır. Dönüş sıcaklığında küçük bir değişim olduğunda bile vana küçük bir açma-kapanma dalgalanmasından sonra dönüş sıcaklığını set değerine getirir.

Bu PI denetimli kontrol sisteminde de zamanlama modları bulunmaktadır. Isıtılacak abonenin set değerleri haftanın istenilen günlerine ve istenilen saatlerine ayarlanabilme imkanına sahiptir. Bu set ayarlama ya da değiştirme işlemi önceki kontrol sistemindeki gibi ister operatör panelden, ister merkezi scada sisteminden ya da android işletim sistemli akıllı telefon veya tabletten yapılabilir.



Şekil 8.21. 0-10 V sinyal aralığında çalışan oransal vana.

8.2.1. PI denetimli oransal vana kontrolünde logo TD text operatör panel ekranları

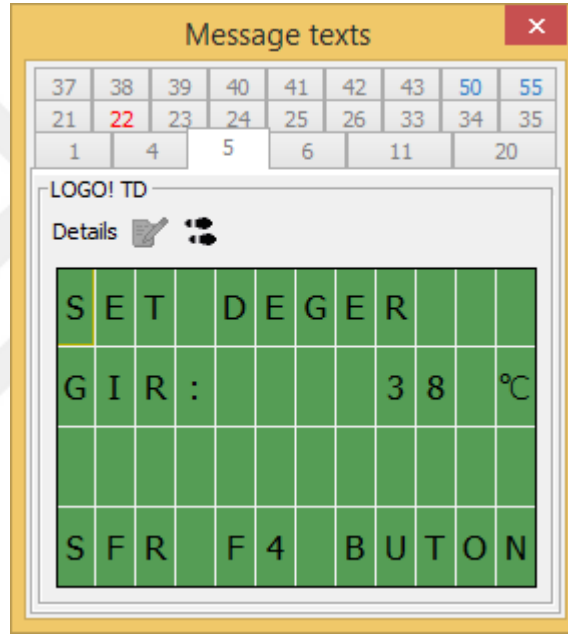
PI denetimli oransal vana kontrol sisteminde AÇ-KAPA kontrol sisteminde olduğu gibi yine Logo TD operatör panel kullanılmıştır.



Şekil 8.22. Logo TD’de sistem ilk açıldığında istenilen şifre ekranı.

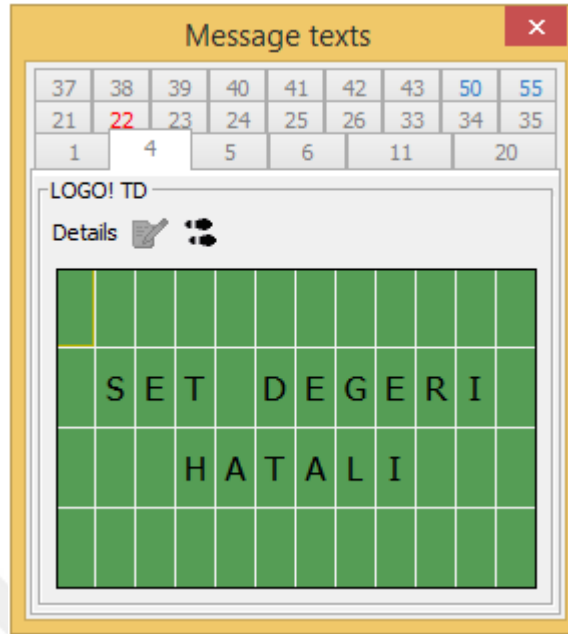
Sisteme enerji verildiğinde operatör paneline gelen ilk mesaj ekranıdır (Şekil 8.22). Sistemi çalıştırmak ve gerekli izlemeleri yapabilmek için doğru şifrenin girilmesi gerekir. 3 defa yanlış şifre girildiğinde sistem kendini 5 dakika kilitler ve hiçbir şekilde şifre dahil girişine veri kabul etmez. Şifre bir ya da bir çok haneli rakam olabilir.

Şifrenin kaç defa yanlış giriş yapıldığında kaç dakika kilitli kalacağı isteğe göre ana programdan değiştirilebilir. Şifrenin bir ya da birçok haneli rakam ataması operatör tarafından gerçekleştirilir. Bu şekilde vana kontrol sistemine 2. ya da 3. şahısların girmesi engellenmiş olur.



Şekil 8.23. Logo TD’de set derece değeri girilen ekran.

Logo TD’den set edilecek değerin girildiği ekranıdır (Şekil 8.23). Operatör tarafından merkezin belirlediği set değeri bu ekrandan girilir. Eğer şifre değiştirilmek isteniyorsa F4 butonuna basılır ve istenildiği şekilde şifre değişimi yapılır.



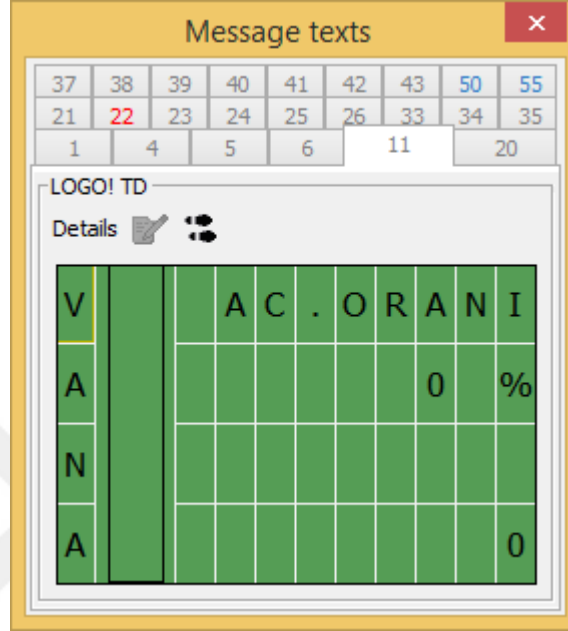
Şekil 8.24. Logo TD’de set değeri yanlış bir değer girildiğinde hata mesajı ekranı.

Set değerinde hatalı bir giriş yapıldığında Şekil 8.24’te gösterilen ekran görünür. Sisteme uygun olmayan çok büyük ya da çok küçük değerlerde sistem çalışmaz ve hata mesajı ekranda belirir.



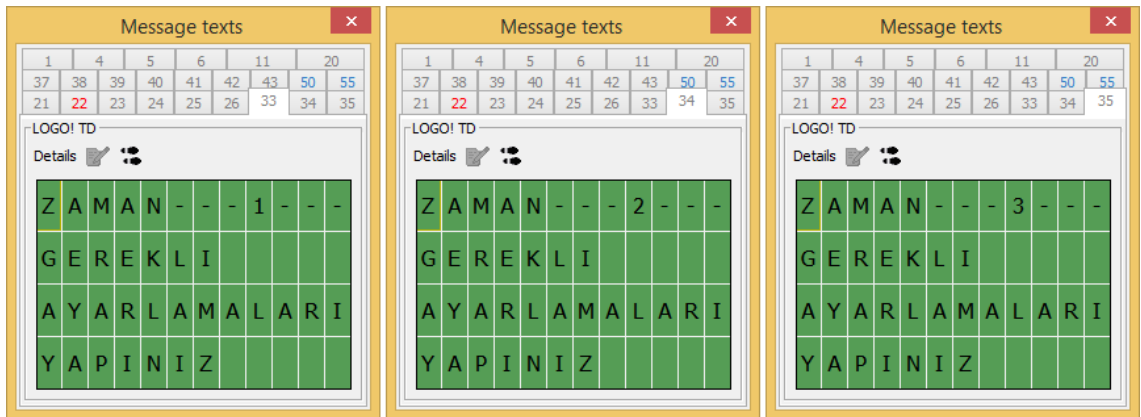
Şekil 8.25. Logo TD’de şifre değiştirme ekranı.

Şifre değişimi bu ekrandan yapılır (Şekil 8.25). Şifre bir ya da birkaç haneli rakamdan oluşabilir.



Şekil 8.26. Logo TD’de vananın açılma durumunu yüzdeler olarak ve bar grafiğinde veren ekran.

Oransal vananın açılma durumunu yüzdeler olarak ve bar grafiği şeklinde gösteren ekrandır (Şekil 8.26). Bu ekrana bakılarak vananın ne kadar oranda açılmış olduğu görülür. Yüzdeler olarak da yine bu ekrandan vananın açıklığı anlaşılır.



Şekil 8.27. Logo TD’de zaman ayarlarının yapıldığı ekranlar.

Logo TD’de zaman modlarının ayarlandığı yerdir (Şekil 8.27). Bu programlamada da 3 adet zaman modu bulunmaktadır. İstenirse sadece birinci zaman modu istenirse her üç zaman modu da programlanabilir. İsteğe bağlı olarak bu zaman modlarının sayısı da programsal olarak artırılabilir.



Şekil 8.28. Logo TD’de zaman ayarlarında yanlış set değeri girildiğinde gelen hata mesaj ekranları.

