

TEKNOFEST HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: Energy Team

**PROJE ADI: EFFSOLARCO - ENERJİ VERİMLİLİĞİ İÇİN
GÜNEŞ ENERJİLİ SU İSTİMA SİSTEMLERİ İLE KOMBİNİN
ENTEGRASYONU**

BAŞVURU ID: 387606

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı).....	3
2. Problem/Sorun:	5
3. Çözüm	7
4. Yöntem.....	9
EFFSOLARCO Programının Akış Şeması:	11
EFFSOLARCO Programının Kod Satırları:	12
EFFSOLARCO'nun Yapım Aşamaları:	14
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü	15
6. Uygulanabilirlik	15
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	15
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):.....	16
9. Riskler	16
10. Kaynakça ve Rapor Düzeni.....	16

Sekiller Dizini

Şekil 1. Dünya güneş enerjisi potansiyeli atlası (Yolcan, 2020).....	3
Şekil 2. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2022).....	3
Şekil 3. Türkiye Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri	4
Şekil 4. Güneş Enerjisi ile Su Isıtma Sistemleri Çeşitleri (Bulut, 2007)	4
Şekil 5. 2016 Sonu İtibariyle Dünya Genelinde Güneş Enerjili Sıcak Su Üretiminde En Yüksek Kapasiteye Sahip İlk 10 Ülke ve Üretim Kapasitelerinin Kolektör Tiplerine Dağılımı (Erdemir, 2018).....	5
Şekil 6. Proje Şeması.....	8
Şekil 7. EFFSOLARCO'da kullanılan elektronik bileşenler	9
Şekil 8. EFFSOLARCO yazılımının akış şeması.....	11
Şekil 9. EFFSOLARCO Programının Kod Satırları (1. Sayfa).....	12
Şekil 10. EFFSOLARCO Programının Kod Satırları (2. Sayfa).....	13
Şekil 11. EFFSOLARCO'nun yapım aşamaları	14

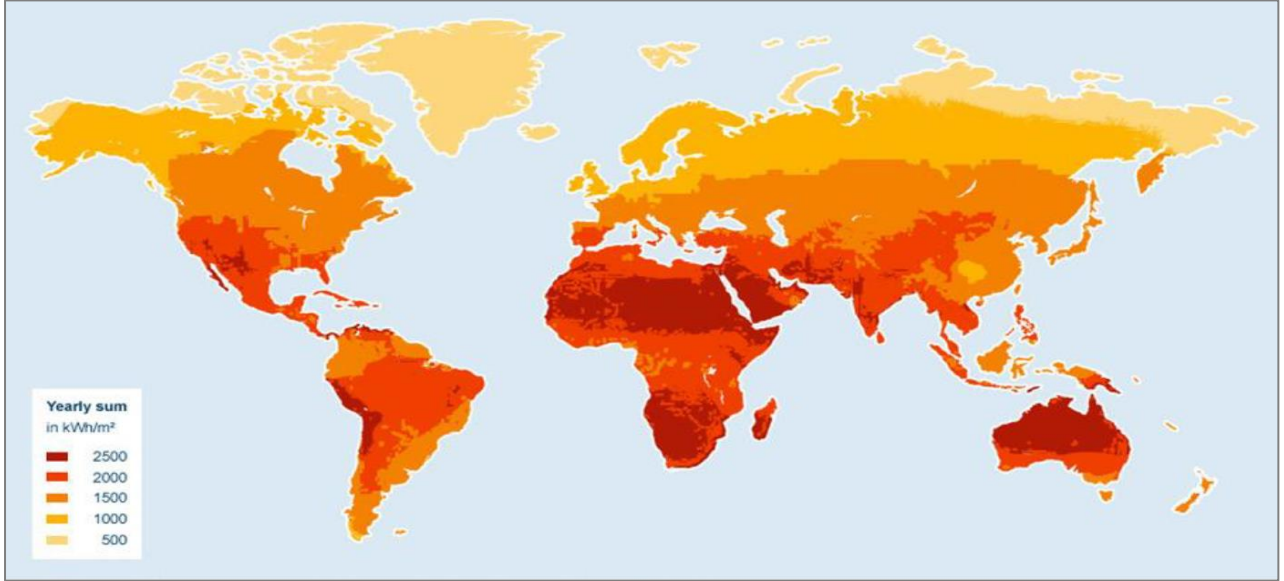
Tablo Dizini

Tablo 1. Satış ve montaj anketi	6
Tablo 2. Kullanıcı anketi	6
Tablo 3. Maliyet Tablosu	15

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

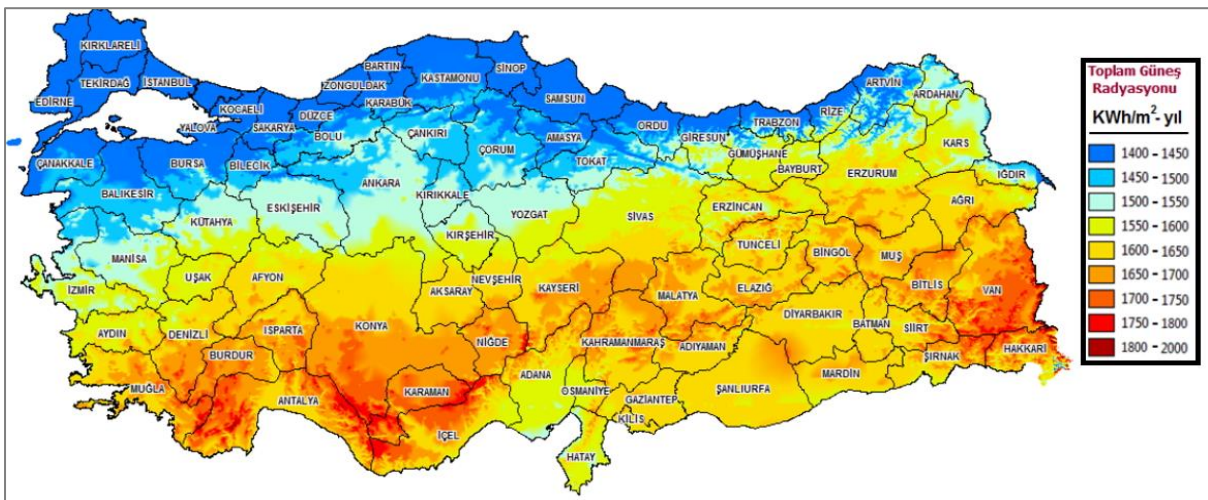
Son yıllarda çevre politikalarının yeni bir hal alması iklimin ve gerekli ham madde ihtiyacının getirdiği zorunluluklardan ötürü yenilenebilir enerjiye olan ilginin artışı ivmeli olarak yükselmektedir. Bu yenilenebilir enerji sektörünün şüphesiz baş aktörlerinden birisi de güneş enerjisidir. Güneş enerjisi birçok farklı alanda kullanılmaktadır.

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışımaya enerjisidir. Atmosferin dışında güneş enerjisi şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir. (Yolcan, 2020).

