



**T.C.**

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİLİ AKILLI EVLER İÇİN ENERJİ  
YÖNETİM ALGORİTMASI TASARIM VE UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SEHER TURAN**

**MAYIS**

**SEHER TURAN**

**YENILENEBİLİR ENERJİ VE  
UYGULAMALARI  
ANA BİLİM DALI**

**MAYIS 2022**

**YENİLENEBİLİR ENERJİLİ AKILLI EVLER İÇİN ENERJİ  
YÖNETİM ALGORİTMASI TASARIM VE UYGULAMASI**

**Seher TURAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI ANABİLİM DALI**

**Danışman  
Doç. Dr. Ünal KURT**

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2022**

## ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Seher TURAN

11.05.2022

# YENİLENEBİLİR ENERJİLİ AKILLI EVLER İÇİN ENERJİ YÖNETİM ALGORİTMASI TASARIM VE UYGULAMASI

(Yüksek Lisans)

Seher TURAN

AMASYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2022

## ÖZET

Akıllı Ev Enerji Yönetim Sistemleri kullanılarak konutlarda var olan yükler izlenebilir ve kontrol edilebilir. Akıllı ev otomasyonu geçmişten beri aydınlatma ve güvenlik sağlama yönünde sıkça kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte kullanım alanı daha da genişleyerek cihazların kontrol edilmesi ile yük yoğunluğunu azaltılması ve bu şekilde enerji tasarrufu sağlanması sonucunda fatura maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmektedir. Bu tarzda oluşturulan bir akıllı ev sistemi ile enerjinin etkin bir şekilde yönetimi ve verimli kullanımı sağlanır. Günümüzde akıllı ev sistemlerinin özellikle akıllı şebekelere entegre bir şekilde tasarlanarak kullanımı enerji israfının önüne geçmede önemli bir rol oynar. Bu tezimde akıllı şebekeler yönüne değinmeyip sadece kullanılan yüklerin çalışma saatlerinin kontrolü ve gündüz saatlerinde enerji ihtiyacının fotovoltaiik güneş panellerinden sağlanması yönünde bir çalışmadan söz edilmektedir. Burada yer alan model, konut sahibinin tercihlerine bağlı olarak, üretilen güç miktarına ve yük önceliğine göre akıllı anahtarlama yapma prensibini temel almaktadır. Akıllı sayaçlar üzerinden mikrokontrolör ile wifi kablosuz haberleşme protokolü vasıtasıyla haberleşerek sistemdeki cihazları açma kapatma durumunu röleleri kullanarak gerçekleştirmektedir. Bu şekilde yükler otomatik olarak devreye alınmakta ya da devreden çıkartılmaktadır. Burada amaç PV panel üzerinden şebekeye alternatif enerji üreterek bu enerjinin yükler üzerinden belirli zaman dilimlerine bölünerek kullanımını ve faturaların minimuma indirgenmesini sağlamaktır. Üretim fazlası olan enerji şebekeye satılmaktadır. Hedeflenen sonuca ulaşmak için algılayıcılar, mikro denetleyiciler, uyarıcılar, internet protokolü ve uzaktan erişim sistemlerinden faydalanılarak bir sitem tasarlanmaktadır. Kontrolü gerçekleştirmek ve uzaktan erişimi sağlamak amaçlı algoritma hazırlanmış ve kablosuz haberleşme sistemlerinden faydalanılmıştır.

Bu tezde yenilenebilir enerjiden faydalanan bir akıllı evin enerji yönetimi konu olarak belirlenmiş ve modellenmiştir. Yenilenebilir enerji sistemi ile ilgili hesaplamalar PVsyst programında, kontrol devresi Proteus programında diğer tablo ve hesaplamalar excel programı üzerinde tasarlanmış ve uygulanmıştır.

Sayfa Adedi : 69

**Anahtar Kelimeler:** enerji yönetimi, akıllı ev otomasyonu, akıllı sayaç, uzaktan erişim, yenilenebilir enerji.

Danışman : Doç. Dr. Ünal KURT

DESIGN AND APPLICATION OF ENERGY MANAGEMENT ALGORITHM FOR  
RENEWABLE ENERGY SMART HOMES

(M. Sc.)

Seher TURAN

AMASYA UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE

May 2022

**ABSTRACT**

By using Smart Home Energy Management Systems, the existing loads in the residences can be monitored and controlled. Smart home automation has been used frequently in the direction of lighting and security since the past. With the developing technology, it is aimed to expand the usage area and reduce the load density by controlling the devices and reducing the bill costs as a result of energy savings. With a smart home system created in this way, effective management and efficient use of energy is ensured. Today, the use of smart home systems, especially designed and integrated with smart grids, plays an important role in preventing energy waste. In this thesis, the aspect of smart grids is not mentioned, but only a study in the direction of controlling the working hours of the loads used and providing the energy need from photovoltaic solar panels during daylight hours. The model presented here is based on the principle of smart switching according to the amount of power produced and load priority, depending on the preferences of the home owner. It communicates with the microcontroller via wifi wireless communication protocol via smart meters and realizes the on-off status of the devices in the system using relays. In this way, loads are automatically activated or deactivated. The aim here is to produce alternative energy to the grid via the PV panel and to use this energy by dividing it into certain time periods over the loads and to minimize the bills. The surplus energy is sold to the grid. A system is designed by making use of sensors, microcontrollers, stimuli, internet protocol and remote access systems to achieve the targeted result. Algorithm has been prepared and wireless communication systems have been used to perform the control and to provide remote access.

In this thesis, the energy management of a smart house using renewable energy has been determined and modeled as a subject. The calculations related to the renewable energy system were designed and applied in the PVsyst program, the control circuit in the Proteus program, and other tables and calculations in the excel program.

Page number : 69

**Keywords:** energy management, smart home automation, smart meter, remote access, renewable energy.

Supervisor : Assoc. Dr. Ünal KURT

## TEŐEKKÜR

Bu alıőmanın yűrűtűlmesinde bilgi ve tecrűbesinden yararlandığım, beni cesaretlendiren ve alıőma boyunca desteęini esirgemeyen deęerli danıőman hocam Do. Dr. Ŭnal KURT'a;

Bu sűrete teknik destek ve her tűrlű yardımlarını benden esirgemeyen deęerli arkadaşlarım Ramazan TUNCAY, Erhan YELKEN ve Yasemin DALCI'ya ;

Eęitim ve űęretim hayatımın ilk gűnűnden bu yana her anlamda yanımda olan ve manevi olarak gű aldığım anne ve babama sonsuz teőekkűrű bor bilirim.

## İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN .....	2
ÖZET.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	VI
TABLolar .....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VIII
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Tezin Amacı .....	3
1.2. Literatür Tarama.....	4
2. OTOMASYON .....	10
2.1. Bina Otomasyon Sistemleri.....	11
2.2. Ev Otomasyon Sistemleri.....	12
3. AKILLI EV TEKNOLOJİSİ.....	12
3.1. Akıllı Ev Enerji Yönetim Sistemi (AEEYS).....	14
3.2. Akıllı Evlerde Talep Tarafı Yönetimi .....	15
3.3. Türkiye’de Talep Tarafı Yönetimi .....	17
4. AKILLI ŞEBEKELER.....	18
5. ARAÇLAR VE TEKNOLOJİ.....	20
5.1. Mikrokontrolörler.....	20
5.1.1. Arduino .....	20
5.1.2. Raspberry Pi .....	21
5.1.3. PIC Kontrolör .....	22
5.2. Kablosuz İletişim Ağları .....	22
5.2.1. Bluetooth.....	23
5.2.2. GPRS (2G, 3G,4G).....	23
5.2.3. Wifi .....	24
5.2.4. Zigbee.....	24
5.2.5. EnOcean / KNX .....	25
EnOcean’ın Avantajları.....	25
5.2.6. Z-Wave.....	26
6. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	26
6.1. Güneş Enerjisi .....	27
6.2. Güneş Enerji Sistemleri.....	28
6.2.1. PV Panel ve Dizi .....	29
6.2.2. PV Hücre Eşdeğer Devresi.....	30



6.2.3. PV Panel Çeşitleri .....	30
6.2.4. Evirici .....	31
6.3. Kullanım Amacına Göre Güneş Enerjisi Sistemleri.....	31
6.3.1. Şebeke Bağlantılı (On-Grid) PV Sistemler .....	31
6.3.2. Şebeke Bağlantısız (Off-Grid) PV Sistemler .....	32
6.3.3. Hibrit PV Sistemler .....	33
6.4. PV Sistemden Üretilen Enerji Miktarının Hesaplanması .....	34
6.5. Amasya İli Güneş Enerji Potansiyeli.....	35
6.5.1. PVSyst Programı Uygulaması.....	36
7. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	41
7.1.1. Yük Tahmini Veri Seti .....	41
7.1.2. Önerilen Sistem Algoritması .....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
7.1.3. Sistemin Tasarımı.....	48
SONUÇ .....	49
KAYNAKÇA .....	50

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. PV panele entegre akıllı ev sistemi .....	4
Şekil 2. Önerilen modelin blok diyagramı[6].....	6
Şekil 3. AEYs mimarisi [7] .....	7
Şekil 4. Akıllı ev şeması [10].....	8
Şekil 5. Akıllı ev enerji yönetim sistemi örneği.....	15
Şekil 6. Talep tarafı yönetim stratejileri [25] .....	16
Şekil 7. Türkiye ortalama saatlik elektrik tüketim miktarı (MWh) ,(TEİAŞ, TSKB).....	18
Şekil 8. Akıllı şebeke örneği .....	19
Şekil 9. Arduino Mega 2560 / Uno / NudeMCU .....	21
Şekil 10. Raspberry pi.....	22
Şekil 11. Zigbee ağ geçidi .....	25
Şekil 12. PV hücresinin iç yapısı .....	28
Şekil 13. PV sistemin temel yapısı.....	29
Şekil 14. PV hücre eşdeğer devresi.....	30
Şekil 15. Şebeke bağlantılı (on grid) PV sistem.....	32
Şekil 16. Şebeke bağlantısız (off grid) PV sistem.....	33
Şekil 17. Hibrit PV sistem.....	34
Şekil 18. Güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA) (YEGM, 2020) .....	36
Şekil 19. Açıklık endeksi .....	37
Şekil 20. Pvsyst üzerinden global ışımaya verisi .....	37
Şekil 21. Pvsyst programı üzerinden Amasya'nın güneş yörüngesi .....	38
Şekil 22. Kullanıcı ihtiyaçları.....	38
Şekil 23. Günlük enerji ihtiyacının saatlik kullanımı.....	39
Şekil 24. Sistem çıkış gücü dağılımı .....	39
Şekil 25. PV yükleme şeması .....	40
Şekil 26. Pvsyts Ekran Çıktısı.....	40
Şekil 27.Ekonomik değerlendirme.....	41
Şekil 28. Sistem çalışma algoritma .....	46
Şekil 29. Akış şeması [54].....	47
Şekil 30. Sistemin Proteus programında tasarlanan görüntüsü .....	48

## TABLÖLAR

Tablo 1. Sık kullanılan bazı kablosuz haberleşme teknolojileri.....	23
Tablo 2. Hafta içine ait cihaz yük önceliği tablosu .....	42
Tablo 3. Hafta sonuna ait cihaz yük önceliği tablosu.....	42
Tablo 4. Cihazların kullanımındaki öncelik sıralaması ve açıklaması .....	43
Tablo 5. Kullanılan yüklerin genel bilgileri .....	43
Tablo 6. Ev aletleri güç ve maliyet tablosu .....	45
Tablo 7. 2020 yılı konut elektrik tüketim maliyetleri .....	45

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>Kısaltma</b>	<b>Açıklama</b>
<b>AEEYS</b>	Akıllı Ev Enerji Yönetim Sistemi
<b>EEY</b>	Ev Enerji Yönetimi
<b>DP</b>	Doğrusal Programlama
<b>EDS</b>	Enerji Depolama Sistemi
<b>TC</b>	Talep Cevabı
<b>IP</b>	İnternet Protokolü
<b>IOT</b>	Nesnelerin İnterneti
<b>GSM</b>	Mobil İletişim Küresel Sistemi
<b>GPRS</b>	Genel Paket Radyo Servisi
<b>TTY</b>	Talep Tarafı Yönetimi
<b>YEK</b>	Yenilenebilir Enerji Kaynağı
<b>GES</b>	Güneş Enerji Sistemi
<b>PV</b>	Fotovoltaik
<b>DA</b>	Doğru Akım
<b>AA</b>	Alternatif Akım
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>kWh</b>	Kilowatt saat
<b>MW</b>	Megawatt
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>VOC</b>	Açık Devre Gerilimi
<b>RISC</b>	Azaltılmış Komut Seti Hesaplama
<b>IEEE</b>	Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
<b>Mbps</b>	Mega Bits Per Second

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$I_b$	Direkt ışınım
$R_s$	Seri Bağlı Direnç
$R_{SH}$	Paralel Bağlı Direnç
$I_{PH}$	PV'den elde edilen akım
$I_D$	Paralel Diyottan Geçen Akımı
$I$	Eşdeğer devre çıkış akımı
$V$	Volt
$I_d$	Yayıllı ışınım
$R_d$	Yayıllı ışın eğim faktörü
$R_r$	Yansıtılan ışınların eğim faktörü
$A_{PV}$	PV panel yüzey alanı
$P_{Si}$	PV panel saatlik güç üretimi
$\eta$	PV sistem verimliliği
$\eta_m$	PV modül verimliliği
$\eta_r$	PV modül referans verimliliği
$\eta_p$	Güç koşullandırma verimliliği
$R_f$	Paketleme faktörü $\beta$ sıcaklık katsayısı
$T_r$	Hücre verimliliği için referans sıcaklığı
$T_c$	Ortalama hücre sıcaklığı
$I_T$	PV panel yüzeyi tarafından alınan ışınım miktarı
$T_a$	Anlık ortam sıcaklığı
<b>NOCT</b>	PV hücre normal sıcaklığı
$P_{max}$	Maksimum tepe güç
$P_{ev}$	Evin güç tüketimi
$P_{PV}$	PV panelden gelen güç
$C_{max}$	Tüketicinin belirlediği fiyat
$c(t)$	Birim elektrik fiyatı

## 1. GİRİŞ

Dünya üzerindeki tüm coğrafyalarda olduğu gibi ülkemizde de enerji çok önemli bir kaynaktır. Her türlü gündelik ihtiyacın karşılanması için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan bu enerji daha çok elektrik enerjisi yönündedir. Gelişen teknoloji ile birlikte kullanılan elektronik cihazlardaki artış elektriğe olan ihtiyacı da büyük oranda artırmaktadır. Çünkü her evde, ofiste, sanayide vb. yerlerde ısınma, serinleme, güvenlik, iletişim, eğlence ve birçok alanda kullanılan enerji elektrik enerjisidir. Bilim ve teknolojiye yaşanan büyük gelişmeler ile birlikte hayatı kolaylaştıran elektronik cihaz sayısında da tahminlerin çok üstünde bir artış yaşanmaktadır. Bu durumun doğal sonucu olarak elektrik tüketimindeki olağanüstü artış mevcut kaynaklarla üretimin sınırlı olması nedeniyle talebin karşılanması sürecinde elektrik şebekelerinin yükünü artırmaktadır. Sonuç olarak da kullanıcıların faturalarında artışa neden olmaktadır. Enerji talebindeki yoğunluk ve artan maliyetler tüketicileri enerjiyi daha verimliliği sağlamak için tasarruflu olmaya ve alternatif sistemler ve kaynaklara yönelmelerine neden olmaktadır.

Günümüzde kişisel bazda enerjiye duyulan yüksek talebe karşılık aynı oranda üretim gerçekleşemediği için enerji açığı ortaya çıkmaktadır. Oluşan enerji açığının fosil yakıtlar üzerinden karşılanması hem zaman alıcı ve hem de maliyetli olmaktadır. Aynı zamanda fosil yakıtların sürdürülebilir olmayışı ve çevreye geri dönülmez zararlar vermesi nedeniyle zamanla kullanımından vazgeçilmekte ve gereken enerji yenilebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır.

Bilindiği üzere küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri fosil yakıtların kullanımıyla daha çok artmakta ve enerjinin bir süre daha bu yoldan karşılanması hem çevre sağlığı açısından hem de kesintisiz enerji üretiminin sağlanabilmesi için pek mümkün görünmemektedir. Bu durumda başvurulacak en iyi yöntem şüphesiz yenilebilir enerji kaynaklarını enerji üretiminde daha fazla kullanmak olacaktır. Enerjide çeşitliliği sağlayarak arz güvenilirliğini yükseltecek böyle bir uygulama aynı zamanda fosil yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden kurtulmaya yardımcı olacaktır. Ülkemizin enerji arzını yükseltmek amacıyla yenilenebilir enerji kullanımı konusunda üreticiyi teşvik etmesi tüketiciler için daha ucuz enerjiye ulaşmayı sağlayacaktır.

Enerji ihtiyacını karşılamak için tercih edilen yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi, kaynağı sonsuz, çevreye zararı olmayan, gürültü oluşturmayan temiz bir türdür. İyi bir bölgede doğru hesaplamalar ile kurulduğunda uzun yıllar verim alınabilir. Bu sistemle elektrik elde etmede herhangi bir zararlı gaz çıkışı olmadığı için karbon emisyonunun artmasına neden olmamaktadır. Güneş enerjisinin kullanımı sırasında güneş ışığından elektrik elde ederken fotovoltaiik (PV) panellerden ve bu panellerin içerisinde bulunan fotovoltaiik hücrelerden faydalanılır. Fotovoltaiik hücreler yardımıyla güneş ışığından doğru akım(DA) elde edilerek Eviriciler yardımıyla Alternatif akıma(AA) dönüştürülerek kullanıma sunulur.[1]

Yaşanan teknolojik gelişmelerle birlikte elektronik cihazların artışına paralel olarak insanların enerji tüketimi de yükselmektedir. Hanelerde hem ortak kullanılan hem de bireysel kullarımdaki elektronik cihazların sayısı maksimum düzeylere ulaşmış durumdadır. Buna bağlı olarak da tüketilen elektrik miktarı önceki dönemlere göre ciddi artış göstermektedir. Türkiye’de elektrik enerjisi tüketimi 2018 yılında 303.3 milyar kW saat olarak gerçekleşmiştir. Baz senaryolar ve tahminlere göre 2023 yılında enerji tüketiminin yıllık ortalama %4.8 artışla 375.8 TW saate ulaşması beklenmektedir[2]. Artan enerji ihtiyacını mevcut şebeke alt yapısıyla karşılamak zor olacağından, bu konuda alınacak birçok önlem ve yapılabilecek çok yönlü çalışmalar bulunmaktadır. Elbette bunlardan en kaçınılmaz olanı ağırlıklı olarak kullanılan fosil yakıtlardan uzaklaşıp güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına (YEK) dayalı elektrik üretimine geçmektir.

İnsanlar yüzyıllardır hayat standartlarını yükseltmek ve ihtiyaçlarını en az eforla karşılamaya yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bunların başında güvenlik ve konforu gelmektedir. Sanayi devrimi ile birlikte yaşanan teknolojik gelişmeler sonucu iş gücünü azaltmak amacıyla çeşitli otomasyon sistemleri geliştirilmiştir. İlk olarak endüstride kullanılan daha sonra konutlarda güvenlik ve aydınlatma amaçlı kullanılan bu sistemler artık birçok alana yayılmıştır. İnsanlar uzun yıllardır evlerinden uzaktayken de ev içindeki işlerini kolayca halletmek istemiş bu nedenle uzaktan erişim imkanı sunan akıllı ev otomasyonlarından faydalanmıştır. Son dönemlerde ise uzaktan erişimle enerjinin verimli kullanımı ve yüksek fatura maliyetlerini düşürmek amaçlanmış ve yeni nesil Akıllı Ev Enerji Yönetim Sistemlerinin(AEEYS) kullanımına geçilmiştir.

Akıllı Ev Enerji Yönetim Sistemi(AEEYS), yoğun saatlerde şebekeye binen aşırı yükün azaltılması için mikro şebekeler yardımıyla yenilenebilir enerji kaynaklarını da içerecek şekilde oluşturulan akıllı şebeke (AŞ) sistemi sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu sistemle şebekeye gelen aşırı yükün önlenmesi ve şebekeye aşırı yük bindiğinde ortaya çıkabilecek olumsuzlukların giderilmesi sağlamaktadır. Sistemin içerisinde talep cevabı (TC) ile tüketicilerin talebine göre enerjiyi verimli kullanmak ve fatura maliyetlerini en aza indirmek hedeflenmektedir. Sistemin amacı enerji talebinin karşılanması ve enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için kullanılan enerji miktarını kontrol ederek mevcut şartların daha iyi hale getirilmesidir. Enerji talebini belirleyerek sınırlandırmak kullanımı daha etkin hale dönüştürecektir. Bu da ancak (TC) talep cevabı yönteminin kullanımını içeren uygulamalarla mümkün olabilir. Evlerde kullanılan TC, ev enerji yönetimi (EEYS) ya da Talep yönetim sistemi (TYS) olarak isimlendirilir.

### **1.1. Tezin Amacı**

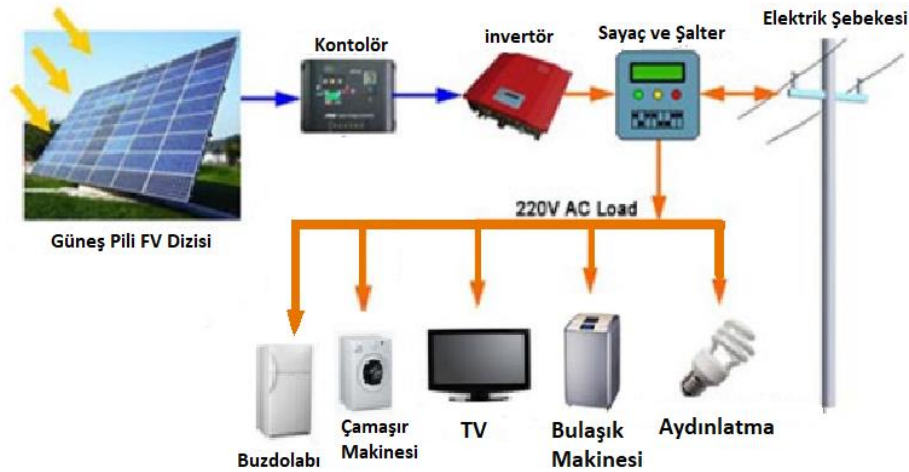
Enerjiye olan talep oranını düşürmek ve tüketicileri enerjiyi daha verimli kullanmaya yönlendirmek üzere enerji sorunu çözmeyi hedeflemektedir. Tüketicilerde enerji tüketim ciddiyetini oluşturmak ve sahip oldukları son teknoloji cihazları kullanırken verimliliğe de önem vermeleri beklenmektedir.

