

**T.C.**  
**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**  
**İKTİSADİ ve İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ**  
**YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ BÖLÜMÜ**



**Raspberry Pi Tabanlı PZEM-004T ve DHT11 Sensörleri ile Enerji Tüketimi ve Ortam  
Koşullarının İzlenmesi: MQTT Protokolü Üzerinden AWS Bulut Entegrasyonu**

**Zeynep ÖZER**  
**Emine Nur ÇALI**

**DANIŞMAN**  
**Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin PARMAKSIZ**

**Bulut Bilişim Dersi Bitirme Çalışması**

**BİLECİK 2025**

# İÇİNDEKİLER

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>ii</b>
<b>1 GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1 LİTERATÜR TARAMASI . . . . .	2
1.2 IoT Tabanlı Enerji İzleme Sistemleri . . . . .	3
1.3 Ortam Koşullarının İzlenmesi: Sıcaklık ve Nem Ölçümü . . . . .	3
1.4 Veri Aktarımı: MQTT Protokolü ve Güvenli İletişim . . . . .	4
1.5 Zaman Serisi Veritabanları ve Görselleştirme Araçları . . . . .	4
1.6 IoT Cihazınızın Dijital İkizini Oluşturma ve AWS IoT TwinMaker ile Gerçek Zamanlı Sensör Verilerini İzleme . . . . .	4
1.7 IoT Tabanlı Bulut Destekli Enerji ve Çevre İzleme Sistemi Tasarımı Üretim Endüstrisi . . . . .	5
1.8 Literatürdeki Sınırlılıklar ve Bu Çalışmanın Katkısı . . . . .	5
<b>2 KULLANILAN YAZILIMLAR ve YÖNTEMLER</b>	<b>7</b>
2.1 Yöntem ve Sistem Tasarımı . . . . .	7
2.2 Sistem Mimarisi . . . . .	7
<b>3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>12</b>
3.1 Genel Değerlendirme . . . . .	12
3.2 Karşılaşılan Zorluklar . . . . .	12
3.3 Gelecekteki Çalışmalar için Öneriler . . . . .	12
3.4 Kaynakça . . . . .	13

# 1 GİRİŞ

Günümüzde enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve uzaktan izleme ihtiyaçları, nesnelerin interneti (IoT) tabanlı çözümlerin önemini her geçen gün artırmaktadır. Özellikle elektrikli cihazlardan elde edilen tüketim verilerinin anlık olarak izlenebilmesi, analiz edilebilmesi ve bu verilerin güvenli bir şekilde merkezi sistemlere aktarılabilmesi, enerji yönetimi açısından kritik bir rol oynamaktadır (Gungor et al., 2010; Yan et al., 2013). Literatürde bu alanda yapılan çalışmalar çoğunlukla ya yalnızca yerel veri toplama sistemlerine odaklanmakta (Kim et al., 2018) ya da yalnızca bulut tabanlı çözümlerle sınırlı kalmaktadır (Al-Fuqaha et al., 2015). Ayrıca, bazı araştırmalar veri görselleştirme aşamasında kullanıcı dostu arayüzlerin eksikliğini vurgulamaktadır. Geliştirilen sistemlerin büyük bir kısmı; düşük maliyet, esneklik, güvenli veri aktarımı ve ölçeklenebilirlik gibi temel gereksinimlerin tamamını aynı anda sağlayamamaktadır. Bu durum, gelecekteki çalışmalarda hibrit yapıdaki enerji izleme sistemlerine yönelik çağrılara yol açmıştır .

Bu doğrultuda geliştirilen bu çalışma, hem yerel hem de bulut ortamlarında çalışabilen, gerçek zamanlı enerji izleme ve veri görselleştirme yeteneklerine sahip bir sistem sunmayı amaçlamaktadır. Bu sistem, yukarıda bahsedilen sınırlamaların ötesine geçerek; düşük maliyetli donanım, merkezi olmayan mimari ve güvenli veri iletişimi gibi faktörleri bir araya getirerek kapsayıcı bir çözüm modeli sunmaktadır.

Proje kapsamında, düşük maliyetli ve erişilebilir bir mikrodenetleyici olan Raspberry Pi üzerine bir işletim sistemi kurulmuş ve bu sistem, elektriksel parametreleri ölçebilen PZEM-004T sensörü ile entegre edilmiştir. Bilgisayar, cep telefonu, kulaklık, fan ve bilgisayar kasası gibi çeşitli elektrikli cihazların tüketim değerleri bu sensör aracılığıyla ölçülmüş; elde edilen veriler ise InfluxDB zaman serisi veri tabanında saklanmıştır. Benzer uygulamaların çoğunda veriler ya lokal dosya sisteminde ya da bulutta saklanmakta, ancak zaman serisi tabanlı veri yönetimi kullanılmamaktadır (Rauf et al., 2022).

Sisteme entegre edilen bir diğer bileşen ise DHT11 sıcaklık ve nem sensörüdür. Bu sensör yardımıyla ortam sıcaklığı ve nem oranı da düzenli aralıklarla ölçülmekte ve enerji tüketim verileri ile birlikte analiz edilmektedir. Ortam koşullarının enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin anlaşılabilmesi açısından sıcaklık ve nem verilerinin toplanması, sistemin çok boyutlu veri ana-

lizi yapabilmesine olanak tanımaktadır. Bu yönüyle sistem, yalnızca enerji değil aynı zamanda çevresel verilerin de izlenmesine katkı sağlamaktadır.