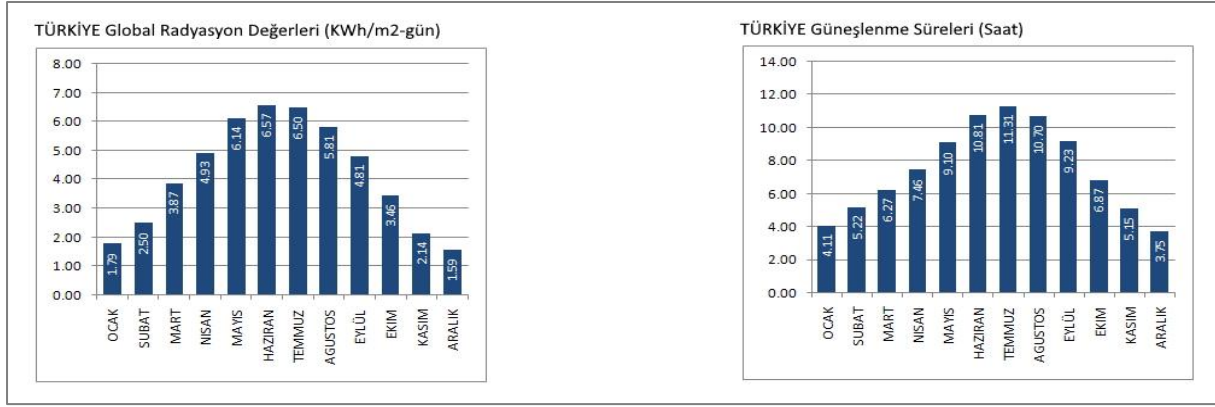


Şekil 1. Dünya güneş enerjisi potansiyeli atlası (Yolcan, 2020)

Türkiye'nin coğrafi konumu, güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli bakımından çok verimlidir. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'na (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresinin 2.741,07 saat (günlük 7,51 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisinin $1.527,46 \text{ kWh/m}^2$ (günlük $4,18 \text{ kWh/m}^2$) olduğu saptanmıştır. (T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Şekil 2'de Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası verilmiştir.



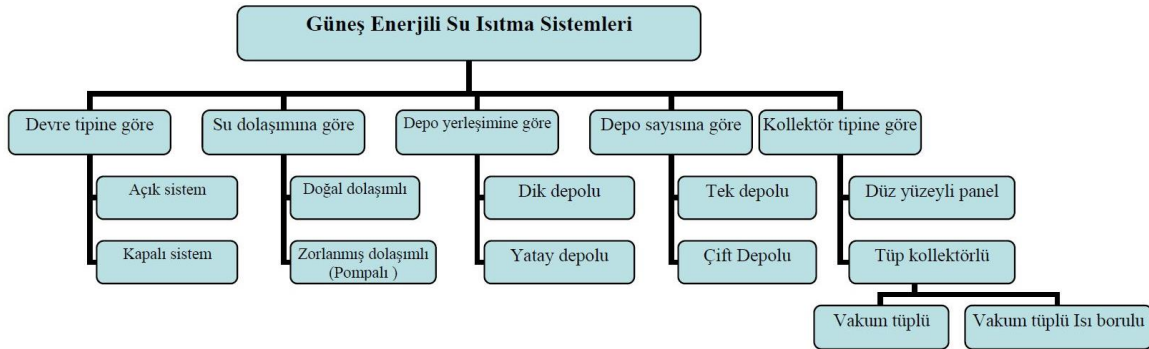
Şekil 2. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2022)



Şekil 3. Türkiye Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri

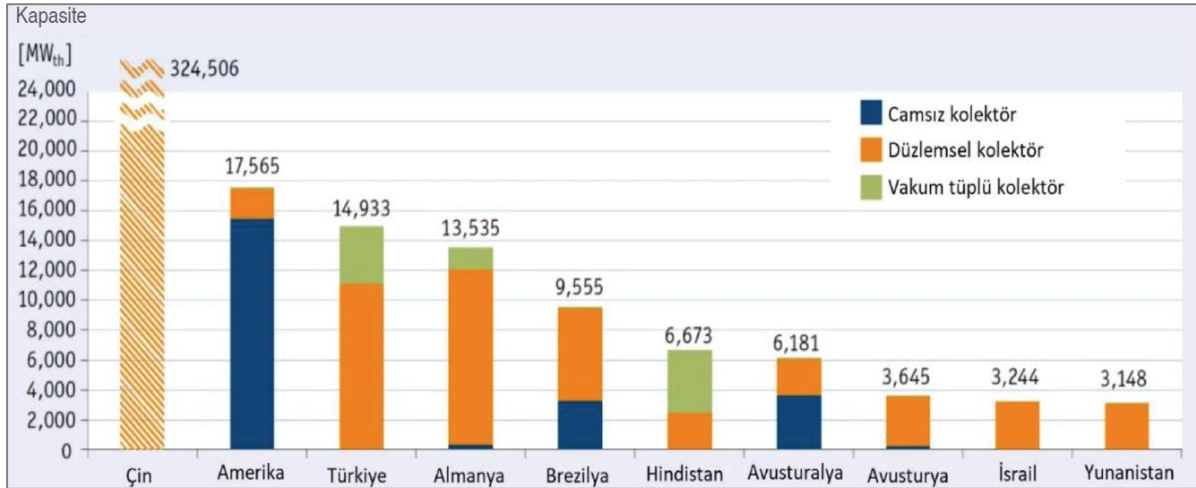
Güneş enerjisi uygulamalarından en yaygını su ısıtma sistemleridir. Güneş enerjisi ile sıcak su hazırlama sistemleri, hazırlanacak suyun kullanma yerine, suyun ısıtılma şekline, sistemdeki suyun dolaşımına ve amacına göre değişiklik gösterirler. ‘Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri’ (GESIS) teknolojik olarak iyi bilinmekle beraber yeni gelişmeler olmaktadır. Temiz enerji kullanımı bilincinin az olması, sadece ilk yatırım maliyetinin göz önüne alınması, teknik bilgi eksikliği ve bu konudaki bilginin son kullanıcıya ulaştırılmaması, eski sistemlerin düşük verimlere sahip olması gibi nedenler güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin önündeki engellerdir. (Hepbaşlı, 2004).

Güneş enerjisi ile su ısıtma sistemlerinde birçok çeşit bulunmaktadır. Güneş enerjisini toplayan kolektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. Şekil-3’de güneş enerjili su ısıtma sistemleri çeşitli yönlerden sınıflandırılmıştır. (Bulut, 2007).



Şekil 4. Güneş Enerjisi ile Su Isıtma Sistemleri Çeşitleri (Bulut, 2007)

Ülkemiz güneş enerjisinin ısıl uygulamalarında hem büyük bir pazar hem de önemli bir üretici konumundadır. Şekil 4’te 2016 yılı sonu itibariyle dünyada güneş enerjili sıcak su üretiminde ilk 10 ülke ve bu ülkelerin kapasiteleri görülmektedir. Ülkemiz Çin ve Amerika’dan sonra sahip olduğu 14.933 GWth ile üçüncü sıradadır. Ülkemizin üretim kapasitesi dünya genelinde güneş enerjisinden su elde etme sistemlerinde toplam kapasitenin yaklaşık %3’ü civarındadır. 2014 yılı sonu verilerine göre ülkemiz 4. sırada yer almaktaydı. Kısa süredeki kapasitedeki artış ülkemizdeki pazarın hem büyüklüğünü hem de büyüme hızını açık bir şekilde göstermektedir. (Erdemir, 2018)



Şekil 5. 2016 Sonu İtibariyle Dünya Genelinde Güneş Enerjili Sıcak Su Üretiminde En Yüksek Kapasiteye Sahip İlk 10 Ülke ve Üretim Kapasitelerinin Kolektör Tiplerine Dağılımı (Erdemir, 2018)

Güneş enerjisinin ülkemizdeki en yaygın uygulama alanının Güneş enerjili su ısıtma sistemleridir. (Koçak, 2020). Güneş enerjisiyle su ısıtma sistemleri (GESIS), kendi sistemi içerisindeki özelleşmiş parçaların kompozit bir yapı oluşturduğu kolektörler yardımıyla güneşten emilen enerjiyi ısı enerjisine çevirmektedir. Bu sayede suyun ısıtılmasına olanak sağlayan yenilenebilir, çevreci ve aynı zamanda maliyeti düşük bir sistem olmasından dolayı oldukça fazla tercih edilmektedir.

