T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

NESNELERİN İNTERNETİ İLE ENDÜSTRİYEL SU DEPOLARININ VE KİMYASAL ÜRETİM YAPAN TESİSLERİN YAĞMUR SUYU KALİTESİNİN UZAKTAN İZLENMESİ, ANALİZİ VE KONTROLÜ

Harun ŞENTÜRK

Danışman
Doç. Dr. Hayati MAMUR



MANİSA–2023

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	II
ŞEKİLLER DİZİNİ	IV
TABLO DİZİNİ	V
TEŞEKKÜR	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	4
2. GENEL BİLGİLER	5
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Raspberry Pi	12
3.1.2. Analog Dijital Çevirici	14
3.1.3. Sıvı Basınç Sensörü	14
3.1.4. pH Sensörü	15
3.1.5. Akım Gerilim Dönüştürücüsü	17
3.1.6. Raspberry Pi 3 Analog Dijital Çevirme Kartı	17
3.1.7. Raspberry Pi 3 Röle Kartı	19
3.1.8. Kuyu Pompası Kontrol Panosu	20
3.1.9. InfluxDB Veri Platformu	22
3.1.10. Grafana Analiz ve Görselleştirme Arayüzü	23
3.2. Yöntemler	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	29
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	38
EKLER	41
EK A. Röle Kartı Python Kodu	41
EK B. Basınç Sensörü ADC Kartı Python Kodu	42
EK C. pH Sensörü Python Kodu	43
ÖZGEÇMİŞ	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Amper
AC	Alternatif Akım (Alternative Current)
ADC	Analog Dijital Çevirici (Analog Digital Convertor)
CPU	Merkezi İşlem Birimi (Central Process Unit)
DC	Doğru Akım (Direct Current)
DTN	Gecikme Toleranslı Ağ (Delay Tolerant Networking)
FBR	Odaklanmış Işık Rotası (Focused Beam Routing)
GPIO	Genel Amaçlı Giriş Çıkış (General Purpose Input Output)
HDMI	Yüksek Çözünürlüklü Multimedya Arayüzü (High Definition Multimedia Interface)
HTTP	Üst Metin Transfer Protokolü (Hyper Text Transfer Protocol)
IoT	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
IIoT	Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (Industrial Internet of Things)
kW	Kilowatt
LCD	Sıvı Kristal Ekran (Liquid Crystal Display)
LED	Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
m	metre
mA	miliamper
µU	Mikrodenetleyici (Microcontroller)
MOSB	Manisa Organize Sanayi Bölgesi
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
pH	Potansiyel Hidrojen
PIR	Pasif Infra-Red
PLC	Programlanabilir Lojik Denetleyiciler (Programmable Logic Controller)
RFID	Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification)
SCADA	Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sistemi (Supervisory Controland Data Acquisition System)
SPI	Seri Çevresel Arayüz (Serial Peripheral Interface)
SQL	Yapılandırılmış Sorgu Dili (Structured Query Language)
UART	Evrensel Asenkron Alıcı Verici (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)

USB	Evrensel Seri Haberleşme (Universal Serial Bus)
V	Volt
Wi-Fi	Kablosuz Bağlantı Alanı (Wireless Fidelity)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Raspberry Pi 3 B+'nın genel görünümü	13
Şekil 3.2. MCP3008 I/P ADC entegresi; a) pinler ve b) kılıf şekli.	14
Şekil 3.3. Sistemde kullanılan su basınç sensörü	15
Şekil 3.4. pH ölçmek için a) Swan AMI pH – Redox potansiyometrik analizör – kontrolör cihazı ve b) pH sensörü	16
Şekil 3.5. Akım gerilim çevirici kart.	17
Şekil 3.6. Raspberry Pi 3 analog dijital çevirme kartı; a) baskı devresi ve b) üretilen kart	18
Şekil 3.7. Raspberry Pi 3 analog dijital çevirme kartı devre şeması.	18
Şekil 3.8. Raspberry Pi 3 röle kartı; a) baskı devresi b) üretilen kart	19
Şekil 3.9. Raspberry Pi 3 röle kartı şeması.	19
Şekil 3.10. Kuyu pompası kontrol panosu	20
Şekil 3.11. Raspberry Pi 3 ve Raspberry Pi 3 röle kartı panosu	21
Şekil 3.12. Su kuyusu IoT sistemi bilgi akışı blok diyagramı	23
Şekil 3.13. Su deposu IoT sistemi bilgi akışı blok diyagramı	24
Şekil 3.14. Kimyasal üretim yapan fabrikanın yağmur sularına karıştırabileceği pH seviyesini izleyen IoT sistemi bilgi akışı blok diyagramı	24
Şekil 3.15. IoT ile endüstriyel su depolarının ve kimyasal üretim yapan tesislerin yağmur suyu kalitesinin uzaktan izlenmesi, analizi ve kontrolü blok şeması	28
Şekil 4.1. Tasarlanan Grafana ekranı	30
Şekil 4.2. Veriler; a) DEPO-I ve b) DEPO-II	31
Şekil 4.3. Veriler; a) DEPO-III ve b) DEPO-IV	32
Şekil 4.4. 500 tonluk dört tane deponun konumu	33
Şekil 4.5. Kimyasal üretim yapan bir fabrikanın yağmur suyu kanalına karışması muhtemel kimyasallarının pH değerinin gösterildiği Grafana ekranı	33