Ölçülen tüm veriler, hem InfluxDB arayüzü üzerinden hem de daha gelişmiş bir görselleştirme aracı olan Grafana platformu kullanılarak kullanıcı dostu grafikler ile sunulmuştur. Görselleştirme araçlarının enerji verilerinin analizinde önemli rol oynadığı literatürde sıkça vurgulanmaktadır, ancak mevcut sistemlerde bu tür entegrasyonlar genellikle ihmal edilmektedir.

Sistem yalnızca yerel bir izleme aracı olarak kalmayıp, aynı zamanda MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokolü üzerinden verileri Amazon Web Services (AWS) bulut altyapısına güvenli bir şekilde aktarmaktadır. Bu sayede, kullanıcılar veri analizlerine yalnızca yerel ağ üzerinden değil, aynı zamanda internet bağlantısı olan herhangi bir ortamdan da erişim sağlayabilmektedir. Literatürde birçok çalışma veri iletimi güvenliğine yeterince önem vermemekte ya da kablolu sistemlere bağımlı kalmaktadır (Chen et al., 2019). Bu bağlamda önerilen sistem, hem merkezi hem de dağıtık izleme yaklaşımını birleştirerek, esnek bir yapı sunmaktadır.

Proje, IoT cihazları ile enerji ve çevresel verilerin toplanması, bu verilerin hem yerel hem de bulut ortamlarında saklanması, görselleştirilmesi ve belirli bir eşik değerini geçince uyarı veren bir alarm sistemi ele alınmaktadır. Ayrıca, veri iletiminin güvenliği ve sistemin ölçeklenebilirliği gibi önemli unsurlar da dikkate alınarak, gerçek dünyada uygulanabilir ve geliştirilebilir bir sistem tasarlanmıştır. Bu yönüyle, çalışmamız hem akademik literatüre katkı sunmakta hem de endüstriyel uygulamalar için yol gösterici olabilecek niteliktedir.

## 1.1 LİTERATÜR TARAMASI

Son yıllarda, Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı sistemler aracılığıyla enerji tüketimi ve çevresel parametrelerin uzaktan izlenmesine yönelik çok sayıda akademik ve uygulamalı çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, düşük maliyetli mikrodenetleyiciler (örneğin Raspberry Pi) ile PZEM-004T gibi enerji ölçüm modülleri ve DHT11 gibi sıcaklık ve nem sensörlerinin entegrasyonu yoluyla hem elektriksel hem de çevresel verilerin toplanması sağlanmaktadır. Elde edilen verilerin, MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) gibi hafif ve etkin bir haberleşme protokolü kullanılarak AWS IoT Core gibi bulut platformlarına iletilmesi, verilerin ger-

çek zamanlı izlenmesini ve büyük veri analitiği teknikleriyle işlenmesini mümkün kılmaktadır. Literatürdeki benzer uygulamalara bakıldığında, bu sistemlerin özellikle akıllı ev otomasyonları, enerji yönetimi ve endüstriyel IoT alanlarında yaygın biçimde kullanıldığı görülmektedir. Güçlü bulut servisleri sayesinde, verilerin uzun süreli depolanması, alarm sistemlerinin kurulması ve yapay zekâ destekli analizlerin gerçekleştirilmesi olanaklı hale gelmiştir. Bu bağlamda, söz konusu çalışmalar enerji verimliliğinin artırılması, ortam koşullarının kontrolü ve uzaktan izleme yetkinliklerinin geliştirilmesi gibi çok yönlü faydalar sağlaması nedeniyle hem akademik literatürde hem de endüstriyel uygulamalarda önemli bir yere sahiptir.

## **1.2 IoT Tabanlı Enerji İzleme Sistemleri**

IoT tabanlı enerji izleme sistemleri, cihazlara entegre edilen sensörler ve mikrodenetleyiciler aracılığıyla elektriksel parametreleri ölçerek bu verileri yerel veya uzak sunuculara iletmektedir. Gungor et al. (2011), akıllı şebekelerdeki iletişim teknolojileri üzerine yaptıkları çalışmalarında bu tür sistemlerin enerji yönetiminde oynadığı stratejik role dikkat çekmişlerdir. Benzer şekilde Yan et al. (2013), IoT tabanlı enerji izleme çözümlerinin, enerji üretiminden tüketime kadar olan süreçte sistematik optimizasyon sağladığını belirtmiştir.

PZEM-004T gibi düşük maliyetli sensör modüllerinin kullanıldığı uygulamalarda ise gerçek zamanlı enerji verisinin izlenmesi yaygınlaşmıştır. Kim et al. (2018), PZEM modülü ile kurdukları sistemde, enerji tüketimini yerel bir sunucuya kaydetmiş ancak veri aktarımı bulut altyapısına entegre edilmemiştir. Bu gibi sistemlerde genellikle yerel izleme ön planda tutulmakta, geniş ölçekli veri analizi ve uzaktan erişim olanakları ihmal edilmektedir.

## **1.3 Ortam Koşullarının İzlenmesi: Sıcaklık ve Nem Ölçümü**

Enerji izleme sistemlerine entegre edilen sıcaklık ve nem sensörleri, çevresel koşulların analiz edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. DHT11 gibi dijital sensörler, düşük maliyetli olmalarının yanı sıra hem sıcaklık hem de bağıl nem ölçümü yapabilmeleriyle IoT sistemlerinde sıkça kullanılmaktadır. Al-Fuqaha et al. (2015), IoT sistemlerinde çevresel verilerin analizinin, cihazların çalışma verimliliğini artırma ve sistem güvenliğini sağlama açısından kritik olduğuna dikkat çekmişlerdir. Ancak literatürde yapılan çalışmalar çoğunlukla sıcaklık ve nem verilerini sadece lokal düzeyde saklamakta, bu verileri enerji verisiyle entegre analiz etme konusunda

sınırlı kalmaktadır.