Ancak GESIS'ler sağladığı avantajların yanında önemli bir sorunu da beraberinde getirdiği görülmektedir. Bu sorunun, kış aylarında (özellikle kışların sert geçtiği bölgelerde) su iletiminde görevli boruların donması nedeniyle sistem akışını bozarak uzun süre kullanılmamasından kaynaklanan enerji verimsizliği olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda borulardaki su donmalarına bağlı olarak meydana gelen muhtemel ev su baskınları da bir takım ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Projemiz ile bu verimsizlik sorununa neden olan olası donma olaylarını engelleyen, aynı zamanda kombi ile güneş enerjisi arasındaki bağlantıyı otomatik ve kesintisiz şekilde sağlayan bir sistem geliştirmeyi hedefledik. Bununla birlikte GESIS'lara bağlı ev su baskınlarının da önüne geçmeyi hedefledik.

Ülkemizde GESIS'ler 'açık devre' ve 'kapalı devre' olarak iki tür halinde yoğun olarak kullanılmasına rağmen verimli olarak faydalandığı söylenemez. Kapalı devre GESIS'lerin kombi ile bütünleşik çalışmasına yönelik sistemler geliştirilmiş olmasına karşın daha yaygın olarak kullanılan açık devre ve doğal dolaşimli GESIS'ler (Şekil 3) için böyle bir uygulamanın yapıldığına rastlanılmamıştır. Bu projeye, sensörler aracılığıyla elde ettiğimiz su sıcaklık değerlerinden yararlanarak, kombi ile GESIS arasında şartlara uyan sistemi devreye sokarak enerji verimliliğini sağlamakla birlikte donma sorunlarının önlenmesi sağlanmıştır. Bundan ötürü oluşabilecek verim düşüklüğü ve su baskınları da ortadan kaldırılmıştır.

2. Problem/Sorun:

Ülkemizde Güneş enerjisinden faydalanarak enerji verimliliği sağlamak için yaygın olarak kullanılan Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinde (GESIS) maliyetinin az olmasından dolayı

doğal dolaşım, açık devreli sistemler yaygın olarak tercih edilmektedir. Her ne kadar bu sistemlerin, montajları esnasında borular, donmalar için özel üretilmiş yalıtım malzemeleriyle kaplansa da şiddetli soğuklarda borulardaki suyun donmasından dolayı kış aylarında verimli kullanılamamaktadır. Bölgemizde yaptığımız araştırmalarda verimsizliğe neden olan etkenler:

- 1- Sistemde kullanılan borularda olabilecek su donmasına bağlı patlamalardan meydana gelecek su baskınları,
- 2- GESIS'daki suyun sıcaklığı hakkında bilgi sahibi olamamız nedeniyle sıcak suyun kombiden mi, GESIS'tan mı elde edileceğinin bilinmemesi.
- 3- Kombi ile GESIS arasındaki su tesisatı bağlantılarının yönünün sürekli el ile değiştirilmesi gerekliliği.

Bu etkenler, çatılarda bulunan sistemlerin suyunun boşaltılarak GESIS'ların âtil olarak kalmasına ve buna bağlı olarak enerji kaynaklarının verimsiz kullanılmasına yol açmaktadır. Yaptığımız araştırmalarda maliyeti yüksek olduğu için az kullanılan zorlanmış dolaşım (pompalı) kapalı devreli GESIS'lar için kombiyle GESIS'ın ortak çalışacağı geliştirilmiş birçok sistemin olduğunu gördük. Fakat yaygın olarak kullanılan açık devreli doğal dolaşımli GESIS'lar için henüz buna benzer bir sistemin geliştirilmediğini gördük.

SN	SORU	YANITLAR	
1	Bu sektörde kaç yıldır hizmet veriyorsunuz?	(5 Satıcının Ortalaması) 20	
2	Bölgemizde hangi model GESIS'ların satışı ve montajı daha çok tercih edilmektedir.	Açık Devre Doğal Dolaşımli GESIS	% 100
		Kapalı Devre Zorlanmış Dolaşımli GESIS	%0
3	Son bir yıl içerisinde satmış olduğunuz açık devre doğal dolaşımli GESIS sayısı kaçtır?	780	
4	Son bir yıl içerisinde satmış olduğunuz kapalı devre zorlanmış dolaşımli GESIS sayısı kaçtır?	66	
5	Son bir yıl içerisinde satmış olduğunuz açık devre doğal dolaşımli GESIS'ların kombi ile entegrasyonunu sağlıyor musunuz?	Evet	%0
		Hayır	% 100
6	Son bir yıl içerisinde satmış olduğunuz kapalı devre zorlanmış dolaşımli GESIS'ların kombi ile entegrasyonunu sağlıyor musunuz?	Evet	%20
		Hayır	%80
7	Son bir yıl içerisinde yaptığınız kış aylarındaki donmaya bağlı meydana gelen GESIS onarım sayısı kaçtır?	30	

Tablo 1. Satış ve montaj anketi

SN	SORU	YANITLAR	
1	Kaç yıldır GESIS kullanıyorsunuz?	(34 Kullanıcının Ortalama) 8,5	
2	Hangi model GESIS kullanıyorsunuz?	Açık Devre Doğal Dolaşımli GESIS	%67,6
		Kapalı Devre Zorlanmış Dolaşımli GESIS	%11,8
		Bilmiyorum	%20,6
3	Kullanmakta olduğunuz GESIS'ın kombi ile entegrasyonu var mı?	Evet	%5,9
		Hayır	%73,5
		Bilmiyorum	%5,9
4	Kış aylarında GESIS'ı aktif olarak kullanabiliyor musunuz?	Evet	%11,8
		Hayır	%88,2
5	Önceki soruya cevabınız hayır ise neden aşağıdakilerden hangisidir?	Donma riskinden ötürü sistemin suyunu boşaltarak kapatıyorum.	%86,7
		Kışın konutumu kullanmadığımdan ötürü kapatıyorum.	%13,3