Yapılan çalışma çok büyük boyutlu bir iş olmasa da şebekeye yoğun yük bindiği saatlerden önce yük geçişlerini kontrol ederek otomatik bir şekilde yapılmasını sağlar, Akıllı ev enerji yönetim sisteminde kullanıcı tercih yapar ve cihazların önceliğini belirler. Tüketicilere konforunu koruyarak internet üzerinden cihazı açıp kapatma kolaylığı sunar.

Önerilen çalışmanın gerçek zamana uyarlanmasıyla birlikte tüketicilerde farkındalık oluşturarak enerji tüketimlerine göre daha düşük faturalar ödeyecekleri için bu tip tekniklere yönelecek ve enerji yönetim sistemleri ile hem bütçesini koruma hem de konfor sağlama imkanı doğacaktır.

Bu tez düşük bant genişliğine sahip ve fazla güç gerektirmeyen ev alan ağlarından ve bir kısım IoT cihazlarından faydalanarak tasarlanmış yenilenebilir enerji sistemi ile entegre edilmiş bir akıllı ev uygulaması ele alınmıştır. Kablosuz iletişim teknolojilerinden faydalanılmıştır.





Şekil 1. PV panele entegre akıllı ev sistemi

Yeni nesil akıllı ev sistemlerinde uygulamalar mikro şebekeler yardımıyla yenilenebilir enerjiyi de devreye sokarak enerji tüketiminin yoğun olduğu saatlerdeki yük yoğunluğunu azaltmak üzerine geliştirilmektedir. Birçok teknik kullanılmakla birlikte bu çalışma yük kaydırma tekniği üzerine geliştirmiştir. Yük kaydırma tekniğinde amaç yükün zirve yaptığı saatlerde çalıştırılması gereken cihazı daha az yoğun saatlere kaydırarak çalıştırmak ve yoğun güç tüketiminin olduğu saatlerde talebi azaltarak şebekeyi rahatlatmaktır.

## 1.2. Literatür Tarama

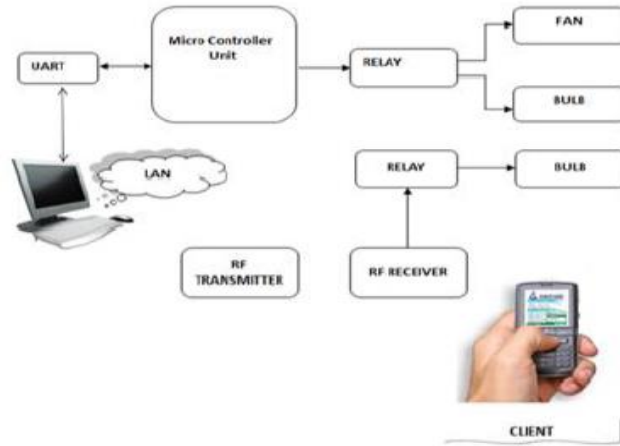
[3]'de yazarlar, yürütülen çalışmalarda rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynağına bağlı bir akıllı ev için yük ötelenmesi prensibine dayalı bir EEY modeli geliştirmiştir. Önerilen algoritma yük yönetimi cihazlarının çalışma zamanlarının ötelenmesi prensibine bağlı olarak, şebeke enerjisinin olup olmaması durumunda akülerin seviye değişimine ve tarife durumuna göre enerji yönetimini sağlamıştır. Geliştirilen EEY algoritması kullanılarak Yıldız Teknik Üniversitesi'nde bulunan örnek akıllı ev projesinden alınan örnek veriler ile farklı koşullar için MATLAB/Simulink ortamında birtakım simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Uygulama sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı faturada azalmaya neden olmuştur.

[4]'de yazarların tasarlanmış olan sistem yenilenebilir enerji kaynağından faydalanılarak tüm dünyadan izlenebilen çevresel izleme sistemine dayalı bir akıllı ev otomasyonudur. Bu sistem herhangi bir dahili wifi teknolojisi olmadan tüm cihazları çalıştırabilecek özelliktedir. Önerilen bu sistem, elektronik cihazlara uzaktan erişmek, izlemek ve kontrol etmek için

internet protokolü bağlantısı olan Arduino Mega 2560 mikrokontrolörüne dayanan yerleşik bir web sunucusu kullanılmış ve özel bir sunucu bilgisayara ihtiyaç duyulmamıştır. Tasarımlarında kablolama sistemine ihtiyaç duymayan wi-fi ağı, taşınabilir cihazda bulunan bluetooth teknolojisi ve güç kaynağı işini yapacak bir akıllı güneş takip sisteminden faydalanmışlardır. Sistem kendilerine yetecek düzeyde enerjiyi depolamasa da şebekeden çekilen güç tüketimini azaltmıştır.

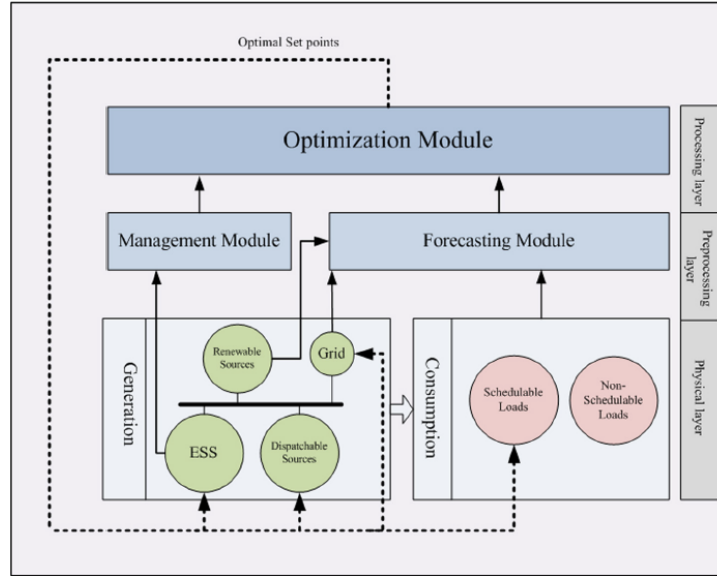
[5]'deki yazarlar ev tipi güç yoğun cihazların yönetimi için (TC) talep cevabı uygulamalarını içeren bir akıllı ev enerji yönetimi (EEY) algoritması geliştirmiştir. EEY, talep azaltma talebi ve süresini içeren harici sinyali aldığından, sistem algoritması toplam hanehalkı güç tüketimini belirtilen süre (saat) boyunca talep limiti (kW) seviyesinin altında garanti edecek şekilde tasarlanmıştır. Bu talep limiti seviyesi, sistem gereksinimlerine bağlı olarak her 15 dakikada bir veya saatte bir değişebilmektedir. Kontrol edilecek yüksek güç tüketen cihazlar hacim soğutma üniteleri, çamaşır kurutucuları, su ısıtıcıları ve elektrikli araçlardan oluşmaktadır ve sistem kritik yükler her zaman kullanılabilir. Önerilen EEY algoritması, toplam ev enerji tüketimi bir talep cevabı olayı sırasında belirtilen sınırın altında kaldığı sürece ev sahibinin gerektiğinde cihazlarını çalıştırmasına izin verecek ve aynı zamanda yük önceliği ve müşteri konfor tercihini de dikkate alacak şekilde tasarlanmıştır.

[6]'da gerçekleştirilen çalışmada Android donanımlı cihaz kullanarak bir GPRS ağı üzerinden uygulama kontrol edilmesine dayanan akıllı ev uygulaması tasarlanmıştır. Android işletim sistemi açık kaynaklı bir platform olduğundan ev uygulamalarını bir mikrokontrolöre bağlayarak uygulamaları kontrol eden modül tasarlamasına izin vermiştir. Tüm ev uygulamaları bir GPRS ağı üzerinden birbirine bağlanarak röle devreleriyle uyarılmıştır. Android modülü, sunucuya statik bir IP adresi kullanarak bağlanmıştır. Kullanılan bu IP sunucusu ile android modülü arasında başarılı bir bağlantı kurmak için sunucuda kullanılan IP adresiyle eşleşmesi sağlanmıştır. Bilgiler sunucu tarafından alındıktan sonra, sunucu mikrokontrolör kartını kullanarak ev cihazı ile iletişim kurmuş ve mikrokontrolör tarafından verilen bilgilere göre, bağlı cihazların durumu değiştirilmiştir.



Şekil 2. Önerilen modelin blok diyagramı[6]

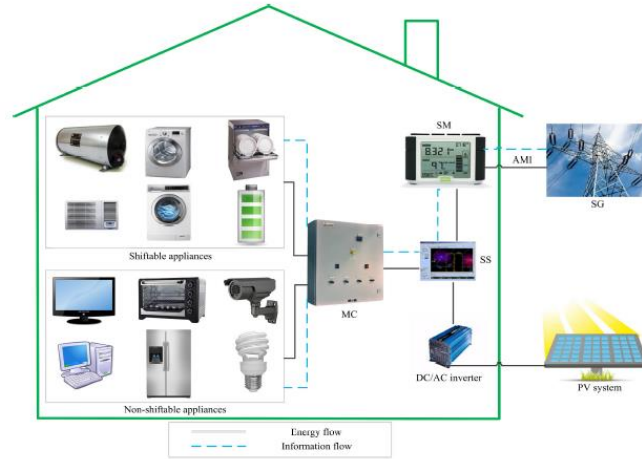
[7]'da yazarlar üç farklı katmandan oluşan optimizasyon yöntemini kullandıkları bir AEYS akıllı ev yönetimi sistemi tasarlamışlardır. Tasarladıkları bu sistemde farklı objektif fonksiyonları, çeşitli teknolojileri ve cevabı gibi yeni uygulamaları göz önünde bulundurmıştır. İlk katman olan fiziksel katmanda güç üniteleri ve tüketiciler ayrı ayrı ele alınmıştır. Üretim tarafında yenilenebilir enerji kaynakları, enerji depolama sistemleri (EDS), mikro ve dağıtım şebekesi gibi kısımlar yer almakta iken talep tarafında programlanabilen ve programlanamayan yükler şeklinde iki bölüm yer almıştır. İkinci katman olan ön işleme katmanında ise depolama seçenekleri önceden belirlenen sınırlar dikkate alınarak programlanıp ve yönetilmiştir. Ayrıca pil ömrü, şarj-deşarj sayısı sıcaklık limiti gibi faktörlerde burada yönetilmiştir. Son katman olan işleme katmanında önceki katmanlardan alınan bilgiler doğrultusunda uygun optimizasyon algoritmaları kullanılarak üretim birimleri ve programlanabilir yükler için en uygun ayar noktasının planlanması sağlanmıştır. Geliştirilen algoritmanın performansını değerlendirmek için test sistemi geliştirilmiş ve daha sonra simülasyon programında elde edilen sonuçlar toplanarak sistemin çalışması gözlemlenmiştir.



Şekil 3. AEYs mimarisi [7]

Makale [8]'de yazarlar enerji tüketimini azaltmak ve enerjinin yoğun saatlerde tepe yük değerini düşürmek için akıllı ev yönetimi tasarlanmış sistemi Doğrusal Programlama Algoritması (DP) üzerinden incelemiştir. Yoğun olmayan zamanlarda Enerji Depolama Sistemini(EDS) şarj etmek ve talebin yoğun olduğu zamanlarda enerjiyi boşaltmak için bir metod önermişlerdir. [9]' de yazarlar önerdikleri sistemde Kritik Yol Yöntemi ile Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniğini kullanarak bir ev enerji yönetimi sistemi içerisindeki bir sorunu ele almışlardır. Yapılan çalışmada evsel cihazların optimize zamanlaması için bir takım kısıtlamalar getirilerek, cihazların gerekli tüm bağımlı durumlarla programlaması müşteri tercihinin dayalı algoritma tekniği ile simülasyona girilen verilerin çıktılarının karşılaştırılması sonucu gerçekleştirilmiştir. Bu teknikle en yüksek talep etkili bir şekilde yönetilmiş ve enerji tüketim maliyeti düşürülmüştür.

[10]'da yazarlar optimize edilmiş ev enerji yönetim sisteminde, fotovoltaik panellerden en verimli şekilde faydalanarak yoğun saatlerde elektrik faturasını azaltmaya yönelik düşük kapasiteli bir enerji depolama sistemi kullanmışlardır. Akıllı sayaç ve mikrokontrolör arasında sezgisel algoritmalar kullanarak programlanan bir akıllı zamanlayıcı yerleştirilmiştir. Tasarlanmış oldukları sistemde akıllı zamanlayıcı tüm cihazlar için optimum enerji kullanım modeli oluşturmakta ve mikrokontrolör ile iletişimi sağlamaktadır. Mikrokontrolör, sistemin çekirdeğini oluşturmakta ve akıllı zamanlayıcı tarafından oluşturulan programa göre cihazların ve enerji depolama sisteminin çalışmasını sağlamaktadır.



Şekil 4. Akıllı ev şeması [10]

[11]'de yürütülen çalışmada talep yanıt sistemini konut müşterilerinin yoğun dönemlerde enerji kullanımını azaltmaları için teşvik etmek üzere Ana Enerji Kontrolörü kullanılmıştır. Bu sistem kullanıcının yaşam tarzına ve güç tüketimini etkileyen çevresel / sosyal faktörlere dayanarak gelecekteki güç talebini tahmin etmek için geliştirilmiştir. Ana enerji kontrolü ile kullanıcılara evde cihazları planlamak ve öğrenme yükü olmadan talep yanıt stratejilerini otomatikleştirmek için işlevsellik sağlamak üzere geliştirilmiş bir ev enerji yönetimi sistemidir.

[12]'te akıllı ev enerji yönetim sisteminin mimarisi ve fonksiyonel modülleri hakkında bilgi sunulmuş ve gelişmiş sistem altyapıları ve ev aletleri kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Ayrıca AEEYS'de güneş, rüzgar, biyokütle ve jeotermal enerjiler dahil olmak üzere çeşitli bina yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı araştırılmıştır. Son olarak, konut elektrik maliyetini azaltmak ve enerji üretim tesislerinden enerji verimliliğini artırmak için çeşitli ev aletleri planlama stratejileri de geliştirilmiştir.

[13]'de yazarlar gelecekte kullanılabilir bir bina otomasyonu için DA mikro şebekeler için yeni bir talep tarafı yönetimi sistemi tasarlamışlardır. Sistem içeriği DA yükler PV paneller, pil bankası ve DA güç kaynaklarından oluşmaktadır. Talep Tarafı Yönetim şemasını oluşturarak PV tarafından sağlanan DA mikro şebekenin verimini düşüren pilin şarj ve deşarj sürecindeki güç kayıplarını azaltmayı amaçladılar. Önerdikleri kontrol algoritması ile ertelenebilir yükü güneşli olmayan saatlerden güneşli saatlere kaydırarak güneşli olmayan saatlerdeki talebi azaltarak şarj/deşarj döngülerini azaltmış oldular ve sistem verimliliğini arttırdılar.

[14]'da yazarlar makalelerinde bir mikro şebekede fotovoltaikler ve rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımıyla esnek ve esnek olmayan yükleri içeren dinamik fiyat tabanlı bir talep cevabı optimizasyon modellemesi amaçlanmıştır. Önerdikleri dinamik fiyatlandırma planının performansını değerlendirmek için iki durum kullanmışlardır. Simülasyon sonuçlarına göre önerdikleri iki durumunda sabit fiyatlandırma şemasına kıyasla esnek ve esnek olmayan yükler için kar ve konfor açısından uygun olduğunu görmüşlerdir.

[15]'de yazarlar makalelerinde elektrik enerjisi endüstrisinin değişiminden bahsedilmektedir. Akıllı şebekelerde esnek ve yönetilebilir talepleri kapsayan talep tarafı yönetiminin esaslarından bahsedilmektedir. Talep tarafı yönetiminin uygulandığı ev otomasyonları sayesinde tüketim şemaları oluşturularak talep yönetimi gerçekleştirilmektedir.

[16]'de yazarlar artan elektrik talebi ile birlikte akıllı şebekelerin ortaya çıkması sonucunda konutlarda talep cevabına dayalı akıllı ev enerji yönetim sistemi için yeni fırsatlar sunmuşlardır. AEEYs, tüketiciler adına bir konutun enerji tüketimi ve üretim profilini dengeleyecek şekilde talepte değişiklikler yapan ve dengeleyen talep cevabı araçlarıdır.

[17]'de yazarlar akıllı evler için yapay zeka uygulamalarını test edebilecekleri bir simülasyon geliştirmişlerdir. Simülasyonda istenilen sayıda odaya sahip bir ev tasarlanmış ve bu evde bulunan odalar istenildiği gibi dizayn edilerek farklı görevlere sahip cihazlarla donatılabilmektedir. Bu evde yaşayacak sanal bireyler oluşturulmuş ve bu bireyler için haftalık yaşam senaryoları hazırlanmıştır. Tüm bu işlemlerden sonra dış operatörlerden gelecek olan komutlar neticesinde gerçek zamanlı akıllı bir ev simülasyonu yapılmıştır. Simülasyon sırasında istenilen algoritmalar sistem üzerinden çalıştırılabilir, izlenebilir ve istenilen şartlarda sisteme müdahale edilebilmektedir.

[18]'da yazarlar zamana göre değişen fiyatlandırma modeline dayalı olarak tüketicinin maddi giderini en aza indirecek şekilde evdeki cihazların çalışmalarını düzenleyecek yeni bir talep tarafı yönetim tekniği, yani yeni bir enerji verimliliği sağlayacak bir çizelge algoritması önerilmiştir. Önerdikleri algoritma ile evdeki cihazların çalışma süresi ve enerji tüketimindeki belirsizlikleri ele almak için, çeşitli cihazlara yönelik stokastik enerji tüketim modellerini modellemek için bir enerji tüketimi adaptasyon değişkenini içeren bir stokastik çizelgeleme tekniği kullanılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynağından üretilen enerjinin kesintili davranışını ele almak için, çevrimdışı statik çalışma programı, yenilenebilir

enerjideki varyasyonları göz önünde bulundurarak çalışma zamanı dinamik planlamasına uyarlanır.

[19]'da yazarların çalışmalarında önerdikleri ev, akıllı bir elektrikli cihaz, bataryaya sahip bir fotovoltaik sistem, akıllı iletişim ağı ve sağlam bir kontrolörden oluşmaktadır. Bu kontrolör, Kullanım Zamanındaki(ToU) elektrik fiyatına göre güç ünitelerini programlar. Güneş enerjisi, pil gücü, şebeke beslemesi ve elektronik cihazların kullanımından oluşan mevcut güç üniteleri kategorilere ayrılmakta ve düzenli olarak izlenmektedir. Birincil güç üniteleri, tercihen güneş enerjisi, müşterinin önceliğine göre otomatik olarak seçilir. Birincil güç ünitesi (güneş enerjisi), kesintili üretim yapısı nedeniyle güç sağlayamadığında, kontrolör buna göre bir sonraki güç ünitelerine geçer. Simülasyon sonuçları, Ev Enerji Yönetimi (HEM) algoritmasına dayalı önerilen sistemin elektrik maliyetini, tepe talep problemini azalttığını ve enerji kullanımının verimliliğini artırdığını göstermektedir.

## **2. OTOMASYON**

Gelişen teknoloji ile birlikte otomasyon kelimesi hayatımızda daha fazla yer almaya başlamıştır. Otomasyon adından da anlaşılacağı gibi insan gücü ya da diğer nesnelere yardımcıyla gerçekleştirilen birçok işlemin teknolojik aletler ve yaratılan yazılımlar yoluyla otomatik olarak sağlanmasıdır. Günümüzde artık hayatın her alanında otomasyon sistemleriyle karşılaşmak mümkündür.

Otomasyonda hazırlanmış olan bir senaryo üzerinden herhangi bir operatör ihtiyacı duymadan istenen işlemlerin otomatik olarak gerçekleşmesi olarak tanımlanabilir. Ev otomasyonu dendiğinde ise teknolojik gelişmelerin kişiye özel olarak belirlenen ihtiyaç ve isteklere göre uyarlanmasıdır. Yani kişinin davranışları ile evindeki yaşam biçimi yorumlanarak daha güvenli, konforlu ve her açıdan daha kullanışlı bir ev ortamı sunmak üzere oluşturulan sistemlerdir. Evler artık aktif olarak insan yaşamını kolaylaştırmaktadır. Otomasyon sistemleri ile evler artık kişilere güvenlik, konfor, cihazlarını kontrol etme, enerjiden ve zamandan tasarruf sağlama yönlerinde yardımcı olan bir araç haline gelmiş durumdadır [20].

Endüstriyel üretim tesislerinde uzun yıllardır kullanılan otomasyon sistemleri ürünlerin daha kaliteli ve güvenilir olmalarını sağlamanın yanı sıra daha düşük maliyet ve iş gücü ile seri üretim yapılma imkanı sunmaktadır. Bu sayede hem zamandan hem iş gücünden tasarruf

sağlanmaktadır. Artan teknolojik gelişmelerle birlikte yakın gelecekte insan gücüne olan talep tamamen sonlanacak ve üretimde tam anlamıyla otomasyon sistemleri hakim olacaktır. Otomasyon sistemi bu denli hayatımıza girmişken elbette evsel alanlarda da kullanımının yaygınlaşması kaçınılmaz olacaktır. Akıllı ev otomasyonu yıllardır lüks ve konforu sağlamak amacıyla kullanılsa da günümüzde gerçekleşen teknolojik gelişmelerle birlikte tasarruf ve verimliliği sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Dünya genelinde çok çeşitli otomasyon sistemleri kullanılmaktadır. Endüstride, askeri alanda, yönetim ve bilişim alanında ve bunlar gibi birçok amaç için otomasyon sistemlerinden faydalanılmaktadır.