Zaman mod ayarlamaları yaparken hatalı set değerlerinin atanması durumunda Şekil 8.28’de ki gibi görülecek mesaj ekranlarıdır.



Şekil 8.30. Logo TD’de zaman modları set değerlerinin aktif olduğunu gösteren ekranlar.

Şekil 8.30’da gösterilen ekranlar, devreye alınan zaman modlarının aktif duruma geldiğini belirten mesaj ekranlarıdır. Zaman modları ayarlanırken yanlışlıkla zamanlamalarda çakışma yapıldığı takdirde sayısal olarak ilk önce gelen zamanlama aktif olur.

Örneğin; 1. ve 2. zaman modu ayarlandığını varsayalım. 1. zaman modu pazartesi 08.00 – 09.00, 35 °C set edilsin. 2. zaman modu ise pazartesi 08.30 – 10.00 arası 40 °C’ye ayarlansın. Dönüş sıcaklığı pazartesi saat 08.00’da 35 °C ye gelir, 09.00’da 2. zaman modu olan 40 °C’ye geçer. 10.00’da gerçek set derecesine geri döner. 08.30-09.00 arası 30 dakikalık çakışmada 1. zaman modu ağırlıklı olarak çalışır.

8.2.2. PI denetimli oransal vana kontrolünde logo üzerindeki panel ekranları



Şekil 8.31. Logo Display’de sistem ilk açıldığında istenilen şifre ekranı.

Şekil 8.31’de gösterilen ekran, PI denetimli oransal vana kontrol sisteminde devreye enerji verildiğinde kullanıcı operatörden istenen şifre ekranıdır. Operatör doğru şifreyi girdiğinde bir sonraki set değer atama ekranına geçer. Şifre yanlış yazılırsa sistem hiçbir şekilde çalıştırılmaz.



Şekil 8.32. Logo Display’de set derece değeri girilen ekran.

Operatör tarafında doğru şifre girildikten sonra sistemin set değeri derecesini atama ekranı Şekil 8.32’deki gibidir. Operatör set değeri girer ve sistemi çalıştırır. Şifre değiştirme işlemi yapacaksa F4 ya da aşağı ok butonuna basarak şifre değişim ekranına geçer.



Şekil 8.33. Logo Display’de şifre değiştirme ekranı.

Şekil 8.33'teki ekranda operatör şifreyi değiştirir. Şifre tek ya da çok haneli rakamlardan oluşabilir.



Şekil 8.34. Logo Display’de derecelerin izlendiği ekran.

Şekil 8.34’te gösterilen ekranda, sistem çalıştırıldığında set edilen, merkezden gelen, merkezden dönen ve binaya çıkan sıcaklık derece değerleri izlenebilir.



Şekil 8.35. Logo Display’de zaman ayarlarının yapıldığı ekranlar.

PI denetimli kontrol sistemindeki Logo Display’de zaman modlarının ayarlandığı ekranlardır (Şekil 8.35). Önceki Logo TD’de olan ayarlamalar Logo Display’den de yapılabilir. Ekrandan gün(ler) seçilir, başlama ve bitiş saatleri belirlenir ve set değeri atamaları yapılır.



Şekil 8.36. Logo Display’de zaman modları set değerlerinin aktif olduğunu ve derece değerlerini gösteren ekranlar.

PI denetimli Logo TD operatör panelde olduğu gibi bu panelde de hangi zamanlama modunun aktif olduğu ve sıcaklık değerleri bu ekranlardan izlenir (Şekil 8.36).

On-off kontrol sisteminde olduğu gibi PI denetimli kontrol sisteminde de Logo TD operatör panel ile Logo Display panel karşılıklı çalışması öngörülmüş ve program bu şekilde tasarlanmıştır. Bir panelde olmayan mesaj ekranı diğer panelde rahatlıkla izlenebilmektedir. Sistem kontrolü ikili panel şeklinde hazırlanmıştır.

9. ORANSAL VANANIN ANDROID İŞLETİM SİSTEMİNE SAHİP TELEFON / TABLET ÜZERİNDEN KONTROLÜ

Oransal vana kontrolünün akıllı rölelerle sağlandığı ve set değer atamaları, zaman mod ayarları, ısı değer izlenmeleri vb. işlemler bu akıllı rölelere bağlı olan operatör paneller sayesinde yapıldığı önceki bölümlerde anlatılmıştır.

Her cihaza bağlı bir operatör panel olması şartı ya da başka bir deyişle her eşanjör ısı değiştiricisinin bir operatör panel tarafından yönetilmesi gerekliliği maliyeti yüksek bir durum haline gelebilmektedir.

Ayrıca sistemde anlık müdahale gerektiğinde her defasında cihazın yanına gidilmesi büyük bir sıkıntıdır. Sonuçta eşanjör, oransal vana ve kontrol panoları binaların altında, bodrum katlarda kilit altında olabilecek yerlerdedir. Her binanın kontrol sistemine ulaşmak kendi başına büyük bir sorun teşkil etmektedir.

Bina altı kontrol sistemine ulaşmanın en kolay metodu olarak android işletim sistemine sahip akıllı telefon ya da tabletlerdir. İnternet üzerinden ya da kapalı ağ Wi-Fi aracılığı ile telefon ya da tablet ile istenilen yerden sisteme erişim sağlanır. Operatör panelden yapılan set atama değerleri, çalıştırma – durdurma, zaman modlarının tüm ayarları, sıcaklık değerlerinin izlenmesi gibi tüm işlemler bu cihazlardan da kolayca yapılabilir.

Oransal Vana Kontrolünde Telefon / Tablet Ekran Menüleri;



Şekil 9.1. Oransal kontrolün telefondaki ana ekranı.

Telefondaki “HMI LOGO” ikonuna tıklandığında telefon ekranında ana menü Şekil 9.1’de olduğu gibi belirir. Telefon eğer sisteme bağlanmadıysa Tarih ve Saat kısmı boş olur. Ekran alt kısmında bulunan “ZaMaN1”, “KAMERA” ve “ÇALIŞTIR” butonlarıyla oransal vana kontrolüne geçilir.

“ÇALIŞTIR” butonuna tıklandığında telefonda Şekil 9.2 gibi ekran görülür.



Şekil 9.2. Set değer girildiği, çalıştırılıp durdurulduğu ve konumların izlendiği ekran.

Ekranın yukarısı, eşanjör dönüş sıcaklığının set derece değerinin girildiği yerdir. Şekilde 45 °C set edilmiştir.

START ve STOP sistemin çalıştırılması ve durdurulması için gerekli olan butonlardır. Butonların altında, sistemin çalıştığını ya da durduğunu gösteren metin mesajı bulunmaktadır. Mesaj, durma halindeyken kırmızı, çalışırken ise yeşil renge geçer.

Bir alttaki mesaj vananın durumunu gösteren mesajdır. Oransal vananın açılma, kapanma ya da duraklamada olduğunu gösteren metin mesajıdır.

Bunun altındaki mesajlar zaman modlarının devrede veya devre dışı olduğunu gösteren metin mesajlarıdır. Devreye alınan zaman modu “DEVREYE ALINDI” diye ekrandaki mesaj değişir ve metin yeşil renge geçer.

En alttaki mesaj ise sirkülasyon pompasının durumunu gösterir. Binaya çıkan suyun sıcaklık değeri belli bir dereceye çıktığında sirkülasyon pompası devreye girecektir. Devreye girdiğini gösteren mesaj ekrana gelecek ve yeşil renge dönecektir.

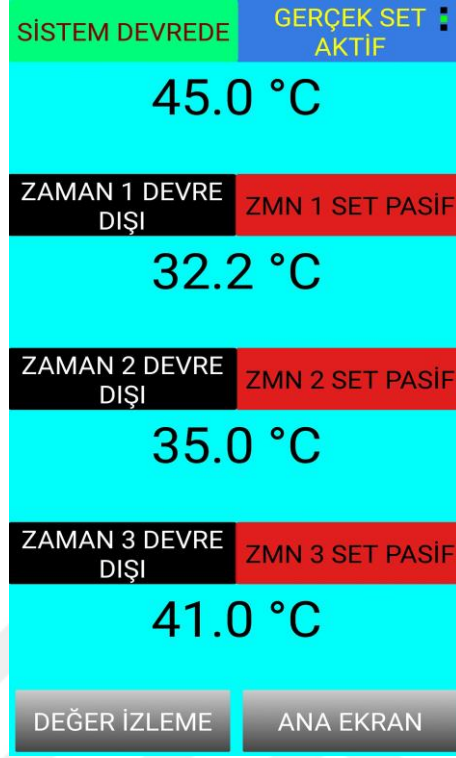
“İLERİ” ve “GERİ” butonlarıyla istenilen menüye geçiş sağlanır.



Şekil 9.3. Sıcaklık değerlerinin izlendiği ekran.

Şekil 9.3’te gösterilen ekran menüsünde gelen, dönen ve binaya giren sıcaklık değerleri gözlemlenir. Sirkülasyon pompasının devreye girme sıcaklığı da görülmektedir. Pompanın devreye girme sıcaklığı programsal olarak istenilen başka bir dereceyle değiştirilebilir.