Tablo 2. Kullanıcı anketi

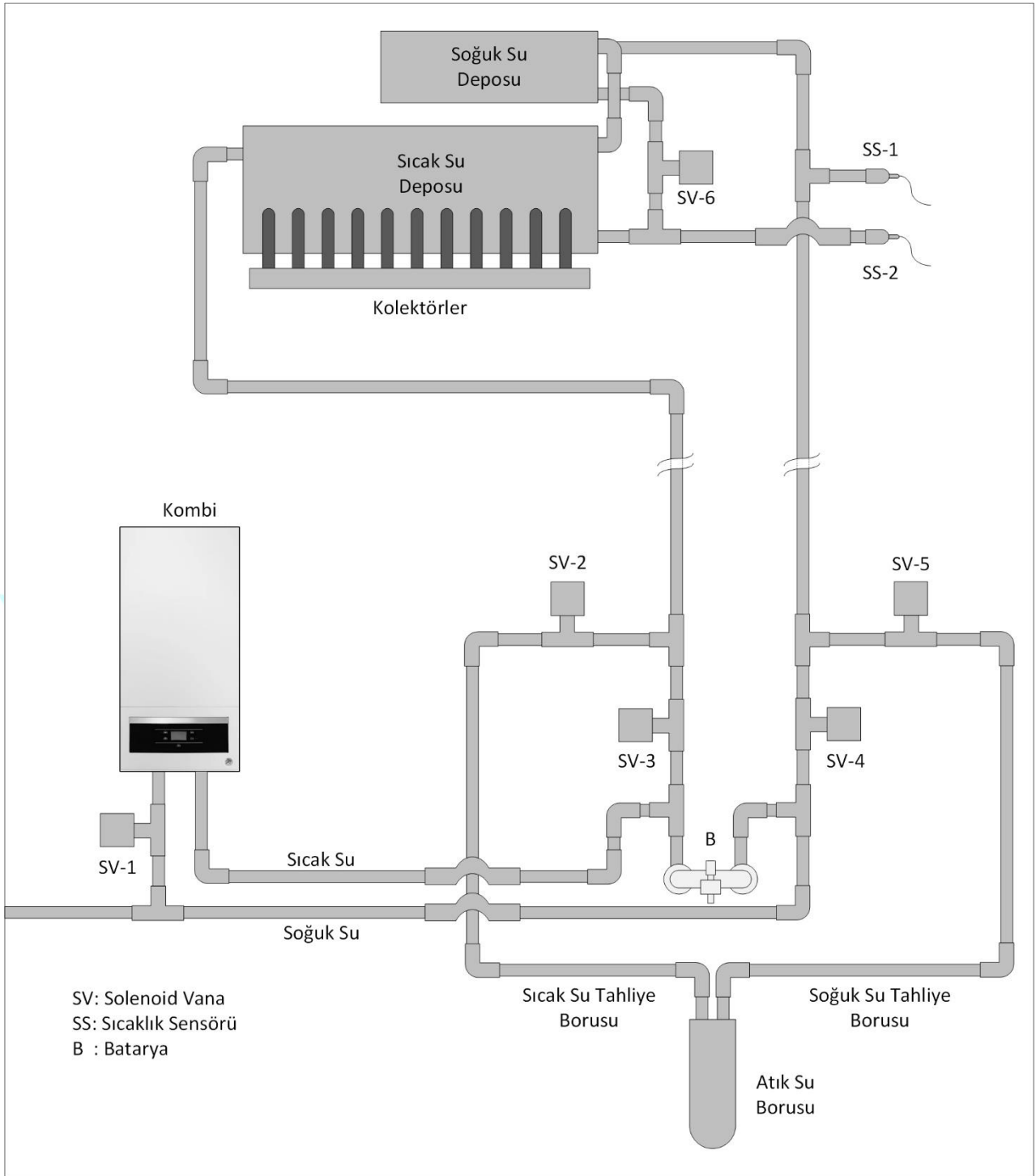
Bölgemizde 5 GESIS satıcısı, 34 kullanıcısı üzerinde yapmış olduğumuz anketlerin sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 1’de GESIS satış ve montaj-bakımını yapan bölgemiz firmalarına anket soruları sorulmuş ve cevapları alınmıştır. Sonuçlar incelendiğinde son bir yıl içerisinde 780 adet açık devre doğal dolaşimli GESIS satılmasına karşın 66 adet kapalı devre zorlanmış dolaşimli GESIS’in satıldığı görülmüştür. Yani toplam GESIS satışının %92,2’si açık devre doğal dolaşimli GESIS’lar oluşturmaktadır. Aynı tabloda son bir yıl içerisinde açık devre doğal dolaşimli sistemlerin hiçbirinin kombi ile entegrasyonunun yapılmadığı görülecektir. Öyle ki kapalı devre zorlanmış dolaşimli GESIS’larda bile kombi ile entegrasyonun %80’inin olmadığı görülmüştür. Son olarak Tablo 1’de kış aylarındaki donmalara bağlı olarak son bir yıl içerisinde 30 tane GESIS’ta arıza meydana geldiği görülmüştür.

Tablo 2’de ise kullanıcılara yönelik sorular sorulmuş ve cevapları alınmıştır. Tablo verileri incelendiğinde kullanıcılara “Hangi model GESIS kullanıyorsunuz?” sorusu yöneltildiğinde %67,6’sı açık devre doğal dolaşimli GESIS, %11,8’i kapalı devre zorlanmış dolaşimli GESIS kullandığı, %20,6’sı ise hangi modeli kullandığını bilmediğini belirtmiştir. Kullandıkları GESIS’in kombi ile entegrasyonunun olup olmadığı sorulduğunda %73,5’inin hayır cevabını verdiği görülmüştür. Kış aylarında GESIS’larını aktif olarak sorulduğunda ise %88,2’sinin hayır cevabını verdiği, bunlardan %86,7’sinin ise donma riskinden ötürü kullanmadığını belirttiği görülmüştür.

3. Çözüm

Geliştirdiğimiz EFFSOLARCO sistemiyle maliyeti az olan açık devreli GESIS’larla kombi arasındaki entegrasyon sağlanarak doğal enerji kaynaklarından (güneşten) en yüksek oranda yararlanılması ve sistemde donmalardan kaynaklanan sorunların ortadan kaldırılması sağlanmaktadır.

Projede mevcut GESIS’a ilave olarak 6 adet solenoid vana (SV-1...6), iki adet sıcaklık sensörü (SS-1 ve SS-2), birkaç metre su borusu, bir adet arduino kart, bir potansiyometre, bir adet dijital gösterge ve kablolar kullanılmaktadır. Projenin kuruluş şeması Şekil 5’teki gibidir. Donma tehlikesine karşı sistemde bulunan arduino kart, sıcaklık sensörlerinden (SS-1 ve SS-2) gelen sıcaklık değerlerini düzenli olarak okuyarak borulardaki suyun sıcaklığı kristalleşmenin başladığı +4 °C’nin altına düştüğünde SV-2 ve SV-5 vanalarını açarak borulardaki suyu tahliye etmektedir. Sıcaklık +4 °C’nin üzerine çıktığında ise vanaları tekrar eski haline getirmektedir. +4 °C ve altındayken aynı zamanda SV-3 ve SV-4 vanalarını kapatıp SV-1 vanasını açarak sıcak suyun kombiden elde edilmesini sağlamaktadır. GESIS’taki suyun sıcaklığı potansiyometre ile ayarlanan sıcaklığın (insanın dayanabileceği en yüksek sıcaklığın 35 °C olduğu dikkate alınmalıdır) üzerine çıktığında ise SV-1’i kapatıp, SV-3 ve SV-4 vanalarını açarak suyun GESIS’tan elde edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 6. Proje Şeması

SV-6 vanası ise donma durumundaki su tahliyesinde zaten yalıtımlı olan soğuk su tankının suyunun boşalmaması için $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altındaki sıcaklıklarda kapatılmaktadır.

Proje GESIS'a eklenen basit birkaç parça önemli ölçüde enerji verimliliği elde edilmiştir. Projemiz ülkemizde yoğun kullanımı olan GESIS'ların kış başında suyunun boşaltılıp kapatılması suretiyle âtıl kalmasını engelleyerek güneş enerjisinden maksimum oranda yararlanılmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte kışın suyu boşaltılmayan GESIS'ların donma nedeniyle patlayan su borularının ($+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altındaki su ve donan buz genişir) meydana getirdiği ev ve işyeri su baskınlarının önüne geçilmektedir. Son olarak GESIS'taki sıcaklık

sensörleri sayesinde dijital gösterge panelinden su sıcaklığının anlık olarak öğrenilmesi de mümkün olmaktadır.