## **2.1. Bina Otomasyon Sistemleri**

Bina otomasyon sistemleri yıllardan beridir insanların daha konforlu ve rahat bir hayat sürmelerini sağlamak amacıyla elektronik cihazlarını uzaktan komuta etmesi üzerine kurulmuştur. Güvenlik, iklimlendirme, telekomünikasyon, görüntüleme sistemleri vb. birçok amaç için kullanılan bina otomasyon sistemlerinin kullanım alanı günümüzde daha da genişletilmiştir. Çok çeşitli sensörler yardımıyla cihazları dokunmadan kontrol edebilmek mümkün hale gelmiştir. Konutlarda ve endüstride otomasyon sistemlerini tercih edilme sebebi başlarda iş gücünü azaltmak ve hızlı işlem yapmak iken güncel durumda artan enerji ihtiyacıyla birlikte şebekedeki olumsuzlukları gidermek, fatura maliyetlerini düşürmek ve enerjide verimliliği sağlamaktır. Evsel enerji tüketimindeki verimliliği arttırmak için bir diğer önemli etkende tüketimin sürekli izlenebilir olmasıdır. Sürekli takip edilen tüketim miktarı ile tüketicide enerji kullanımını sınırlama ihtiyacı oluşmakta ve bu sayede %5 ila %15 arasında enerji tüketiminde azalmalar sağlanabilmektedir [21].

Binalar tasarım aşamasında insanlara çok yönlü olarak hitap edecek özellikleri, yaşam biçimleri ve ihtiyaçları göz önünde bulundurularak otomasyon sistemleri ile donatılmaktadır. Binanın ve çevrenin güvenliğinin sağlanması, bina giriş kapısı açıp kapanması ya da uzaktan otomatik kilitleme, bahçe sulanması, bina ısınma ve soğutulması, bina içi ve çevresinin uzaktan izlenmesi gibi amaçlarla bina otomasyon sistemleri kullanılmaktadır. Binalar henüz projelendirilirken otomasyon sistemlerini içerecek şekilde tasarlanmakta ve inşasından sonra da o şekilde tüketicinin hizmetine sunulmaktaydı. Yani inşa edilirken otomasyon sistemi entegre edilmemiş bir binayı daha sonradan otomasyon



sistemi ile donatmak pek mümkün olmamaktaydı. Kişiler konut satın alacakları zaman akıllı ev ya da normal ev şeklinde seçim yapmaktaydı. Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde yapay zeka teknolojisi ile uzaktan erişim imkanlarını kullanarak herhangi bir konuta da akıllı ev statüsü kazandırmak mümkün olmaktadır. Akıllı ev statüsü kazandırılan bu evlere giriş çıkış güvenliği için şifre, yüz tanıma, sesli ve görüntülü uyarı sistemleri, otopark giriş çıkış kontrolü, cihazların uzaktan kontrolü gibi bir çok hizmeti alabilecek imkanlar sunulmuştur.

## **2.2. Ev Otomasyon Sistemleri**

Ev otomasyon sistemi 90'lı yıllardan bu yana evlerde kullanılan cihazların uzaktan kontrolünü sağlamak amacıyla kullanılmış ve akıllı bina tasarımlarının temelini oluşturmuştur. İnsanların yaşam standardını arttırmaya yönelik, hayatını kolaylaştırmak, konfor ve güvenliğini sağlamak amacıyla oluşturulan sistemlerdir. Ev otomasyonu elektronik cihazların uzaktan kontrolünü sağlamanın bir yolu olarak komut alışverişi esasına dayanır. Yani amaç öncelikle otomatik olarak istenilen zamanda cihazların açılıp kapanmasını sağlamaktır.

Günlük hayatta insanların çok sık kullandığı birçok elektronik cihaz bulunmaktadır. Çamaşır ve bulaşık makinaları, buzdolabı ve derin dondurucu, fırınlar, televizyon, bilgisayar ve tabletler, mutfak aletleri, çay ve kahve makinaları, elektrik süpürgeleri ve bunlar gibi cihazlar her evde mutlaka bulunmaktadır ve hayatın değişmez bir parçası haline gelmiştir. Dolayısıyla insanların hayatlarını ciddi şekilde kolaylaştıran ve sayısı günden güne artan bu cihazları kullanmaktan vazgeçmeleri mümkün değildir. Ancak bir takım iyileştirmeler yoluyla talep ettikleri enerjiyle tükettikleri enerjiyi dengede tutmanın yollarını aramaktadırlar. Teknolojik gelişmeler ve yapay zeka uygulamaları ile ev elektroniğinde kullanılan cihazların yönetimi çok daha kolay hale gelmiştir. Akıllı telefon yazılımları ile uzaktan kumanda etme özelliği bulunan çok sayıda cihaz üretilmektedir. Yaşanan teknolojik gelişmeler de doğal olarak insanları akıllı ev otomasyonlarına yöneltmektedir.

## **3. AKILLI EV TEKNOLOJİSİ**

Bilgisayarların yaygınlaşması sonucu bina otomasyon sistemleri çeşitli mimarilere uygun olarak tasarlanmaya ve belirli amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Seksenli yıllarda bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte bölgesel bilgilerin toplanması,

yorumlanması ve kontrol edilmesi gibi çalışmalar başlamıştır. Günümüzde erişim kolaylığı ve maliyetteki büyük düşüşler milli savunma yapılarında ve endüstriyel üretim alanlarında uygulanan otomasyon sistemleri akıllı ev sistemi şeklinde evlerde de kullanılmaya başlanmıştır.

Akıllı ev sistemleri birçok amaçla kullanılabilir. Tablet ya da telefonlar üzerinden kontrol edilebilen aydınlatma, güvenlik, ısıtma ve cihaz kontrolü gibi faktörler için tasarlanabilir. Akıllı şebekeler ve akıllı şehirlerin oluşturulması sürecinde konutlarda da akıllı ev sistemlerinin yaygınlaşması beklenmektedir. Akıllı ev sistemlerinin kullanımı zamanlayıcı ya da tetikleyici olmak üzere iki farklı yönde olabilir. Zamanlayıcı olan sistemlerde seçilen zamanda cihaz otomatik olarak açılacak ya da kapanacaktır. Tetikleyici sistemlerde ise belirtilen ön koşula göre cihazlar devreye girecek ya da çıkacaktır.

Gelişmekte olan teknoloji ve buna bağlı olarak artan enerji ihtiyacıyla birlikte yükselen güç talebini karşılama konusunda mevcut enerji kaynakları yetersiz kalmaktadır. Fosil yakıtları kullanarak elde edilen elektrik enerjisi bir yere kadar yeterli olacak ve bir süre sonra tükenme riskiyle karşı karşıya kalacaktır. Aynı zamanda çevreye verdiği büyük zararlar da göz önüne alındığında fosil yakıtlardan uzaklaşıp kaynağı sonsuz olan çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme ihtiyacı doğmuştur. Küresel ısınmanın getirdiği çevresel koşullar ve enerji kaynaklarının tükenmek üzere oluşu enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeyi kaçınılmaz hale getirmiştir. Elektronik cihazların yaygın kullanımı ile birlikte artan enerji ihtiyacının kısa vadede hızlı ve sürekli bir şekilde karşılanması için mevcut şebekeye ek olarak mikro şebekelere entegre yenilenebilir enerji kaynakları da kullanılmaya başlanmıştır. Konutlarda gündelik hayatı kolaylaştırmak, enerjiyi iyi yönetmek ve verimliliği arttırmak için yenilenebilir enerji kaynakları ile desteklenen akıllı ev enerji yönetim sistemleri kullanılmaktadır.

Akıllı Ev enerji yönetimi sistemleri karbon emisyonunu azaltma konusunda ciddi bir potansiyele sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla donatılan akıllı bir ev karbon salınımı bakımından incelendiğinde, ev enerji yönetim sistemlerinin zamana ya da toplam hane halkı elektrik tüketimine dayalı olarak talep tarafında ağırlıklı olarak yük kaydırma prensibi kullandığı görülmektedir[22].

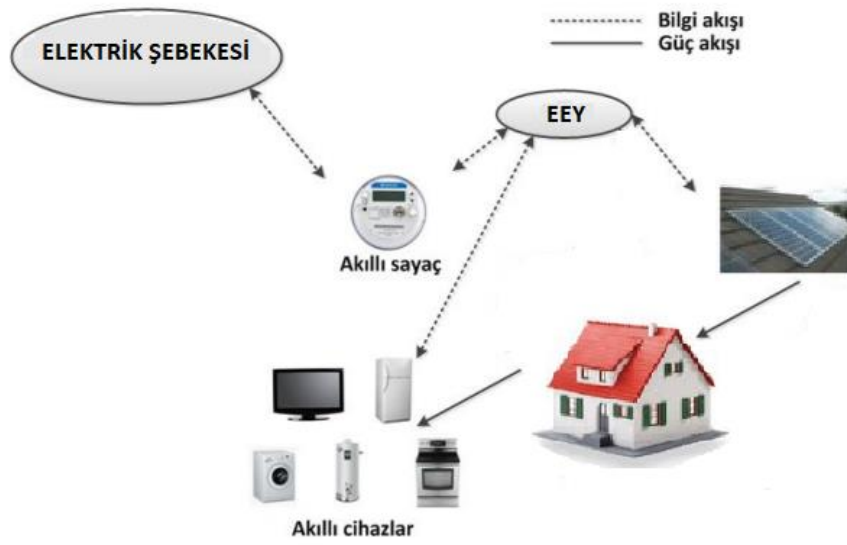
### 3.1. Akıllı Ev Enerji Yönetim Sistemi (AEEYS)

Akıllı ev enerji yönetim sistemi cihazların kontrolünü uzaktan gerçekleştirerek zamandan tasarruf etmek dışında hem zamanı hem de tüketilen enerjiyi yönetmeyi hedeflemektedir. Evde bulunan cihazları belirli zamanlarda devreye sokarak şebekeye aşırı yük binmesine engel olmaktadır. Bu şekilde enerjinin daha verimli ve ekonomik kullanımı sağlanmaktadır. Verimli kullanım için de öncelikle talebin kontrol altında tutulması yönünde birtakım çalışmalar gerçekleştirilmiştir. (TC) talep tarafı yönetimi uygulaması ile enerji kullanımı en ileri teknolojik yöntemlerle kontrol edilebilmiştir. Bu yöntemin hanelerde kullanılması sonucunda Ev Enerji Yönetimi (EEY) ortaya çıkmıştır.

Enerji yönetim uygulamalarından birisi olan talep tarafı cevabı (TC) uygulaması endüstriyel ve ticari tüketiciler seviyesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [23]. Bu yöntemle bazen dağıtım şirketleri birtakım teşviklerle tüketicilerden kullanımlarını sınırlandırmalarını talep edebilmektedir. Hanelerde yaygın olarak uygulanan talep tarafı yönetimi programı, kullanılan cihazların tükettikleri enerjinin takibini yapan akıllı ev enerji yönetimi sistemi adını almaktadır. Bu yöntemin amacı genellikle tüketimi belirli saatlerdeki yoğunluktan kurtarmak ve daha az kullanımın olduğu az yoğun saatlere taşımaktır. Bu sistem içerisinde kullanılan talep tarafı yönetimi metodu ile talep yönetilebilir hale getirilerek toplam enerji tüketimini azaltmadan yük arzı güvenliği sağlanmıştır.

Gelişmiş ülkelerde enerji tüketim maliyetinin azaltılması, yük tahmini, kullanımın planlanması programlanması ve kontrolü, enerji yönetimi konusundaki en önemli endişelerdendir. Bu duruma çözüm üretebilmek için birçok yöntem denenmektedir. Akıllı ev sistemlerini uygulamasında mevcut elektrik yüklerini kontrol edebilmek için akıllı cihazlar ya da akıllı prizler de kullanılabilir.

En sık kullanılan akıllı ev enerji yönetimi (EEY) sistemidir. Evde bulunan cihazların tükettiği enerjinin yönetilmesi ile talep edilen enerji miktarında azalma meydana gelecektir. Kullanılan ev enerji yönetimi modeli temelde çeşitli sensörlerin yardımıyla cihazların gücü, açık ya da kapalı oluşları, sıcaklık ve nem gibi bilgilerinin belirli haberleşme protokolleri vasıtasıyla mikro kontrolörlere aktarılmasıdır. Cihazlarla mikrokontrolörler arasındaki iletişim bluetooth, wi-fi, GPRS/GSM ya da zigbee gibi kablosuz haberleşme yöntemleri kullanılarak sağlanmaktadır.



Şekil 5. Akıllı ev enerji yönetim sistemi örneği

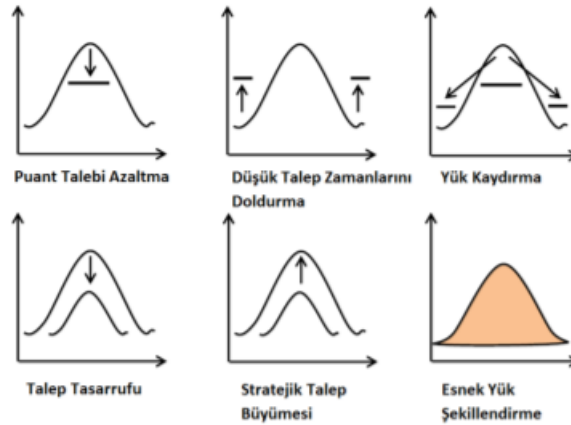
Akıllı evlerde elektrik yüklerinin kontrol altına alınması için, mevcut cihazların akıllı olması gerekir veya akıllı prizler gibi harici bir cihaz vasıtasıyla kontrol edilebilir olması gerekmektedir. Akıllı priz, akıllı ev sistemi kullanımını yaygınlaştırmak için iyi bir çözüm olmaktadır ve genellikle farklı kablosuz haberleşme protokollerini kullanır [24]. Günümüzde evlerde kullanılan birçok cihaz kullanım da olsa da olmasa da prizde takılı konumda bırakılmakta ve insan gücü olmadan devreye girememektedir. Bu durumda cihazlar prizde takılı kaldığı için güvenliği tehdit etmektedir. Ev enerji yönetimi sistemiyle evlerde kullanılan cihazların devreye girmesi ya da kullanılmayan cihazın devreden çıkması sağlanabilir. Aynı şekilde kullanılacak cihazların zamanlamasının iyi bir şekilde optimize edilmesi ev enerji yönetimi ile mümkün olmaktadır.

Ayrıca evde kullanılan cihazların neden olduğu karbondioksit emisyonunu en aza indirmek için de EEY sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Son yıllarda akıllı ev enerji yönetimi sisteminin yenilenebilir enerji ile entegre edilmesiyle hem enerji tasarrufu sağlanmakta hem de çevreye olan olumsuz etki en aza indirilmektedir.

### 3.2. Akıllı Evlerde Talep Tarafı Yönetimi

Tüketicilerin artan yoğun enerji talebini karşılamak ve şebekenin üzerindeki aşırı yükü azaltmak amacıyla akıllı ev yönetim sistemleri geliştirilmiştir. Akıllı ev yönetim sistemleri çeşitli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemlerin en önemlilerinden birisi de talep tarafı yönetim sistemidir. Şebeke ihtiyaçlarının kullanıcıların tüketim

alışkanlıklarına göre değiştirilip düzenlenmesi sonucu bir takım uygulamalar ile yönetilmesi Talep Tarafı Yönetimi(TTY) başlığı altında toplanmaktadır. Talep tarafı yönetimi şebekeye fazla yük bindiği puant talebi azaltma, düşük talep zamanlarını doldurma, stratejik talep tasarrufu, stratejik talep büyümesi, yük öteleme ve esnek yük şekillendirme gibi farklı amaçlarla kullanılabilir[25].



Şekil 6. Talep tarafı yönetim stratejileri [25]

Talep tarafı yönetimi ile tüketicileri elektrik kullanım alışkanlıkları edindirek yükün tavan yaptığı saatlerde şebekenin rahatlamasını sağlamak amaçlanmıştır. Tüketiciler piyasa fiyatlarına maruz kaldıklarında yükün tavan yaptığı periyottan daha düşük periyoda yükü kaydırarak veya yük kontrolü içinde yük tavan talebi azaltma veya enerji verimliliği önlemleri veya dağıtık üretim yükleyerek sağlayabilirler [26].

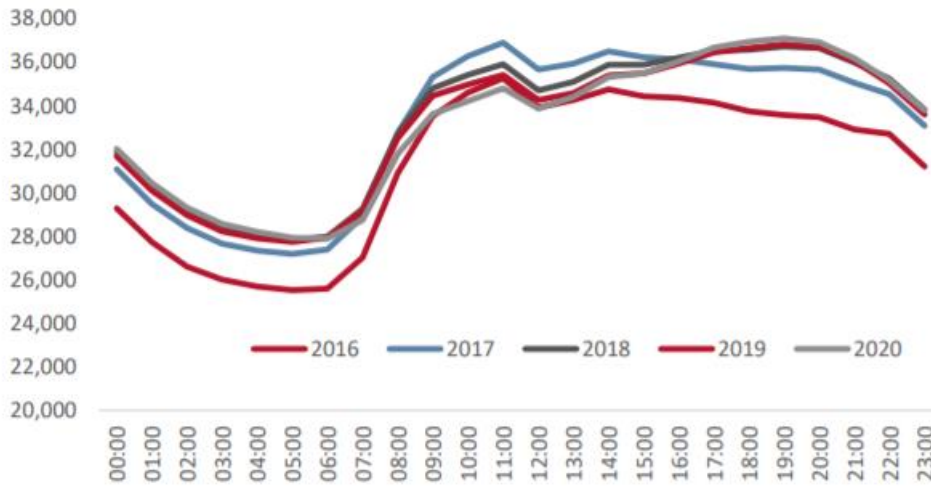
TTY ile klasik enerjinin elde edilmesinde ortaya çıkan karbon emisyonunun azaltılması hem de enerji tüketimindeki arz ve talep dengesinin sağlayarak yeni tüketim alışkanlığı oluşturmak hedeflenmektedir. Bu sistem tüketicilerin en yoğun saatlerde enerji kullanımını azaltıp esnek zamanlamayla tüketimi gün içerisinde yayarak, şebekenin üzerindeki olumsuz etkileri ve teknik aksaklıkları gidermeyi amaçlamaktadır. Böylece hem enerjide verimlilik hem de faturaların daha düşük gelmesi ile şebekeye iki yönlü fayda sağlamaktadır. Tüketicinin enerji kullanımında kısıtlamaya gitmesi bir takım kontrol mekanizmalarıyla yük atma, kaydırma ya da öteleme gibi yöntemlerle esnek enerji kullanımına geçmesi şeklinde uygulanmaktadır. Önümüzdeki süreçte yoğun enerji talebinin olduğu saatlerde tüketicileri ve şebekeyi rahatlatmak ve enerjiyi doğru yönetmek talep tarafı yönetim sistemi kullanımının yaygınlaşması beklenmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte yapay zeka uygulamaları ve yenilenebilir enerjinin hayatımıza daha fazla dahil olması artan enerji ihtiyacına çözüm üretmede etkili olacaktır.

Genel olarak talep tarafı yönetimi ile enerjide tasarruf sağlanması, yoğun saatlerdeki puant/pik yükün daha karşılanabilir bir hale getirilmesi, elektrik faturalarında iyileşme gözlenmesi, yeni yatırımlara daha az ihtiyaç duyulması, sistemde yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılması ve batarya kullanımının artması hedeflenmektedir.

Talep tarafı yönetiminde yoğun zamanlarda yük öteleme ile belirli bir iş daha sonraya kaydırılabilir ve daha sonraki bir zamanda gerçekleştirilebilir. Gerçekleşen işte bir değişiklik olmazken yalnızca işin yapıldığı zaman değişmiş olur. Bu amaçları gerçekleştirebilmek için Dolaylı Yük Kontrolü ve Doğrudan Yük Kontrolü yöntemleri kullanılabilir [27]. Dolaylı yük kontrolü tüketicilerin enerji tüketim alışkanlıklarını değiştirmek amacıyla çeşitli tarifeler, eğitimler gibi çeşitli yollarla uygulanmasıdır. Bu tip uygulamayla akıllı sayaçlar yardımıyla puant yük saatlerinde yük kullanımının yüksek birim fiyatlı tarifeden etkilenmeden farklı saatlere daha uygun fiyatlandırma ile kaydırılması şeklinde gerçekleşmektedir. Doğrudan yük kontrolü yönteminde ise çeşitli anahtarlama elemanları ve sistemler yardımıyla, şebekenin durumuna göre doğrudan kontrol edilmesi ile sağlanmaktadır. Şebekenin frekansına göre yükü devreye sokan ya da devreden çıkaran bir anahtar veya önceden belirlenmiş bir programın uygulanması şeklinde gerçekleştirilir [28].

### **3.3. Türkiye’de Talep Tarafı Yönetimi**

Talep tarafı yönetimi basit şekliyle bakıldığında ülkemizde zaman zaman yaşanan elektrik kesintileriyle uygulanmaktaydı. Ancak günümüzde birçok şekilde uygulanması beklenmektedir. Ülkemizde enerji talebi yıl içerisinde değişiklik göstermektedir (TEİAŞ, TSKB). Yıllar içerisinde teknolojiye yaşanan gelişmelerle birlikte kullanılan cihazlara bağlı olarak daha çok enerji tüketilmekte ve enerji ihtiyacı artmaktadır. Yakın gelecekte ülkemizde de elektrikli araç kullanımında da artış yaşanacağı öngörüldüğünde talebin daha da fazla olacağı düşünülmektedir. Elektrik enerjisinin depolanması yönünde çalışmalar sürdürülerek enerji ihtiyacının karşılanması düşünülse de çok daha önemsenmesi gereken talep tarafı yönetim sistemi ile depolamaya gerek kalmadan enerjide tasarruf sağlanması mümkündür. Talep tarafı yönetimi ile elektriği tüketenleri de sisteme dahil ederek enerjide üretim ve tüketim arasında bir uyum yakalanması sağlanabilir. Pik saatlerde çalışacak yükleri gündüz saatlerine kaydırarak şebeke yoğunluğunu azaltmak mümkündür.