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Raspberry Pi 3 B+'nın genel teknik özellikleri	13
Tablo 3.2. G1/4 0-1,2 MPa hidrolik su/yağ/gaz basınç sensör özellikleri	15
Tablo 4.1. 2022 pH değerleri	34

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda bilgi ve tecrübeleriyle her zaman katkıda bulunan, yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle yol gösteren, yoğun çalışma temposuna rağmen değerli vaktini ayırarak ne zaman danışsam bana sabır, samimiyet ve ilgi ile yaklaşan, manevi desteğini asla esirgemeyerek danışmanlığımı üstlenen ve kendisi ile çalışmaktan her zaman gurur duyacağım ve hakkını asla ödeyemeyeceğim değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Hayati MAMUR'a çok teşekkür ederim. Tez çalışmam sırasında her yönüyle yardımcı olan MOSB'ine, bilgi ve tecrübesi ile beni aydınlatan aynı zamanda eğitim konusunda sonsuz desteği olan kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum sevgili Doğan ZORLU'ya teşekkür ederim. Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olarak en büyük destekçilerim olan beni bugünlere getiren, annem Selver ŞENTÜRK'e ve babam İhsan ŞENTÜRK'e yürekten teşekkür ederim. Çalışmam boyunca her zaman yanımda olan birlikte yürüdüğümüz bu yolda desteğini her zaman hissettiren sevgili eşim Yasemin ŞENTÜRK'e ve küçük yaşına rağmen büyük sabır ve anlayışla yanımda olan canım kızım İpek ŞENTÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Harun ŞENTÜRK
Manisa, 2023

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hayati MAMUR

Bu çalışmada, Manisa Organize Sanayi Bölgesinde (MOSB) bulunan dört adet su kuyusundaki 110 kW'lık su pompalarının çalışma/durma durumlarını izleyen ve kontrollerini sağlama kabiliyetine sahip Raspberry Pi 3 ile nesnelerin interneti (IoT) tabanlı bir sistem tasarlanmış ve uygulamaya konulmuştur. Ayrıca, bu IoT sistemine dört adet 500 tonluk su depolarının seviyelerinin izlenmesini sağlayan başka bir Raspberry Pi 3 tabanlı IoT sistemi eklenmiştir. Bu sistemlere ilave olarak kimyasal üretim yapan bir fabrikanın yağmur suyu kanalına karışması muhtemel kimyasalların pH seviyesinin belirlenmesi için gerekli uyarıları yapan başka bir Raspberry Pi 3 tabanlı IoT sistemi ilave edilmiştir. Bu üç sistemde toplamda dokuz tane Raspberry Pi 3 programlanmıştır. Sahalardaki sensörler yardımıyla toplanan verilerin Raspberry Pi 3'lere iletilmesi için röle ve analog dijital çevrim (ADC) kartları tasarlanmış, üretilmiş ve Raspberry Pi 3'lerin pinlerine bağlantılı olarak kullanılmıştır. Röle kartları kuyularda bulunan motorların durumları için tercihe edilirken, ADC kartları depolardaki seviyenin ve pH sensör bilgisinin dijitale çevrilmesi için tasarlanmış ve sisteme dahil edilmiştir. Bu sistemlerin verileri InfluxDB veri tabanında toplanmıştır. Bu veri tabanı ile çalışabilen kullanıcı arayüzü tasarlanmasına olanak tanıyan açık kaynak kodlu Grafana programı ile bu üç sistemin verileri ortak bir arayüz ekranı tasarlanarak görselleştirilmiştir. Bu Grafana ekranına dört adet su motorunun durumları, dört adet su depolarının seviyeleri ve bir fabrikanın pH durum bilgisi yerleştirilmiştir. Bu ekrandaki butonlar kullanılarak geriye dönük tüm sensör verilerine ulaşılabilinmiştir. Sonuçta MOSB'ndeki dört adet kuyunun, dört adet su deposunun ve bir kimyasal fabrikanın yağmur kanalına karışması muhtemel kimyasallarının pH seviyesini gösteren, kontrol eden, izleyen, geçmişe dönük tüm verilerini saklayan, uyarılar veren ve alarm gönderen bir IoT sistemi Raspberry Pi 3 tabanlı gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Raspberry Pi, Veri toplama, InfluxDB, Grafana, ADC, pH, seviye

2023, 44 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Harun ŞENTÜRK

Manisa Celal Bayar University
Faculty of Engineering/Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hayati MAMUR

In this study, an internet of things (IoT) based system was designed and implemented with Raspberry Pi 3, which has the ability to monitor and control the start/stop status of 110 kW water pumps in four water wells in Manisa Organized Industrial Zone (MOSB). In addition, another Raspberry Pi 3 based IoT system has been added to this IoT system that enables the levels of four 500 tons water tanks to be monitored. In addition to these systems, another Raspberry Pi 3 based IoT system has been added, which makes the necessary warnings to determine the pH level of chemicals that are likely to mix into the rainwater channel of a chemical production factory. A total of nine Raspberry Pi 3s are programmed in these three systems. In order to transmit the data collected with the help of sensors in the fields to Raspberry Pi 3, relay and analog digital conversion (ADC) cards were designed, produced and used in connection with the pins of Raspberry Pi 3. While the relay cards are preferred for the states of the motors in the wells, the ADC cards are designed and included in the system to convert the level and pH sensor information in the tanks into digital. The data of these systems were collected in the InfluxDB database. The data of these three systems were visualized by designing a common interface screen with the open source Grafana program, which allows designing a user interface that can work with this database. The status of four water engines, the levels of four water tanks and the pH status of a factory are placed on this Grafana screen. All sensor data can be accessed retrospectively by using the buttons on this screen. As a result, an IoT system that displays, controls, monitors, stores all historical data, gives warnings and sends alarms, is based on Raspberry Pi 3, which shows the pH level of four wells, four water tanks and a chemical factory that may mix into the rain channel in the MOSB.