## **1.4 Veri Aktarımı: MQTT Protokolü ve Güvenli İletişim**

IoT sistemlerinin başarısı, yalnızca verilerin toplanmasına değil, aynı zamanda bu verilerin güvenli, hızlı ve düşük bant genişliği ile iletilebilmesine de bağlıdır. Bu bağlamda MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokolü, hafifliği ve düşük gecikme süresi nedeniyle öne çıkmaktadır. IoT tabanlı güç sistemlerinde güvenli veri aktarımı üzerine yaptıkları çalışmada, MQTT'nin verimliliğini ve bulut sistemleriyle entegrasyon kolaylığını vurgulamışlardır. Ancak birçok çalışmada veri aktarımı hâlâ kablolu sistemlere dayanmakta ya da güvenlik önlemleri yeterince entegre edilmemektedir.

## **1.5 Zaman Serisi Veritabanları ve Görselleştirme Araçları**

Toplanan verilerin analiz edilebilir hale gelmesi, çoğu zaman güçlü veri yönetimi ve görselleştirme araçlarının entegrasyonunu gerektirir. InfluxDB gibi zaman serisi veritabanları, IoT verilerinin zaman temelli yapısı için oldukça uygundur. InfluxDB'nin ölçeklenebilir IoT uygulamaları için sunduğu avantajları vurgulamış; ancak birçok mevcut sistemin hâlâ basit dosya sistemlerine dayandığını ve gelişmiş analiz olanaklarını kullanmadığını belirtmiştir.

Grafana gibi açık kaynaklı görselleştirme araçları ise, kullanıcılara verileri sezgisel bir arayüzle sunma imkânı sağlamaktadır. Wang et al. (2020), enerji verilerinin görselleştirilmesinde bu tür araçların kullanılmasının karar verme süreçlerini önemli ölçüde iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Ne var ki mevcut uygulamaların büyük bir kısmı, bu entegrasyonları sağlamadan yalnızca ham veri sunumuna odaklanmaktadır.

## **1.6 IoT Cihazınızın Dijital İkizini Oluşturma ve AWS IoT TwinMaker ile Gerçek Zamanlı Sensör Verilerini İzleme**

Bu blog yazısı, Raspberry Pi ve DHT11 sensöründen elde edilen veriler kullanılarak dijital bir ikizin nasıl oluşturulacağını ve AWS IoT TwinMaker platformu aracılığıyla gerçek zamanlı sensör verilerinin nasıl izlenebileceğini açıklamaktadır. Proje ayrıca Amazon Timestream ve Grafana entegrasyonlarını da içermektedir.

## **1.7 IoT Tabanlı Bulut Destekli Enerji ve Çevre İzleme Sistemi Tasarımı Üretim Endüstrisi**

Bu çalışma, üretim sektöründe enerji ve çevresel parametrelerin izlenmesine yönelik bir sistem geliştirmeyi hedeflemektedir. Sistem, sıcaklık, nem ve enerji tüketimi verilerini toplamakta, bu verileri MQTT protokolü aracılığıyla bulut ortamına aktarmakta ve son olarak web tabanlı kullanıcı arayüzü üzerinden görselleştirmektedir.

## **1.8 Literatürdeki Sınırlılıklar ve Bu Çalışmanın Katkısı**

Son yıllarda enerji verimliliği, çevresel izleme ve IoT tabanlı sistem tasarımı gibi konular üzerine yapılan çalışmaların sayısında kayda değer bir artış gözlemlenmektedir. Ancak literatürdeki mevcut çalışmalarda, sistem bütünlüğü, veri yönetimi, güvenlik ve kullanıcı deneyimi açısından bazı temel sınırlılıkların olduğu dikkati çekmektedir. Öncelikle, enerji tüketimi ve çevresel değişkenlere ilişkin verilerin çoğu zaman birbirinden bağımsız sistemlerde toplanması, bu iki boyutun birlikte değerlendirilmesini zorlaştırmakta; bu durum ise bütüncül ve çok boyutlu analizlerin gerçekleştirilmesine engel teşkil etmektedir. Özellikle düşük maliyetli sistemlerde, enerji ile ortam verilerinin entegre biçimde izlenmesine olanak tanıyan açık kaynaklı, modüler yapılar nadiren kullanılmaktadır.

Bir diğer sınırlılık, bulut tabanlı veri aktarım sistemlerinin güvenli, esnek ve sürdürülebilir biçimde yaygınlaştırılamamış olmasıdır. Literatürdeki pek çok uygulama yalnızca yerel sunucular üzerinden veri toplamaya odaklanmakta, bu da ölçeklenebilirlik ve erişilebilirlik açısından ciddi kısıtlar doğurmaktadır. Bulut sistemleriyle yapılan veri aktarımı çoğu zaman sınırlı uygulamalarla sınırlı kalmakta, veri güvenliği ve bağlantı sürekliliği gibi temel konular göz ardı edilmektedir. Ayrıca, kullanıcıların sistem çıktılarından etkili biçimde faydalanabilmesi için kritik öneme sahip olan görselleştirme arayüzlerinin yetersizliği de sıkça karşılaşılan bir başka eksikliktir. Arayüz eksiklikleri, kullanıcıların anlamlı içgörüler elde etmesini zorlaştırmakta ve sistemin karar destek mekanizmalarına katkısını sınırlamaktadır.

Zaman serisi verilerin saklanması ve analizi açısından da literatürde çeşitli açıklar mevcuttur. Pek çok çalışma, zaman serisi veri tabanı entegrasyonuna odaklanmamakta, dolayısıyla uzun

vadeli izleme, anomalilerin tespiti ve ileri düzey veri analitiği süreçlerinde yetersiz kalmaktadır. Bu durum, enerji yönetimi ve çevresel değerdendirmelerin gerçek zamanlı izleme ve geçmişe dönük analizle desteklenmesini güçleştirmektedir.