Şekil 7. Türkiye ortalama saatlik elektrik tüketim miktarı (MWh) ,(TEİAŞ, TSKB)

Ülkemizde enerji talep yönetimi konusundaki gelişmelerden biri de elektrik aboneliği aşamasında iki farklı seçenek sunulmasıdır. Seçeneklerden biri tek zamanlı fiyat tarifesidir iken diğeri üç zamanlı fiyat tarifesidir uygulamasıdır. Tek zamanlı fiyat tarifesinde tüm gün için tek birim fiyat üzerinden ücretlendirme yapılırken, üç zamanlı tarifede yükün tavan yaptığı saatlerde farklı birim fiyat uygulanırken sabah ve akşam yük yoğunluğunun az olduğu saatlerde daha düşük fiyatlandırma yapılmaktadır. Bu şekilde kullanıcılar faturalarından tasarruf sağlamaktadır [29].

#### 4. AKILLI ŞEBEKELER

Akıllı şebekeler için yeni neslin enerjisini karşılayacak güç şebekeleri denebilir. Akıllı şebeke sistemi içerdiği akıllı sayaçlar sayesinde enerjinin verimli kullanımı ve uzaktan kontrol mekanizmaları aracılığıyla geri bildirimler alarak tüketici taleplerinin yönetildiği geleneksel şebekeler olarak tanımlanabilir. Günümüzde artan enerji tüketimine paralel olarak şebekelerden dağıtılacak güç miktarı da artacaktır. Geçmiş yıllarla kıyaslandığında önümüzdeki süreçte elektrik tüketiminde çok büyük artış yaşanacaktır. Çünkü kullanılan elektronik cihaz sayısında günden güne artış gerçekleşmekte bu da gün içerisinde belirli saatlerde şebekeye aşırı derece yük binmesi anlamına gelmektedir. Bu artışı karşılamak için yenilenebilir enerji üretiminden faydalanarak şebekeye üzerindeki fazla yükün hafifletilmesi gerekmektedir. Bu da akıllı mikro şebeke sistemleri ile sağlanmaktadır.

Gerçek zamanlı fiyatlandırmanın yapıldığı serbest piyasada, akıllı sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Akıllı şebeke sistemleri aracılığıyla yenilenebilir enerjilerin kullanımı ile şebekelerin üzerinde oluşabilecek olumsuzluklar giderilebilecektir. Yenilenebilir

enerjilerden faydalanarak gerçek zamanlı fiyatlandırmanın yapıldığı sistem olan serbest piyasanın uygulanması için akıllı sistemlere ihtiyaç vardır. Bu şekilde enerji talebi ertelenerek dengelenmesi sağlanacak ve şebekede yaşanan olumsuzluklar giderilebilecektir. Elektrik üretiminde fosil yakıtlar terkedilip yenilenebilir enerji kaynaklarına geçildikçe çevreye salınan CO<sub>2</sub> oranı da azaltılmış olacaktır [30].



Şekil 8. Akıllı şebeke örneği

Akıllı şebeke teorikte ve pratikte birçok zorluğu olan iki yönlü bilgi ve güç akışına sahip oldukça karmaşık yapılı doğrusal olmayan dinamik bir enerji varlığı ağıdır. İzleme ve kontrol, şebekeyi yönetilebilir kılmak ve akıllı hale getirmek, iyileştirilmesini sağlamak, kendi kendini organize etmek ve yapılandırma yeteneğiyle donatmak için olması gereken önemli bir konudur. Akıllı Şebeke, organizasyonların daha aktif olduğu ve insanlar tarafından geliştirilen çeşitli kritik görevleri yerine getiren normal şebekeden farklı olarak daha karmaşık kontrol, algılama ve bilgisayar odaklı izleme gerektirir. Bu nedenle etmen yönelimli programlama, dağıtılmış sistem operasyonlarına hesaplama zekası uygulama gibi bazı modern kontrol tekniklerinin akıllı şebekeler için en uygun yöntemler olduğu iddia edilmiştir [31].

Dijital teknolojiyi kullanan akıllı şebekeler, üretici ile nihai tüketici arasında geri bildirim esasına dayanan çift yönlü bir veri akışı sağlar ve iletim hatlarını sürekli olarak takip ederek süratli bir şekilde cevap verir. Akıllı şebekelerin bileşenleri;

- Akıllı Üretim
- Akıllı İstasyonlar



- Akıllı Dağıtım
- Akıllı Sayaçlar
- Bütünleştirilmiş Haberleşme
- İleri Kontrol Metotları olarak sıralanabilir [32].

Akıllı şebekelerin sağladığı avantajların başında şebekenin ve kullanıcıların çıkarları doğrultusunda elektrik piyasasının kalitesini artırmak ve iyileştirmek, hizmeti sunarken maliyetleri en aza çekebilmek yer almaktadır. Elektrik şebekesinde meydana gelen olumsuzlukları en aza indirerek şebekenin güvenilirliğini artırmak ve pik yük oluşma durumlarını azaltmayı hedefleyerek daha verimli çalışmasını sağlamaktadır. Akıllı şebekeler ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının daha çok yaygınlaşması beklenmektedir.

## **5. ARAÇLAR VE TEKNOLOJİ**

### **5.1. Mikrokontrolörler**

Mikrokontrolörler, bir çipten oluşmaktadır ve programlanabilme, daha sonra çalıştırmak üzere bir programı içinde depolayabilme ve gerçek zamanlı olarak çalışma özelliklerine sahiptir. Mikrokontrolörler oldukça küçük boyutlardadırlar ve çok az güç tüketirler. Bu özellikleri ile gerçek zamanlı bir uygulamada işlemci dışındaki elektronik ortamdan gelen ve hızlı değişim gösteren işaretlerin işlenerek aynı hızla çıkışlarının dış dünyaya uygulanmasını sağlarlar[33].

İyi tasarlanmış çoğu ev otomasyon sisteminin temelinde PIC, Arduino ya da Raspberry pi gibi mikrodenetleyici mini bilgisayarlardan faydalanmaktadır.

#### **5.1.1. Arduino**

Arduino bir giriş çıkış kartıdır ve processing/ wiring dilinin bir uygulamasını içeren geliştirme ortamından, açık kaynak kodlu olarak geliştirilen ve esnek, kolay kullanımlı donanım ve yazılım tabanlı fiziksel bir programlama platformudur. Arduino'da yalnız interaktif nesnelere geliştirilebileceği gibi bilgisayara bağlanarak orada kullanılan yazılımlar üzerinden de çalıştırılabilir [34]. Arduino bir açık kaynaklı mikrodenetleyicidir ve sensörler, akıllı prizler gibi cihazlarla kablosuz iletişim için Zigbee haberleşme sistemi ile uyumlu çalışmaktadır.

- **Arduino Mega 2560** : Arduino, 8 bit ATmega tabanlı bir mikroişlemci kartıdır. Arduino ait programlama dili ile programlanır. 54 dijital giriş çıkış pinine ve 16 analog girişe sahiptir. Bu program Arduino Yazılım Geliştirme Ortamı (IDE) ile karta derlenip karta yüklenir.
- **Arduino Uno**: Arduino UNO 2010 yılında insanların kullanımına sunulan ve ATmega328 mikrodenetleyicisini kullanan elektronik prototipleme platformu olarak karşımıza çıkmaktadır. 7-12V arasında çalışan bu platform, 14 adet dijital giriş-çıkış pinlerine sahiptir. Bunlardan 6 tanesi PWM olarak kullanılabilir. 6 pinden 8 bitlik analog sinyal çıkışı elde edilebilmektedir [35].
- **NodeMCU**: Boyutu oldukça küçük olan bir elektronik devredir. Açık kaynaktır, ucuzdur ve yeteneklidir. Programlama dili olarak Lua betiği yani scriptti kullanır. Buna rağmen yine de; Arduino IDE ve Arduino'nun kullandığı dille de programlanabilir. USB kablosuyla bilgisayara kolayca bağlanır, programlanabilir ve veri iletişim kurulabilir. Diğer Arduinolardan farklı olarak kendi içerisinde Wifi özelliği bulundurmaktadır.



Şekil 9. Arduino Mega 2560 / Uno / NodeMCU

### 5.1.2. Raspberry Pi

Bir banka kartı büyüklüğünde tasarlanmış tek bir boarddan oluşan mini bilgisayarlardır. 32-bit ARM tabanlı mikroişlemciye sahiptir. Üzerinde (GPU) grafik işlemci, ses, USB girişleri ve Ethernet girişi bulunmaktadır. Linux komutlarıyla programlanabilir[36].

Günlük hayatta kullanılan bilgisayarlardan farklı olarak tek kart bilgisayarlar daha az güç tüketirler ve daha küçük boyuta sahiptirler. Akıllı ev, otomotiv, sağlık gibi alanlarda kullanılmaktadır.



Şekil 10. Raspberry pi

### 5.1.3. PIC Kontrolör

PIC mikrodenetleyiciler hızlı çalışmaları amacıyla RISC (Reduced Instruction Set Computing) işlemci olarak tasarlanmıştır. Yani bu mikrodenetleyicilerde komut sayısı oldukça azdır. Komutlar tek bir çevrimde işlendiğinden mikrodenetleyicinin hızı artmaktadır.

PIC mikrodenetleyiciler geniş bir kitle tarafından kullanıldığı için PIC programlama ile ilgili üretilen yazılım ve donanım çok fazladır ve kolay bulunur. Kolayca ve düşük maliyetle elde edilir. Basit elektronik devre elemanları kullanılarak hazırlanabilen donanımlar ile programlanabilir. Gerektirdiği reset, clock sinyali ve güç devreleri çok basittir[37].

## 5.2. Kablosuz İletişim Ağları

Binalar inşaat aşamasında iken akıllı ev otomasyonu sistemi ile donatılacak ise kablolu mevcut sistemlerden faydalanılabilir. Ancak günümüzde önceden inşa edilmiş birçok eve akıllı ev otomasyonu kurulacağı zaman kablolu sistem oldukça maliyetli olacaktır. Bu nedenle süregelen teknolojik gelişmelerle birlikte çeşitli kablosuz haberleşme altyapıları kullanılmaya başlanmıştır.

Yaşanan teknolojik gelişmelere bağlı olarak üretilen kablosuz haberleşme teknolojileri ile birçok cihazla iletişim kurmak çok kolay hale gelmektedir. Kapsama alanı, frekansı, ağ yapısı, veri hızı gibi birçok özellik göz önüne alınarak seçim yapılabilmektedir. Akıllı ev yönetimi sistemlerinde farklı özellikleri nedeniyle tercih edilebilecek birçok haberleşme teknolojisi bulunmaktadır.

Kablosuz ev otomasyonunda cihazları uzaktan izleyip, kontrol etmek ve yönetmek amacıyla kullanılan bu teknolojiler sensör ve diğer hareket sağlayıcılar üzerinden aldıkları bilgiyi gerekli durumda kullanıcıya bilgilendirirler.

Özellik	Zigbee	Z-Wave	EnOcean	Wifi	Bluetooth
Standart	IEEE802.15.4	Zensys	ISO/IEC 14543-3-10	IEEE802.15.1	IEEE802.15.1
Frekans (Hz)	915M/2.4G	900	868.3	2.4/5G	2.4-2.485G
Uzaklık (m)	100'e kadar	100	100	92'ye kadar	30-100 arası
Veri Hızı(bits/s)	250 kbps'ye kadar	100 kbps'ye kadar	125kbit/s	2.4 GHz'de 96.3Mbps'ye kadar	24 Mbps'ye kadar
Ağ Sayısı	64,000	232		255	7
Güç Tüketimi	Approx.1mW	< 1mW	Çok Düşük	>20mW	>2mW

Tablo 1. Sık kullanılan bazı kablosuz haberleşme teknolojileri

### 5.2.1. Bluetooth

Düşük enerji tüketimine sahip olan bluetooth sağladığı 1 mbps veri hızıyla 10m menzile sahiptir ve bu menzil 100 metreye kadar çıkabilmektedir. Günümüzde kullandığımız birçok cihazın donanımında bulunmakta olup giriş şifresiyle kolay erişim sağlanabilmektedir. Yakın mesafeden kontrolü sağlamak amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir ve oldukça güvenilirdir.

### 5.2.2. GPRS (2G, 3G,4G)

Mobil cihazlarda bulunan hücresele veri ağları olarak adlandırılan bu sistemle yüksek miktardaki veri transferinin sağlanması mümkündür ancak yüksek enerji ihtiyacı oluşturması nedeniyle fazla tercih edilmemektedir. 200 km ye kadar menzili bulunmaktadır.

### 5.2.3. Wifi

Yüksek miktardaki verinin hızlı bir şekilde aktarılmasını gerektiren durumlar için kullanılmaktadır. Yüksek güç tüketmekte olan ve IEEE 802.11 standardını temel alan Wi-Fi'nin menzili genel olarak 100 metredir ancak özel antenlerle menzili 30 km'ye kadar çıkarılabilir [38]. Bu iletişim ağı günümüzde en çok tercih edilen ve Wireless olarak da adlandırılan radyo dalgaları ile yüksek hızda kablosuz interneti kullanıcılarına sağlar.

Kablosuz ağlara oranla daha az güvenilir olmakla birlikte tablet, telefon, dizüstü bilgisayar vs. gibi ürünlerin kullanımında en yaygın internet sağlayıcısıdır.

### 5.2.4. Zigbee

Zigbee standardı 2002 yılında kurulan Alliance tarafından geliştirilmiştir. IEEE 802.15.4 internet protokolünü düşük güç gerektiren ev otomasyonu ve endüstride yaygın olarak kullanılan kısa menzilli kablosuz iletişim protokolüdür. Düşük güce ihtiyaç duyan seyrek veri aktarımı yapılacağı durumlarda kullanılır. Zigbee üreticiden bağımsız olarak kontrol noktalarının haberleşmesine izin verir [39].

Zigbee cihazların birbiriyle iletişim kurmasına izin veren dijital radyoları kullanır. Tipik bir ZigBee ağı birkaç tip aygıttan oluşmaktadır. Networkte ağı kuran koordinatör her düğümün farkında olarak network içindeki tüm hareketleri alınmış ya da gönderilmiş bilgiyi tüm aşamalarıyla yönetir. Ağ içindeki diğer tam fonksiyonel cihazları bulabilir tüm aygıtlar 802.15.4 fonksiyonlarını destekler. Bu aygıtlar network koordinatörleri başta olmak üzere, network dağıtıcılarına ve fiziksel dünyayla bağlantılı olan cihazların tümüne hizmet ederler.

#### **ZigBee'nin önemli özellikleri:**

- Güvenilirlik
- Fazla sayıda düğüm desteği
- Hızlı ve kolay kurulum
- Uzun pil ömrü
- Güvenlik

- Düşük maliyet
- Üretici/sağlayıcı bağımsızlığı [40]



Şekil 11. Zigbee ağ geçidi

### 5.2.5. EnOcean / KNX

EnOcean Protokolü üç katmandan oluşmaktadır. Bunlar ağ katmanı, fiziksel katman ve data hattı katmanı şeklindedir. Uluslararası ISO/IEC 14543-3-10 standardına sahiptir. Çalışma frekansı Avrupa’da ASK (Amplitude Shift Key) kullanımı ile 868 MHz, Fiziksel katmanda ASK kullanılarak her iki frekansta(315 MHz ve 868 MHz) data iletim hızı 125 Kb/s olmak üzere, güvenli veri iletimi gerçekleşir. EnOcean’ın en önemli ultra-düşük güç tüketimidir ve kapsama alanı 30 m civarındadır. EnOcean alıcı-vericiler 1  $\mu$ s’nin altında anahtarlama yapabilen özgün RF osilatörü kullanır ve üzerinde güneşsiz günlerde de çalışabilen güneş panelleri bulundurur. [41]

#### EnOcean’ın Avantajları

- Kablolama, kontrol, sensör, anahtar maliyetlerinin azalması
- Kurulumda esneklik
- Bakım gerektirmez
- Kırma, delme vb. işlemlerin olmaması
- Yenileme de kolaylık (tarihi binalar gibi)

- Sınırsız sensör kullanımı
- Aktüatörler harici besleme gerektirmez
- Çift yönlü iletişim imkanı

KNX sistemi, iki telli bir BUS hattı ve bu hatta bağlanan sensör ve aktüatör elemanlarından oluşan bir sistemdir. Bu sistem elemanları işlevlerine göre programlamakta belirli parametreler doğrultusunda görev yapmaktadır. KNX elemanları, bağlı oldukları bir KNX hattı üzerinden birbirlerine telgraf göndererek merkezi bir kontrol ünitesi olmaksızın bağımsız olarak işlevlerini yerine getirirler. Bu şekilde sistem üzerinde çok yaygın bir otomasyon imkanı doğar.

#### **5.2.6. Z-Wave**

Z-Wave daha çok bina otomasyonları için desteklenen bir kablosuz protokoldür. Bu protokolda amaç kontrol ünitesi ile düğümler arasında güvenilir veri iletimini sağlamaktır. ISM bandında 900 MHz frekansta çalışır. İç mekanda 30 m ve dış mekanda 100 m'ye kadar kapsama alanı bulunmaktadır. Aynı frekanstaki diğer kablosuz ağlar ile çalışabilmektedir. Çift yönlü radyo sistemi ile tanımlanabilir.

## **6. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI**

Geçmişten günümüze insanoğlu yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek ve birtakım ihtiyaçlarını karşılamak için enerjiye ihtiyaç duymuştur. İhtiyaç duyulan enerji genel olarak fosil yakıtların kullanımı ile sağlanmıştır. Fosil yakıtları kullanarak enerji üretimi sınırlı miktarda gerçekleşmekte ve çok maliyetli olmaktadır. Fosil yakıtların tükenme riski ve doğaya verdikleri zararlar da göz önüne alındığında yeni enerji arayışları kaçınılmaz hale gelmiştir. İnsan yaşamına ve çevreye zarar vermeyecek, doğada serbest halde bulunan kaynağı sonsuz yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretiminde kullanılması sağlanmıştır. Günümüzde güneş, rüzgar, biyokütle, termal vs. gibi çok çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı sistemler kullanılmaktadır. Yakın gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtların yerini tamamen alacağı düşünülmektedir.

2020 yılında Türkiye’de üretilen toplam 305 teravat-saat’lik (TWh) elektriğin içinde kömürün payı %34,8, hidroelektriğin payı %25,6, doğalgazın payı %22,7, rüzgâr, güneş, jeotermal ve diğer yenilenebilir kaynakların payı ise %16,8 olmuştur [42].

Teknolojik gelişmeler ve buna bağlı olarak artan enerji ihtiyacıyla birlikte yükselen güç tüketimi ve enerji ihtiyacı mevcut şebekeler ile yeterince karşılanamamaktadır. Mevcut durumda fosil yakıtların kullanımı ile elde edilen elektrik enerjisi hem çok maliyetli olmakta hem de bu yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan zehirli gazlar çevreye olağanüstü zararlar vermektedir. Hem artan enerji talebini karşılamak hem de çevre sağlığını korumak için enerjide yenilenebilir kaynakların kullanımına geçilmiştir.

### **6.1. Güneş Enerjisi**

Dünya enerjije olan talebin çoğunu karşılayan ve gelişmiş teknolojik üretim olanaklarıyla, yüksek verim elde edilen ve maliyeti düşük olan fosil yakıtlara alternatif kaynak arayışı ilk kez 1973 yılında meydana gelen Petrol Krizi sonrasında ortaya çıkmıştır. Kriz sonrası petrol fiyatlarında yaşanan muazzam artış enerjide arz güvenliği problemini gündeme getirmiş ve enerji üretmede yeni arayışlar ortaya çıkmıştır. Fosil yakıtlardan enerji üretirken neden oldukları sera gazı emisyonu, ülkeleri çevreye zarar vermeyen temiz ve kolay ulaşılabilir yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelerine neden olmuştur. Dünyanın ihtiyaç duyabileceği enerji potansiyelinin tamamına sahip olan güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarının içinde başı çekmektedir[43].

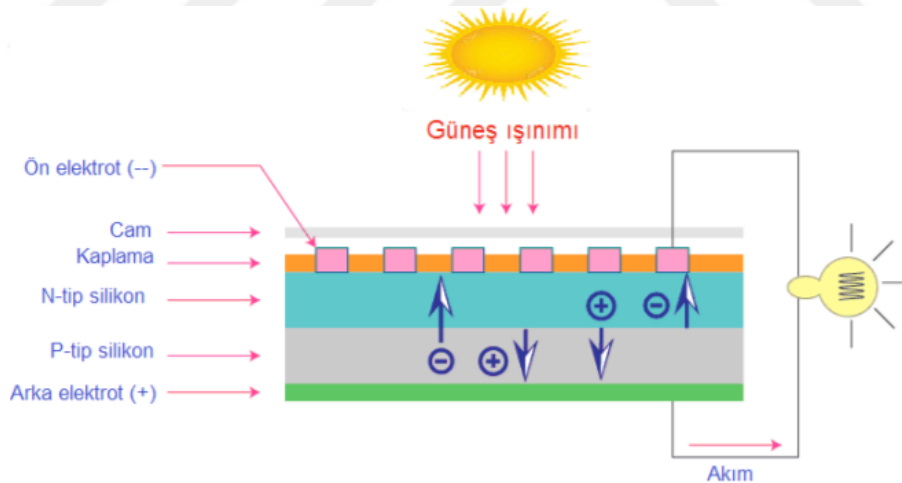
Güneş, Dünya için doğal yollarla ulaşılabilen en büyük enerji kaynağıdır. Güneşin yaydığı ısı ve ışığın dünya ve evrendeki çoğu gezegene ulaşabilecek büyüklükte enerjisi vardır. Ancak güneşin oluşturduğu bu muazzam enerjinin sadece bir kısmı dünyaya yüzeyine erişebilmektedir. Yeryüzüne kadar gelebilen ışınımın çok düşük olmasının sebebi, atmosferimizdeki CO<sub>2</sub>, su buharı ile ozon gibi gaz maddelerinin ışınımı soğurmalarının yanında, aşmaları gereken mesafenin çok uzun olmasıdır[44]. Çok büyük ve sonsuz bir enerji kaynağı olan güneşten yeryüzüne doğru hareket eden toplam gücün miktarı yaklaşık olarak 1.8x10<sup>11</sup> MW’ dir. Bu değer dünyadaki bütün tüketicilerin kişisel ya da ticari olarak tükettikleri toplam enerji miktarından katbekat fazladır. Dolayısıyla güneş enerjisi dünyanın bugün ve yarın ihtiyaç duyabileceği enerjinin tamamını karşılayabilecek potansiyele sahiptir[45]. Bu eşsiz kaynak uygun koşullarla doğru bir şekilde kullanıldığında mevcut durumda ve gelecekte ihtiyaç duyulacak enerji gereksiniminin tamamını karşılayabilecek



durumdadır. Güneş çekirdeğinde meydana gelen füzyon reaksiyonları sonucu hidrojen elementleri çarpışır ve daha ağır olan helyum atomlarına dönüşür ve sonuçta büyük bir enerji açığa çıkar. Reaksiyonlar sonucu oluşan kütle farkı enerjiyi ısıya dönüştürerek uzaya yaymaktadır. Yayılan bu radyasyonun bir kısmı da atmosferden geçerek dünyaya ulaşır. Yere ulaşan güneş ışığının yarısı görünür ışık, kalan yarısına yakını da kızılötesi radyasyon ve daha az miktarda ultraviyole ve diğer elektromanyetik radyasyon biçimlerinden oluşur.