Keywords: Raspberry Pi, Data acquisition, InfluxDB, Grafana, ADC, pH, level

2023, 44 pages

1. GİRİŞ

İlk sanayileşmenin başlaması su ve buhar teknolojisinin ürettiği enerjinin endüstriyel makinelerde kullanılmasıyladır. Bu Endüstri 1.0 olarak isimlendirilmiştir. Endüstri 2.0 elektrik enerjisisinin endüstride kullanılması ile isimlendirilir. Bilgi teknolojilerinin gelişmesi, elektronik sistemlerdeki gelişmeler ve dijitalleşme endüstriyel üretimin daha da otomasyona kavuşturmuş ve Endüstri 3.0 olarak adlandırılmıştır. Hızla gelişen bilgisayar teknolojileri Endüstri 3.0 uygulamalarının geniş çaplı olarak yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bununla birlikte endüstride görülen pek çok makine ve cihazlar bilgisayar kontrollü hale getirilmiştir. Böylece operatörlerden kaynaklanan hatalar en aza indirilmiştir [1]. Bu durum üretimin daha hızlı ve düşük maliyetli olması avantajlarını sunmuştur.

Dünyada internetin yaygınlaşmaya başlamasıyla birlikte birçok alanda olduğu gibi endüstriyel ortamlarda internetin kullanımı artmıştır. Bu durum endüstriyel makinelerin birbiriyle haberleştirilmesini sağlamıştır [2]. Kablosuz sensör ağı uygulamalarının artmasıyla Endüstri 4.0 kavramı ortaya çıkmıştır [3]. Endüstri 4.0'da hemen hemen tüm endüstriyel makinelerin internet ortamına bilgi taşımaları esas alınmış ve bu durum nesnelerin interneti (Internet of Things-IoT) kavramı olarak ifade edilmiştir [4].

IoT; makineler arası iletişim, düşük veri aktarım hızı, uygun maliyetle nesnelerden veri toplanmasına ve analiz edilmesine olanak sağlar. IoT karar destek sistemleri, karmaşık süreçlerin kontrolünde karar vericilere yardımcı olur. Ayrıca IoT sistemleri vasıtasıyla uzaktan izleme, analiz ve gerçek zamanlı kontrol işlemleri yapılabilmektedir [5].

IoT'li sistemlerde makinelerden alınan gerçek zamanlı veriler veri tabanına veya bulut sistemine aktarılmaktadır. Aktarılan verilerle endüstriyel bir fabrikaya, makineye veya bir sürece ait büyük veri tabanları oluşturulmaktadır [6]. Bunun sonucunda tüm sistemin davranışı hakkında yazılan yazılımlar sayesinde yorum yapılabilmektedir. Böylece akıllı fabrikalar, süreçler ve makineler ortaya çıkmaktadır [7].

IoT sistemlerinin kullanılması için gömülü sistemlere ihtiyaç duyulur. Bu sistemler uygun maliyetli sistemlerdir [8]. Gömülü sistemler mikroişlemcili merkezi işlem birimi (Central Process Unit-CPU) ve mikrodenetleyicili (microcontroller - µU) olarak ikiye ayrılabilir. CPU'larda sistem ayrı ayrı ünitelerden meydana gelirken, µU'larda hemen hemen her bir ünite µU'un içinde bulunur. Her µU'lu yapı gömülü sistem olarak isimlendirilirken, her CPU'lu yapı bir gömülü sistem değildir. Bu gömülü sistemlerin uygun maliyetli olması ve kolay geliştirilebilmesi ile birlikte IoT kavramı ve uygulamaları oldukça büyük bir ivme kaydetmiştir. Hatta konutlardaki elektronik cihazların birçoğunda IoT'li sistemler görülmeye başlanmış, akıllı konutlar ve akıllı şehirler kavramları konuşulur olmuştur [9].

IoT sistemler genellikle µU'lu yapıya bir diğer ifadeyle gömülü sistemlere sahiptir. IoT sistemler sağlıktan endüstriye kadar pekçok yerde kullanım alanı bulmuştur [10]. Endüstriyel alanlarda bulunan süreçlerin uzaktan izlenmesi, bakımlarının yapılması, verilerin toplanması, kimyasal depoların seviyelerinin izlenmesi-kontrolü IoT kullanım alanlarına verilebilecek örnekler arasındadır [11]. Hatta bu IoT temelli sistemler fabrikada veya dış ortamlarda bulunan sistemlerin ömür durumlarının izlenmesinde ve kestirimci bakımlarının yapılmasında tercih edilen veri edinim sistemleri arasında gelmektedir [12]. Tüm ifade edilenler dikkate alındığında, IoT sistemlerin kullanımı daha sürdürülebilir bir üretim ve çevre için oldukça yaygınlaşmaya başlamıştır.