Bu çalışma, yukarıda özetlenen sınırlılıkları dikkate alarak entegre, güvenli ve görselleştirilebilir bir çözüm sunmayı amaçlamaktadır. Geliştirilen sistem, Raspberry Pi tabanlı mimarisiyle düşük maliyetli ancak işlevsel bir altyapı sunmakta; PZEM-004T modülü ile enerji tüketimini ve DHT11 sensörü ile ortam sıcaklık ve nem verilerini eşzamanlı olarak toplayabilmektedir. Toplanan veriler, MQTT protokolü üzerinden güvenli biçimde Amazon Web Services (AWS) bulut altyapısına aktarılmakta; bu yönüyle, literatürde eksikliği hissedilen güvenli ve sürdürülebilir veri aktarımı ihtiyacına doğrudan yanıt vermektedir.

Çalışmanın özgün katkılarından biri, yalnızca veri toplama ile sınırlı kalmayan, aynı zamanda bu verileri InfluxDB gibi zaman serisi veri tabanlarında depolayarak uzun vadeli analizlere olanak tanıyan bir yapı sunmasıdır. Ayrıca, verilerin Grafana arayüzü ile görselleştirilmesi sayesinde kullanıcıların sistem çıktılarından anlamlı içgörüler elde etmesi mümkün kılınmaktadır. Bu bağlamda sistem, hem izleme hem de karar destek süreçlerine katkı sağlayan, ölçeklenebilir, kullanıcı dostu ve bütünsel bir yaklaşımı temsil etmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma literatürdeki yapısal eksiklikleri gideren bütünsel bir çözüm önerisi sunmakta; aynı zamanda açık kaynak ve düşük maliyetli bileşenlerle gerçekleştirilebilir olması sayesinde pratik uygulamalara da yön verecek nitelikte önemli bir katkı sağlamaktadır.



## 2 KULLANILAN YAZILIMLAR ve YÖNTEMLER

Bu çalışmada kullanılan yazılım araçları ve yöntemler aşağıda detaylandırılmıştır.

### 2.1 Yöntem ve Sistem Tasarımı

Raspberry Pi tabanlı enerji ve ortam koşulu izleme sisteminin genel mimarisi, kullanılan donanım ve yazılım bileşenleri, veri aktarım yöntemi ve bulut altyapısına entegrasyon süreci detaylı bir biçimde açıklanmıştır. Sistem; gerçek zamanlı enerji tüketimi, sıcaklık ve nem ölçümlerini toplayarak bu verileri MQTT protokolü üzerinden AWS bulut altyapısına güvenli biçimde aktarmakta ve son kullanıcıya sezgisel arayüzlerle sunmaktadır.

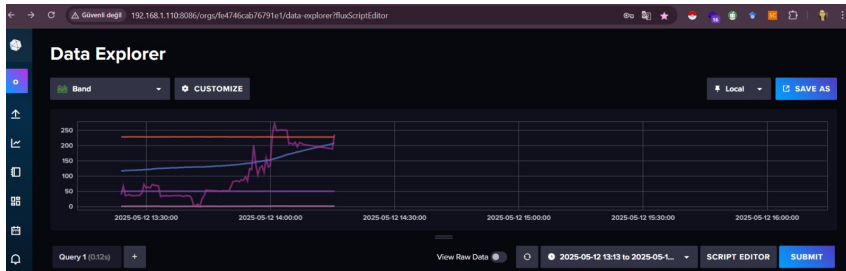
### 2.2 Sistem Mimarisi

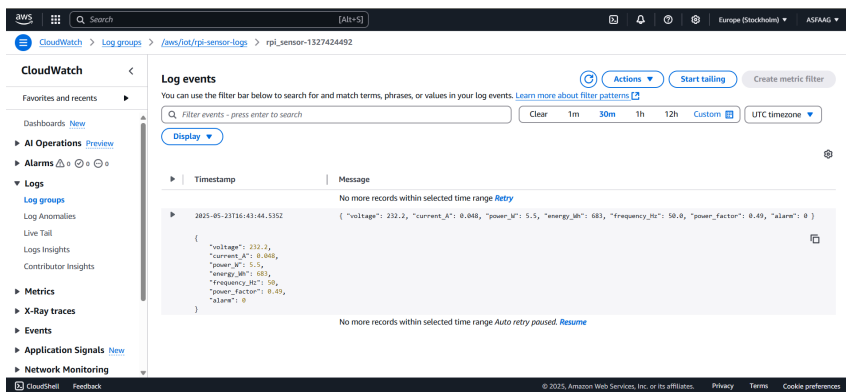
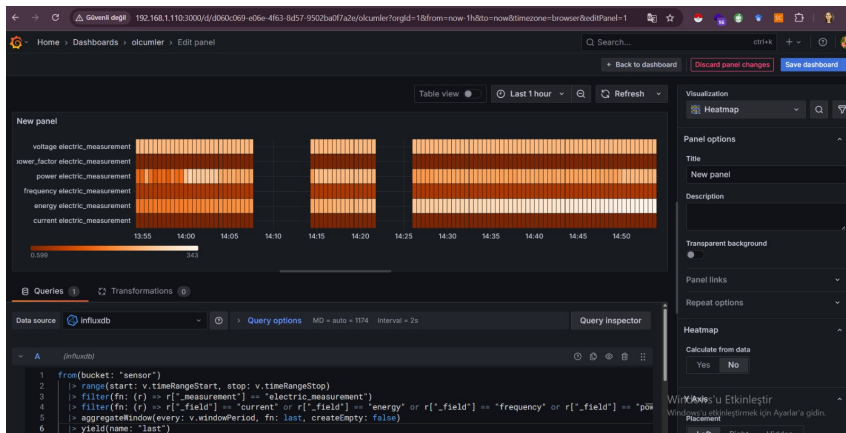
Geliştirilen sistem dört temel katmandan oluşmaktadır:

1. Veri Toplama Katmanı: Enerji ölçümünde PZEM-004T sensörü, sıcaklık ve nem ölçümünde ise DHT11 sensörü kullanılmıştır. Her iki sensör, Raspberry Pi ile doğrudan haberleşmekte ve verileri periyodik olarak toplamaktadır.