## 6.2. Güneş Enerji Sistemleri

Güneş enerji sistemleri bir diğer adıyla Fotovoltaik (PV) sistemler, güneşten gelen ışığın doğrudan elektriğe dönüştürülmesidir. Işık fotonunu fotovoltaik hücrelerinde elektrik enerjisine dönüştürebilen, hareket eden parçası bulunmayan, maliyetsiz çevre dostu uzun ömürlü sistemlerdir. Fotovoltaik hücreler sistemin temel yapısını oluşturmaktadır ve bu hücreler katkılı yarı iletkenleri kullanarak güneş enerjisini doğrudan elektrik akımına dönüştürmektedir. PV hücresi, kalınlığı yaklaşık 0.3 mm olan ince silikon tabakadan yapılmıştır. 100 ila 225 cm<sup>2</sup> arasında değişen bir yüzey alanına sahiptir [46].



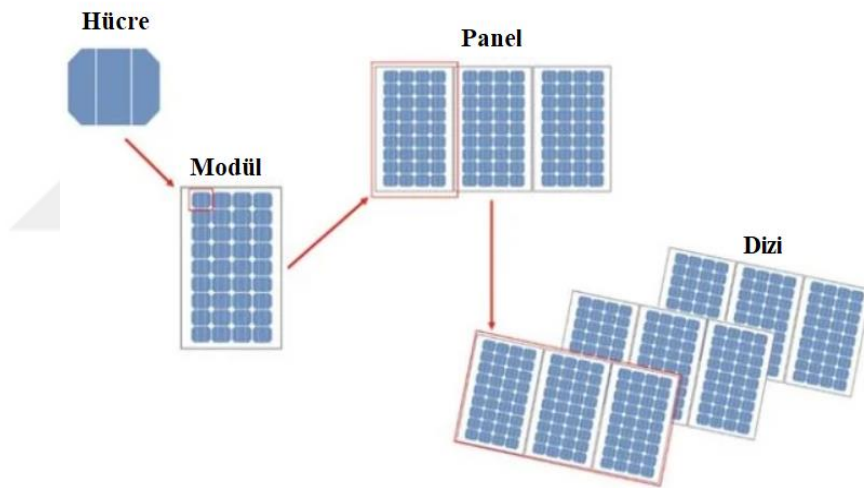
Şekil 12. PV hücresinin iç yapısı

Bir güneş pili, bir N-tipi silikon tabakasının yanına yerleştirilmiş bir P-tipi silikon tabakasından oluşur. N-tipi katmanda, elektron fazlalığı vardır ve P-tipi katmanda, pozitif yüklü delikler fazlalığı vardır. İki katmanın birleşiminin yakınında, bağlantının bir elektronlar, elektron açısından fakir olan bağlantının diğer tarafındaki deliklere doğru hareket ederler ve dolayısıyla P tipi katmanda negatif yük birikimi üretirler. Bu, elektronların delikleri doldurduğu, birleşim bölgesi adı verilen bağlantı etrafında bir elektrik alan yaratır. Hücre ışığa maruz kaldığında, fotovoltaik etki yüzünden bazı elektron deliği çiftleri hem N

hem de P bölgesinde ortaya çıkar. Dâhili elektrik alan, fazla elektronların deliklerden ayrılmasını sağlar ve onları birbirlerine göre zıt yönlere iter. Sonuç olarak, elektronlar birleşim bölgesini geçtikten sonra alan ters yönde akımlarını engellediğinden geriye hareket edemezler. Harici bir iletken tel ile bağlantıyı bağlayarak kapalı bir devre elde edilir. Hücre aydınlatıldığı müddetçe, bu kapalı devrede akım yüksek potansiyele sahip N katmanından düşük potansiyele sahip P katmanına akar. Bu şekilde katmanda elektrik akımı oluşur[47].

### 6.2.1. PV Panel ve Dizi

PV modül, fotovoltaik etki yoluyla güneş ışınlarından enerji üretmek için kullanılan bir dizi panel veya hücredir. Güneş ışığı PV hücresinin üzerine geldiği zaman uçlarında bir gerilim meydana gelir. PV hücrelerin yan yana paralel ya da seri bir şekilde bir yüzey üzerinde birleştirilmesi ile fotovoltaik modül oluşur. Hücreleri bu şekilde bağlayarak üzerlerine düşen gerilimi ve dolayısıyla açığa çıkan gücü artırmak mümkündür.



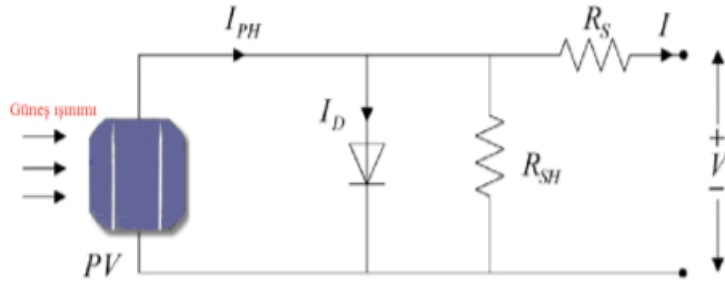
Şekil 13. PV sistemin temel yapısı

Modüllerin birbirine seri ya da paralel bağlanarak ürettikleri güç, talep edilen güç miktarından çok daha yüksek olabilmekte yani birkaç Watt düzeyinden MW düzeylerine çıkabilmektedir[48].

Bir fotovoltaik sistemin içeriğinde PV paneller, DA-AA eviriciler, aküler ve yükler bulunmaktadır. PV sistemle güneş enerjisi DA'a dönüştürülerek depolanır. Tek panelle enerji ihtiyacını karşılamak zor olacağı için paneller seri ya da paralel bağlanarak PV dizisi oluştururlar. Fotovoltaik dizi çıkışından elde edilen elektrik enerjisi doğrudan bir doğru akım(DA) yükünü besleyebileceği gibi bir aküde de depolanabilir. Sistem gün ışığından kısıtlı bir süre yararlanabilir yeterli güneş ışığı olmadığı zamanlarda sistem yeterli enerjiyi üretemeyebilir. O durumda enerji ihtiyacını aküde depoladığı enerjiden karşılar [49].

### 6.2.2. PV Hücre Eşdeğer Devresi

Bir fotovoltaik hücrenin eşdeğer devresi, bir akım kaynağı ve kaynağa paralel bağlı diyot ile seri ve paralel dirençlerden oluşmaktadır.



Şekil 14. PV hücre eşdeğer devresi

Şekil 14'teki eşdeğer devrede ( $I$ ) toplam çıkış akımını, ( $I_{PH}$ ) güneş ışınlarından elde edilen toplam akımı, buna seri olarak bağlı direnç, ( $R_{SH}$ ), ( $I_D$ ) paralel diyot üzerinden geçen akımı ve çıkış akımına karşı gösterilen toplam iç direnci temsil etmektedir. PN birleşme yüzeylerinin yapılarına bağlı olarak iç direncin değeri değişmektedir. Burada paralel bağlı direnç  $R_{SH}$ , meydana gelen sızıntı akımını temsil etmektedir. İdeal bir fotovoltaik hücrede  $R_S=0$  ve  $R_{SH}=\infty$  olarak kabul edilir. 1 inçlik yüksek kalitede bir PV hücrede  $R_S= 0,05-0,10 \Omega$  ve  $R_{SH}= 200-300 \Omega$  aralığındadır. Seri direnç üzerinde oluşabilecek küçük bir artış bile çıkış geriliminin ciddi ölçüde düşürmektedir. O nedenle PV sistem çevirimin verimi seri dirence bağlıdır. Toplam yük akımının sıfır olduğu durumda, hücrenin açık devre gerilimi (VOC) elde edilebilir[50].

### 6.2.3. PV Panel Çeşitleri

Günümüzde, tek kristal silikon, çok kristal silikon, çok eklemli ve yoğunlaştırıcı gibi birçok PV hücresi mevcuttur. Maddeleyecek olursak;

- Monokristal güneş paneli
- Polikristal güneş paneli
- İnce film güneş paneli
- Esnek güneş paneli
- Saydam güneş paneli olarak sıralanabilir.

Monokristalin güneş paneli en çok kullanılan ve yüksek verimli olan pahalı bir panel türüdür. Küçük alanda kurulmasına rağmen yüksek oranda enerji üretebilme özelliği sayesinde yıllık %25'e yakın verim sağlar. Polikristalin güneş paneli ise daha ucuz ve az maliyetli olması nedeniyle daha fazla üretilir. Çok fazla elektriğe ihtiyaç duyulmayan yerler için kullanılır. Boyut olarak daha büyük olup verimliliği %15 civarındadır. İnce film güneş paneli ise hafifliği ve kolay montajı nedeniyle üretilse bile düşük verimi ve yapıcı büyük olması nedeniyle pek tercih edilememektedir. Verimlilik oranı yaklaşık %7'dir. Esnek pil güneş panelleri hem uzun ömürlü hem de verimlidir. Pillerin esnekliği nedeniyle kırılma ihtimali düşüktür. Eğimli çatılarda çok tercih edilirler. Saydam pil güneş panelleri ise çok fonksiyonlu her alanda kullanılma imkanı olan panellerdir.

#### 6.2.4. Evirici

İnvertör de denilen güç elektroniği elemanlarından biri olan eviriciler genel olarak doğru akımı(DA) alternatif akıma dönüştürmek amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle güneş enerjisi sistemlerinde üretilen doğru akım pil ya da akü gibi birimlerde depolanmaktadır. Depolanan bu enerjiyi prizlere yönlendirmek için doğru akımın alternatif akıma dönüştürülmesi gerekmektedir bu işlem için eviriciler kullanılır. Doğru akım genellikle depolama birimlerinde 12, 24 ya da 48 V'luk şekillerde depolanmaktadır. Bu enerjiyi sanayide ya da meskende bulunan elektrikli cihazlarda kullanabilmek için doğru akım sinyalini 220 V alternatif akıma dönüştürmek gerekmektedir. Eviriciler sayesinde gerçekleştirilen bu işlemle her türlü elektronik cihaz sorunsuz bir şekilde çalıştırılabilir. Bu özellikleri nedeniyle eviriciler sistemin çok önemli bir parçasıdır.

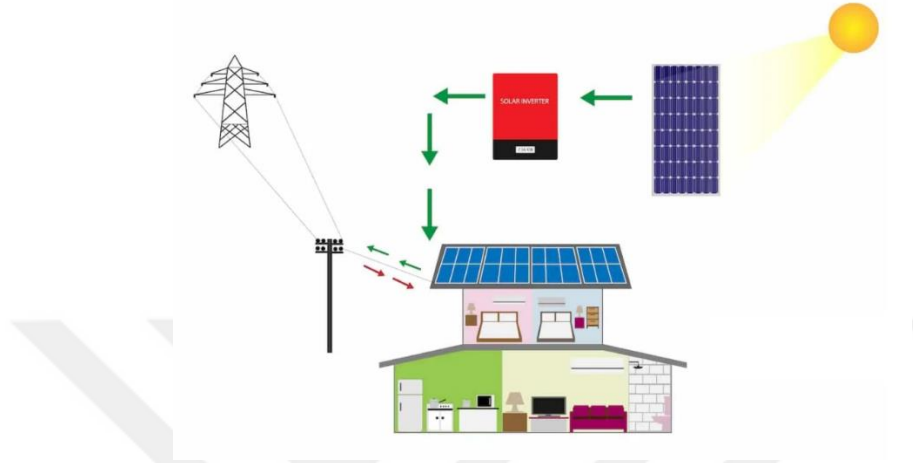
### 6.3. Kullanım Amacına Göre Güneş Enerjisi Sistemleri

Fotovoltaik sistemler elektrik şebekesine bağlanma durumu ve kullanım amacına göre şebekeye bağlı (On-Grid), şebekeden bağımsız (Off-Grid) ve her ikisinin kombinasyonu olan hibrit PV sistemler olarak 3'e ayrılırlar.

#### 6.3.1. Şebeke Bağlantılı (On-Grid) PV Sistemler

Şebeke bağlantılı PV sistemleri iki şekilde tasarlanabilir. Üretilen Doğru Akım (DA), evirici aracılığıyla Alternatif Akıma (AA) çevrilerek doğrudan şebekeyi besleyebileceği gibi, eviriciden sonra çift yönlü sayaç kullanılarak hem çeşitli yükler beslenebilir hem de üretilen

fakat kullanılmayan fazla enerji şebekeye verilebilir. Sistemin temel bileşenleri fotovoltaik panel, invertör ve çift yönlü sayaç (şebeke sayacı) tır. Şebekeye bağlı PV sistemler şehir şebekesine bağlı olan güneş enerji sistemleridir[51]. Üretilen elektriğin akülerde depolanması yerine üretim yerinde tüketilmesi prensibine dayalı çalışmaktadır.



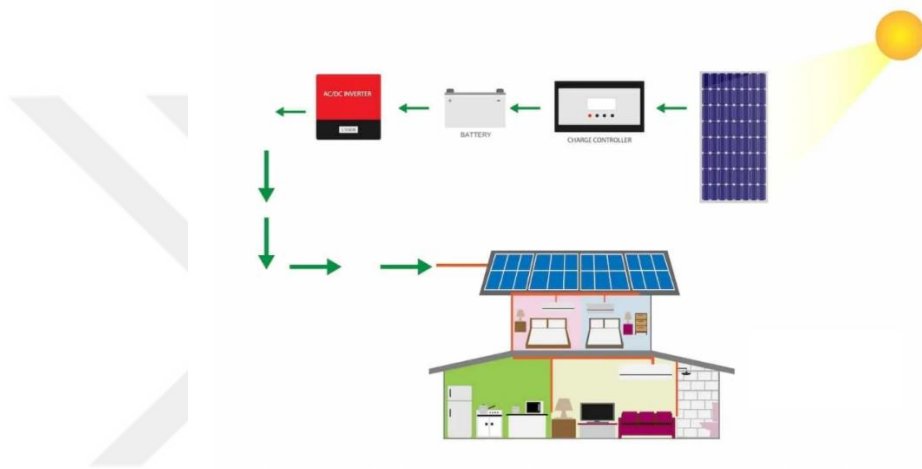
Şekil 15. Şebeke bağlantılı (on grid) PV sistem

On-Grid PV sistemleri ister küçük, ister büyük olsun birer güneş enerji santralidir. Güneş panellerinin ürettiği elektrik, şebeke bağlantılı invertörde düzenlenir ve elektrik şebekesine aktarılacak forma dönüştürülür. Sistem tarafından üretilen elektrik enerjisi, öncelikli olarak kullanıcıya ait yükler için yönlendirilir, üretilen enerji yükler tarafından talep edilen enerjiden daha az ise şebekeden enerji çekilir. Güneş ışığının olmadığı zamanlarda PV sistemi de elektrik enerjisi üretmez, bu durumda kullanıcıların tüm elektrik enerjisi ihtiyacı şebekeden karşılanır. Şebeke kesintisi durumunda PV paneller enerji üretiyor olsa bile invertör çıkışına enerji aktarılamamaktadır.

Şebeke bağlantılı PV sistemleride depolamaya ihtiyaç olmadığı için akü yer almaz ve dolayısıyla ekstra bir depolama maliyetinin de söz konusu olmaz, tüketim sisteme yakın yerlerde olacağı ve enerji depolama çevriminin az olması nedeniyle kayıp az olur. Yeterli alan olması durumunda sistem kurulu gücünü arttırabilir. Sistem tasarımı yapılırken, yükün tamamını karşılanması gibi bir zorunluluk olmadığı için istenilen miktara ya da alana göre tasarım yapılabilir ve üretilen enerji yetmediğinde şebekenin devreye girecek olması dolayısıyla enerji eksiksiz olarak yükü beslemektedir[52].

### 6.3.2. Şebeke Bağlantısız (Off-Grid) PV Sistemler

Şebekeden bağımsız sistemler, elektriğin hiç olmadığı yerlerde, şebeke hattının çekilmesinin zor olduğu bölgelerde ya da sık sık elektrik kesintisinin yaşandığı durumlarda enerjinin güneş ışığından sağlandığı sistemlerdir. Gün içerisinde panellerin üzerine düşen güneş ışığı panellerde doğru akım ile elektrik enerjisine dönüşür. Üretilen bu elektrik enerjisi şarj kontrol cihazı vasıtasıyla akü grubunda istenilen herhangi bir zamanda kullanılmak üzere depolanır. Sistem şebekeden bağımsız olduğu için ihtiyacı uzun süreli karşılayacak şekilde büyük kapasiteli depolayıcılara ihtiyaç duymaktadır. Buda ilk kurulumda maliyetinin yüksek olmasına neden olur.



Şekil 16. Şebeke bağlantısız (off grid) PV sistem

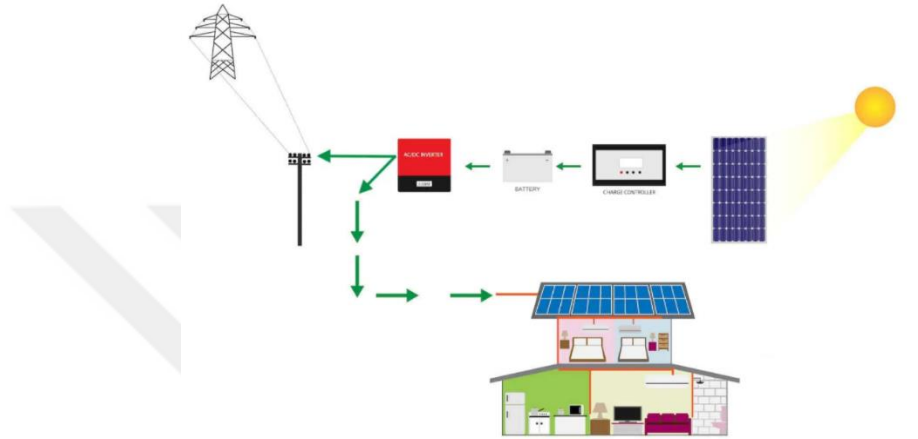
Şebekeden bağımsız sistemler güneş enerjisini depolamak için PV Modüller ve pil takımının yanında Şarj kontrolör bileşenine de ihtiyaç duyarlar. Bu cihazın kullanımındaki temel amaç pil ömrünü korumaktır. Şarj denetleyicisi aşırı şarjı önlemek için pillerin gün içinde aldığı şarj miktarını ve oranını sınırlar ve geceleri panellerin üzerine pillerin boşalmasını engeller. Şarj kontrolörü düşük voltajlı bir bağlantı kesme özelliğine sahiptir ve bu özelliği ile pil tam anlamıyla boşaldığı zaman cihazlara giden gücü kesecektir. Şarj edildiği zaman yeniden açacaktır. Bu şekilde pillerin aşırı drenaj nedeniyle zarar görmesine engel olur.

Sistemde yer alan invertör doğru akımı AA dönüştürerek yükleri besler, DA yüklerin enerji ihtiyacı ise bataryalardan sağlanmaktadır. Bataryaların uzun ömürlü ve geniş kapsamlı olması yıl boyunca ihtiyaç duyulacak enerjinin karşılanması için çok önemlidir.

### 6.3.3. Hibrit PV Sistemler

Hibrit PV sistemler şebeke bağlantılı PV sistemlere benzese de birtakım farklılıklar içerir. Hibrit Sistemlerin en önemli özelliği enerjiyi çift yönlü olarak depolayabilmesidir. Yani

içerdiği batarya sistemleri ile hem güneşten aldığı enerjiyi üretip depolayabilmekte hem de şebekeden ucuz saatlerde çektiği enerjiyi depolayabilmektedir. Hibrit sistemler, şebekeye bağlı sistemlerde olduğu gibi gerekli durumlarda şebekeye enerji aktarabilir ya da şebeke bağlantısız sistemlerde olduğu gibi kendi enerjisini kendisi kullanabilir. Bu esnekliğe sahip olması uygun koşullarda ekonomik açıdan diğerlerine göre daha çok tercih edilmesine neden olmaktadır.