Endüstriyel alanlarda üretim yapan ve insan sağlığı açısından tehlikeli maddeler içeren bazı kimyasallar, bu tür bölgelerde yağmur suları ile diğer su kaynaklarına karışabilmektedir. Hatta bu tür tehlikeli atık içeren sular, su arıtma tesislerine uğramadan doğrudan bölge yeraltı su havzalarına karışmaktadır. Bu durum bu tür suları kullanan canlıların sağlığına zarar vermektedir. Bu nedenle endüstriyel alanlarda yağmur sularına karışan zararlı kimyasalların izlenmesi gerekir.

Öte tandan, büyük organize sanayi bölgelerindeki (OSB) endüstriyel tesisler büyük temiz su depolarına ihtiyaç duymaktadırlar. Bu su depolarının anlık değerlerinin bilinmesi ve buna göre depo doluluğunu sağlayan motor kontrollerinin yapılması gerekmektedir. Böylece büyük OSB'lerde bulunan tesisler kesintisiz suya ulaştırılabilir.

Yukarıda iki paragrafta ifade edilenlerin çözüme ulaştırılabilmesi için bu tez çalışması yapılmıştır. Bu bağlamda, sürdürülebilir yaşam ve sürdürülebilir çevre için Manisa OSB'sinde (MOSB) bulunan dört tane su kuyusundaki 110 kW'lık su motorlarının durumlarının izlenmesi ve kontrolünün yapılması ile yine birbirinden belirli uzaklıklardaki dört tane 500 tonluk su dağıtım depolarının seviyelerinin izlenmesi-kontrolü için düşük maliyetli bir μU ile bir endüstriyel IoT sistemi tasarlanmıştır. Bunlara ek olarak bu IoT sistemine kimyasal üretim yapan bir tesisin yağmur suları ile su havzalarına karışan ve tehlikeli kimyasal içeren yağmur sularının pH durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Gerçekleştirilen bu Raspberry Pi 3 tabanlı IoT sistemini Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sisteminden (supervisory control and data acquisition system – SCADA) ayıran en temel özellik maliyet ve açık kaynak yazılımlarla kolay ulaşılabilir olmasıdır. Gerçekleştirilen tez çalışmasının uygulaması için örnek bir yer olarak MOSB seçilmiştir. MOSB'un kimyasal üretim yapan bir fabrikasında yağmur suyu hattına karışan suyun pH değeri izlenmiştir. Buna ek olarak, MOSB su depolarının seviyeleri geliştirilen IoT sistemi ile gözlemlenmiş ve uzaktan kontrol edilmiştir.

Tasarlanan Raspberry Pi 3 tabanlı IoT sisteminde açık kaynaklı yazılımlar kullanılmıştır. Sistem kontrolleri için IoT sistem kontrol kartları tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu sayede Raspberry Pi 3 tabanlı IoT sistemi vasıtasıyla sensörlerden elde edilen verilerin bulut bilişim sisteminde depolanması sağlanmıştır. Kullanıcı dostu arayüz tasarlanmış ve uzaktan izlenme yapılıp sistem kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Bu tezin sunumunda genel bir giriş yapıldıktan sonra, ikinci bölüm olan "Genel Bilgiler" kısmında literatür çalışmalarına değinilmiştir. Daha sonra, "Materyal ve Yöntemler" bölümünde IoT sisteminin uygulanması için gerekli materyaller ve yazılımlar sunulmuştur. Bundan sonra, yapılan IoT sistemi bir örnek çalışma alanında denenerek elde edilen sonuçların sunulduğu ve değerlendirildiği "Araştırma Bulguları ve Tartışma" bölümü verilmiştir. Son olarak tüm neticelerin ve sonraki araştırmacılara bir yol göstermesi açısından "Sonuç ve Öneriler" kısmı sunulmuştur.

1.1. Tezin Amacı

Endüstriyel alanlarda bulunan kimyasal üretim yapan fabrikalarda, fabrika bölgesinde üretilen zararlı kimyasallar yağmur suları ile birlikte su havzalarına karışabilmektedir. Bu zararlı durum yağmur suyunun pH seviyesini değiştirmektedir. Bu pH seviyesi sürekli ölçelerek bu sorunun üstesinden gelinebilir. Ek olarak, OSB'lerde bulunan büyük su depoları OSB'lerin kullanım sularını sağlamaktadır. Bu su depolarının durumlarının sürekli izlenmesi, depo su seviyesinin belirli bir seviyede tutulması ve geçmişe yönelik tüm verilerin daha sonradan değerlendirme yapmak için bulut ağlarında saklanması istenilmektedir. Ayrıca bu su depolarına suyu sağlayan kuyulardaki motorların durumlarının belirlenmesi önemli bir unsurdur. Bunların sürekli uzaktan izlenmesi ve kontrolü istenir.