4. Yöntem

Tespit edilen probleme ilişkin ortaya koyduğumuz çözümü test etmek amacıyla bir prototip hazırlanmıştır. Bu prototipin hazırlanmasında elektronik ve yazılım alanından faydalanılmıştır. Bileşenlerinin basit ve ucuz, işlevinin ise kayda değer olması projenin uygulanabilirliğini artırmaktadır. Projede, suların yönlendirilmesi için 6 adet solenoid valf, suyun sıcaklığının ölçülebilmesi için 2 adet su geçirmez dijital sıcaklık sensörü (DS18B20), sistemi yönetmesi için bir adet mikro denetleyici (ARDUINO UNO), sistemin ısıya göre vanaları çalıştırabilmesi için 6 adet anahtarlayıcı (RÖLE), istenilen sıcaklığın ayarlanabilmesi için 10K stereo potansiyometre, 2x16 boyutlarında LCD ekran, boruların içerisine suyu temsil etmesi için yerleştirilen kırmızı, mavi ve beyaz şerit LED lambalar ve yardımcı elektronik malzemeler kullanılmıştır. (Şekil 6)

 <p>Su Geçirmez DS18B20 Dijital Isı Sensörü</p> <p>Özellikleri:</p> <p>Çalışma Voltajı : 3.0V-5.0V 30.5° C hassasiyetle -10° C-80° C arasında sıcaklık okuması 9 veya 12 bit seçilebilir çözünürlük 1-wire arabirimi ile iletişim için tek dijital pin kullanılabilir. Sıcaklık limiti uyan sistemi bulunmaktadır. 750 mS'den daha az bir tepki süresi 3 tel arayüzü: Kırmızı Kablo - VCC Siyah Kablo - GND Beyaz Kablo - DATA 6mm çapında 30mm boyunda paslanmaz çelik kılıf 1 metre uzunluğunda kablo Su geçirmez</p>	 <p>1 Kanal 5 V Röle Kartı</p> <p>Özellikleri:</p> <p>1 kanal röle kontrol kartı, 5V ile kontakların kontrol edilebildiği, Arduino veya diğer başka mikrodenetleyiciler ile kullanılabilen bir röle kartıdır. Mikrodenetleyiciden tetik sinyali sırasında 20mA'lık bir akım çekmektedir. Çeşitli hobi, endüstriyel ve robotik projelerde sıklıkla kullanılır. 30VDC veya 220VAC gerilimde 10A'e kadar akımı anahtarlayabilmektedir. Her bir röle için kontrol ledleri bulunmaktadır. Röleler lojik 0(0V) ile tetiklenir.</p>	 <p>Solenoid Su Valf - 1/2 Inch</p> <p>Özellikleri:</p> <p>Çalışma basıncı: 0.02 Mpa - 0.8 Mpa Çalışma sıcaklığı: 1 C° - 75 C° Valf açılma süresi: 0.15 sn Valf kapanma süresi: 0.3 sn Çalışma gerilimi: 12VDC (6V ile de kullanılabilir) Çalışma ömrü: 50 milyon açma-kapama Ağırlık: 122gr Boyutlar: 76.2 x 57.15 x 50.8 (mm)</p>
 <p>Arduino UNO</p> <p>Özellikleri:</p> <p>Mikrodenetleyici: ATmega328 işlemcisi kullanılıyor. Besleme Voltajı: 7-12V arasında bir voltaj değerinde beslenebilir. Çalışma Voltajı: 5V Giriş-Çıkış Pinleri Sayısı: 14 adet dijital pini mevcuttur. Bunlardan 6 tanesi PWM olarak kullanılabilir. 6 pinden 8 bitlik analog sinyal çıkışı elde edilebilmektedir. Pinlerdeki Akım: 5V da 40mA, 3.3V da 50mA olmaktadır. FLASH: 32 KB SRAM: 1 KB EEPROM: 1 KB Çalışma Saat Hızı: 16MHz İletişimi de USB üzerinden sağlayabilmektedir.</p>	 <p>10K Stereo Potansiyometre</p> <p>Özellikleri:</p> <p>10K Stereo Potansiyometre, üzerindeki mill çevirdikçe değeri değişen ayarlı direnç çeşitlerindedir. Ara direnç değeri gereken yerlerde veya akım ve voltaj kontrolü devrelerinde sıklıkla kullanılır. Direnç değeri ortadaki bacak ile yan bacaklar arasında değişir. Stereo potansiyometre anlamına gelir. Aynı anda iki farklı sistem kontrol edilebilir.</p>	 <p>2x16 LCD Ekran - Yeşil Üzerine Siyah - TC1602A</p> <p>Özellikleri:</p> <p>+5V ile çalışmaktadır. Back Lighting özelliğine sahiptir. LCD arka fon ışığı olmadan 4mA akım çekmektedir. Boyutları 80x36x9.4mm'dir Çalışma sıcaklığı -20 ile +70 derece arasındadır.</p>

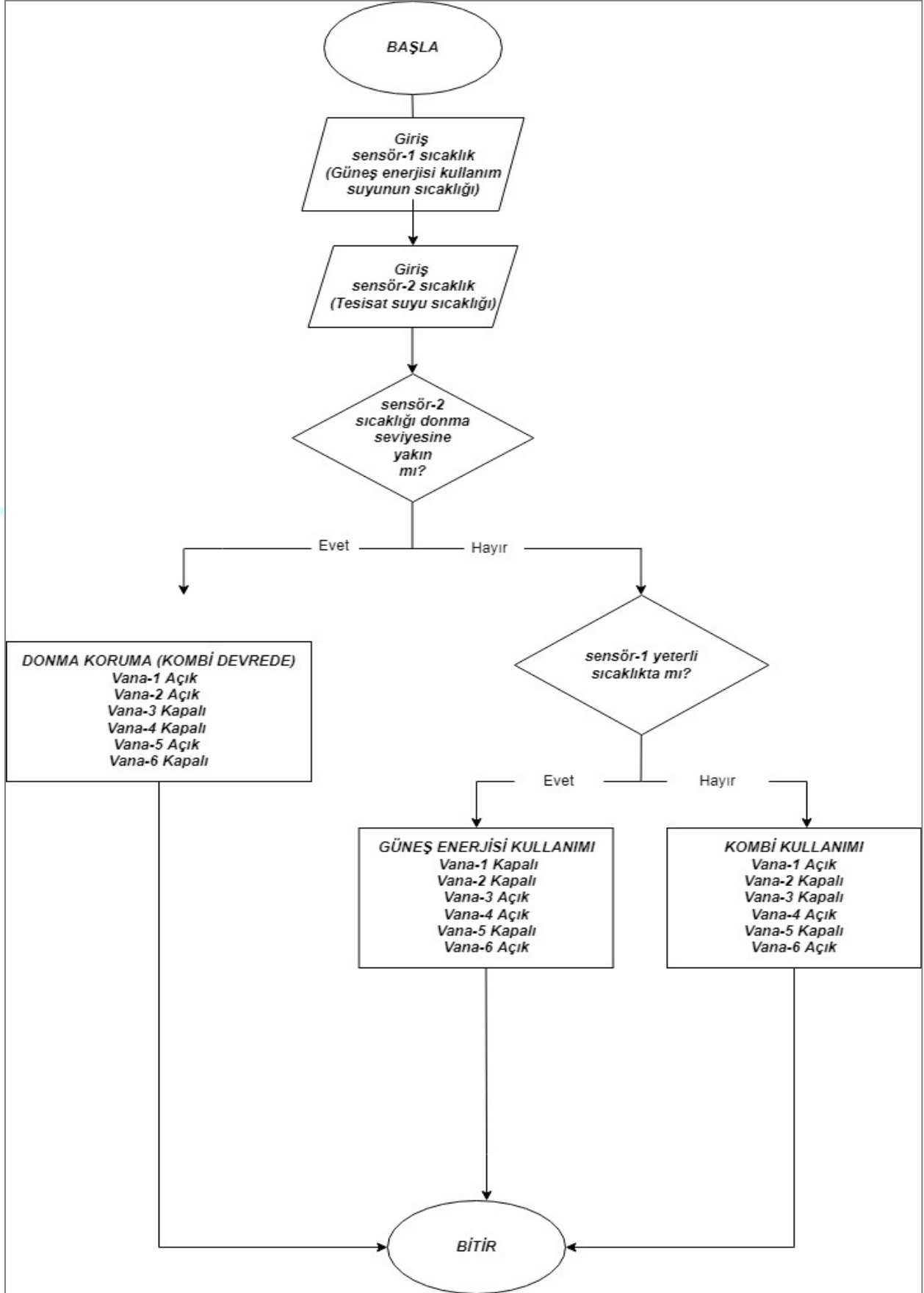
Şekil 7. EFFSOLARCO'da kullanılan elektronik bileşenler