“iLeRi” ve “GeRi” tuşlarıyla menü geçişi yapılır.



Şekil 9.4. Zaman modlarının durumunu gösteren ekran.

Zaman modlarının ve aktif setin hangi derece ve modda olduğu bu menüden görülür (Şekil 9.4). Yukarıdaki örnekte zaman modları devreye alınmadığı, sistemin devrede olduğu, gerçek set değerinin aktif olduğu anlaşılmaktadır.

“DEĞER İZLEME” tuşuna basıldığında bir önceki menüye geçilir. “ANA EKRAN” tuşuna basıldığında Şekil 9.1’de gösterilen ve ilk ekran olan yere gelinir.

Ana ekrandaki “ZaMaN 1” tuşuna basıldığında telefona ya da tablete Şekil 9.5’teki görüntü gelir.

Şekil 9.5. Zaman1 modu ayar ekranı.

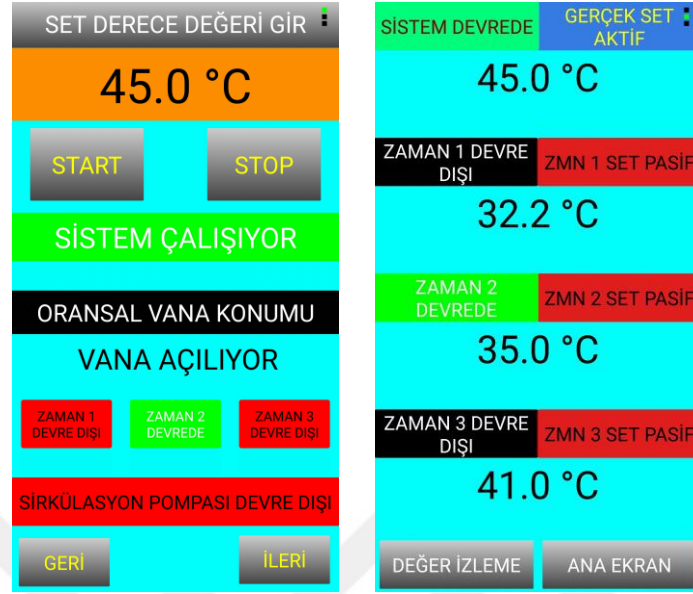
Şekil 9.5’te gösterilen ekranda, sol tarafta haftanın istenilen günleri aktif hale getirilir. Yukarıda set değeri girilir. Aşağıdaki mesaj girilen set değer onayıdır. O anki saat durumunu gösteren ekran ve onun altında set değeri aktif olma başlama ve bitiş saatleri bulunmaktadır. Bu işlemler isteğe göre yapıldıktan sonra set değeri girilen yerin yanında bulunan “ZAMAN BUTONU” kısmına tıklanırsa zaman 1 modu devreye alınır.

Aşağıdaki yönlendirme butonlarıyla istenilen sayfaya geçiş yapılır. “ZaMaN 2” tuşuna basıldığında telefon veya tablet ekranına Şekil 9.6’daki gibi görüntü gelir.



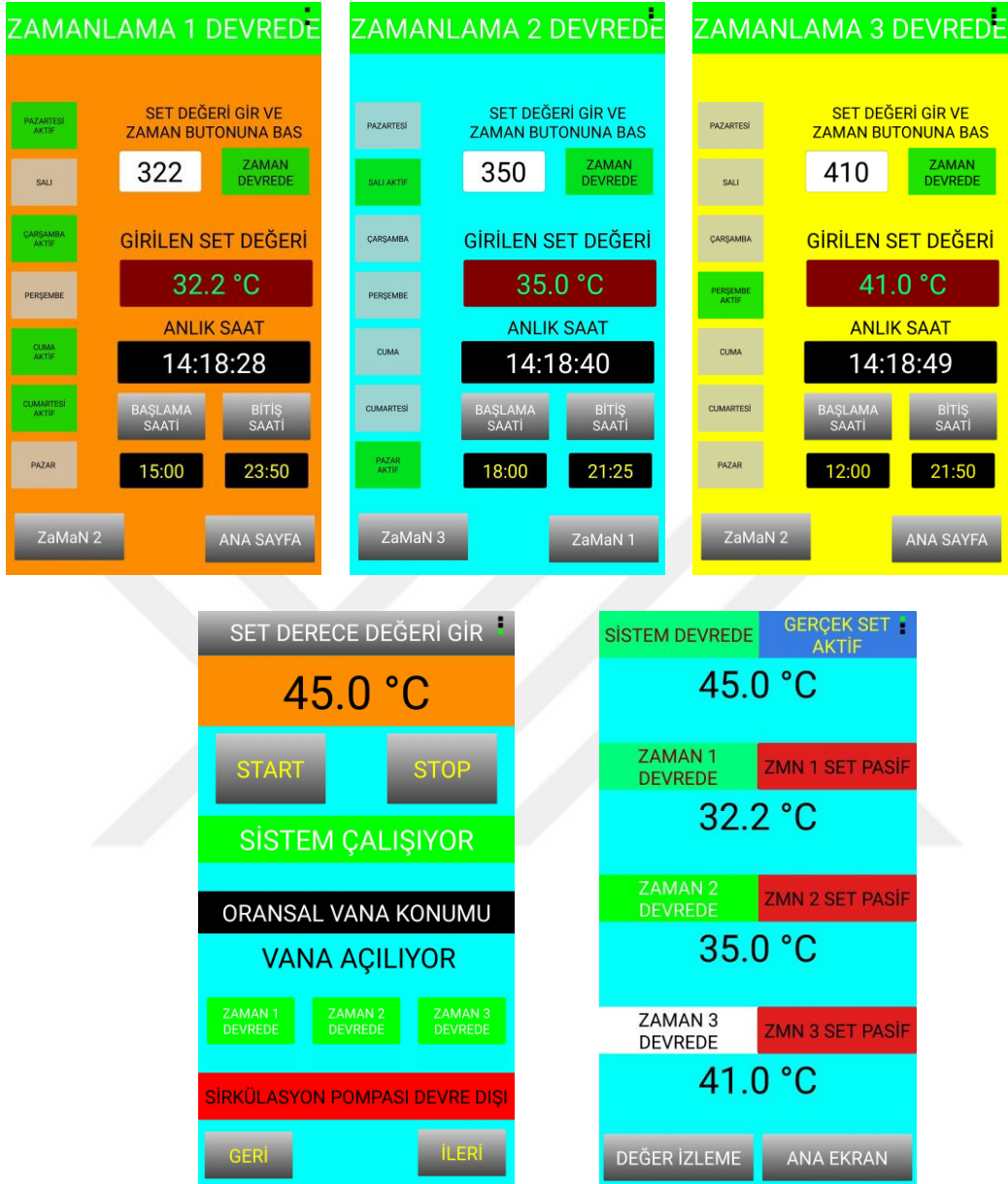
Şekil 9.6. Zaman2 modu ayar ekranı.

Zaman 2 modu ayar ekranı da (Şekil 9.6) zaman 1 modu ekranı gibidir. Örnekte; Salı ve pazar günleri aktif duruma getirilmiş, saat 18.00 ile 21.25 arası 35 derecede set edilmiş, bu şekilde zaman 2 modu devreye alınmıştır. Salı günü saat 18.00'a geldiğinde eşanjör dönüş sıcaklığı 35 °C'ye gelecek, 21.25'e kadar da bu şekilde devam edecektir. Aynı olay pazar günü içinde geçerli olacaktır.



Şekil 9.7. Zaman2 modu devredeyken ekran görüntüleri.

Zaman 2 modu devreye alındığında diğer ekran görüntüleri Şekil 9.7'deki gibi olur. Dikkatli bakılırsa her iki ekranda da ortadaki mesajlar ZAMAN2 DEVREDE olarak değişmiş ve yeşil renge dönüşmüşlerdir.



Şekil 9.8. Tüm zamanlamaların devreye alındığını gösteren ekranlar.

Tüm zaman modları, haftanın belli günleri aktif edilmiş, set dereceleri girilmiş ve set derecelerinin aktif olacağı başlama – bitiş saatleri ayarlanarak devreye alınmışlardır. Zaman modlarının devrede olduğunu gösteren diğer ekran görüntüleri de Şekil 9.8’de verilmiştir.



Şekil 9.9. Kamera görüntüsü.

Ana ekrandan “KAMERA” butonuna tıklandığında telefon ya da tablete Şekil 9.9’daki ekran görüntüsü gelir. Görüntü alınacak yer oransal vana, eşanjör ya da sistemin tümü görülebileceği bir yer olabilir. Görüntü IP kamerayla sağlanmakta olup sistemdeki kapalı Wi-Fi ağına ya da internet ağına bağlanabilir. Bu isteğe bağlı bir durumdur. Bu ekran, sade olması nedeniyle sadece görüntüyü göstermek için düzenlenmiştir. İstendiği taktirde bu ekran görüntüsüne başlama – durdurma butonları ya da sıcaklık izleme gibi görsellikler eklenebilir.