Önerilen bu tezde, yukarıdaki üç amacı gerçekleştirmek için esnek, düşük maliyetli ve kullanıcı dostu bir IoT sisteminin tasarlanması ve uygulanması amaçlanmıştır. Geliştirilen programların, tasarımların ve uygulamaların denemelerinin yapılması için MOSB'da kimyasal üretim yapan bir fabrika ve MOSB'un su depoları ve kuyuları çalışma alanı olarak seçilmiştir. IoT sistemin denemeleri sonucunda uygulama alanlarından oldukça başarılı sonuçlar alınmış ve IoT sistemi çalışır hale getirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Günümüzde IoT teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte makinelerden insanlara kadar hemen hemen her şey internet yolu ile birbirleleri arasında etkileşim haline geçmiştir. IoT teknolojileri daha önceden veri toplama ve paylaşma kabiliyeti olmayan tüm nesnelerin bu kabiliyetleri kazandırılmasını sağlamıştır. IoT her bir nesneye bir kimlik ataması yaparak bu nesnelerin birbirleri ile iletişime geçmesi ve insan müdahalesi gerektirmeksizin karar verme mekanizmalarının oluşturulmasını içermektedir. Bunların sonucunda bu nesnelerin akıllandırılması amacını, IoT hedeflemektedir.

IoT teknolojisine sahip nesneler akıllandırılırken haberleşme teknolojilerindeki gelişmeler oldukça büyük rol oynamaktadır. Haberleşme teknolojileri sayesinde nesnelere ait veriler kolaylıkla µC sistemlerine aktarılmakta ve veriler bu sistemlerden bulut ağlarına gönderilmektedir. Her nesnenin haberleştirilebilmesi için bir haberleşme modülüne sahip olması önem arz etmektedir. Bu haberleşme modüllerinde genelde kablosuz haberleşme modülleri kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak ZigBee, Kızıl Ötesi, Kablosuz Bağlantı Alanı (Wireless Fidelity - Wi-Fi) ve Wimax verilebilir [13].

Bir merkezi sisteme IoT teknolojiler ile bağlanan nesnelerin verileri büyük bulut depolarında tutulmaktadır. Bunun sonucunda oldukça muazzam boyutlarda veri edinimi sağlanmaktadır. Bu veriler merkezi yapılar tarafından yazılan algoritmalar ile işlenerek sistemin, cihazın ve nesnenin davranışları çıkarılmaktadır. Nesnelerin yapabileceği davranışlar hakkında kestirimlerde bulunulmaktadır. Bu veriler arıza kestiriminden sağlık kontrollerine kadar kullanılmaktadır. Dahası, bu verilerden bir şirketin kalitesinin artırılmasında faydalanılırken aynı zamanda iş süreçlerini iyileştirmek için yararlanılmaktadır.

Son yıllarda µC teknolojilerinin gelişmesi ve bununla birlikte ucuzlaması IoT uygulama alanlarını artırmıştır. IoT teknolojileri günlük hayatta yerini aldığı gibi aynı zamanda endüstriyel alanlarda oldukça yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir. Bu uygulama alanları arasında otomotiv, beyaz eşya, telekominikasyon ve enerji sayılabilir [14].

IoT teknolojilerinin kullanımına en yaygın olarak akıllı ev eşyalarında rastlanılmaktadır. Kombi sistemleri, aydınlatma sistemleri ve akıllı küçük ev aletleri bunlar arasındadır [15]. Bunlarla birlikte, küçük elektronik cihazların üretilmesi ve bu elektronik cihazların internete bağlanabilmeleri ile giyilebilir teknolojik cihazların artmasında da etkili olmuştur. Giyilebilir cihazlar ile insanların sağlık durumlarının izlenmesi sağlanmıştır. Ek olarak, acil durumlar için tehlikede olan kişilerin konumlarının belirlenmesi ve en kısa yoldan ilk yardım götürülmesinin yolu açılmıştır [16].

IoT teknolojilerinde en önemli veri toplama unsurlarından biri algılayıcılar veya sensörlerdir [17]. Sensörler yardımıyla çevrede olan değişiklikler belirlenir ve µC cihazlarına iletilir. Bu algılayıcıların kabiliyetlerinin yüksek olması her durumun kontrol edilmesi imkânını sunmaktadır. Bulunulan ortamdaki algılayıcı miktarının en iyi seviyede olması o ortamın bilgilerinin daha sağlam bir şekilde internet ortamına taşınmasını sağlar.

IoT teknolojilerinin bir diğer kullanım alanı olarak akıllı tarım gelmektedir. Geleneksel tarımın uygulandığı alanlarda tarımla uğraşan kişilerin tarım alanında bizzat bulunması, toprağın nemi, sıcaklığı ve ışık durumunu bizzat izlemesi gerekmektedir [18]. Akıllı tarım uygulamalarının artması ile birlikte bu değişkenlerin durumlarının belirlenmesi işlemleri için sensörler kullanılmaktadır. Toprağa ait değişkenler uygun bölgelere yerleştirilen sensörler yardımıyla belirlenip µC'a iletilir. µC'a yazılan yazılım yardımıyla bölgenin sulanmasına ve ışık durumunun değiştirilmesine karar verilir. Ayrıca µC, gelen verileri bir bulut ağına IoT teknoloji ile iletir. İletilen veriler uzaklarda bulunan kişiler tarafından aynı anda görülüp sistem müdahalesi mobil veya internet aracılığı ile sağlanır.