2. Veri Aktarım Katmanı: Toplanan veriler, Raspberry Pi üzerinden MQTT protokolü kullanılarak bulut ortamına iletilmektedir. MQTT broker olarak Mosquitto, istemci olarak paho-mqtt kütüphanesi tercih edilmiştir.

3. Bulut Altyapısı (Veri Saklama): AWS üzerinde kurulu yapı ve InfluxDB zaman serisi veritabanı kullanılarak veriler kalıcı olarak saklanmaktadır. Böylece enerji ve ortam koşulu verileri zaman damgalı olarak merkezi biçimde depolanmaktadır.





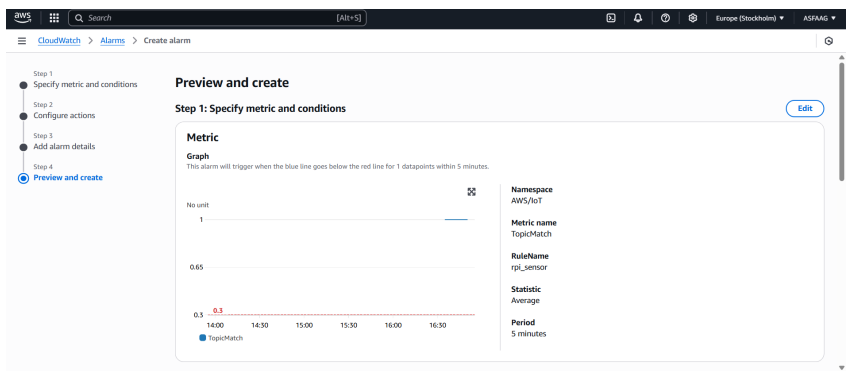
```
{\"current_A\": 0.047, \"power_W\": 5.5, \"energy_Wh\": 683, \"frequency_Hz\": 50.0, \"power_factor\": 0.5, \"alarm\": 0 }
Published to AWS IoT topic rpl/sensor

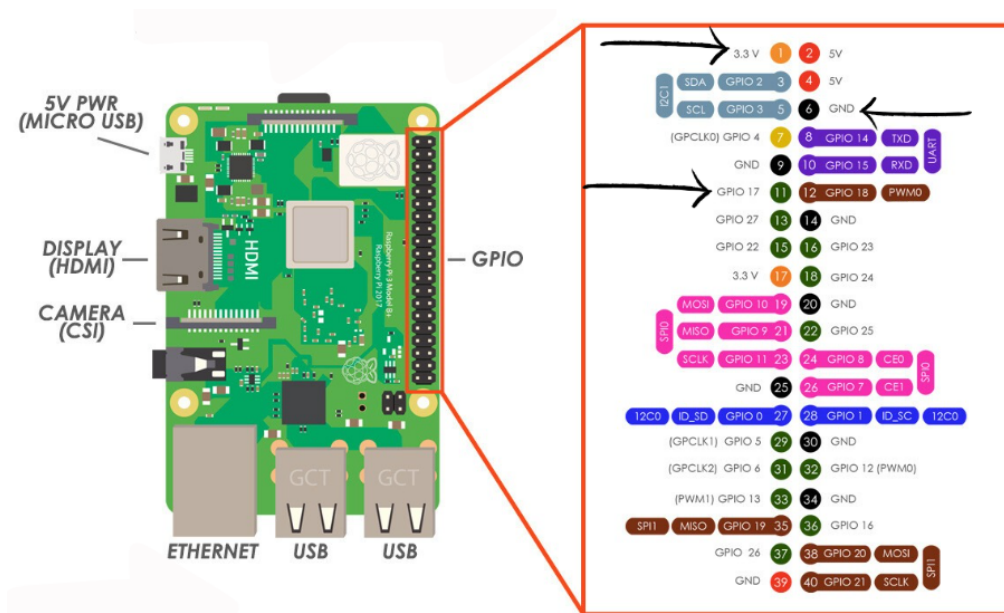
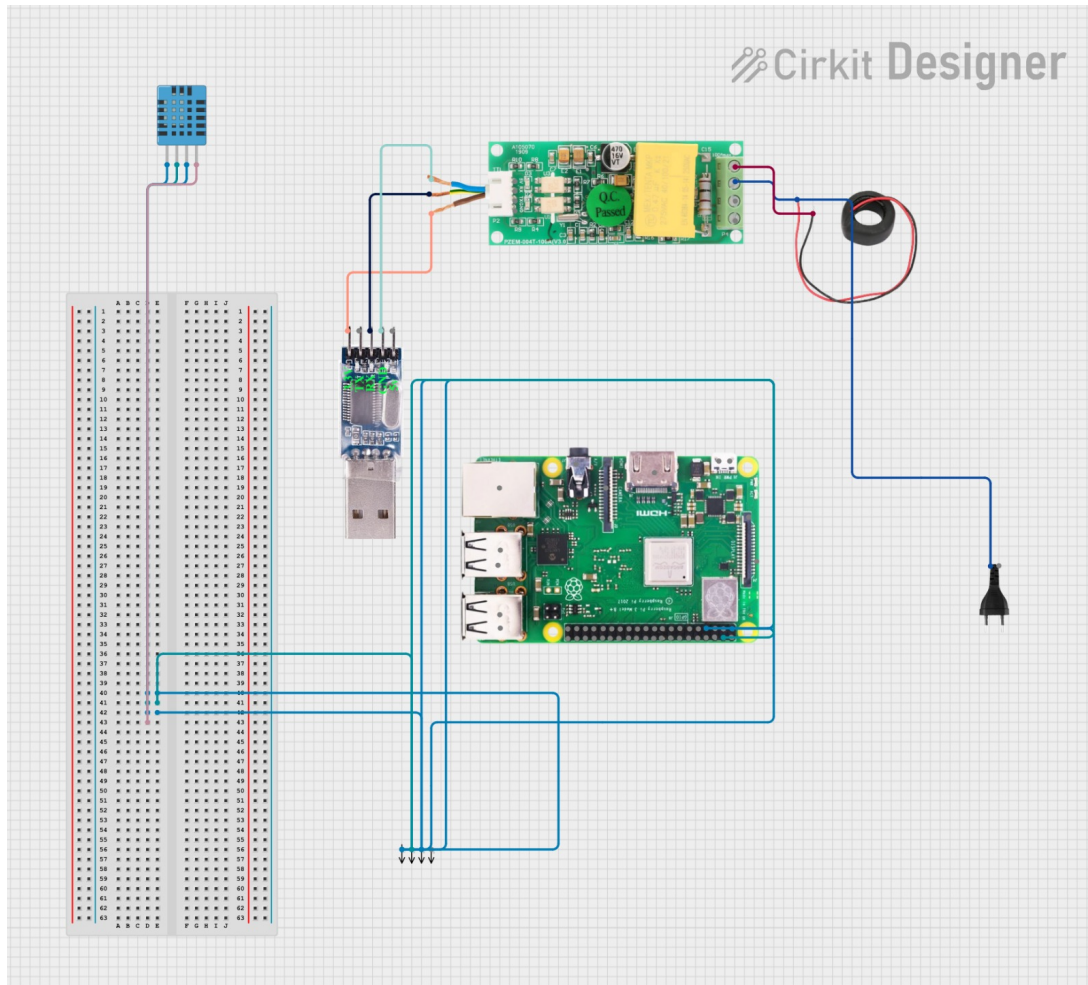