Daha sonra bu parçaların üzerine yerleştirilebileceği ahşaptan yapılmış bir maket ev silüeti temin edildi. Bu evin üzerinde temsili olarak su tesisatı örneklendirildi. Sitemden istenen suyun sıcaklık değeri LCD ekran ve Potansiyometrenin bulunduğu kontrol panelinden ayarlandıktan sonra, sistemin en uygun yerine (sıcak su tankına ve güneş enerjisi sisteminin soğuk su girişine) yerleştirilen sıcaklık sensörleri sayesinde ölçülen sıcaklığa göre solenoid vanaların açılması veya kapanması sağlanarak GESIS'ta su istenilen sıcaklığa ulaştığı müddetçe sistem sıcak su teminini buradan yaparak enerji verimliliği sağlamış oldu. Bununla birlikte GESIS'ın soğuk su giriş borusuna yerleştirdiğimiz sıcaklık sensörü sayesinde, borulardaki suyun +4 °C altına düşmesi durumunda sistem olası donma olayı gerçekleşebileceği için, borulardaki suları tahliye ederek verim kaybı ve yaşanabilecek su baskınına karşı sistem kendini güvence altına aldı. Sistemin anlatımı için boruların içine sıcak suyu temsil etmesi için kırmızı şerit LED lambalar, soğuk suyu temsil etmesi için mavi şerit LED lambalar, donma anını temsil etmek için beyaz şerit LED lambalar yerleştirilmiş solenoid vanalardaki kontaklara uygun olarak yanmaları sağlanmıştır.

EFFSOLARCO'nun hazırlık aşamaları Arduino UNO bileşeninin kodlanması ile tamamlandı. Yazılım komutlarını yazma ve derleme işlemi ARDUINO IDE Platformunda C++ programlama dili ile yapılmıştır. Komutları yazmaya başlamadan önce programın akış diyagramı oluşturulmuştur. Ardından program yazımı gerçekleştirilmiş, sistem test edilerek beklediğimiz gibi çalıştığı gözlemlenmiştir.



EFFSOLARCO Programının Akış Şeması:



Şekil 8. EFFSOLARCO yazılımının akış şeması

EFFSOLARCO Programının Kod Satırları:

```

sıcak_su_sistemi

#include <OneWire.h> //DS18B20 ısı sensör kütüphanesi-1
#include <DallasTemperature.h> //DS18B20 ısı sensör kütüphanesi-2
#include <Wire.h> // Veri alışverişi için kullanılan kütüphane
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // LCD ekran kütüphanesi
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // LCD ekran özellikleri belirtildi
#define ONE_WIRE_BUS 2 // DS18B20 ısı sensörü sinyal ucu 2 nolu pine bağlandı
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); // veri alışverişi için gerekli olan tanımlama
DallasTemperature sensors(&oneWire); // DS18B20 sensörü için iki kütüphanenin ortak çalışma tanımlaması

int deviceCount = 0; // sistemde kaç sensör var kaydedilecek veri (başlangıçta sıfır)
float temp1; //birinci sensör ısısına verilen isim
float temp2; //ikinci sensör ısısına verilen isim

int vana1=3; // 1. röle pini
int vana2=4; // 2. röle pini
int vana3=5; // 3. röle pini
int vana4=6; // 4. röle pini
int vana5=7; // 5. röle pini
int vana6=8; // 6. röle pini

int potpin = A0; // Potun bağlandığı pin
int okunan; //Pottan okunan değer
int ayar; //Sisteme sıcaklık ayarı olarak atanan değişken
int pos; // Döngü değişkeni
void setup(void)
{
  sensors.begin(); // sensör kütüphanesi başlatılıyor
  Serial.begin(9600); // seri haberleşme başlatıldı

  lcd.begin(); // LCD ekran başlatılıyor
  lcd.clear(); // LCD ekran tamamen temizle
  lcd.setCursor(4,0); // 4. sütun 1.satırdan yazmaya başla
  lcd.print("SISTEM"); // SISTEM yaz (1.satır 4. sütuna)
  lcd.setCursor(1,1); // 1.sütun 2. satıra yaz
  lcd.print("BAŞLATILIYOR..."); //BAŞLATILIYOR yaz (1. sütun 2.satıra)
  Serial.print("Locating devices..."); // Seri ekrana yaz
  Serial.print("Found "); // seri ekrana yaz
  deviceCount = sensors.getDeviceCount(); // sistemi tara kaç sensör var ise deviceCaunt değişkenine ata
  Serial.print(deviceCount, DEC); // veriyi seri ekrana yazdır
  Serial.println(" devices.");
  Serial.println("");

  delay(2500);
  lcd.clear(); // LCD ekranı tamamen temizle

  pinMode(vana1,OUTPUT); // röle pinlerinin çıkış olarak atanması
  pinMode(vana2,OUTPUT);
  pinMode(vana3,OUTPUT);
  pinMode(vana4,OUTPUT);
  pinMode(vana5,OUTPUT);
  pinMode(vana6,OUTPUT);

  digitalWrite(vana1,LOW); // röle pinleri başlangıçta 0 Volt olsun
  digitalWrite(vana2,LOW);
  digitalWrite(vana3,LOW);
  digitalWrite(vana4,LOW);
  digitalWrite(vana5,LOW);
  digitalWrite(vana6,LOW);
  delay(500);

  okunan = analogRead(potpin); // Sistem açıldığında potu oku ve ayar değişkenine eşitle
  okunan = map(okunan, 0, 1023, 6, 100); // Pottan okunan değer 6-100 arasında olsun
  ayar=okunan;
  lcd.setCursor(0,0); // İstenen sıcaklığı sistem ilk açıldığında lcd ekrana yazdır
  lcd.print("İSTENEN SICAKLIK");
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.print(ayar);
  lcd.setCursor(9,1);
  lcd.print("C");
  delay(4000);
  lcd.clear();
}

void loop(void)
{
  okunan = analogRead(potpin); // Potu oku ve ayar değişkenine eşitle
  okunan = map(okunan, 0, 1023, 6, 100); // Pottan okunan değer 6-100 arasında olsun
  if(((okunan-ayar)>1)||((ayar-okunan)>1)){ // Çalışma esnasında potta bir oynama olursa For döngüsüne gir ve ayarlanan değeri göster
    lcd.clear();
    for(pos = 0; pos <= 40; pos += 1){
      ayar=okunan;
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print("İSTENEN SICAKLIK");
      lcd.setCursor(6,1);
      lcd.print(ayar);
      lcd.setCursor(9,1);
      lcd.print("C");
      okunan = analogRead(potpin);
      okunan = map(okunan, 0, 1023, 6, 100);
      delay(250);
    }
    lcd.clear();
  }

  sensors.requestTemperatures(); // sensör ölçümlerine başla
  temp1 = sensors.getTempCByIndex(0); // birinci sensör verisi temp1'e kaydet
  temp2 = sensors.getTempCByIndex(1); // ikinci sensör verisi temp2'e kaydet
  Serial.print(temp1); // Birinci sensör ölçümünü seri ekrana yazdır
  Serial.println(" C"); // Sonuna santigrat yaz
  Serial.print(temp2); // ikinci sensör ölçümünü seri ekrana yazdır
  Serial.println(" C"); // Sonuna santigrat yaz
}