Öte yandan, IoT teknolojilerindeki gelişmeler akıllı şehirler kavramını gündeme getirmiştir [19]. Akıllı şehirlerde, hemen hemen tüm nesnelerin internete bağlanması esas alınmakta ve geliştirilen merkezi bir yazılım ile sistem kontrolünün yapılması sağlanmaktadır. Akıllı sayaçlar, akıllı sokak lambaları, akıllı sulama sistemleri, akıllı izleme sistemleri, akıllı kamu güvenlik sistemleri, akıllı iklim analizi, akıllı atık yönetim sistemleri, akıllı otopark yönetim sistemleri, akıllı enerji tasarruflu haneler ve akıllı enerji tasarruflu makineler bu uygulamalar arasında bulunmaktadır.

Günümüzde, IoT teknolojiler ile üretilen ürünler hızla artmakta ve insanlığa avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlar arasında uzaktan izlemenin kolaylaşması, uzaktan kontrol edilebilirlik kabiliyetlerinin artması, ön kestirimci planlamaların yapılması, iklim değişikliklerinin izlenebilmesi, çalışan personel verimlerinin artırılması, zamandan tasarrufun yapılabilmesi, iş süreçlerinin açıklıkla izlenebilmesi ve uyumunun artması vardır.

Tüm bu avantajlarının yanı sıra IoT teknolojileri birkaç devavantajı beraberinde getirmektedir. Bunlardan birincisi güvenlik ve gizlilik ilkesinin yara almasıdır. İnsanlar bu akıllı cihazları kullanırken mahremiyetlerini yitirmektedirler. İkinci dezavantaj işsizliğin artmasıdır. IoT teknolojisine sahip cihazların artması ile birlikte şirketler çalışanlardan ziyade bu cihazları kullanmaya yönelmişlerdir. Bunun sonucunda şirketlere daha az eleman ihtiyacı doğmaktadır. Üçüncü dezavantaj olarak teknolojiye bağımlılığın artmasını beraberinde getirmektedir. Sonuncusu hayat kontrolünün kaybedilmesine yol açabilmektedir. Aşırı teknolojinin kullanımı insanların teknoloji tarafından yönetilebilirliğini getirmektedir [20].

Tüm bu yukarıda söylenilenlerle birlikte, IoT teknolojilerinin insanın hayatını kolaylaştırıcı olması bağlamında, IoT teknolojilerine sahip nesnelerin üretilmesi önemini korumaktadır. Bu bağlamda araştırmacılar ve yenilikçi mühendisler birçok IoT teknolojisine sahip nesneler geliştirmişlerdir.

Hossain ve ark. [21] programlanabilir lojik denetleyiciler (PLC) ve SCADA sistemleri ile pahalı bir şekilde yapılabilen enerji sistemlerinde alt istasyon donanımlarının uzaktan izlenmesi ve kontrolünü IoT temelli μC kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Onlar geliştirdikleri IoT temelli sistemin geleneksel sistemlere göre oldukça güvenilir, kullanıcı dostu ve düşük maliyetli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Geliştirdikleri sistemlerinde transformatörlerde bulunan yağ seviyesinin ölçülmesi, kalitesinin belirlenmesi, devre kesicilerinin durumları, röleler, akım trafoları gibi pekçok alt sistemin durumlarının belirlenmesinde ve verilerinin kablosuz sensör ağları yardımı ile internete taşınmasını ve kontrollerinin yapılmasını sağlamışlardır. Önerdikleri ve yaptıkları sistemlerinin akıllı operasyon uygulamaları için oldukça elverişli olduğunu ifade etmişlerdir.

Kalyoncu ve Turan [22] bir konutta kullanılmak üzere kapı kontrol IoT sistemini geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada internetten kontrollü olarak bir kapının açılmasını sağlamışlardır. Konutta bulunan verinin alınması için µC cihazı olarak Raspberry Pi kullanmışlardır. İnternete veri aktarımını Raspberry Pi üzerinden gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca bir Android yazılımı gerçekleştirilerek kamera ile alınan görüntünün ev sahibine e-posta olarak atılmasını sağlamışlardır. Bununla birlikte, istenirse kapının uzaktan cep telefonu ile açılması kontrolünü sistemlerine koymuşlardır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda güvenlik arttırıcı tedbirlerin alınmasını daha üst bir düzeye çıkarmışlardır.

Günümüzde sualtı uygulamaları akademiyenler ve mühendisler tarafından daha çekici bir hale gelmiştir. Sualtı ortamındaki bazı zorluklar nedeniyle yapılan uygulamaların gecikme toleranslı olması gerekmektedir. Kulla [23] gerçekleştirdiği çalışmasında gecikme toleranslı ağ (Delay Tolerant Networking - DTN) yapısını kullanmıştır. Bu ağın özelliklerinden biri alıcıya daha net mesajın ulaşması için bir kopyası ile gönderilmesidir. Bu ağı odaklanmış ışık rotası (Focused Beam Routing - FBR) protokolü ile karşılaştırmıştır. Benzetim sonuçlarında FBR'nin dar açıları için performansının yüksek olduğunu ifade etmiştir. Fakat alıcıya verinin ulaşma oranının %3,9 oranında azaldığını açıklamıştır.