Şekil 17. Hibrit PV sistem

#### 6.4. PV Sistemden Üretilen Enerji Miktarının Hesaplanması

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretilen PV panellerin verimleri yaklaşık %15-20 arasındadır. Verimlerinin artırılması yönünde çalışmalar halen devam etmekte ve yakın gelecekte olumlu sonuçlanması hedeflenmektedir. PV sistemlerde üretilen enerji miktarı PV panel yüzeyi tarafından alınan ışınım miktarına büyük ölçüde bağlıdır. Bu yüzden, çevre koşullarının elverişli olması PV panellerin nominal güç üretimini yapabilmesi için önemlidir. Panel yüzeyinin kirli olması, güneş ışınlarının açısının yeterince dik olmayışı, havanın çok soğuk ya da çok sıcak olması panel verimini düşürebilmektedir. PV panel tarafından alınan ışınım miktarı eşitlik (6.1)de gösterildiği şekilde hesaplanabilir[53].

$$I_T = I_b R_b + I_d R_d + (I_b + I_d) R_r \quad (6.1)$$

Eşitlik 6.1'deki  $I_b$  ve  $I_d$  sırasıyla direkt ışınım ve yayılı ışınımı gösterir,  $R_d$  ve  $R_r$  güneş ışınımının sırasıyla yayılı (diffüz) ışın ve yansıtılan ışınlarının eğim faktörlerini sembolize

eder. Işınım miktarı güneşin aylık olarak değişen konumlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden, i. ayın ortalama bir gününde PV yüzeyine gelen toplam ışınım miktarı  $I_T$  ( $kW/m^2$ ) olduğunda  $A_{PV}$  ( $m^2$ ) alana sahip PV panelden alınan saatlik güç üretimi Eşitlik 6.2’de gösterildiği şekilde hesaplanabilmektedir [53].

$$P_{Si} = I_{Ti} \times \eta \times A_{PV} \quad (6.2)$$

$\eta$  sembolü sistem verimliliğidir ve Eşitlik 6.3’ de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$\eta = \eta_m + \eta_{pc} + P_f \quad (6.3)$$

Eşitlik 6.3’te gösterilen  $\eta_m$  modül verimliliğini sembolize eder. Modül verimliliği Eşitlik 6.4 ile hesaplanmaktadır.

$$\eta_m = \eta_r [1 - \beta(T_c - T_r)] \quad (6.4)$$

Burada  $\eta_r$  modül referans verimini,  $\eta_{pc}$  güç koşullandırma verimini,  $P_f$  paketleme faktörünü,  $\beta$  dizi verimliliğinde sıcaklık katsayısını,  $T_r$  hücre verimliliği için referans sıcaklığını ve  $T_c$  aylık ortalama hücre sıcaklığını sembolize eder.  $T_c$  Eşitlik 6.5’ de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$T_c = T_a + \alpha\tau/U_L \quad (6.4)$$

$T_a$  anlık ortam sıcaklığıdır. NOCT PV hücrenin normal sıcaklığını sembolize ederken,  $U_L / \alpha\tau = I_{T,NOCT} / (NOCT - T_{a,NOCT})$  şeklinde gösterilebilmektedir

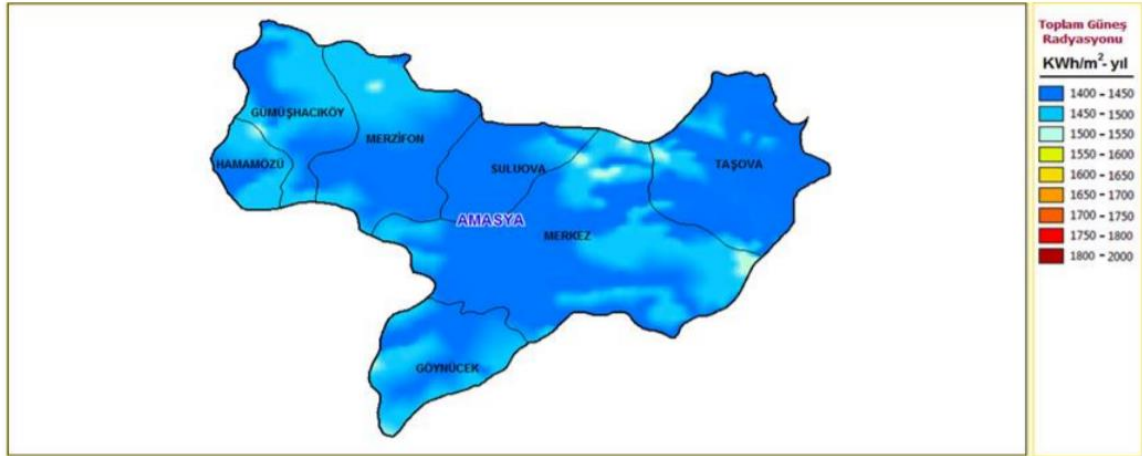
## 6.5. Amasya İli Güneş Enerji Potansiyeli

Ülkemiz Dünya üzerinde  $36^\circ$ -  $42^\circ$  kuzey paralelleri arasında yer almaktadır. Coğrafi konumu itibariyle oldukça güneş alan bir bölgede yer almaktadır.  $783.562 \text{ km}^2$  yüz ölçümüne sahip ülkemizin güneş alma kapasitesi de oldukça yüksektir. Ancak bu kapasitesine rağmen



güneşten enerji üretmede henüz istenilen seviyenin çok altında kalmaktadır. Yakın gelecekte artan enerji ihtiyacını karşılamada yenilenebilir enerji bilhassa güneş enerjisi çok önemli ve vazgeçilmez bir noktaya gelecek ve Türkiye’de de üretimi de büyük artış yaşanacaktır.

Karadeniz bölgesinde yer Alan Amasya İlinin güneş potansiyeli oldukça iyidir. Coğrafi konumu göz önüne alındığında çevresindeki diğer illere göre güneş potansiyeli açısından şanslı durumdadır.



Şekil 18. Güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA) (YEGM, 2020)

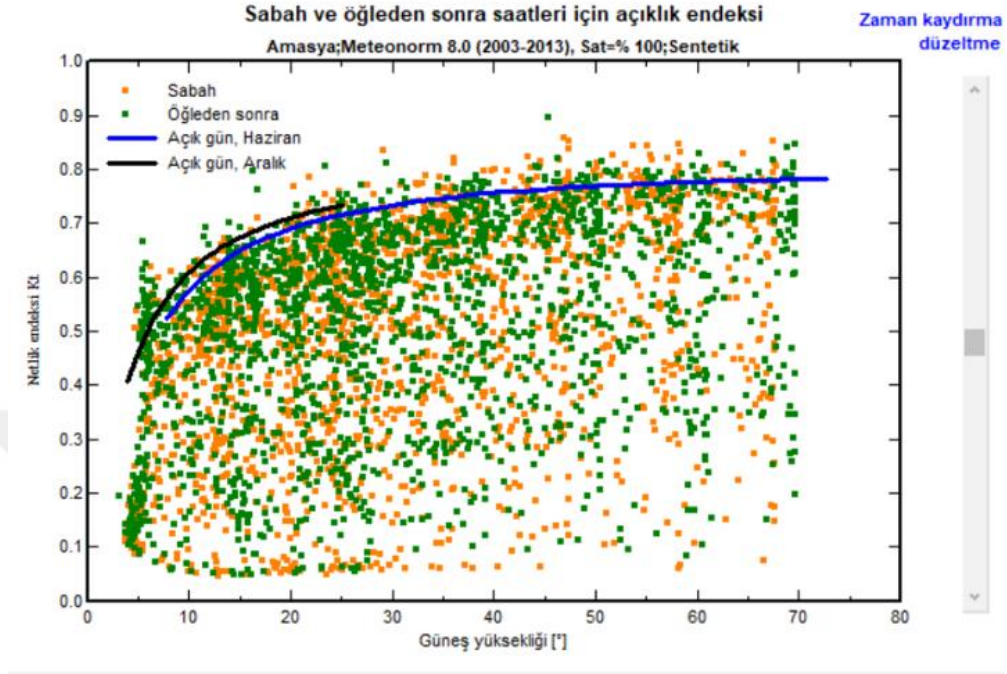
Amasya iline bağlı ilçeleri yıllık güneş ışımaya ortalaması 1400-1550 bandında olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi arttıkça ülkemizde güneş enerji sistemlerinin kullanımı da yaygınlaşacaktır.

### 6.5.1. PVSyst Programı Uygulaması

Optimize edilmiş bir fotovoltaik kurulum, öncelikle akıllı ev aletlerine gereken miktarda güç sağlamak için gereken tam enerjiye erişmeyi gerektirir. Bir PV sistem ayarındaki tüm elektrikli cihazların toplamının gerektirdiği güce, tepe gücü ile erişilir. Pik güç, standart koşullarda (25 °C sıcaklıkta ve 1000 W/m<sup>2</sup> aydınlatma yoğunluğunda) bir güneş pili tarafından verilebilecek maksimum elektrik gücü olarak tanımlanır ve Wp (Watt) birimiyle ifade edilir. Bu nedenle, Watt cinsinden elektrikli cihazların ihtiyaç duyduğu gerçek gücü ifade eden tepe güç ile gerçek güç arasında ayırım yapmamız gerekir.

Amasya ilinde bulunan akıllı evin çatısına yerleştirilmek üzere 2.25 kWp değerinde PV sistem tasarlanmıştır. 9 adet Renesola 250 W PV Panel, 1 Adet Renesola Plus 2000TL evirici kullanılmış olup günlük ortalama 6 saat güneş aldığı varsayımıyla  $6 \times 2.25 = 13.5$  kWh elektrik üretmesi beklenmektedir.

PvSyst programı üzerinden yenilenebilir enerji sistemi simüle edilmiştir.



Pvsyst programı üzerinden aylık olarak sıcaklık ve rüzgar hızı gibi faktörler de göz önüne alınarak yıllık ışıma verisi çıktısı alınmıştır

Şekil 19. Açıklık endeksi

Konum: **Amasya (Turkey)**  
Veri kaynağı: PVGIS TMY: SARAH, COSMO or NSRDB

	Global yatay ışınlama	Yatay düfüz ışınlama	Sıcaklık	Rüzgar hızı	Bağıl nem
	kWh/m <sup>2</sup> /ay	kWh/m <sup>2</sup> /ay	°C	m/s	%
Ocak	53.1	32.6	4.0	1.52	82.6
Şubat	59.4	35.8	5.8	1.63	79.2
Mart	103.1	54.1	7.8	1.39	81.1
Nisan	154.4	65.8	14.6	2.51	64.1
Mayıs	186.0	73.9	16.9	1.44	70.7
Haziran	178.1	84.1	19.3	1.47	84.8
Temmuz	212.9	75.7	22.4	1.83	72.5
Ağustos	191.1	66.0	24.0	1.70	71.5
Eylül	163.0	49.5	23.0	1.32	74.1
Ekim	94.0	43.1	13.2	1.91	77.2
Kasım	50.9	28.6	11.8	1.19	86.4
Aralık	45.4	25.4	8.0	2.82	80.2
<b>Yıl</b>	<b>1491.4</b>	<b>634.8</b>	<b>14.2</b>	<b>1.7</b>	<b>77.0</b>

**Zorunlu veriler**

- Global yatay ışınlama
- Ortalama dış sıcaklık

**İlave veriler**

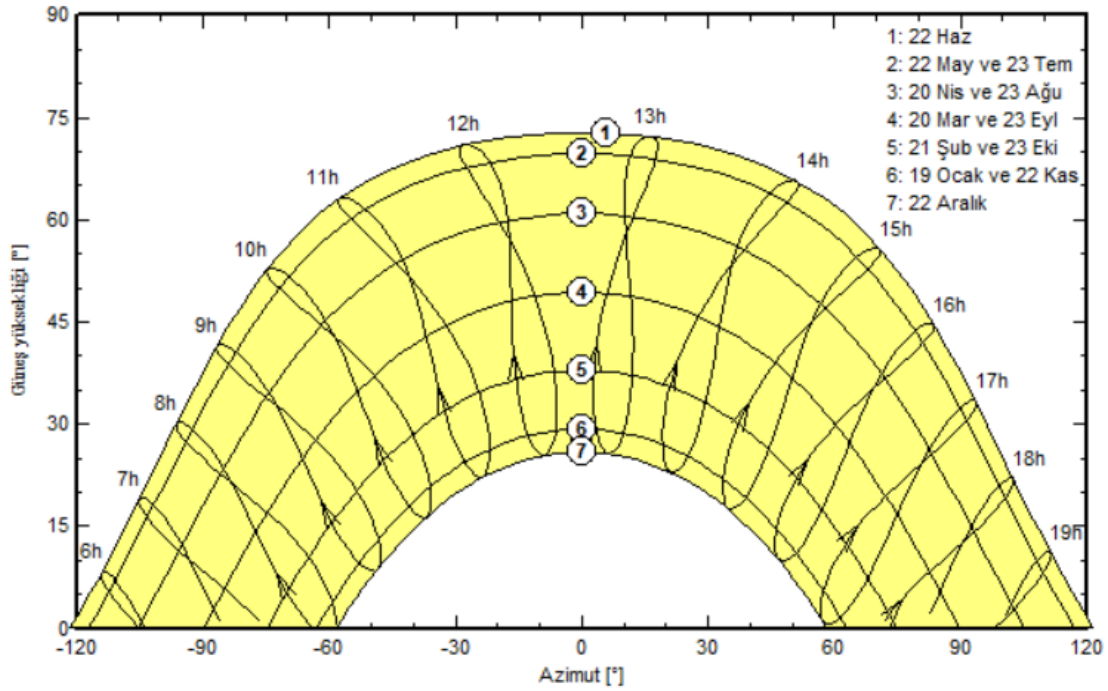
- Yatay düfüz ışınlama
- Rüzgar hızı
- Linke bulanköşü
- Bağıl nem

**İşlme birimi**

- kWh/m<sup>2</sup>/gün
- kWh/m<sup>2</sup>/ay
- MJ/m<sup>2</sup>/gün
- MJ/m<sup>2</sup>/ay
- W/m<sup>2</sup>
- Netlik endeksi KI

Şekil 20. PVsyst üzerinden global ışıma verisi

Amasya, (Lat. 40.6560° N, long. 35.8118° E, alt. 404 m) için güneş yörüngesi -Yasal zaman



Şekil 21. PVsyst programı üzerinden Amasya'nın güneş yörüngesi

Ev tüketimi, Mevsimsel farklılık, ortalama = 11.0 kWh/gün

**Yaz (Haz-Ağu)**

	Sayı	Güç	Kullanım	Enerji
		W	Saat/gün	Wh/gün
Lamps (LED or fluo)	10	10W/lamba	5.0	500
TV / PC / Mobile	2	100W/cih.	5.0	1000
Domestic appliances	1	500W/cih.	4.0	2000
Fridge / Deep-freeze	2		24	1598
Dish- & Cloth-washers	1		2	2000
Ventilation	1	100W toplam	24.0	2400
Air conditioning	1	1000W toplam	3.0	3000
Stand-by consumers			24.0	144
<b>Toplam günlük enerji</b>				<b>12642Wh/gün</b>

**Sonbahar (Eyl-Kas)**

	Sayı	Güç	Kullanım	Enerji
		W	Saat/gün	Wh/gün
Lamps (LED or fluo)	10	10W/lamba	5.0	500
TV / PC / Mobile	2	100W/cih.	5.0	1000
Domestic appliances	1	500W/cih.	5.0	2500
Fridge / Deep-freeze	2		24	1598
Dish- & Cloth-washers	1		2	2000
Ventilation	1	100W toplam	24.0	2400
Stand-by consumers			24.0	144
<b>Toplam günlük enerji</b>				<b>10142Wh/gür</b>

**Kış (Ara-Şub)**

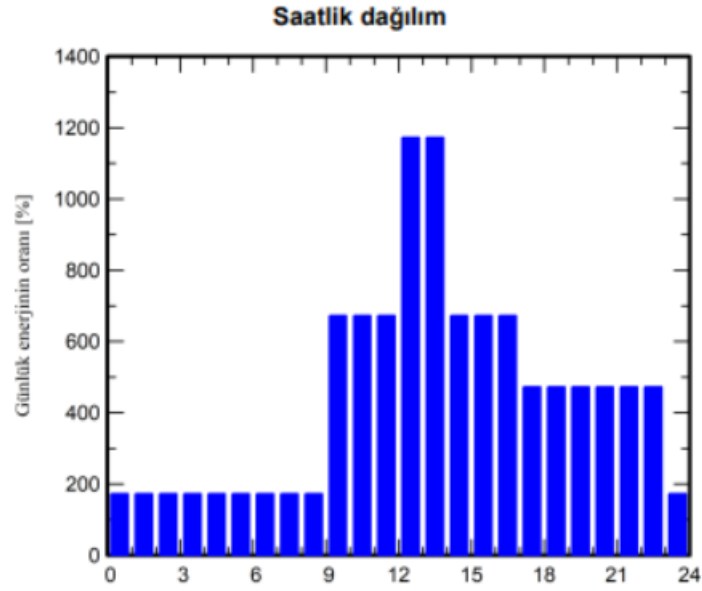
	Sayı	Güç	Kullanım	Enerji
		W	Saat/gün	Wh/gün
Lamps (LED or fluo)	10	10W/lamba	6.0	600
TV / PC / Mobile	2	100W/cih.	6.0	1200
Domestic appliances	1	500W/cih.	6.0	3000
Fridge / Deep-freeze	2		24	1598
Dish- & Cloth-washers	1		2	2000
Ventilation	1	100W toplam	24.0	2400
Stand-by consumers			24.0	144
<b>Toplam günlük enerji</b>				<b>10942Wh/gün</b>

**İlkbahar (Mar-May)**

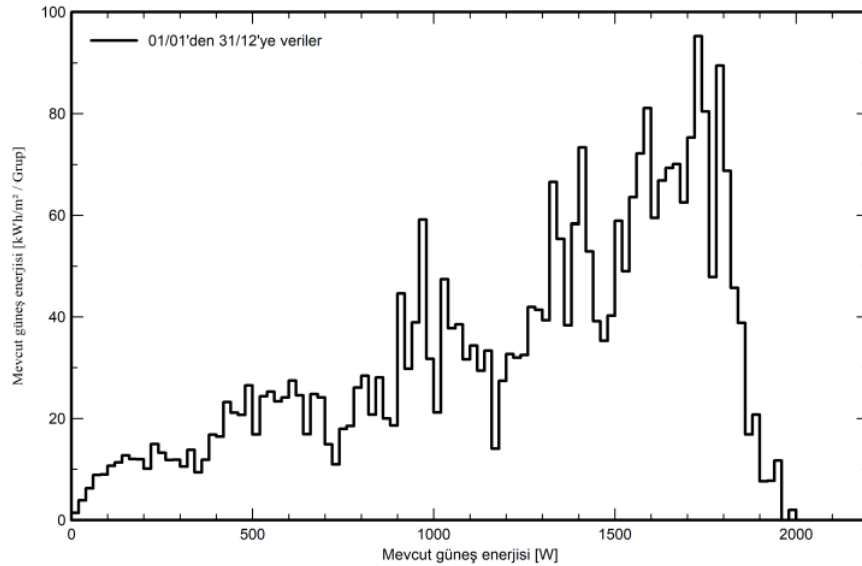
	Sayı	Güç	Kullanım	Enerji
		W	Saat/gün	Wh/gün
Lamps (LED or fluo)	10	10W/lamba	5.0	500
TV / PC / Mobile	2	100W/cih.	5.0	1000
Domestic appliances	1	500W/cih.	5.0	2500
Fridge / Deep-freeze	2		24	1598
Dish- & Cloth-washers	1		2	2000
Ventilation	1	100W toplam	24.0	2400
Stand-by consumers			24.0	144
<b>Toplam günlük enerji</b>				<b>10142Wh/gür</b>

Şekil 22. Kullanıcı ihtiyaçları

Bu sistemi oluşturmaktaki temel amaç yoğun pik saatlerde şebekenin üzerine düşen yükü azaltmak, yüklerin kullanımını daha esnek saatlere kaydırmak. Güneş Enerjisinden enerji üretim oranı en yüksek öğle saatlerinde gerçekleştiği için yüklerin mümkün olduğunca o saatlerde kullanımını sağlamaktır.

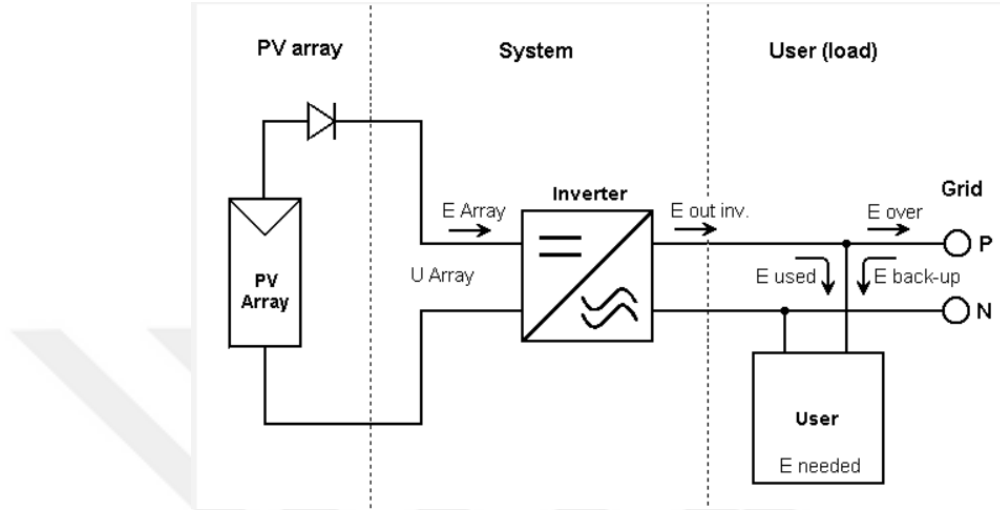


Şekil 23. Günlük enerji ihtiyacının saatlik kullanımı



Şekil 24. Sistem çıkış gücü dağılımı

Kurulumun fotovoltaik şeması Pvsyst yazılımı tarafından oluşturulmuştur. İlgili şema PV dizilerinin invertere bağlı olduğunu ve ardından enerjinin kullanıcıya ve şebekeye iletildiğini göstermektedir.



Şekil 25. PV yükleme şeması

Pvsyst programı üzerinden PV panelin modeli Renesola ve invertor modeli yine Renesola olarak seçilmiş ve ilgili girdiler yazıldıktan sonra program çıktısı alınmıştır.