Bu sistemde telefon ya da tablet bir operatör tarafından kullanılacağından ayrıca şifrelemeye ihtiyaç yoktur. Kontrol panosunun, eşanjör sisteminin yanına ya da yakınına gitme gibi bir durum söz konusu değildir. Ağ sistemine bağlanan operatör herhangi bir yerden vana ayarlarını kolaylıkla kontrol altında tutabilir. Vanaya yapılan kötü amaçlı bir müdahaleyi (kesme, devreden çıkarma vs.) kameradan görme şansı da vardır.

Şekil 9.10’da telefon ve tabletteki ana ekran görüntüleri görülmektedir.



Şekil 9.10. Tablet ve telefon ekran görüntüleri.

10. JEOTERMAL BORULARINDAKİ BASINÇ DEĞİŞİMLERİNE GÖRE ELEKTRİK POMPA MOTOR DEVİR AYARLARININ Pİ DENETİMLİ KONTROLÜ

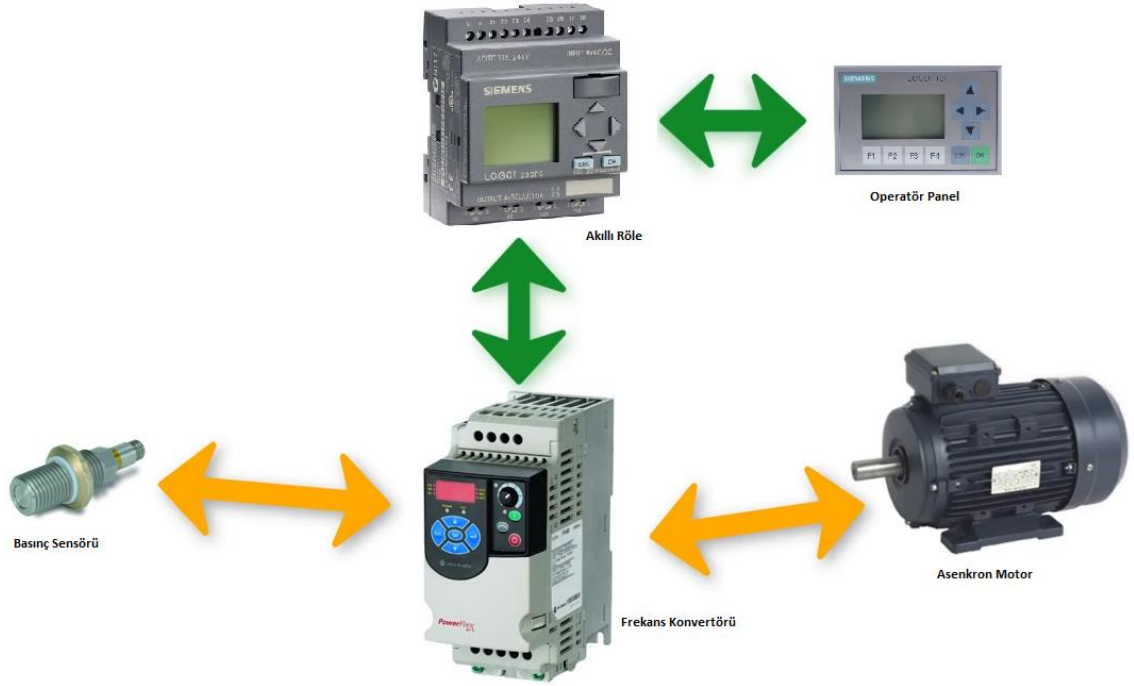
Manuel, mekanik, yarı otomatik gibi kontrol sistemleri olan yerlerde veya oransal vanalarla istenilen kontrolün sağlanamaması sonucunda abonelere sürekli yüksek derecede ısı verilmesi gerekir. Yani gerçek anlamda ısı dengelemesi yapılamayan bölgesel jeotermal ısıtma merkezlerinde abonelerin ihtiyacı olan ısıyı sağlamak için sürekli sıcak su pompalanması gerekmektedir. Sıcak suyun sürekli pompalanması da aşırı elektrik enerjisi sarfıyatı demektir.

Eşanjör dönüş sıcaklığı oransal valflerle kontrol edilip her aboneye optimum şekilde ısı transferi sağlandığında yüksek basınçta su pompalanmasına gerek kalmayacaktır. Jeotermal borularındaki basınca göre sirkülasyon pompa motorlarının devrinin ayarlanması gerekir.

Bazı jeotermal merkezlerinde devir ayarı manuel şekilde kontrol edilmektedir. Örneğin hava biraz ısındığında motorların devirleri operatör tarafından düşürülmekte veya bazı pompa motorları devreden çıkarılmaktadır. Ancak bu durum sadece operatörün isteği doğrultusundadır.

Basınç düştüğünde motor devrinin yükselmesi, basınç yükseldiğinde pompa motorlarının devrinin azalması otomatik kontrol formları ile sağlanır.

Şekil 10.1’de hız kontrol sisteminin basit gösterimi görülmektedir.



Şekil 10.1. Hız kontrol sistemi.

Elektrik pompa motorlarının devir kontrolü bir önceki konunun devamı niteliğinde olduğundan akıllı röleler yardımıyla PI denetimli kontrol gerçekleştirilmiştir. Operatör panellerle yine sistemin gözlem ve ayar gibi işlemleri yapabilecek formda programlanmıştır.

Eşanjör merkezlerindeki sıcak (termal) suyu abonelere ulaştırmak için kullanılan büyük güçlü asenkron motorların hız kontrolleri de jeotermal sistemindeki borularda oluşan basınç farkları baz alınarak yine “PI DENETİMLİ” Siemens LOGO akıllı cihazlarla sağlanmış ve test edilmiştir.

10.1. PI Denetimli Jeotermal Su Pompa Motorlarının Devir Ayar Kontrolünde Operatör Panel Ekranları ve Sistemin Çalışması

Basınç değişimleri baz alınarak yapılan eşanjör merkezlerindeki sirkülasyon pompa motorlarının hız kontrol uygulamasında PI DENETİM yazılımlı akıllı röle kullanılmıştır. Bu rölenin kendisine ait olan LOGO TD panel kullanılarak ayar ve izlenim kontrolü sağlanmıştır. Daha başka operatör panellerde kullanılabilir.



Şekil 10.2. Basınç set değerinin girildiği ekran.

Basınç set değeri milibar şeklinde ön ekrandan girilir (Şekil 10.2). Çalıştırma butonuna basıldığında basınç algılayıcısına göre akıllı röleye bağlı analog çıkış (AQ) 0-10 Volt arası bir gerilim üretir. Borulardaki basınç, set edilen değerden düşük ise analog çıkıştan alınan 0-10V'luk sinyal gerilimi yüksek değer olarak hız kontrol (Frekans Konvertörü / Frekans değiştirici) ünitesindeki analog girişe sinyal tarafına verilir. Hız kontrol ünitesindeki analog giriş değeri yükseldiğinde asenkron motora verilen frekans yükselir ve pompa motorunun devri artar.

Borulardaki basınç, set edilen değer yukarısında ise analog çıkış sinyal gerilimi düşecek, hız kontrol giriş sinyali düşük olacak, bunun sonunda motora verilen frekans düşeceğinden asenkron sirkülasyon pompa motorlarının devri de azalacaktır.

Basınca bağlı olarak motorun devir hızının kontrolü PI denetimli şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 10.3. Sirkülasyon pompa motorunun dakikadaki devir sayısını gösteren ekran.

Elektrik pompa motorunun dakikadaki devir sayısı Şekil 10.3'te gösterilen bu ekrandan görülür. İstendiği taktirde ekrana bar grafiği de eklenebilir.

10.2. Sirkülasyon Pompa Motorlarının Devir Hız Kontrolünün Önemi

Oransal vana kontrolü yapıldığında her aboneye gerektiği kadar ısı transferi sağlanmış olur. Tüm aboneler eşit ve yeterli değerde ısıyı aldıklarından sürekli yüksek basınçta sıcak su pompalanmasına gerek kalmaz. Talep düştüğünden jeotermal su borularındaki basınç yükselir, büyük güçlü elektrik motorları daha düşük devirlerde çalışarak sisteme su pompalarlar.

İklimsel olarak havanın biraz ısındığı düşünülürse binalardaki eşanjör dönüş sıcaklıkları, oransal vana kontrolü sayesinde düşük seviyeye getirilecektir. Otomatik olarak geriye çekilen bina altı eşanjör dönüş ısıları, jeotermal iletim borularında basıncın yükselmesine bu yüzden de asenkron motorların devir sayılarının azalmasına neden olur.

Büyük güçlü sirkülasyon pompa motor devir hızlarının düşüklüğü de elektrik enerji sarfiyatını düşürecektir.