{\"voltage\": 232.2, \"current_A\": 0.048, \"power_W\": 5.5, \"energy_Wh\": 683, \"frequency_Hz\": 50.0, \"power_factor\": 0.49, \"alarm\": 0 }
Published to AWS IoT topic rpl/sensor

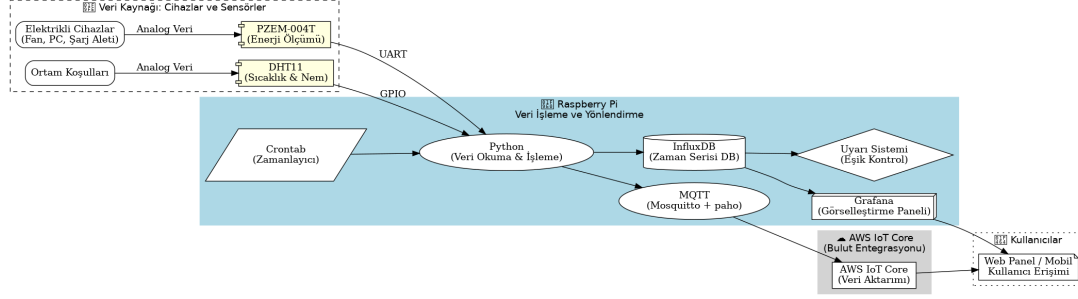
{\"voltage\": 232.0, \"current_A\": 0.047, \"power_W\": 5.4, \"energy_Wh\": 683, \"frequency_Hz\": 49.9, \"power_factor\": 0.5, \"alarm\": 0 }
Published to AWS IoT topic rpl/sensor

{\"voltage\": 232.1, \"current_A\": 0.047, \"power_W\": 5.4, \"energy_Wh\": 683, \"frequency_Hz\": 49.9, \"power_factor\": 0.5, \"alarm\": 0 }
Published to AWS IoT topic rpl/sensor

{\"voltage\": 232.3, \"current_A\": 0.046, \"power_W\": 5.5, \"energy_Wh\": 683, \"frequency_Hz\": 49.9, \"power_factor\": 0.5, \"alarm\": 0 }
```