**Alt alan**

Alt dizinin ismi ve yönü  
 İsm PV Array  
 Yön Sabit eğik düzlem  
 Eğim 25°  
 Azimut 20°

Ön boyutlandırma yardımı  
 Boyutlandırma  Boyutlandır   
 Planlanan gücü giriniz 2.5 kWp  
 ... veya mevcut alan(modül) 16 m²

**PV modül seçimi**  
 Üret. baş. tarihi 2002 Filtre Tüm PV modüller Gereken tahmini modül sayısı 10  
 Renesola 250 Wp 25V Si-poly JC250M-24/Bb 2017 yılına kadar Manufacturer 2012  
 Optimizer kullan   
 Gerilim boyutlama : Vmpp (60°C) 25.9 V  
 Voc (-10°C) 41.4 V

**İnvertör seçimi**  
 Üret. baş. tarihi 2002 Çıkış gerilimi 480 V Tr 60Hz  
 ReneSola 20 kW 250 - 600 V 60 Hz Repus 20000TL3B-US 2019 yılına kadar  
 MPPT giriş sayısı 1 Çalışma gerilimi: 250-600 V Kullanılan invertör gücü 10.0 kWac  
 Multi-MPPT kullanımı  Maksimum giriş gerilimi: 600 V 2 MPPT ile invertör

**Dizi boyutlandırması**  
 Modül ve zincir sayısı  
 Seri mod. sayısı 10 10 ile 14 arasında  
 Zincir sayısı 1 tek olanak 4  
 Aşırı yük kaybı 0.0 %  
 Nom. güç oranı 0.25

İşletme koşulları  
 Vmpp (60°C) 25.9 V  
 Vmpp (20°C) 30.7 V  
 Voc (-10°C) 41.4 V  
 Yüzeysel ışınım 1000 W/m²  
 Imp (STC) 8.3 A  
 Isc (STC) 8.8 A  
 Isc (STC'de) 8.8 A

İnvertör gücü çok yüksek.  
 Veri maks  STC   
 Maksimum işletme gücü (1000 W/m² için ve 50°C) 2.3 kW  
 Alan nominal gücü (STC) 2.5 kWp

**Alt alanlar listesi**

İsm	#Mod #Inv.	#Zincir #MPPT
PV Array		
Renesola - JC250M-24/Bb	10	1
Renesola - Repus 20000TL3B-US	1	1

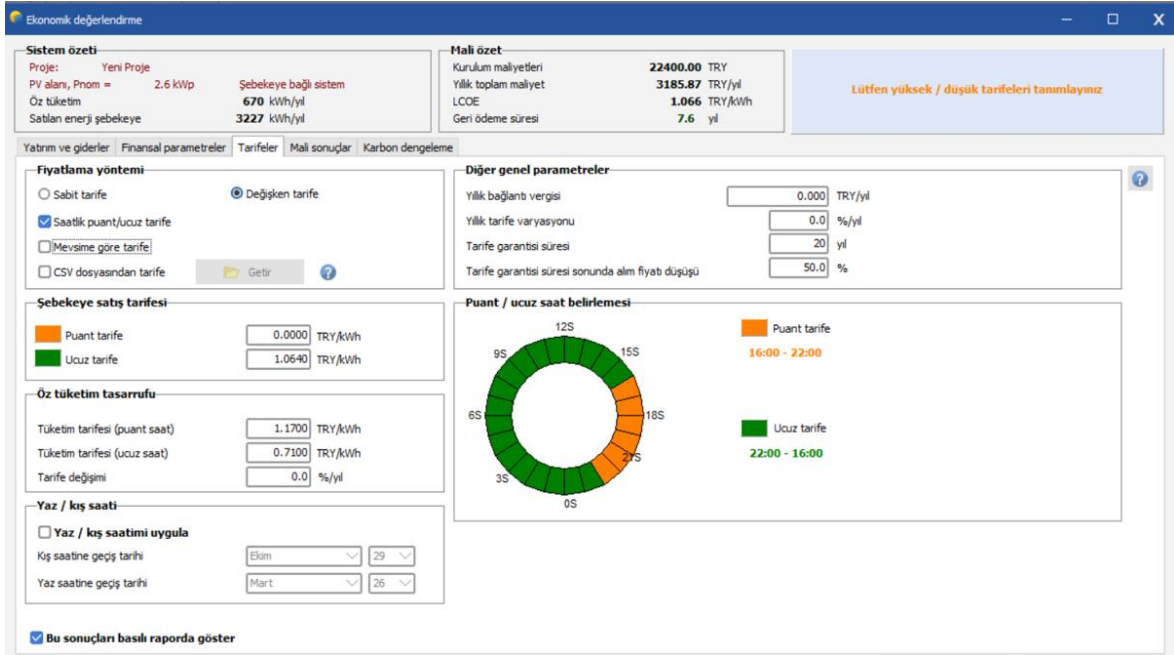
**Global sistem özeti**

Panel sayısı	10
Panel yüzeyi	16 m²
Invertör sayısı	0.5
PV nominal gücü	2.5 kWp
Maksimum PV gücü	2.4 kWDC
Nominal AC gücü	10.0 kWAC
Nom. güç oranı	0.250

Sistem özeti Basit taslak İptal OK

Şekil 26. Pvsyts Ekran Çıktısı

Pvsyst programı ile 2kwp'lık PV sistem kurulu bir ev için elektrikli cihazların çalışma saatleri seçilerek sisten üzerinden ekonomik değerlendirme yapılmış ve program çıktısı alınmıştır.



Şekil 27. Ekonomik değerlendirme

## 7. MATERYAL VE YÖNTEMLER

### 7.1. Materyal

Çalışmamın bu kısmında yük tahmini için kullanılan veri seti ve akıllı evin ve PV sistem boyutlandırılması aşamalarında kullandığım programlardan bahsedilmektedir.

#### 7.1.1. Yük Tahmini Veri Seti

Çalışmamda Amasya ilinde bulunan bir akıllı evin içinde bulunan cihazların 2020 yılı içerisindeki örnek bir haftalık yük durumu ele alınarak aylık olarak tasarlanmıştır. Veri seti bir saatlik periyotlar baz alınarak hesaplanmıştır. Senaryo hafta içi ve hafta sonunda herhangi bir gün düşünülerek oluşturulmuştur. Tabloda yer alan değerlerden  $p_1$  birinci öncelikli olan yükleri,  $p_2$  ikinci öncelikli olan yükleri ve  $p_3$  en sona bırakılan yükleri göstermektedir.

		HAFTAİÇİ									
		Saat	Kombi	Buzdolabı	Aydınlatma	Çamaşır Makinesi	Bulaşık Makinesi	Fırın	Led TV	Bilgisayar	Diğer Cihazlar
		08.00 - 09.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$
		09.00 - 10.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$
		10.00 - 11.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$
YEK ÜRETİM SAATLERİ		11.00 - 12.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$
		12.00 - 13.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$
		13.00 - 14.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_2$	$p_2$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$
		14.00 - 15.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_2$	$p_2$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$
		15.00 - 16.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_2$	$p_2$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$
		16.00 - 17.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_3$	$p_3$	$p_2$
		17.00 - 18.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_2$	$p_1$	$p_2$
Pik/ Puant Saatler		18.00 - 19.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
		19.00 - 20.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
		20.00 - 21.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
		21.00 - 22.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	$p_2$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
		22.00 - 23.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	$p_2$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
	23.00 - 24.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	
	24.00 - 01.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	
	01.00 - 02.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	
	02.00 - 03.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	
	03.00 - 04.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	
	04.00 - 05.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	
	05.00 - 06.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	
	06.00 - 07.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	
	07.00 - 08.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	

Tablo 2. Hafta içine ait cihaz yük önceliği tablosu

Evde yaşayan kullanıcıların durumu göz önüne alınarak hafta içi ve hafta sonu cihaz önceliklerinin farklı olacağı düşünülmüş ve iki farklı öncelik tablosu oluşturulmuştur.

		HAFTASONU									
		Saat	Kombi	Buzdolabı	Aydınlatma	Çamaşır Makinesi	Bulaşık Makinesi	Fırın	Led TV	Bilgisayar	Diğer Cihazlar
		08.00 - 09.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_2$	$p_3$	$p_2$
		09.00 - 10.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_2$	$p_3$	$p_2$
		10.00 - 11.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_1$	$p_3$	$p_2$
YEK ÜRETİM SAATLERİ		11.00 - 12.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_3$	$p_2$
		12.00 - 13.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_3$	$p_2$
		13.00 - 14.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_3$	$p_2$
		14.00 - 15.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_3$	$p_2$
		15.00 - 16.00	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_3$	$p_2$
		16.00 - 17.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_3$	$p_2$
		17.00 - 18.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
Pik/ Puant Saatler		18.00 - 19.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
		19.00 - 20.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
		20.00 - 21.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
		21.00 - 22.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_2$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
		22.00 - 23.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_2$	$p_2$	$p_3$	$p_1$	$p_1$	$p_2$
	23.00 - 24.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_1$	$p_2$	
	24.00 - 01.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_1$	$p_2$	
	01.00 - 02.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	
	02.00 - 03.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	
	03.00 - 04.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	
	04.00 - 05.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	
	05.00 - 06.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_1$	$p_3$	
	06.00 - 07.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	
	07.00 - 08.00	$p_1$	$p_1$	$p_1$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_3$	$p_2$	

Tablo 3. Hafta sonuna ait cihaz yük önceliği tablosu

Tabloda belirtilen öncelik sıralamasına göre yükler devreye alınacaktır. Güneş enerjisinden maksimum düzeyde faydalanmak amacıyla ertelenemeyen öncelikli yükler uzaktan erişim imkanlarıyla kontrol edilerek devreye alınacak ya da devre dışı bırakılacak, ertelenebilen yüklerin çalışması sonraya bırakılacaktır.

Cihaz Öncelik Seçimi	Açıklama
$p_1$ : Birinci Öncelikli Cihaz	$p_1$ önceliğine sahip cihazlar her zaman aktif olabilecek durumdadır
$p_2$ : İkinci Öncelikli Cihaz	Tüm $p_3$ prizleri kapatıldıktan sonra gerekli görülürse $p_2$ önceliğine sahip prizler kapatılabilir.
$p_3$ : Üçüncü Öncelikli Cihaz	Gerektiğinde $p_3$ önceliğine sahip prizler kapatılabilir.

Tablo 4. Cihazların kullanımındaki öncelik sıralaması ve açıklaması

Kullanılan cihazların saatlik güç tüketimleri buna bağlı olarak da şebekeden çektikleri günlük ve aylık enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Herhangi bir iyileştirmenin yapılmadığı normal şebekeyle beslenen bir eve ait tabloda belirtilen tüm cihazların kullanıldığı bir aylık fatura değeri hesaplanmıştır. Tasarladığımız sistemle faturaya yansıyan değerleri minimize etmek, şebekeden çekilen gücü biraz olsun azaltabilmek hedeflenmiştir.

Elektrikli Ev aletleri	Güç (Watt)	Adet	Güç Tüketimi (kWh)	Çalışma Süresi (saat)	Öncelik Sırası
Buzdolabı (A+)	46	1	0.04	24	1
Çamaşır Makinesi (A+++)	800	1	0.8	2.0	2
Bulaşık Makinesi (A+)	900	1	0.9	2.9	2
Fırın	2500	1	2.5	1.5	1
Kombi	100	1	0.1	24	1
Mikro Dalga Fırın	800	1	0.8	0.1	2
LCD TV (A+)	98	1	0.1	5	2
Dizüstü Bilgisayar	90	1	0.09	3	3
Telefon Şarjı	4	2	0.04	3	1
Tasarruflu Ampul	12	4	0.01	5	1
Elektrik Süpürgesi	2000	1	2.0	0.8	3
Ütü	2600	1	2.6	0.5	3
Tost Makinesi	2000	1	2.0	0.2	3

Tablo 5. Kullanılan yüklerin genel bilgileri



Sistemin amacı şebekeye aşırı yük bindiği pik saatlerdeki yoğunluğu güneş ışınımının maksimum olduğu ve güneş panellerinden üretilen enerjiyi öncelikli yükler için kullanabilmek. Burada ele alınan yük atma algoritması üç çalışma prensibine göre tasarlanmıştır[54]. Şebeke modunda, PV panelden enerji üretimi çok düşük seviyededir ve evdeki cihazlar şebeke tarafından beslenmektedir. PV modunda, yenilenebilir enerji üretimi verimli olup evdeki cihazlar PV panelde üretilen enerji ile beslenmektedir. Şebeke + PV modunda, yenilenebilir enerji sistemi ev talebini tamamen karşılayamadığından talebin geri kalan kısmı şebekeden karşılanmaktadır.

Tasarlanan şebekeye bağlı PV sisteme göre en optimum durumda panellerden saatte 2 kW elektrik üretilmektedir. Günlük 5-6 saat güneş ışığından faydalandığı göz önüne alınırsa günde yaklaşık 11 kW elektrik üretilmesi beklenmektedir. Gündüz her hangi bir saatte PV sistem tarafından üretilen enerji  $P_{max}$  değerinden fazlaysa öncelikli tüm cihazlar çalıştırılacak bu değeri aşması durumunda p3 önceliğinden başlanacak ve daha sonra p2 önceliğindeki cihazların çalışması durdurulacak ve sonraya ötelenecektir

Elektrikli Ev aletleri	Güç Tüketimi (kWh)	Günlük Enerji Tüketimi(kWh)	Aylık Enerji Tüketimi (kWh)	Aylık Fatura Maliyeti(₺)
Buzdolabı (A+)	0.046	1,100	33,00	23,50 ₺
Çamaşır Makinesi (A+++)	0.8	1,60	48,00	34,18 ₺
Bulaşık Makinesi (A+)	0.9	1,80	54,00	38,45 ₺
Fırın	2.5	3,75	112,50	80,10 ₺
Kombi	0.1	0,60	18,00	12,82 ₺
Mikro Dalga Fırın	0.8	0,13	3,90	2,78 ₺
LCD TV (A+)	0.1	0,70	21,00	14,95 ₺
Dizüstü Bilgisayar	0.09	0,18	5,40	3,84 ₺
Telefon Şarj Cihazı	0.04	0,16	4,80	3,42 ₺
Tasarruflu Ampul	0.01	0,20	6,00	4,27 ₺
Elektrik Süpürgesi	2.0	1,00	30,00	21,36 ₺
Ütü	2.6	0,65	19,50	13,88 ₺
Tost Makinesi	2.0	0,16	4,80	3,42 ₺
<b>Toplam</b>		12,030	360,90	256,96 ₺

Tablo 6. Ev aletleri güç ve maliyet tablosu

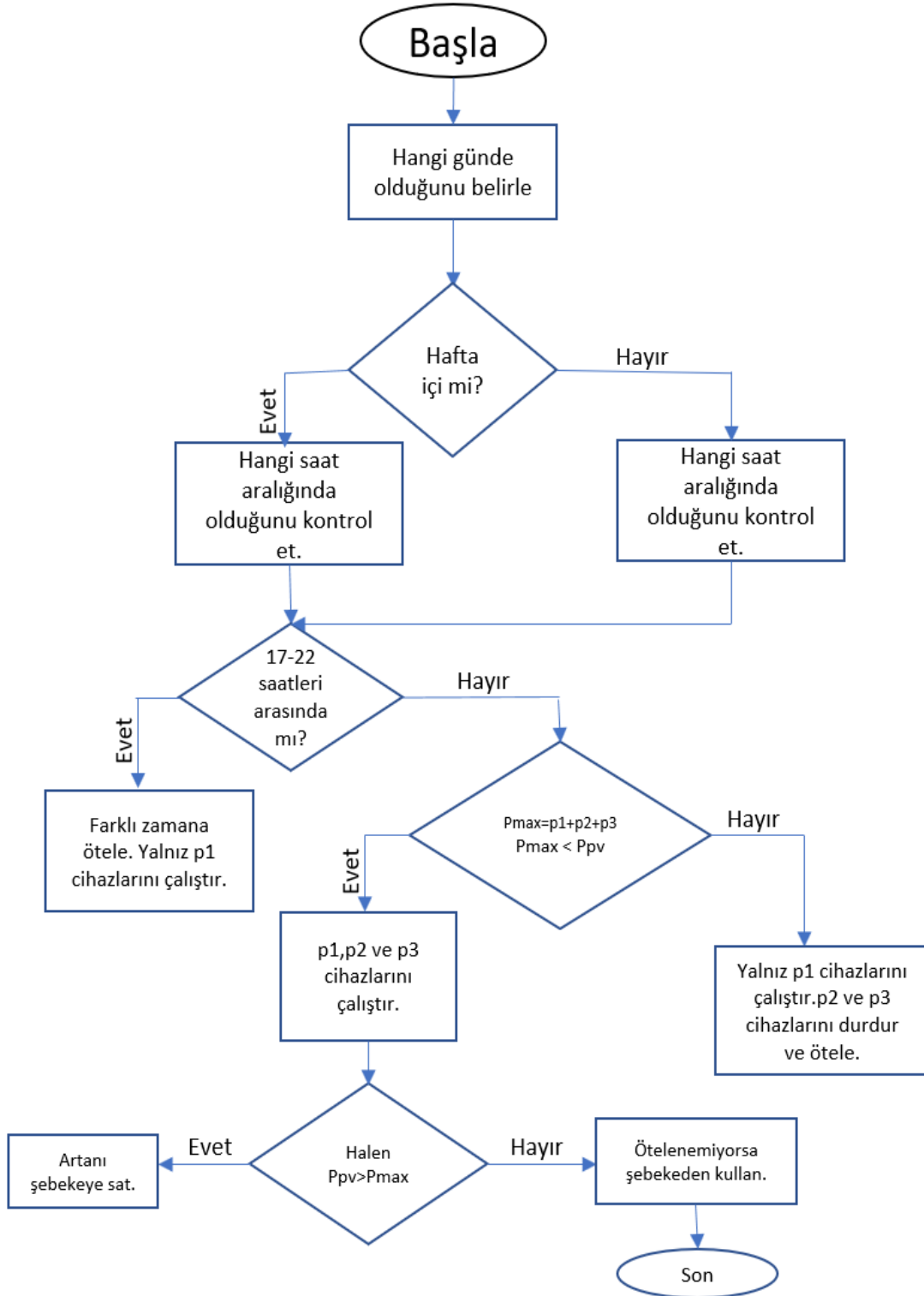
Türkiye’de 2020 yılında enerji tüketim birim fiyatı 0,712 ₺/kWh olarak hesaplanmıştır. Tabloda yer alan cihazların yük önceliğine göre kullanımına bağlı olarak aylık hesaplama yapılmıştır. Tek zamanlı ve üç zamanlı tarife üzerinden hesaplama yapıldığında pik/puant saatlerden farklı bir zamana kaydırabildiğimiz yükler için daha az fatura maliyeti oluşacaktır.

<b>Tarife Türü</b>	<b>Gündüz</b>	<b>Puant (17.00-22.00)</b>	<b>Gece</b>
<b>Tek zamanlı tarife</b>	0,712 ₺/kWh		
<b>Üç Zamanlı tarife</b>	0,712 ₺/kWh	1,17 ₺/kWh	0,35 ₺/kWh

Tablo 7. 2020 yılı konut elektrik tüketim maliyetleri

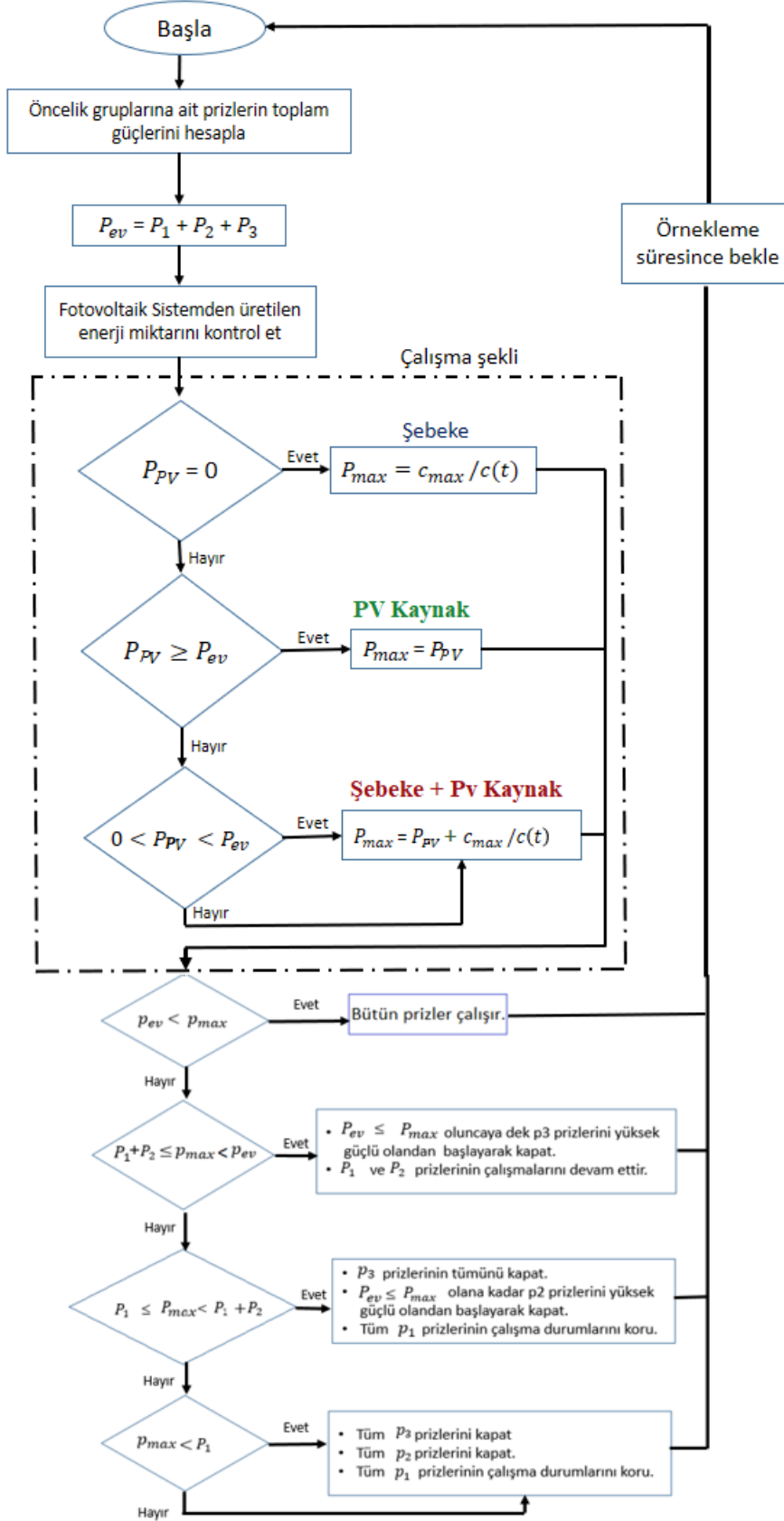
Şebekeye Bağlı olarak inşa edilen PV sistem ile birlikte maliyeti düşürmenin diğer yolu da puant saatlerdeki cihaz kullanımını minimuma indirerek gündüz saatlerine kaydırmaktır. PV sistem tarafından üretilen enerji çalışması ötelenen cihazları uygun saatlerde çalıştırmak için kullanılır. Üretilen elektrik enerjisinin artan kısmı ise şebekeye 0,3927 ₺/kWh’den satmaktadır. Yönetilen bu döngü içerisinde gece kullanılması gereken cihazlar için yine şebekeden enerji çekilir.