Kamu binalarının, sosyal tesislerin, okul, cami, halk sağlığı vb. yerlerin eşanjör ısı oransal kontrolleri sonucunda asenkron motor devir hızları düşecek ve yine aynı şekilde yüksek elektrik tüketimi engellenecektir.

11. ARAŞTIRMA BULGULARI VE ANALİZLER

Tüm abonelere eşit şekilde ısı dağılımı yapılması amacıyla eşanjör dönüş sıcaklığının kontrolü akıllı rölelerle yapılmış, sistemin kontrol altında tutulması ve akıllı rölelerin çalıştırılması da değişik operatör panellerden ve android işletim sistemine sahip cihazlar tarafından sağlanmıştır.

Simav Belediyesi Jeotermal Servisinin, kimsesizler evi ve otomasyon kontrol merkezinin ısıtılmasında kullanılan eşanjör debi ayar vanasıyla ilgili bir test çalışması yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmada 1 ay boyunca eşanjör üzerinde bulunan kalorimetreden saat başı veriler alınarak kaydedilmiştir. Kaydedilen verilerin 24 saatlik ortalamaları alınarak saatte yaklaşık 2,37 m³ debi geçişi olduğu görülmüştür.

Daha sonra oransal vana sisteme dahil edilerek 1 ay boyunca saat başı değerler alınmış ve oransal vana kullanılırken kaydedilen verilerin 24 saatlik ortalamaları alındığında ise saatte geçen debi miktarının yaklaşık 0,47m³' lere kadar düştüğü görülmüştür.

Yapılan çalışmaların verileri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Bu verilerle yapılmış olan hesaplamalarda kullanılan formül:

$$Q = m \times c \times \Delta t \quad (11.1)$$

$$Q = \text{Enerji (kcal)}$$

$$m = \text{kütle (litre)}$$

$$\Delta t = \text{Sıcaklık farkı (°C)}$$

Oransal vana kullanılmadan harcanan enerji

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

$$m = 2,37 \text{ m}^3/\text{h} = 2,37 \text{ ton} = 2370 \text{ litre}$$

$$c = 1 \text{ (su için)}$$

$$\Delta t = \text{Termal giriş} - \text{Termal çıkış} = 57 - 54 = 3 \text{ °C}$$

$$Q = m \times c \times \Delta t = 2370 \times 1 \times 3 = 7110 \text{ kcal}$$

kWh cinsine döndürülürse;

$$7110 / 860 = 8,27 \text{ kWh}$$

Çizelge 11.1. Oransal vana olmadan mevcut durum değerleri.

Bina altı eşanjör mevcut durumda çalışırken tükettiği enerji miktarı (24 saatlik ortalama değer alınmıştır)											
DIŞ HAVA VE ZAMAN		ENERJİ DEĞERLERİ						ORANSAL VANA DEĞERLERİ			
Saat	Dış hava sıcaklığı	Termal Giriş (°C)	Termal Çıkış (°C)	Bina Gidiş (°C)	Bina Dönüş (°C)	Harcanan Enerji (kWh)	Debi (m³/h)	Termal Dönüş (°C)	% Açıklık	Açma Set (°C)	Kapatma Set (°C)
24 Saat Ortalaması	20 (°C)	57 (°C)	54(°C)	55(°C)	54(°C)	8,27 kWh	2,37 m³/h	0	0	0	0

Oransal vana kullanılırken harcanan enerji;

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

$$m = 0,47 \text{ m}^3/\text{h} = 0,47 \text{ ton} = 470 \text{ litre}$$

$$c = 1 \text{ (su için)}$$

$$\Delta t = \text{Termal giriş} - \text{Termal çıkış} = 57 - 50 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = m \times c \times \Delta t = 470 \times 1 \times 7 = 3290 \text{ kcal}$$

kWh cinsine döndürülürse;

$$3290 / 860 = 3,83 \text{ kWh}$$

Çizelge 11.2. Oransal vana takıldıktan sonraki değerleri.

Bina altı eşanjöre takılan oransal vana ile tükettiği enerji miktarı (24 saatlik ortalama değer alınmıştır)											
DIŞ HAVA VE ZAMAN		ENERJİ DEĞERLERİ						ORANSAL VANA DEĞERLERİ			
Saat	Dış hava sıcaklığı	Termal Giriş (°C)	Termal Çıkış (°C)	Bina Gidiş (°C)	Bina Dönüş (°C)	Harcanan Enerji (kWh)	Debi (m³/h)	Termal Dönüş (°C)	% Açıklık	Açma Set (°C)	Kapatma Set (°C)
24 Saat Ortalaması	20 (°C)	57 (°C)	50(°C)	52(°C)	50(°C)	3,83 kWh	0,47 m³/h	50 (°C)	Balans	48 (°C)	50 (°C)

Oransal vana kullanılmadan önce (Çizelge 11.1) ve kullanıldıktan sonraki (Çizelge 11.2) verilere göre yapılan hesaplamalar sonucunda harcanan enerji 8,27 kWh'tan 3,83 kWh'a düşmüştür. %53,68 oranında bir enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Simav Belediyesi Jeotermal Servisinin yapmış olduğu başka bir analiz / test çalışmasında aşağıdaki veriler kaydedilmiştir.

Çizelge 11.3. Oransal vana olmadan mevcut durum değerleri.

Bina altlarında bulunan aboneye ait 1 ¼" girişli eşanjör mevcut durumda çalışırken tükettiği enerji miktarı ($\Delta t = 4$)							
DIŞ HAVA VE ZAMAN		ENERJİ DEĞERLERİ					
Saat	Dış hava sıcaklığı	Termal Giriş (°C)	Termal Çıkış (°C)	Bina Gidiş (°C)	Bina Dönüş (°C)	Harcanan Enerji (kWh)	Debi (m³/h)
24 Saat Ortalaması	10 (°C)	60 (°C)	56(°C)	58(°C)	54(°C)	11,63 kWh	2,50 m³/h

Çizelge 11.4. Oransal vana tam açıkken alınan sonuçlar.

<i>Bina altlarında bulunan aboneye ait eşanjöre takılan $\frac{3}{4}$ oransal kontrollü vana ile tükettiği enerji miktarı (Vana full açık konumdayken, $\Delta t = 6$)</i>							
DIŞ HAVA VE ZAMAN		ENERJİ DEĞERLERİ					
Saat	Dış hava sıcaklığı	Termal Giriş (°C)	Termal Çıkış (°C)	Bina Gidiş (°C)	Bina Dönüş (°C)	Harcanan Enerji (kWh)	Debi (m ³ /h)
24 Saat Ortalaması	10 (°C)	60 (°C)	54(°C)	58(°C)	50(°C)	8,37 kWh	1,20 m³/h

Çizelge 11.5. Oransal vana takılıp 50 °C’de set edilerek alınan sonuçlar.

<i>Bina altlarında bulunan aboneye ait eşanjöre takılan $\frac{3}{4}$ oransal kontrollü vana ile tükettiği enerji miktarı (Termal dönüş 50°C’de set edilmiştir, $\Delta t = 10$)</i>							
DIŞ HAVA VE ZAMAN		ENERJİ DEĞERLERİ					
Saat	Dış hava sıcaklığı	Termal Giriş (°C)	Termal Çıkış (°C)	Bina Gidiş (°C)	Bina Dönüş (°C)	Harcanan Enerji (kWh)	Debi (m ³ /h)
24 Saat Ortalaması	10 (°C)	60 (°C)	50(°C)	56(°C)	48(°C)	7,56 kWh	0,65 m³/h

Çizelge 11.6. Oransal vana takılıp 48 °C’de set edilerek alınan sonuçlar.

<i>Bina altlarında bulunan aboneye ait eşanjöre takılan $\frac{3}{4}$ oransal kontrollü vana ile tükettiği enerji miktarı (Termal dönüş 48°C’de set edilmiştir, $\Delta t = 12$)</i>							
DIŞ HAVA VE ZAMAN		ENERJİ DEĞERLERİ					
Saat	Dış hava sıcaklığı	Termal Giriş (°C)	Termal Çıkış (°C)	Bina Gidiş (°C)	Bina Dönüş (°C)	Harcanan Enerji (kWh)	Debi (m ³ /h)
24 Saat Ortalaması	10 (°C)	60 (°C)	48 (°C)	54 (°C)	45 (°C)	6,70 kWh	0,48 m³/h

Çizelge 11.7. Oransal vana takılıp 45 °C’de set edilerek alınan sonuçlar.

<i>Bina altlarında bulunan aboneye ait eşanjöre takılan ¾ oransal kontrollü vana ile tükettiği enerji miktarı (Termal dönüş 45°C’de set edilmiştir, $\Delta t = 15$)</i>							
DIŞ HAVA VE ZAMAN		ENERJİ DEĞERLERİ					
Saat	Dış hava sıcaklığı	Termal Giriş (°C)	Termal Çıkış (°C)	Bina Gidiş (°C)	Bina Dönüş (°C)	Harcanan Enerji (kWh)	Debi (m³/h)
24 Saat Ortalaması	10 (°C)	60 (°C)	45 (°C)	52 (°C)	40 (°C)	5,23 kWh	0,30 m³/h

Oransal vana kullanılmadan yapılan test çalışması ölçümleri (Çizelge 11.3) ile oransal vana takılıp 45 dereceye set edilmesiyle yapılan test sonucu ölçümleri (Çizelge 11.7) neticesinde harcanan enerjideki tasarruf oranı %55’tir.