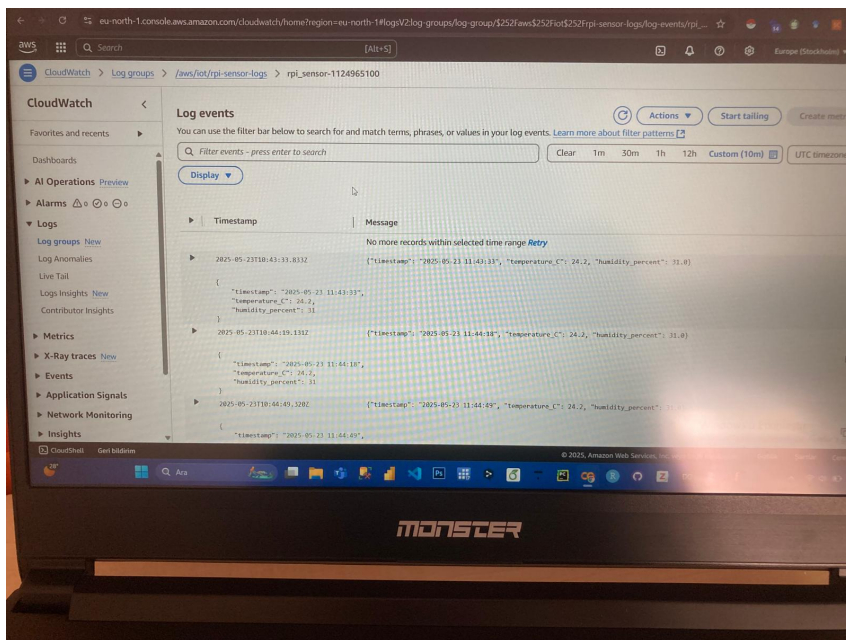
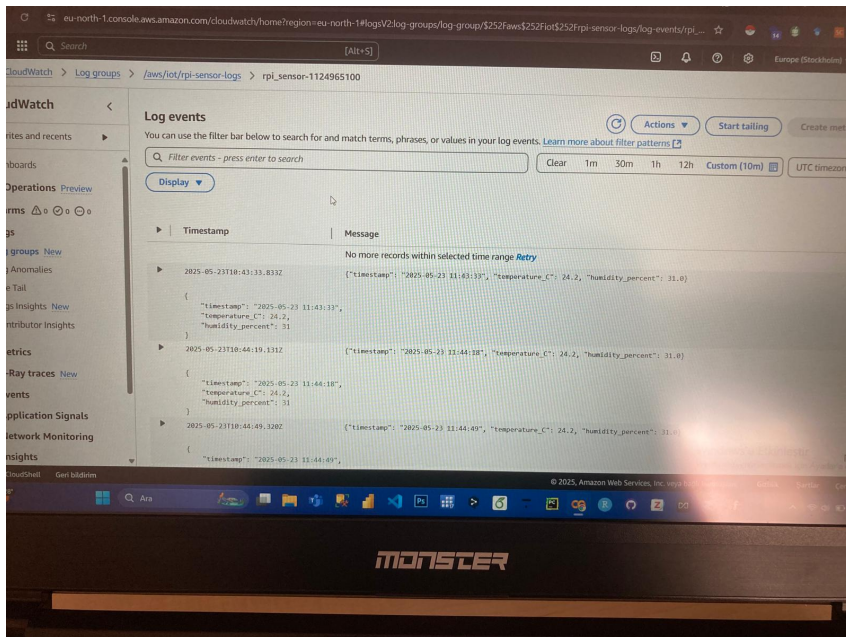






```

DHT11 verisi geçersiz.
DHT11 verisi geçersiz.
Tarih: 2025-05-23 11:50:12
Sıcaklık: 25.8°C
Nem: 32.0%
MQTT mesajı yayınlandı: rpi/sensor
Mesaj yayınlandı, mid: 8
DHT11 verisi geçersiz.
DHT11 verisi geçersiz.
Tarih: 2025-05-23 11:50:57
Sıcaklık: 25.3°C
Nem: 30.0%
MQTT mesajı yayınlandı: rpi/sensor
Mesaj yayınlandı, mid: 9
Tarih: 2025-05-23 11:51:12
Sıcaklık: 25.2°C
Nem: 30.0%
MQTT mesajı yayınlandı: rpi/sensor
Mesaj yayınlandı, mid: 10
Tarih: 2025-05-23 11:51:28
Sıcaklık: 25.1°C
Nem: 30.0%
MQTT mesajı yayınlandı: rpi/sensor
Mesaj yayınlandı, mid: 11
DHT11 verisi geçersiz.
DHT11 verisi geçersiz.
Tarih: 2025-05-23 11:52:28
Sıcaklık: 24.9°C
Nem: 30.0%
MQTT mesajı yayınlandı: rpi/sensor
Mesaj yayınlandı, mid: 12
Tarih: 2025-05-23 11:52:43
Sıcaklık: 24.8°C
Nem: 30.0%
MQTT mesajı yayınlandı: rpi/sensor
Mesaj yayınlandı, mid: 13
Tarih: 2025-05-23 11:52:58
Sıcaklık: 24.8°C
Nem: 31.0%
MQTT mesajı yayınlandı: rpi/sensor
Mesaj yayınlandı, mid: 14
Tarih: 2025-05-23 11:53:13
Sıcaklık: 24.7°C
Nem: 31.0%
MQTT mesajı yayınlandı: rpi/sensor
Mesaj yayınlandı, mid: 15
DHT11 verisi geçersiz.
  
```





### 3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde, gerçekleştirilen enerji ve ortam koşulu izleme sistemine yönelik bitirme tasarımı çalışmasının genel değerlendirmesi yapılmakta ve gelecekteki çalışmalar için öneriler sunulmaktadır.

#### 3.1 Genel Değerlendirme

Bu çalışmada, enerji tüketimi ve çevresel parametrelerin gerçek zamanlı izlenmesine yönelik sistematik ve bütünsel bir yaklaşım benimsenmiştir. Raspberry Pi tabanlı donanım ve MQTT protokolü kullanılarak bulut altyapısına entegre edilen veri toplama ve aktarımdan oluşan bir sistem geliştirilmiştir. Çalışmanın doğruluğu ve performansı, veri aktarım güvenliği, zaman serisi ve veri saklama gibi kriterler çerçevesinde değerlendirilmiş, elde edilen sonuçlar sistemin etkin ve güvenilir olduğunu göstermiştir.