Baz ve Uludağ [24] bir veri merkezinin güvenliğini sağlamak için IoT sensörlerini kullanımı üzerine uygulama yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada, veri merkezlerinin izlenmesi ve güvenliğini sağlamak için materyal olarak Raspberry Pi, Arduino, sıvı kristal ekran (Liquid Crystal Display – LCD), kamera, ısı, nem ve hareket algılayıcılarını kullanmışlardır. Onlar Raspberry Pi sistemini internet üzerinden kolay erişilebilirliği için tercih etmişlerdir. Kullandıkları Arduino radyo frekans tanımlama (Radio Frequency Identification - RFID) kartı bilgisini okuyup sisteme kullanıcının erişmesini sağlamış ve bu bilgiyi Raspberry Pi'ye aktarmıştır. Kullandıkları pasif infra-red (PIR) algılayıcısı ile kapı önünde bir hareket olduğunda sistemdeki kamerayı açıp görüntüyü almışlardır. Kullandıkları ısı ve nem algılayıcıları ile veri merkezinin sıcaklığını ve nem değerlerini ölçmüşler ve Raspberry Pi'ye göndererek uzaktan sistemin takibini yapmışlardır.

Wu ve ark. [25] gerçek zamanlı tenis seviye değerlendirmesi ve vurma sınıflandırma sistemini IoT temelli olarak yapmışlardır. Çalışmalarında oyuncu

düzeyinde değerlendirme yapabilmek ve bunu uluslararası tenis numarası testi için bir giyilebilir atalet ölçüm birimi ve makine öğrenim metodolojilerini kullanmışlardır. Algılayıcı olarak sistemlerinde üç eksenli ivmeölçer ve üç eksenli jiroskop tenisçilerin bileğine takılarak Bluetooth haberleşme ile akıllı telefona gönderilmiştir. Çalışmalarının sonucunda gerçek zamanlı değerlendirme ve geri bildirim teknolojilerinde önemli bir adım olduğunu ifade etmişlerdir.

Üçgün ve ark. [26] IoT tabanlı platform ile gerçek zamanlı iç ortam hava kalitesi izleme sistemini geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, Raspberry Pi kartı ile sıcaklık, nem, CO_2 gaz algılayıcısı ve ışık algılayıcısının verilerini alıp hava kalitesinin uzaktan izlenmesini sağlamışlardır. Aldıkları verileri bir veri tabanına yazdırmışlar ve aynı zamanda web arayüzü aracılığıyla verileri veri tabanından başka bir yere aktarabilmişlerdir. Sonrasında aktarılan bu verileri daha anlamlı hale getirmek için grafiksel hale getirmişlerdir.

Tlili ve ark. [27] IoT sistem tabanlı bir sağlık uygulamasını tasarlamışlar ve gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarının motivasyonunu, insan duruşunun belde meydana getirdiği rahatsızlıklar oluşturmuştur. Gerçekleştirdikleri çalışmalarında doğru oturma pozisyonunun sağlanması için sırt korsesi ile geri bildirim sağlamışlardır. Kişinin sırt duruşu hakkında eksiksiz bilgi sağlamak için gövde durum izlemesine bağlı olarak omuz büküklüğü izlemesini de geliştirdikleri sistem ile yapmışlardır. Kötü duruş pozisyonlarında kişi cep telefonuna gelen mesaj ile uyarılmıştır.

Çaylı ve ark. [28] yaptıkları bir IoT uygulamasında düşük maliyetli Zigbee kablosuz iletişim protokolünü kullanarak bir seraya ait verileri algılayıcıları ve bir denetleyici ünitesini kullanarak toplamışlardır. Bu toplanan veriler bir sera bilgisayarında tutulmuştur. Bu veriler yazılan programlar vasıtasıyla anlamlı hale getirilmiş ve karar verme mekanizmaları ile sistem akıllı hale dönüştürülmüştür. Geliştirdikleri IoT sera sisteminin küçük işletmeler için uygun bir sistem olduğunu öne sürmüşlerdir.

Escola ve ark. [29] akıllı çiftliklerde kullanmak üzere kahve tarlalarında ağ biçimindeki ağustosböceği izleme sisteminin bir çalışmasını IoT temelinde yapmışlardır. Onlar sistemlerinde belirlenen bölgelerdeki düğümler arasında dolaşan

verilerin alınması, gönderilmesi ve kontrol edilmesini amaçlamışlardır. Yaptıkları çalışmaların laboratuvar sonuçlarının oldukça iyi olduğunu belirtmişlerdir. Gelecekteki çalışmalarında kullandıkları ağ protokolünün verimliliğini daha uzun mesafeli algılayıcılar ile deneyerek çiftçilere düşük maliyetli akıllı tarım sistemlerini sunmak olduğunu belirtmişlerdir.

Türker ve ark. [30] geliştirdikleri bir uygulamada seralarda daha akıllı sistemlerin kullanılması ve uzaktan kontrollerinin gerçekleştirilmesi için bir IoT uygulamasını Raspberry Pi kullanarak yapmışlardır. Onlar çalışmalarında, tarımsal üretim süreçlerini iyileştirmeyi ve ürün kalitesini artırmayı amaçlamışlardır. Amaçlarına ulaşmak için algılayıcıları seraya yerleştirmişler ve kablosuz olarak web ortamına tüm verileri aktarmışlardır. Sıcaklık verilerinin aktarılmasında iki tane kablosuz algılayıcı düğümü kullanmışlardır. Geliştirilen sistemin ürün kalitesini artıracağını ve iş gücünü azaltacağını ifade etmişlerdir.