Oransal vana tam açık, oransal vana 50 °C, ve 48 °C’lerde set edilip gerekli ölçümler yapılmış ve Çizelge 11.4, Çizelge 11.5 ve Çizelge 11.6’ya kaydedilmiştir.

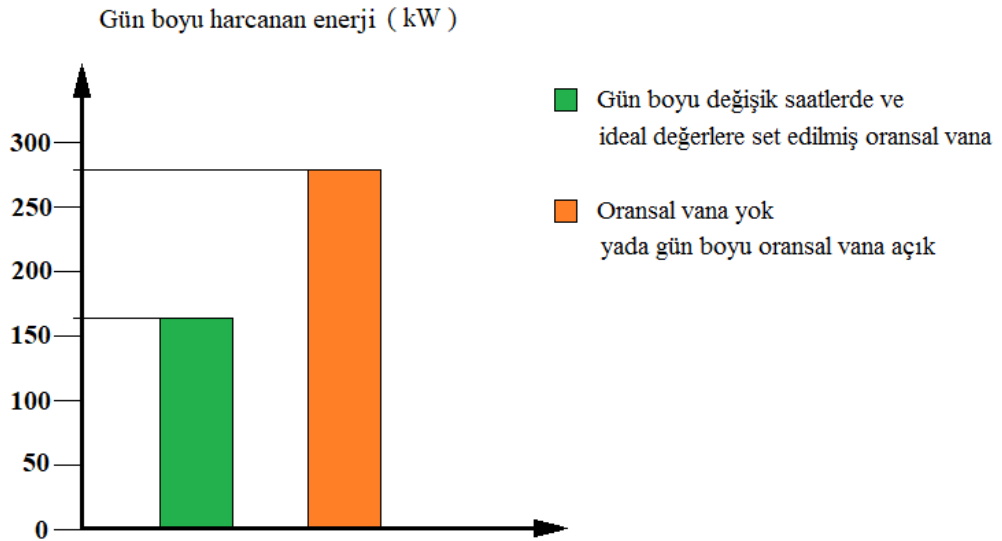
Yapılan bu analiz çalışmalarında görülüyor ki bir konutun ısınması için harcanan enerjide yarı yarıya tasarruf sağlanmaktadır. Bu değerler sadece oransal vana kullanılıp tek bir set değer üzerinden alınan verilerdir. Kamu binaları, okul, cami vb. yerler düşünüldüğünde buradaki set değerlerin zamana göre sürekli değişeceği, mesai saatleri dışında ya da hafta sonları, set değerinin en düşük konuma ineceği (uyku moduna) düşünüldüğünde yapılacak olan tasarrufun boyutu çok daha büyük olacağı kesindir.

Havanın ılık olduğu zamanlarda tüm abonelerin eşanjör dönüş sıcaklıklarının daha düşük değerlerde set edilmesi tasarrufu daha da arttıracaktır.

Aşağıdaki tabloda bir konutun jeotermal enerji ile oransal vana kullanılıp zamanlamaların da devreye sokularak bir günde harcanan enerji hesabı yapılmıştır. En son sütunda oransal vana olmadan yapılmış hesap bulunmaktadır. Aradaki tasarruf farkı aşağıya çıkartılmıştır.

Çizelge 11.8. Zaman modlarına göre oransal vananın set edilerek gün boyu harcanan enerji.

Set Değer Zamanları Isı, Debi ve Harcanan Enerji	Oransal Vananın Set Edildiği Saatler					GÜNBOYU
	10:00 18:00	18:00 00:00	00:00 06:00	06:00 08:00	08:00 10:00	
Termal Giriş Sıcaklığı (°C)	60	60	60	60	60	60
Termal Çıkış Sıcaklığı (°C)	48	50	45	54	50	56
Bina Dönüşü Sıcaklığı (Oransal vananın takıldığı yer) (°C)	45	48	40	50	48	54 (O.V. yok)
Ev içi ortalama ısı (°C)	22	24	20	26	24	27
Debi (m³/h)	0.48	0.65	0.30	1.20	0.65	2.50
Harcanan Enerji (saatteki kW)	6.70	7.56	5.23	8.37	7.56	11.63
Saat	8	6	6	2	2	24
Saate göre harcanan enerji (kW)	53.6	45.36	31.38	16.74	15.12	279.12 kW
24 saatte (günboyu) harcanan enerji (kW)	162.2 kW					



Şekil 11.1. Gün boyu zaman modlarına göre ideal sıcaklıklara set edilmiş oransal vananın tasarruf göstergesi.

Isı yalıtımı pek de iyi olmayan bir konutun optimum ısı transferi oluşturulup bir günün değişik saatlerinde oransal vana set değerleri değiştirilerek 162 kW'lık bir enerji harcanmaktadır. Eğer bu sistemde oransal vana yoksa bir günde harcanacak enerji 279 kW olacaktır (Çizelge 11.8). Sadece bir evde yapılan tasarruf miktarı %41.9 oranındadır. Şekil 11.1'de gün boyu zaman modlarına göre ideal sıcaklıklara set edilmiş oransal vananın tasarruf göstergesi görülmektedir.

Oransal vana kullanımı sayesinde hem adil bir şekilde her aboneye eşit değerde ısı verilecek hem de elde edilen jeotermal enerjinin daha başka yerleşim birimlerine de ısı verilmesine olanak tanınacaktır.

İç mekanlarda sıcaklık artışı çok olmayacağından ısıнын, dış havaya salınması önlenecek ve böylelikle iklimsel problemlerin de önüne geçilmiş olacaktır.

Abonelerin eşanjör dönüş sıcaklıklarının kontrol edilmesi, elektrik sarfiyatında da çok büyük bir tasarruf sağlanacaktır. Eşanjör dönüş sıcaklıklarının kontrolü neticesinde ısı talebi düşecek, talep düştüğünden jeotermal su borularındaki basınç yükselecek ve büyük güçlü elektrik motorlarının hız kontrolleri sonucunda motorlar daha düşük devirlerde sisteme su aktaracaklardır.

Pompa Kanunları:

Pompalarda hız (n), debi (Q), yükseklik (H) ve güç (P) arasındaki bağıntı aşağıdaki formüllerde gösterilmiştir.

$$Q1 / Q2 = n1 / n2 \quad (11.2.)$$

$$H1 / H2 = (n1 / n2)^2 \quad (11.3.)$$

$$P1 / P2 = (n1 / n2)^3 \quad (11.4.)$$

Bu formüllere göre örneğin pompa sadece yarı hızda çalıştırılırsa:

- %50 oranında “debi” düşer
- %75 oranında “basma yüksekliği” düşer
- %87,5 oranında “güç tüketimi” düşer

Örneğin, eşanjör merkezindeki 380 Volt gerilimde çalışan 1500 d/dk. 30 kW'lık bir su sirkülasyon pompa motoru yılın 8 ayı yani yaklaşık 250 günü çalışmaktadır. 19.01.2018 tarihli elektrik faturasına göre (Şekil 11.2) tüm vergi, fon, pay vb. tutarlar dahil elektriğin kwh'i

yaklaşık 0.432 TL'dir. Günde 20 saat devrede kalan bu motor sabit hızda çalıştırılır ve vanalar ile akış kontrolü yapılırsa, yıllık elektrik tüketimi yaklaşık: $30\text{kW} \times 5000 \text{ saat} \times 0.432 \text{ TL} = 64.800 \text{ TL}$ olmaktadır.