```

Şekil 9. EFFSOLARCO Programının Kod Satırları (1. Sayfa)

```

sıcak_su_sistemi

lcd.setCursor(0,0); // 1. satır 1. sütuna yaz
lcd.print("SICAKLIK:"); // 1. satır 1. sütuna SICAKLIK yaz
lcd.setCursor(9,0); // 1. satır 9. sütuna yaz
lcd.print(temp2); // 1. satır 9. sütuna ikinci sensör sıcaklığını yaz
lcd.setCursor(15,0); // 15. sütun 1. satıra yaz
lcd.print("C"); // 15. sütun 1. satıra Santigrat yaz
delay(10);

//İLK KONTROL EDİLECEK KONTROL YAPISI "İF" EĞER ŞART GERÇEKLEŞMEZ İSE ALTTAKİ KONTROL EDİLECEK
if(temp1<=5){ // 1. sensör 5C ve altına düşerse "DONMA VAR" KAPATILACAKLAR: VANA 3,4,6 AÇILACAKLAR: 1,2,5
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("DURUM:KOMBİ ACIK");
delay(1250);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("TESİSAT:"); // Tesisat sıcaklığı yazdırılıyor
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print(temp1);
lcd.setCursor(15,0);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("DONMA VAR!");

digitalWrite(vana3,LOW); //Vanalar kapatıldı
digitalWrite(vana4,LOW);
digitalWrite(vana6,LOW);
delay(500);
digitalWrite(vana1,HIGH); //Vanalar açıldı
digitalWrite(vana2,HIGH);
digitalWrite(vana5,HIGH);
}

//İKİNCİ KONTROL EDİLECEK KONTROL YAPISI "ELSE İF" EĞER ŞART GERÇEKLEŞMEZ İSE BİR ALTTAKİ KONTROL EDİLECEK
else if(temp2<=ayar){ // 2. sensör 35C ve altına düşerse "SU SOĞUK" KAPATILACAKLAR: VANA 2,3,5 AÇILACAKLAR: VANA 1,4,6
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("DURUM:KOMBİ ACIK");
delay(1250);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SICAKLIK:"); // Güneş enerjisi sıcaklığı yazdırılıyor
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print(temp2);
lcd.setCursor(15,0);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print("SU SOĞUK");

digitalWrite(vana2,LOW); //Vanalar kapatıldı
digitalWrite(vana3,LOW);
digitalWrite(vana5,LOW);
delay(500);
digitalWrite(vana1,HIGH); //Vanalar açıldı
digitalWrite(vana4,HIGH);
digitalWrite(vana6,HIGH);
}

//ÜÇÜNCÜ KONTROL EDİLECEK KONTROL YAPISI "ELSE İF" (Başka ihtimal yok)
else if(temp2<=110){ // 2. sensör 110C ve altında ise "SU SICAK" KAPATILACAKLAR: VANA 1,2,5, AÇILACAKLAR: VANA 3,4,6
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("ENERJİ ACIK");
delay(1250);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SICAKLIK:"); // Güneş enerjisi sıcaklığı yazdırılıyor
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print(temp2);
lcd.setCursor(15,0);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(3,1);
digitalWrite(vana2,LOW); //Vanalar kapatıldı
digitalWrite(vana3,LOW);
digitalWrite(vana5,LOW);
delay(500);
digitalWrite(vana1,HIGH); //Vanalar açıldı
digitalWrite(vana4,HIGH);
digitalWrite(vana6,HIGH);
}

//ÜÇÜNCÜ KONTROL EDİLECEK KONTROL YAPISI "ELSE İF" (Başka ihtimal yok)
else if(temp2<=110){ // 2. sensör 110C ve altında ise "SU SICAK" KAPATILACAKLAR: VANA 1,2,5, AÇILACAKLAR: VANA 3,4,6
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("ENERJİ ACIK");
delay(1250);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SICAKLIK:"); // Güneş enerjisi sıcaklığı yazdırılıyor
lcd.setCursor(9,0);
lcd.print(temp2);
lcd.setCursor(15,0);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print("SU SICAK");

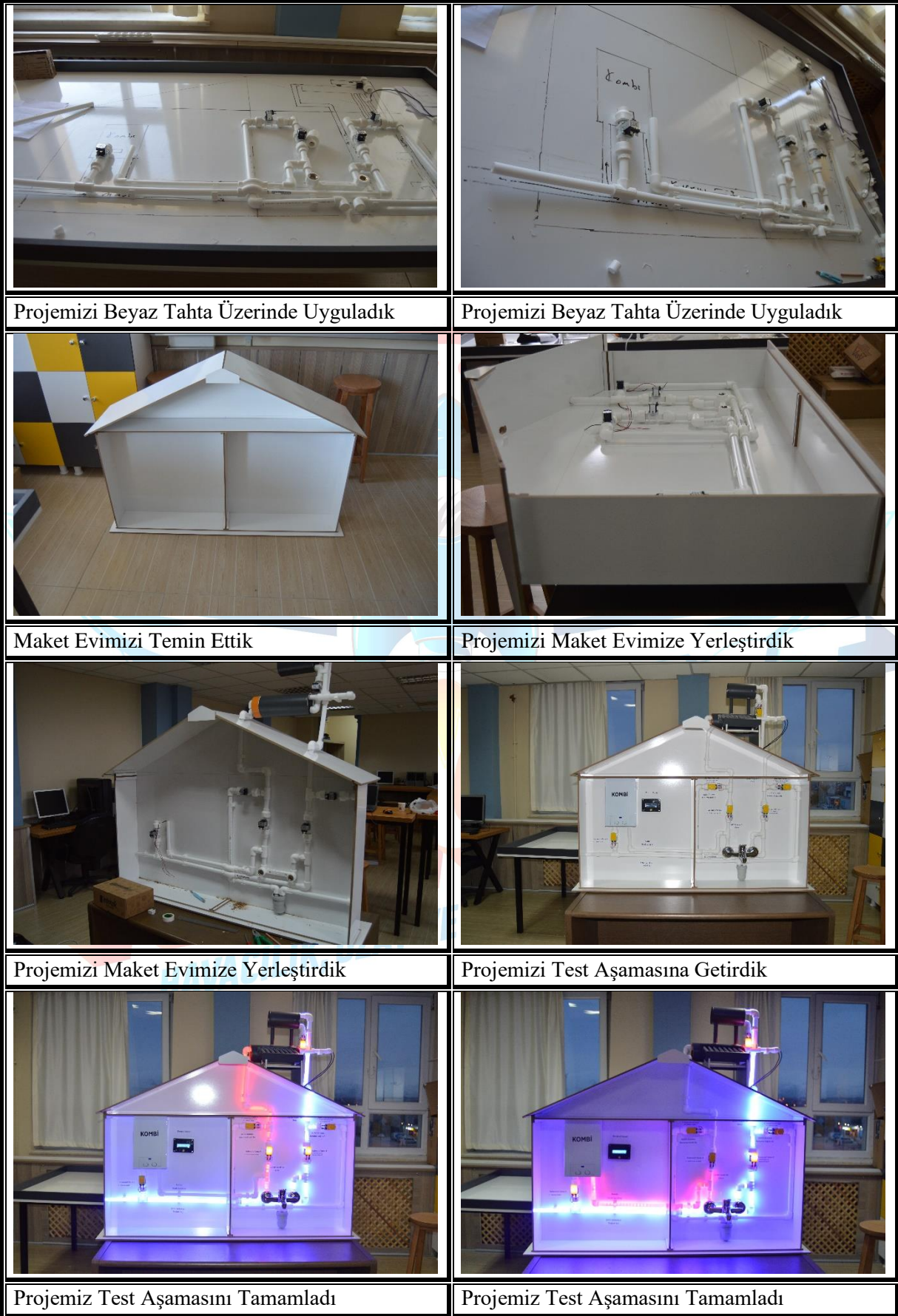
digitalWrite(vana1,LOW); //Vanalar kapatıldı
digitalWrite(vana2,LOW);
digitalWrite(vana5,LOW);
delay(500);
digitalWrite(vana3,HIGH); //Vanalar açıldı
digitalWrite(vana4,HIGH);
digitalWrite(vana6,HIGH);
}

}
delay(100);
}