### 7.1.2. Sistem Çalışma Algoritması



Şekil 28. Sistem çalışma algoritma

### 7.1.3. Önerilen Sistem Algoritması

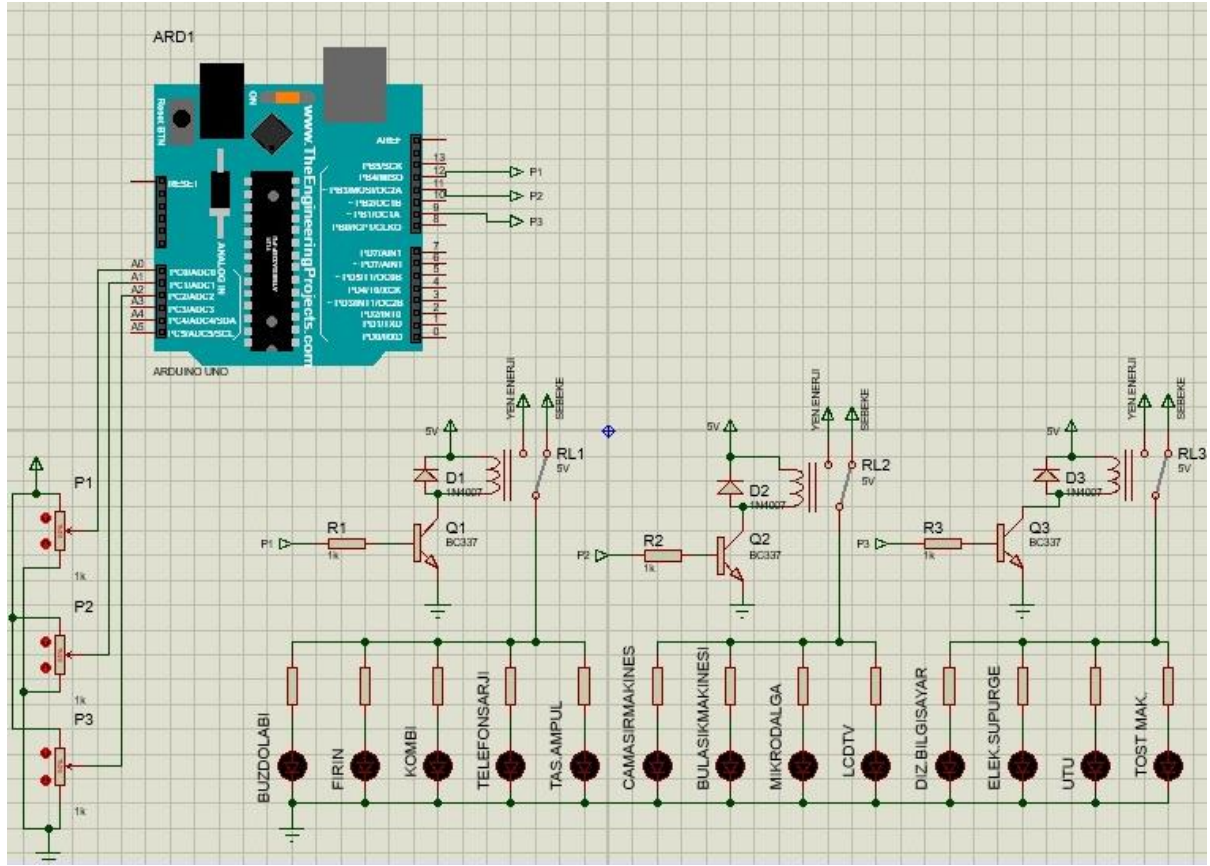


Şekil 29. Akış şeması [54]

Önerilen algoritmada evin güç tüketimi olan  $P_{ev}$  değerini izin verilen maksimum tepe güç sınırı olan  $P_{max}$  değerinin altında tutar. Burada  $c(t)$ , akıllı sayaç tarafından dinamik fiyat yayını sunucusundan alınan çevrimiçi birim elektrik fiyatı (₺/kW),  $c_{max}$  ise tüketici tarafından belirlenen maksimum elektrik maliyetidir[54].

#### 7.1.4. Sistemin Tasarımı

Proteus programı üzerinden tasarladığım sistemde Arduino/ NucleoMCU üzerinden Wifi iletişimi yoluyla akıllı priz/röle üzerinden açma kapama yoluyla cihaz kontrolü sağlanmaktadır. Örnek projede Arduino Uno, Transistör bc337, 1k ohm direnç, 330 ohm direnç, Röle, röleye bağlı diyot, cihazları göstermek için led kullanılmıştır.



Şekil 30. Sistemin Proteus programında tasarlanan görüntüsü

Sistemin çalışma prensibi akıllı sayaçtan gelen bilgilerin NucleoMCU mikrodenetleyicisi tarafından değerlendirilerek ev içinde bulunan cihazların elektrik ihtiyaçlarını belirli önceliklere göre PV sistem ya da şebekeden karşılanmasına karar verme şeklindedir.

## SONUÇ

Çok sayıda farklı ev otomasyon sistemi incelendiğinde bu tip sistemi uygulamak için kullanılan çeşitli teknolojilerin olduğu görülmektedir. Kullanılan sistemlerin avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında akıllı prizler ya da cihazlar kullanılarak talep cevabına göre oluşturulacak bir akıllı ev yönetim sistemiyle, enerjinin yoğun olarak kullanıldığı saatlere göre zamanlama yapılarak enerji tüketiminde azalma ve faturalarda tasarruf sağlanabilir. Evsel cihazları ertelenebilen ya da ertelenemeyen şeklinde gruplandırılarak daima açık olanlar ve gerektiğinde kullanılacak olan cihazlar şeklinde ayırarak oluşturulacak bir talep yönetim sistemiyle optimum enerji tüketimi sağlanabileceği görülmektedir. Yine ev için gerek gücü daima dağıtım şebekesinden almak yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını entegre ederek pik/puant saatlerde oluşacak aşırı yük yoğunluğunu daha sakin saatlere çekerek şebekenin üzerindeki olumsuzlukların giderilebileceği ve fatura maliyetlerinin düşürülebileceği görülmektedir. Bu uygulama yakın gelecekte akıllı şebekelerin yaygınlaşması ile birçok alana yayılacaktır. Yapmış olduğum çalışmayla akıllı mikro şebekelerin uygulama alanına girmeden basit bir sensör ya da röle yardımıyla cihazları açıp kapatma yoluyla da devreye alarak çalışma saatlerinin kontrol edilebildiğini gördük. Gündüz az yoğun saatlerde PV sistemden elde edilen elektriği kullanarak şebeke elektriğini sadece gün batımından sonra kullanarak enerjide tasarruf sağlayıp fatura maliyetinin düşmesini sağladık.

## KAYNAKÇA

- [1] Baran, A. , (2019) *Akıllı Ev Otomasyonu İçin Enerji Yönetim Sistemi Geliştirilmesi ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- [2] <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik> Son erişim tarihi: 17/10/2019
- [3] Boynuegri, A.R., Yagcitekin, B., Baysal, M., Karakas,A. and Uzunoglu, M. “Energy Management Algorithm for Smart Home with Renewable Energy Sources “ Department of Electrical Engineering Yildiz Technical University Istanbul, Turkey
- [4] Mashuk A.K.E.H., Tawheed, P., Zabir, K.A., Shawon, A.U.K., Alam,M. and Khan, N.R. (2017, 28-30 December). *A Proposal Of Smart Home Automation System Based On Renewable Energy*. International Conference on Mechanical, Industrial and Materials Engineering (ICMIME2017), Bangladesh.
- [5] Pipattanasomporn,M., Kuzlu,M. and Rahman,S.(2012,December) “An Algorithm for Intelligent Home Energy Management and Demand Response Analysis” IEEE Transactions On Smart Grid, Vol.3, No.4,
- [6] Bennet, M.A., Thamilvalluvan, B., Priya, C.A.H., Bhavani, B. and Shalini, M. (2017). Android Based Home Automation And Energy Conservation. *International Journal On Smart Sensing And Intelligent Systems Special Issue*, Vol.10, No:3.
- [7] Parvizimosaed, M., Farmani, F. and Anvari-Moghaddam, A.(2013). Optimal energy management of a micro-grid with renewable energy resources and demand response. *Journal Of Renewable And Sustainable Energy*, 5, 053148
- [8] Lee, J.Y. and Choi, S.G. (2014, February) *Linear Programming Based Hourly Peak Load Shaving Method At Home Area*. Int. Conf. Adv. Commun. Technol. ICACT, pp. 310–313..
- [9] Prabu, R.S. and Karthikeyan, S.P. (2018, 24-26 October). *Scheduling and Energy Management of Smart Homes Using Customer Choice Based Algorithm*. ICUE 2018 on Green Energy for Sustainable Development, Phuket.
- [10] Ahmad, A., Khan, A., Javaid, N., Hussain,H.M., Abdul,W., Almogren,A. , Alamri,A and Niaz, I.A. (2017, April). An Optimized Home Energy Management System With Integrated Renewable Energy And Storage Resources. *Energies* 10, 549
- [11] Zhou, B., Li, W., Chan, K.W., Cao, Y., Kuang, Y., Liu, X. and Wang, X(2016) Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 61, 30–40.
- [12] Beaudin, M. and Zareipour, H. (2015) Home energy management systems: A review of modelling and complexity. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 45, 318–335

- [13] Chauhan, R.K., Phurailatpam, C., Rajpurohit, B.S., Gonzalez-Longatt, F.M. and Singh, S.N. (2017). Demand-side management system for autonomous dc microgrid for building. *Technol Econ Smart Grids Sustain Energy*.10.1007/s40866-017-0020-y.
- [14] Hassan, M.A.S., Chen, M., Lin, H., Ahmed, M.H., Khan, M.Z. and Chughtai, G.R. (2019). Optimization modelling for dynamic price based demand response in microgrid. *Journal of Cleaner Production*. 231-241.
- [15] Guerard, G., Pichon, B. and Nehai, Z., “Demand-Response: Let The Devices Take Our Decision“ Leonard de Vinci Pole Universtaire, Research Center. Paris, France.
- [16] Ozturk, Y., Jha, P, Kumar, S. and Lee, G.(2013, 13-17 May). *A Personalized Home Energy Management System for Residential Demand Response* 4th International Conference on Power Engineering, İstanbul.
- [17] Güneş, H., Bıçakçı, S., Orta. E ve Akdaş, D. (2019) Akıllı Evlerde Kullanılan Yapay Zekâ Teknikleri için Simülasyon Geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Bölüm C, s 554-568.
- [18] Chen, X. ,Wei T. and Hu. S.(2013) “Uncertainty-Aware Household Appliance Scheduling Considering Dynamic Electricity Pricing in Smart Home.” *IEEE Transactions On Smart Grid*, Vol. 4, No. 2
- [19] Rajalingam, S. and Malathi, M. (2016) “HEM algorithm based smart controller for home power management system”, *Energy and Buildings*, no: 131 184–192.
- [20] Mersinoğlu, H. (2002), *İletişim teknolojisi, Mimarlık Etkileşimi ve Akıllı Evler*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [21] Elma, O., Selamogullari, U.S., Uzunoglu, M. and Uğur, E.,(2013, 20-23 October). *Carbon Emission Savings with a Renewable Energy Supplied Smart Home Operation*. International Conference Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), Madrid.
- [22] Darby, S. (2006) *The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption*. A Review for DEFRA of the Literature on Metering, Billing and Direct Displays, Environmental Change Institute, University of Oxford.
- [23] Li, M. and Lin, H. (2015, July) *Design and Implementation of Smart Home Control Systems Based on Wireless Sensor Networks and Power Line Communications*, *Industrial Electronics*, *IEEE Transactions on*, vol.62, no.7, 4430, 4442.
- [24] Elma, O. and Selamogulları, U.S. (2015). *A Home Energy Management Algorithm with Smart Plug for Maximized Customer Comfort*, *Electrical Engineering*, *IEEE Transactions*
- [25] Gellings, C.V. (1985). *The concept of demand-side management for electric utilities*, *IEEE Proceedings*, 73(10), 1468-1470.



- [26] Ekanayake, J., Liyanage, K., Wu, J., Yokoyama, A. and Jenkins, N.,(2012). Smart Grid,Technology and Applications (pp. 293).
- [27] Luo, T., Ault, G. ve Galloway, S. (2010). Demand Side Management in a highly decentralized energy future, in *45th International Universities' Power Engineering Conference*, Glasgow, United Kingdom, 31 Ağustos-3 Eylül.
- [28] Infield, D.G., Short, J., Horne, C. and Freris, L.L. (2007). Potential for Domestic Dynamic Demand-Side Management in the UK, in *Power Engineering Society General Meeting*, Loughborough, UK, 24-28 Haziran.
- [29] <https://www.ebrd.com/cs/Satellite?c=Content&cid=1395295163016&d=&pagename=EBRD%2FContent%2FDownloadDocument.EBRD>. (erişim tarihi: 19.02.2021)
- [30] Çıtak, E. ve Pala, P.B.K. (2016) Yenilenebilir Enerjinin Enerji Güvenliğine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, No.25, s 79-102.
- [31] Ericson T, Khersonsky Y, Schugart P. and Steimer P. (2006) *PEBB-Power Electronics Building Blocks, From Concept To Reality*. In: 3rd IET International Conference On Power Electronics, Machines And Drivers, pp 12–16)
- [32] Quang-Dung, H. and Tho L., (2013). “Smart Grid Communications Networks: Wireless Technologies, Protocols, Issues, and Standards1” *Handbook of Green Information*, Elsevier, 115-146.
- [33] Robotik Denetleyici Nedir? URL: [http://www.robotiksistem.com/mikrodenetleyici\\_nedir\\_pic\\_ozellikleri.html](http://www.robotiksistem.com/mikrodenetleyici_nedir_pic_ozellikleri.html) Son Erişim Tarihi:18.02.2021
- [34] Bergquist, K. and Abeysekera, J. (1996) Quality Function Deployment (QFD)-A Means For Developing Usable Products, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 18:269-275.
- [35] Arduino Uno Nedir? Özellikleri nelerdir? URL: <https://teknolojiprojeleri.com/arduino/arduino-uno-nedir-ozellikleri-nelerdir> Son Erişim Tarihi: 10.05.2021
- [36] Orkun,O. Raspberry Pi Nedir? Arduino ile Farkları Nelerdir? URL: <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/raspberry-pi-nedir-arduino-ile-farklari-nelerdir-/8305#ad-image-0> , Son erişim tarihi: 05.12.2019
- [37] PIC Mikrodenetleyiciler URL: [http://www.robotiksistem.com/pic\\_mikrodenetleyiciler.html](http://www.robotiksistem.com/pic_mikrodenetleyiciler.html) Son Erişim Tarihi: 14.05.2021
- [38] Altan, S. Nesnelerin İnternetinde Kullanılacak 6 İletişim Protokolü URL: <https://blog.iven.io/nesnelerini%CC%87nternetindekullan%C4%B1lacak-6-i%CC%87leti%C5%9Fim-protokol%C3%BC-869b1b40bcd6>, Son erişim tarihi: 16.12.2019

- [39] Sarıkaya, T. (2016) *Akıllı Şebekelerde Ev Enerji Yönetim Sistemi Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [40] Ev Otomasyonunda Kablosuz Haberleşme Teknolojileri URL:  
<https://www.voltimum.com.tr/haberler/ev-otomasyonunda-kablosuz-haberlesme> Son  
Erişim Tarihi: 12.03.2021
- [41] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Raporları URL:  
<https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari> Son Erişim Tarihi: 08.02.2021
- [42] Oğulata, R.T. and S.N. Oğulata(2002), Solar Radiation On Adana, Turkey. *Applied Energy*, 71(4): p. 351-358.
- [43] Cebeci, S.(2017) *Türkiyede Güneş Enerjisinden Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi*, Uzmanlık Tezi, Kalkınma Bakanlığı.
- [44] Çıtıroğlu, A., Güneş Enerjisinden Yararlanarak Elektrik Üretimi. *Mühendis ve Makine*, 2000. 485: p. 1-5.
- [45] Teknik Uygulama Föyü No:10 Güneş Enerji Santralleri URL:  
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107492A7644&LanguageCode=tr&DocumentPartId=&Action=Launch> Son Erişim Tarihi: 20.04.2021
- [46] How A Solar Cell Works URL:  
<https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2013-2014/how-a-solar-cell-works.html> Son Erişim Tarihi: 20.04.2021
- [47] Bülbül, İ (2007) *Tipik Bir Karargâhta Yenilenebilir Enerji Uygulamaları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [48] Bahtiyar, B. (2006) *Fotovoltaik Sistemler İçin Gerçek Zamanlı Bir İzleme Merkezi Tasarım ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [49] Bahtiyar, B., Fotovoltaik Sistemler için Gerçek Zamanlı Bir İzleme Merkezi Tasarım ve Uygulaması. 2006, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniv.
- [50] PIC Mikrodenetleyiciler URL:  
[http://www.robotiksystem.com/pic\\_mikrodenetleyiciler.html](http://www.robotiksystem.com/pic_mikrodenetleyiciler.html) Son Erişim Tarihi: 14.05.2021
- [51] Çalıköğlü, S., Özdemir, E. ve Uçar, M. Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Elektrik Üretim Sistemlerinin Güç Kalitesine Etkileri.
- [52] Küçük, S.(2019) *Off Grid Güneş Sistemleri İçin Yeni Bir Projelendirme Aracı Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [53] Dong, S., Kremers, E., Bruccoli, M., Rothman, R., and Brown, S.(2020) “Techno-economic assessment of household and community energy storage in the UK”. Elsevier Energy Conversion and Management., 205

- [54] Keleş,C.(2017) *Akıllı Şebekelerde Yenilenebilir Enerji Üretimine Sahip Akıllı Evlerin Enerji ve Yük Yönetimi*, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.



# EKLER



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TURAN, Seher  
 Uyuşu : T.C.  
 Medeni hali : Bekar

Eğitim Derecesi	Okul /Program	Mezuniyet Yılı
Ön Lisans	Anadolu Üniversitesi/Coğrafi Bilgi Sistemleri	2022
Yüksek Lisans	Amasya Üniversitesi/ Yenilenebilir Enerji ve Uyg.	2018 - .
Lisans	Amasya Üniversitesi / Elektrik-Elektronik Müh.	2019
Lisans	Anadolu Üniversitesi/ İşletme	2016
Ön Lisans	Anadolu Üniversitesi / Bankacılık ve Sigortacılık	2012
Lisans	Ankara Üniversitesi / Matematik	2011
Lise	Alp Oğuz Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi	Yıl Çalıştığı Yer	Görevi
2021- Halen	İstanbul İl Afet ve Acil Durum Md.	Mühendis
2013 - 2021	Amasya İl Afet ve Acil Durum Md.	Enformasyon Mem.
2019	Amasya İl Özel İdaresi	Stajyer Mühendis
2018	Amasya Çevre ve Şehircilik il Md.	Stajyer Mühendis
2017	AKÇAY Mühendislik	Stajyer Mühendis
2012 - 2013	Tiamo Mental Aritmetik	Eğitmen

### Yabancı Dili

İngilizce

### Arduino için yazılan C++ kodu

```
int p1=2; //birinci priz grubunun gücünü ölçen wattmetreden gelen bilgi girişi
int p2=3; //ikinci priz grubunun gücünü ölçen wattmetreden gelen bilgi girişi
```

```
int p3=3; //üçüncü priz grubunun gücünü ölçen wattmetreden gelen
bilgi girişi

const int r1=4; //birinci priz grubu şebeke ile yenilebilir arası
seçim rölesi

const int r2=5; //ikinci priz grubu şebeke ile yenilebilir arası
seçim rölesi

const int r3=6; //üçüncü priz grubu şebeke ile yenilebilir arası
seçim rölesi

void setup() {

Serial.begin(9600);
Serial.print("Sistem Çalışmaya Başlıyor");
pinMode(p1,INPUT); // wattmetreyi giriş olarak ayarladık.
pinMode(p2,INPUT); // wattmetreyi giriş olarak ayarladık.
pinMode(p3,INPUT); // wattmetreyi giriş olarak ayarladık.
pinMode(r1,OUTPUT); //röleyi çıkış olarak ayarladık
pinMode(r2,OUTPUT); //röleyi çıkış olarak ayarladık
pinMode(r3,OUTPUT); //röleyi çıkış olarak ayarladık
}

void loop() {

int p1=analogRead(A0); // birinci wattmetreden gelen degeri
okuyoruz p1= map(p1,0,1023,0,255);

if(p1>100){ //wattmetreden gelen deger 100 den BÜYÜK ise
cihazların çalışması için gerekli enerji YENİLENEBİLİR sisteminden
alınacak

digitalWrite(r1,HIGH);

}

else if(p1<=100){ //wattmetreden gelen deger 100 den KÜÇÜK ise
cihazların çalışması için gerekli enerji ŞEBEKE sisteminden
alınacak

digitalWrite(r1,LOW);

}

int p2=analogRead(A1); // ikinci wattmetreden gelen degeri
okuyoruz p2= map(p2,0,1023,0,255);
```

```
if(p2>100){//wattmetreden gelen deger 100 den BÜYÜK ise cihazların
çalışması için gerekli enerji YENİLENEBİLİR sisteminden alınacak
digitalWrite(r2,HIGH);
}
else if(p1<=100){ //wattmetreden gelen deger 100 den KÜÇÜK ise
cihazların çalışması için gerekli enerji ŞEBEKE sisteminden
alınacak
digitalWrite(r2,LOW);
}

int p3=analogRead(A2); // üçüncü wattmetreden gelen degeri
okuyoruz p3= map(p3,0,1023,0,255
```