#### 3.2 Karşılaşılan Zorluklar

Geliştirme sürecinde karşılaşılan temel zorluklar arasında, sistemin gerçek zamanlı veri toplama ve aktarımını kesintisiz ve doğrulukla sağlamak; sensörlerden gelen verilerin güvenilirliğini sağlamak ve yazılım katmanlarındaki algoritmaların performans optimizasyonu yer almaktadır. Özellikle MQTT protokolü üzerinde süreklilik sağlamak ve bulut ortamında yüksek hacimli verilerin işlenmesi için çeşitli optimizasyon teknikleri uygulanmıştır. Bu zorluklar, ayrıntılı testler ve iteratif iyileştirme süreçleri ile aşılmaya çalışılmıştır.

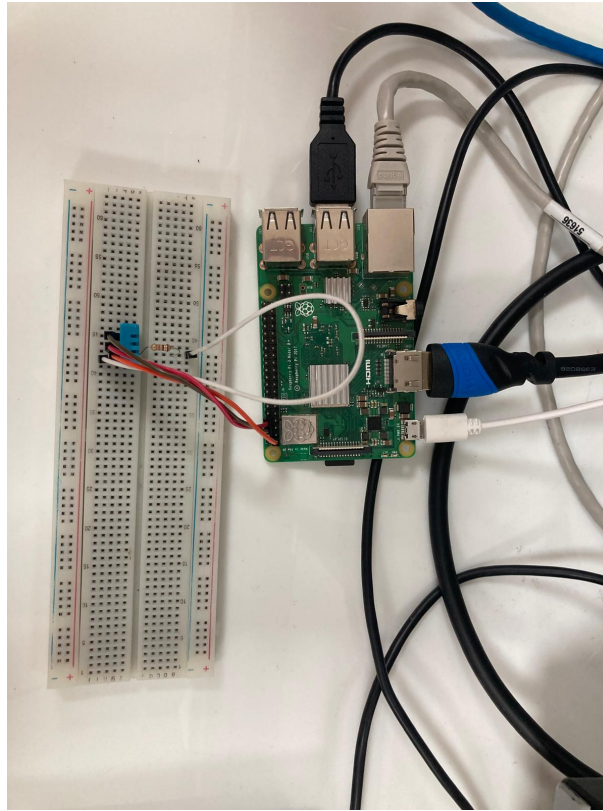
#### 3.3 Gelecekteki Çalışmalar için Öneriler

Bu çalışmanın ilerleyen aşamalarında;

- Gelişmiş Sensör Entegrasyonları: Sisteme hava kalitesi, ışık, titreşim gibi ek sensörler dahil edilerek, enerji tüketimi ile çevresel koşullar arasındaki etkileşimler daha kapsamlı şekilde analiz edilebilir.
- Makine Öğrenmesi ve Veri Analitiği: Toplanan zaman serisi verileri üzerinde anomali tespiti, tahmin ve karar destek sistemleri geliştirmek amacıyla derin öğrenme ve diğer ileri analitik yöntemler entegre edilebilir.

- Ölçeklenebilirlik ve Çoklu Cihaz Yönetimi: Birden fazla cihazın merkezi yönetimi sağlanarak, geniş alanlarda gerçek zamanlı enerji ve ortam izleme sistemleri kurulabilir.
- Güvenlik İyileştirmeleri: IoT cihazlarında veri güvenliği ve kullanıcı gizliliğinin artırılması için ek protokoller ve şifreleme teknikleri uygulanabilir.
- Kullanıcı Arayüzü ve Mobil Uyum: Görselleştirme panelleri mobil cihazlara uyarlanarak, kullanıcı deneyimi geliştirilebilir ve erişim kolaylaştırılabilir.

Bu öneriler doğrultusunda yapılacak çalışmalar, geliştirilen sistemin daha verimli ve güvenilir hale getirilmesine katkı sağlayacaktır.



### 3.4 Kaynakça

Gungor, V. C., Sahin, D., Kocak, T., Ergut, S., Buccella, C., Cecati, C., Hancke, G. P. (2011). Smart grid technologies: Communication technologies and standards. IEEE transactions on Industrial informatics, 7(4), 529-539.

Yan, Y., Qian, Y., Sharif, H. (2013). D. Tipper A survey on smart grid communication infrastructures: motivations, Requir. Chall. IEEE Commun. Surv. Tutor, 15(1), 5-20.

Park, S., Cho, K., Kim, S., Yoon, G., Choi, M. I., Park, S., Park, S. (2021). Distributed energy IoT-based real-time virtual energy prosumer business model for distributed power resource. *Sensors*, 21(13), 4533.

Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., Ayyash, M. (2015). Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE communications surveys tutorials*, 17(4), 2347-2376.

Rauf, U., Qureshi, W. S., Jabbar, H., Zeb, A., Mirza, A., Alanazi, E., ... Rashid, N. (2022). A new method for pixel classification for rice variety identification using spectral and time series data from Sentinel-2 satellite imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 193, 106731.

Chen, S., Wen, H., Wu, J., Lei, W., Hou, W., Liu, W., ... Jiang, Y. (2019). Internet of things based smart grids supported by intelligent edge computing. *IEEE access*, 7, 74089-74102.

Paduchuru, H. (2021). Upload DHT11 data to AWS IoT using Raspberry Pi 3 with MQTT protocol [GitHub repository]. GitHub. [https://github.com/Hariharnath-Paduchuru/Raspberry\\_Pi3-DHT-Sensor-AWS\\_IoT](https://github.com/Hariharnath-Paduchuru/Raspberry_Pi3-DHT-Sensor-AWS_IoT)

Amazon Web Services (AWS). (2023). Build a digital twin of your IoT device and monitor real-time sensor data using AWS IoT TwinMaker (Part 1) [Blog post]. AWS IoT Blog. <https://aws.amazon.com/blogs/iot/build-a-digital-twin-of-your-iot-device-and-monitor-real-time-sensor-data-using-aws-iot-twinmaker-part-1-of-2/>