```

Şekil 10. EFFSOLARCO Programının Kod Satırları (2. Sayfa)

EFFSOLARCO'nun Yapım Aşamaları:



Şekil 11. EFFSOLARCO'nun yapım aşamaları

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Yapılan literatür taramalarında ve saha çalışmalarında, zorlanmış dolaşım (pompalı) kapalı devre GESIS'larla GESIS ile kombi ortak kullanımı kısmen uygulansa da daha yaygın olarak kullanılan açık devre GESIS'ların kombi entegrasyonuna rastlanılmamıştır. Geliştirmiş olduğumuz bu proje ile açık devre GESIS ile kombinin entegrasyonunu sağlayarak hem enerji verimliliğini en üst düzeye çıkarılabilir hem de donma kaynaklı meydana gelen kazalardaki ekonomik kayıplar en aza indirilebilir. Açık devre GESIS ile kombi entegrasyonu projemizin yenilikçi tarafıdır. Bu amaçla geliştirilen yazılım ise tamamen proje ekibimiz tarafından gerçekleştirilen yenilikçi bir yazılımdır.

6. Uygulanabilirlik

Projede kullanılan donanım piyasada kolaylıkla elde edilebilir nitelikte olması ve mevcut açık devre GESIS'lara kolaylıkla uygulanabilmesi nedeniyle uygulanabilirliği oldukça yüksek bir projedir. Projenin ticari olarak üretime dönüştürülmesi halinde, Arduino Uno mikrodenetleyicisi, daha görsel bir dijital ekran, potansiyometre ve kullanılan rölelerin tek bir elektronik kontrol kartında toplanıp, bunun da bir kutu içerisine yerleştirilerek daha pratik montajı sağlanabilir. Böylece cihazın daha sonraki bakım ve onarım süreleri ve masrafları azaltılmış olur.

Projenin geliştirilerek yerel ağ (veya internet) desteği veya bluetooth desteği eklendiğinde tablet, cep telefonu veya bilgisayar gibi cihazlar üzerinden de kontrolü gerçekleştirilebilir. İnternet erişimi kazandırıldığında uzaktan da sistemin suyunun boşaltılabilmesi yeteneği kazandırılmış olur.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projede kullanılan sıcaklık sensörleri, solenoid vanalar ve diğer elektronik bileşenler hem kolay temin edilebilir hem de ekonomik olarak düşük maliyetli parçalar olduğu dikkate alındığında işçilik dahil yaklaşık 3000 TL'lik bir maliyetle sistem kurulabilir. 15.03.2022 fiyatlarına göre oluşturulan maliyet çizelgesi Tablo 3'te verilmiştir. Fiyatlar için 3 tane ulusal internet satış mağazasının fiyatları alınarak ortalaması kaydedilmiştir. Fiyatlar yukarıda belirtilen tarihteki fiyatların yukarı yuvarlanması ile elde edilmiştir.

SN	Malzeme/İşçilik Adı	Modeli/Özellikleri	Adet	Ortalama Fiyatı (KDV Dahil)	Toplam Fiyat (KDV Dahil)
1	Microdenetleyici	Arduino UNO R3 Klon	1	30,00	30,00
2	Solenoid Su Valfi	½ inç	6	200,00	1200,00
3	Sıcaklık Sensörü	DS18B20 (Su Geçirmez)	2	25,00	50,00
4	Röle	1 Kanal 5 V kartlı röle	6	40,00	240,00
5	Potansiyometre	10 K değerinde	1	20,00	20,00
6	LCD Ekran	TC1602A (2x16 kolon)	1	60,00	60,00
7	Kablo	2x0,50 mm bakır TTR 100 metre	1	300,00	300,00
8	Spiral Boru	20 mm x 50 m siyah plastik	1	100,00	100,00
9	Plastik Su Borusu	PPRC Boru 20 mm 6 m	1	65,00	65,00
10	Plastik Dirsek	PPRC Boru 20 mm	6	12,00	72,00
11	Plastik T	PPRC Boru 20 mm	4	12,00	48,00
12	Plastik Boru Atlama	PPRC Boru 20 mm	3	15,00	45,00
13	İşçilik				770,00
TOPLAM					3000,00

Tablo 3. Maliyet Tablosu

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Projemiz konut veya işyeri yerlerinde açık devre GESIS kullanan tüm kullanıcılar ve yeni kurulum yapacaklar için uygulanabilir.

9. Riskler

Projemiz, özellikle kışın GESIS'ların aktif kullanımını sağladığından hava koşulları nedeniyle bazı riskler taşımaktadır. Elektrik kesilmesi, borulardaki suyun tahliyesini sağlayan atık su hattının donması, solenoid vanalarda meydana gelebilecek mekanik arızalar, elektronik kart ve rölelerde meydana gelebilecek arızalar nedeniyle sistemin çalışmasının sekteye uğrayabilme riskleri vardır. Bu nedenle hava sıcaklıklarının kullanıcılar tarafından takibi gerekebilecektir.

EFFSOLARCO'nun ticari olarak üretilmesi söz konusu olduğunda sisteme geri bildirim sağlayan ilave sensörlerin dahil edilmesiyle yukarıda bahsedilen risklerin önüne geçilebilmesi mümkün olacaktır.

10. Kaynakça ve Rapor Düzeni

Bulut, H., Şahin, H., Karadağ, R. (2007). Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Tekno-Ekonomik Analizi, Erişim Tarihi: 09.02.2022, Erişim Adresi: http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/Tesisat_2007.pdf

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (2022). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası- GEPA, Erişim Tarihi: 09.02.2022, Erişim Adresi: <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>

Erdemir, D., Altuntop, N. (2018). Güneş Enerjisinden Sıcak Su Elde Etme Yöntemleri ve Bu Yöntemin Türkiye'deki Gelişimi.

Hepbaşlı, A., Utlu, Z. (2004). Evaluating the energy utilization efficiency of Turkey's renewable energy sources during 2001. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 8:237–255.

T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2022). Yenilenebilir Enerji Kaynakları - Güneş, Erişim Tarihi: 09.02.2022, Erişim Adresi: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>

Yolcan, O. O., Köse, R. (2020). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Durumu ve Güneş Enerjisi Santrali Kurulumunda Önemli Parametreler. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 196-215.