19-01-2018	Seri No: 2018000938398			
KUTAYITA				
İşletme Adı: 043.01.06.00.00	Dosya No: 75,00			
Müşteri No: 00000126500	Sıra No: 375,00			
Tarife Kodu: 50810	Dönem: 2018/01			
Tekli Kod: 1000555 (4316000000126500)				
Müşteri Sınıfı: (a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) (k) (l) (m) (n) (o) (p) (q) (r) (s) (t) (u) (v) (w) (x) (y) (z) (aa) (ab) (ac) (ad) (ae) (af) (ag) (ah) (ai) (aj) (ak) (al) (am) (an) (ao) (ap) (aq) (ar) (as) (at) (au) (av) (aw) (ax) (ay) (az) (ba) (bb) (bc) (bd) (be) (bf) (bg) (bh) (bi) (bj) (bk) (bl) (bm) (bn) (bo) (bp) (bq) (br) (bs) (bt) (bu) (bv) (bw) (bx) (by) (bz) (ca) (cb) (cc) (cd) (ce) (cf) (cg) (ch) (ci) (cj) (ck) (cl) (cm) (cn) (co) (cp) (cq) (cr) (cs) (ct) (cu) (cv) (cw) (cx) (cy) (cz) (da) (db) (dc) (dd) (de) (df) (dg) (dh) (di) (dj) (dk) (dl) (dm) (dn) (do) (dp) (dq) (dr) (ds) (dt) (du) (dv) (dw) (dx) (dy) (dz) (ea) (eb) (ec) (ed) (ee) (ef) (eg) (eh) (ei) (ej) (ek) (el) (em) (en) (eo) (ep) (eq) (er) (es) (et) (eu) (ev) (ew) (ex) (ey) (ez) (fa) (fb) (fc) (fd) (fe) (ff) (fg) (fh) (fi) (fj) (fk) (fl) (fm) (fn) (fo) (fp) (fq) (fr) (fs) (ft) (fu) (fv) (fw) (fx) (fy) (fz) (ga) (gb) (gc) (gd) (ge) (gf) (gg) (gh) (gi) (gj) (gk) (gl) (gm) (gn) (go) (gp) (gq) (gr) (gs) (gt) (gu) (gv) (gw) (gx) (gy) (gz) (ha) (hb) (hc) (hd) (he) (hf) (hg) (hh) (hi) (hj) (hk) (hl) (hm) (hn) (ho) (hp) (hq) (hr) (hs) (ht) (hu) (hv) (hw) (hx) (hy) (hz) (ia) (ib) (ic) (id) (ie) (if) (ig) (ih) (ii) (ij) (ik) (il) (im) (in) (io) (ip) (iq) (ir) (is) (it) (iu) (iv) (iw) (ix) (iy) (iz) (ja) (jb) (jc) (jd) (je) (jf) (jg) (jh) (ji) (jj) (jk) (jl) (jm) (jn) (jo) (jp) (jq) (jr) (js) (jt) (ju) (jv) (jw) (jx) (jy) (jz) (ka) (kb) (kc) (kd) (ke) (kf) (kg) (kh) (ki) (kj) (kk) (kl) (km) (kn) (ko) (kp) (kq) (kr) (ks) (kt) (ku) (kv) (kw) (kx) (ky) (kz) (la) (lb) (lc) (ld) (le) (lf) (lg) (lh) (li) (lj) (lk) (ll) (lm) (ln) (lo) (lp) (lq) (lr) (ls) (lt) (lu) (lv) (lw) (lx) (ly) (lz) (ma) (mb) (mc) (md) (me) (mf) (mg) (mh) (mi) (mj) (mk) (ml) (mm) (mn) (mo) (mp) (mq) (mr) (ms) (mt) (mu) (mv) (mw) (mx) (my) (mz) (na) (nb) (nc) (nd) (ne) (nf) (ng) (nh) (ni) (nj) (nk) (nl) (nm) (nn) (no) (np) (nq) (nr) (ns) (nt) (nu) (nv) (nw) (nx) (ny) (nz) (oa) (ob) (oc) (od) (oe) (of) (og) (oh) (oi) (oj) (ok) (ol) (om) (on) (oo) (op) (oq) (or) (os) (ot) (ou) (ov) (ow) (ox) (oy) (oz) (pa) (pb) (pc) (pd) (pe) (pf) (pg) (ph) (pi) (pj) (pk) (pl) (pm) (pn) (po) (pp) (pq) (pr) (ps) (pt) (pu) (pv) (pw) (px) (py) (pz) (qa) (qb) (qc) (qd) (qe) (qf) (qg) (qh) (qi) (qj) (qk) (ql) (qm) (qn) (qo) (qp) (qq) (qr) (qs) (qt) (qu) (qv) (qw) (qx) (qy) (qz) (ra) (rb) (rc) (rd) (re) (rf) (rg) (rh) (ri) (rj) (rk) (rl) (rm) (rn) (ro) (rp) (rq) (rr) (rs) (rt) (ru) (rv) (rw) (rx) (ry) (rz) (sa) (sb) (sc) (sd) (se) (sf) (sg) (sh) (si) (sj) (sk) (sl) (sm) (sn) (so) (sp) (sq) (sr) (ss) (st) (su) (sv) (sw) (sx) (sy) (sz) (ta) (tb) (tc) (td) (te) (tf) (tg) (th) (ti) (tj) (tk) (tl) (tm) (tn) (to) (tp) (tq) (tr) (ts) (tu) (tv) (tw) (tx) (ty) (tz) (ua) (ub) (uc) (ud) (ue) (uf) (ug) (uh) (ui) (uj) (uk) (ul) (um) (un) (uo) (up) (uq) (ur) (us) (ut) (uu) (uv) (uw) (ux) (uy) (uz) (va) (vb) (vc) (vd) (ve) (vf) (vg) (vh) (vi) (vj) (vk) (vl) (vm) (vn) (vo) (vp) (vq) (vr) (vs) (vt) (vu) (vv) (vw) (vx) (vy) (vz) (wa) (wb) (wc) (wd) (we) (wf) (wg) (wh) (wi) (wj) (wk) (wl) (wm) (wn) (wo) (wp) (wq) (wr) (ws) (wt) (wu) (wv) (ww) (wx) (wy) (wz) (xa) (xb) (xc) (xd) (xe) (xf) (xg) (xh) (xi) (xj) (xk) (xl) (xm) (xn) (xo) (xp) (xq) (xr) (xs) (xt) (xu) (xv) (xw) (xx) (xy) (xz) (ya) (yb) (yc) (yd) (ye) (yf) (yg) (yh) (yi) (yj) (yk) (yl) (ym) (yn) (yo) (yp) (yq) (yr) (ys) (yt) (yu) (yv) (yw) (yx) (yy) (yz) (za) (zb) (zc) (zd) (ze) (zf) (zg) (zh) (zi) (zj) (zk) (zl) (zm) (zn) (zo) (zp) (zq) (zr) (zs) (zt) (zu) (zv) (zw) (zx) (zy) (zz)				
LİHAN LUNCOR				
01 TİYATRYOR, EMRE CAD. K.2 NO 9				
ENERJİ BEDELİ		AKTİF	ENDÜKTİF	KAPASİTİF
Sayaç No:	01729947			
Marksa Tipi:	KAN			
Cesim:	1,000			
Son Endeks:	28849,675	0,000	0,000	0,000
İlk Endeks:	28651,938			
(+/-) Kaah:				
Tüketim:	1977,737			
Birim Fiyat:	0,274393			
Enerj Bed. Tutarı:	44,37			
GÜNDÜZ		PIYANT	GECE	
Son Endeks:	0,000	0,000	0,000	
İlk Endeks:	0,000	0,000	0,000	
(+/-) Kaah:				
Tüketim:				
Birim Fiyat:				
Enerj Bed. Tutarı:				
Dışleim Bedeli Birim Fiyatı:			0,2395252	
Dışleim Bedeli Tutarı:			24,51	
SOLUCİNGE GİDÜS		Demand AGD:		
Ag. Agims:	7,840	Demand Çarşaf:		0
Ag. Tutarı:		Demand Döğürle:		
Ag. Agims Tutarı:		Exp. Birim Fiyat:		
Ag. Agims Tutarı:		Ag. Agims Birim Fiyatı:		
Enerji Fiyatı:	0,44	Genetim Tutarı Oran:		220,00
T.İTİ Fiyatı:	0,35	Akars Tutarı Oran:		10010,00
Enerji Fiyatı:	2,22	Ag. Agims Oran:		16,400
(+/-) Tutarı:	0,03	İlk Okuma:		5,816
Kesime-Başlaması:		Son Okuma:		17-12-2017
Çay, Suluca Tutarı:	0,07	Ag. Agims Tutarı:		19-01-2018
Sayaç Sayı-Bakım:	0,04	Okuma Sade:		16,400
Yıllarınması:	0,07	Tüketim Tutarı:		19-01-2018
O.D. Dışleim:	0,04	Exp:		434,306
Dışleim Vergisi:	13,04	Okumak Dışleim Dışleim:		2018,000
K.D.V:		Çay Tutarı Dışleim (AGD):		19,747
Tutarı Tutarı:		İlk Okuma Tutarı (AGD):		2208,431
AGD Tutarı:		S. Güç Güç Tutarı:		
MUTATU Tutarı:				
85,50				
GEMERİ TARİHİ		Son Okuma Tarihi:		25 01 2018
Eski Borç (Geçmiş Zammı Harcı):				
GEMERİ YERLİ:				
KAYI VE YERLİLERİ SÜREKLİ VE ARAŞTIRILMIŞTIR				

Şekil 11.2. 19.01.2018 tarihli elektrik faturası.

Ancak bu pompada vana yerine aynı çalışma şeklinde frekans konvertörü ile akış kontrolü yapıldığını, günde 20 saat çalışan pompanın, 5 saat %100 yükte, 5 saat %75 yükte, 5 saat %50 yükte ve 5 saat %25 yükte çalıştığını varsayalım. Bu durumun yıllık elektrik tüketimi;

$$\%100 \text{ devir} = 1500 \text{ d/dk} \quad 30 \times 1250 \times 0,432 = 16.200 \text{ TL}$$

$$\%75 \text{ devir} = 1125 \text{ d/dk} \quad P2 = 12,65 \text{ kW} \quad 12,65 \times 1250 \times 0,432 = 6.831 \text{ TL}$$

$$\%50 \text{ devir} = 750 \text{ d/dk} \quad P2 = 3,75 \text{ kW} \quad 3,75 \times 1250 \times 0,432 = 2.025 \text{ TL}$$

$$\%30 \text{ devir} = 375 \text{ d/dk} \quad P2 = 468 \text{ W} \quad 0,468 \times 1250 \times 0,432 = 252,72 \text{ TL}$$

25.308,72 TL olmaktadır. Bu basit hesap sadece bir pompa içindir ve tasarruf miktarı yaklaşık olarak %60,9 gibi çok yüksek bir orandadır. Bir yerleşim biriminde bulunan merkezi eşanjör sisteminde TL bazında tasarruf miktarının çok daha yüksek seviyelerde olacağı kesindir.

Sirkülasyon pompa devrinin frekans konvertörü kullanarak %90'ına düşürülmesi bile çok ciddi bir enerji tasarrufu sağlar. Örnek olarak yılda 365 gün, günde 24 saat çalışan 100 kW

gücünde bir sirkülasyon pompa motoru devrinin %90'ına indirilmesi (50Hz yerine yaklaşık 45Hz) ile yapılan tasarruf sonucunda hız kontrol maliyetinin geri dönüşümü yaklaşık 5-6 ay gibi süre olabilmektedir.

Başka bir örnek olarak;

Bir pompa motorunun çıkış vanası %45 oranında kısıldığı tespit edilmiştir. Bu orana göre:

- $P1 = 20 \text{ kW}$, $N1=1500 \text{ rpm}$
- $P2 = \text{xxx}$, $N2=1000 \text{ rpm}$
- $P2 = 20 / (1500 / 1000)^3$
- $P2 = 5,92 \text{ kW}$ motor gücünde çalışacaktır.

$20 \text{ kW} - 5,92 \text{ kW} = 14,08 \text{ kW}$ tasarruf edilecektir.

Birim fiyat = 432 kuruş (kWh)

Çalışacağı gün = 300 (bir yılda)

Günlük çalışma = 20 saat (bir günde)

$14,08 \text{ kW} \times 0,432 \text{ TL} \times 300 \text{ gün} \times 20 \text{ saat} = 36.495,36 \text{ TL}$ tasarruf edilecektir.

12. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda;

- Jeotermal enerji ile ısınan birimin / abonenin eşanjör dönüş sıcaklığı, yüzer tip ve analog girişli olmak üzere iki oransal vana ile kontrol edilmiştir.
- Oransal vanalar, programlanabilir kontrol ünitesine (PLC) benzeyen, bu konuya daha uygun ve ekonomik olan akıllı rölelerle kontrol edilmiştir.
- Oransal vanalar on-off (çift taraflı) ve PI (oransal+integral) oransal kontrol formlarıyla denetlenmiştir.
- Oransal vana kontrol ünitelerine cep telefonu, tablet ile çok kısa zamanda ve kolaylıkla erişim sağlanmıştır.
- Oransal kontrol sistemine pratik olarak uzaktan erişim sağlanmış, gerekli kontrol ve set derece ayarlamaları yapılmıştır. Sistem kolaylıkla gözlem altında tutulmuştur.
- Oransal kontrol sistemi operatör paneller (HMI) yardımıyla gerekli kontrol ve set derece ayarlamaları rahatlıkla yapılmış, sistem kolaylıkla gözlem altında tutulmuştur.
- Gündüz, akşam, gece farklı ısı ihtiyacı olan konutların, sadece mesai saatlerinde açık olan kamu binalarının, uzun tatilleri olan okulların, üniversitelerin, günde 5 defa yaklaşık yarım saat gibi kamu yararında olan ibadethanelerin vb. yerlerin sürekli yüksek ısıda enerji harcamasını önlemek için kontrol sisteminde zamanlamalar oluşturulmuş ve sistemdeki zaman modlarının başarılı bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir.
- Jeotermal ana iletim borularındaki basınç farklarına göre PI denetimli, akıllı röle kontrollü sirkülasyon pompa motorlarının devir ayarı programları gerçekleştirilmiş ve basınç değişimlerinde motor devrinin istenilen şekilde değiştiği gözlemlenmiştir.

Bunların neticesinde;

- Jeotermal enerjinin israfı önlenmiş ve ciddi tasarruf sağlanmıştır.
- Aboneye optimum ısı sağlandığından konforlu bir yaşam standardı oluşturulmuştur.

- Oransal kontrol formlarıyla, vanalar istenilen eşanjör dönüş sıcaklık derecesini sabit tutmuştur.
- Oransal kontrol sisteminin bulunduğu odalara, mekanlara girilmeden uzaktan erişimle anında müdahale için telefon, tablet, operatör panellerle (HMI) hızlı bir şekilde gerekli ayarlamalar rahatlıkla yapılmış sistem kontrol altında tutulmuştur. Böylelikle zamandan ve insan gücünden ciddi bir tasarruf sağlanmıştır.
- Zaman mod ayarlamaları kolaylıkla yapılmış, bundan dolayı gereksiz ısı talebi ortadan kaldırılmış ve neticesinde ciddi oranda ısı tasarrufu sağlanmıştır.
- Sirkülasyon pompa motorunun akıllı röle kontrollü, PI denetimli otomatik devir kontrolü yapılarak yüksek elektrik sarfiyatı önlenmiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Demirel, M. (1998), Jeotermal enerjinin yerleşim alanlarına etkisi, Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.

Dönmez, E. (2003), Jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinin tasarım kriterleri, Diploma Projesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Denizli.

DPT (2001), “Jeotermal enerji çalışma grubu raporu”, Devlet Planlama Teşkilatı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

DPT (2007), “Jeotermal enerji çalışma grubu raporu”, Devlet Planlama Teşkilatı, Dokuzuncu Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

Dur, F. (2005). The Usage of Stochastic and Multicriteria Decision-Aid Methods Evaluating Geothermal Energy Exploitation Projects, the Graduate School of Engineering and Science of İzmir Institute of Technology, Master Thesis, İzmir.

Eltez, M. (1997), “Jeotermal enerji raporu”, TÜBİTAK - TTG, Bilim-Teknoloji - Sanayi Tartışmaları Platformu, Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu.

İnce, U. (2005), A Case Study of Material Testing For Corrosion In Low Temperature Geothermal Systems, the Graduate School of Engineering and Science of İzmir Institute of Technology, Master Thesis, İzmir.

Kozak, M., Kozak, Ş. (2012), Enerji depolama yöntemleri, SDU International Technologic Science.

Külekçi, Ö. C. (2009), “Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi”, Çevre Bilimleri Dergisi, Ankara Üniversitesi 83s.

Lund, J. W., Freeston D. H. (2000), World-wide direct uses of geothermal energy 2000, Japonya.

Mertoğlu, O., Bakır, N., Kaya, T. (2003), Geothermal applications in Turkey, Geothermics, 32-419428

MTA (1996), “Türkiye jeotermal envanteri”, Maden Teknik Ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Şahin, H., Güntürkün, R., (2008), Bina ısıtılmasında jeotermal enerji ile Soma linyit kömürü ve fuel-oilin ekonomik yönden karşılaştırılması, e-Journal of New World Sciences Academy, 3(2), 391-408

Şener A. C., Günerhan G.G. (2001), Jeotermal bölgesel ısıtma sistemlerinde otomatik kontrol, jeotermal enerji semineri (219-225s)

Uluşahin, A. (2009), Enerji Gereksiniminde bazı gerçekler, Jeotermal Enerji ve Yasal Durum, Diyarbakır.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yıldırım, Ö. (2005), Termal turizm işletmelerinde müşteri sadakati ve bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.

Yılmaz, M., Kaya, İ. (2012), Servo ve senkro mekanizmalar, Otomatik Kontrol Sistemleri, Mersin Üniversitesi.

Yiğit, Ü. (1994), Jeotermal enerjinin uygulama alanları, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Isparta.

Yonar, G. (2007), Jeotermal enerji ile ısıtılan Kütahya ili Simav ilçesindeki ısıtma sisteminin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve uygulanması gereken yenilikler, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2, 6, 12s.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜNGÖR, Erhan
Uyruğu : T.C.
Medeni hali : Evli
Doğum tarihi ve yeri : 10.08.1973 Bandırma

Eğitim Bilgileri

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	MÜTEF/ Elektrik Öğretmenliği	1994
Lise	Bandırma Endüstri Meslek Lisesi	1990
Orta Okul	Cumhuriyet İlköğretim okulu	1987
İlk Okul	Yaman Egeli İlk Okulu	1984

Adres Bilgileri

Adres : 101 Evler Mah. Yunus Emre Cad. No:9/2 Simav / KÜTAHYA
Cep Tel : 0542 369 7797
E-posta : pyscoor@hotmail.com