Hou ve Wu [31] geliştirdikleri bir çalışmada köprülerin akıllı izlenmesi için bir IoT sistemi tasarlamış ve uygulamışlardır. Geliştirdikleri sistem ile bir köprünün yer değiştirme ölçümlerini yapmışlardır. Sistemlerini bir algılayıcı, bir amplifikatör devresi, bir µC, bir iletişim modülü ve bir bulut sunucusundan kurarak üretimlerini düşük maliyetlerde tutmuşlardır. Önerdikleri sistemlerinde, dar bantlı kablosuz IoT iletişimini kullanmışlardır. Analiz ve görselleştirme için bir web arayüzü geliştirmişlerdir. Deneyler ve saha testlerinde köprü yerdeğiştirme izleme sisteminin başarılı bir şekilde çalıştığını gözlemlenişlerdir.

Zhao ve ark. [32] çoklu iletişim arayüzlerini kullanarak iç mekân hava kalitesi belirleyiciyi IoT temelinde gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarının motivasyonunu, son zamanlarda toplumun gelişmesi ile birlikte iç mekânların daha yaygın kullanılmaya başlanması nedeniyle daha temiz bir hava kalitesine ulaşmak oluşturmuştur. IoT sistemlerinde sıcaklık, nem, toz ve CO_2 algılayıcılarını kullanmışlardır. Verilerini bulut sistemine; Modbus, LoRa, Wi-Fi, genel RFID ve NB-IoT iletişim arayüzleri ile kısa mesafeli kablosuz ve kablolu iletişim ile ulaştırmışlardır. Bulutta tasarladıkları yazılım ile konutların veya ofislerin ve endüstrideki kapalı mekânların iç mekân hava analizlerini yapabilmişlerdir.

Uludağ ve Uçar [33] yaptıkları bir çalışmada akıllı sınıf ve öğrenci takip sistemini IoT temelli gerçekleştirmişlerdir. Onların çalışmasının odağında, öğrenci takibini kontrol eden ve sınıftaki kapı ve ışıkların durumunu ilgili personellere haber veren bir tasarım vardır. Rasberry Pi ve Arduino µC'larını kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında RFID ile öğrenci kimlik kartlarını tanımlamışlar ve parmak izlerini kullanarak e-imza alan bir sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri internet sayfalarını bir sunucu tarafından kullanıcılarına sunulmuştur. Kullanıcı şifrelerinin güvende tutulması için kripto algoritma çalışmalarına yer vermişlerdir.

Tüm yukarıdaki çalışmalara dikkat edildiğinde, IoT teknolojilerinin oldukça yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. Ayrıca, bu endüstriyel nesnelerin interneti (Industrial Internet of Things – IIoT) teknolojilerinin endüstride kullanımlarındaki esnekliği, güvenilirliği, kestirici bakımlar için oldukça elverişli yöntemler sunması, düşük maliyetli çözümler getirmesi gibi avantajları sunması sayesinde mühendisler ve araştırmacılar arasında sıcak bir çalışma konusu olmaktadır.

Bu çalışmada da MOSB'indeki su kuyularındaki motorların, su depolarının ve bir kimyasal tesisin yağmur su kanallarına karıştırabileceği kimyasalların pH seviyesinin sürekli izlenmesi, kontrolü, kayıt altına alınması, uyarıların ve alarmların oluşturulması için Raspberry Pi 3 tabanlı bir IoT sistemi tasarlanmış, üretilmiş ve çalıştırılmaya başlanmıştır. Bu çalışma sayesinde sistemlerin güvenilirliği artırılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

Önerilen çalışmanın geliştirilmesi ve tasarımı için sistemin en önemli parçalarından biri mini bir bilgisayar gibi işlev gören açık kaynak kodlu Raspberry Pi 3 denetleyicisidir. İkinci olarak sistemin bir diğer önemli parçası olan Raspberry Pi 3 için tasarlanan analog dijital çevirici (ADC) sensör ve röle kartıdır. Üçüncüsü, bu bilgilerin gönderildiği kuyu pompalarının kontrolünü yapan panolardır. Bir diğeri bu kartlardan alınan verilerin saklandığı açık kaynak kodlu InfluxDB veri platformudur. Sistemin son bir aşamasını oluşturan InfluxDB veri platformdan alınan verileri kullanıcı için görselleştirip anlamlı hale getiren açık kaynaklı Grafana analiz ve görselleştirme arayüzüdür.

3.1.1. Raspberry Pi 3

Raspberry Pi, Raspberry Pi Foundation tarafından 2009'da geliştirilmeye başlanmış, eğitim amaçlı tasarlanmış ve kullanıma açılmış açık kaynak kodlu bir bilgisayardır. Raspberry Pi'ye monitör, klavye, fare ve kamera gibi donanımlar rahatlıkla bağlanabilir çünkü küçük bir bilgisayar özelliklerine sahiptir. Görüntü aktarımı için Raspberry Pi yüksek çözünürlüklü multimedya arayüzü (High Definition Multimedia Interface – HDMI) kullanılarak kaliteli bir görüntü aktarımı sağlar. Diğer ara bileşenler için evrensel seri haberleşme (Universal Serial Bus - USB) iletişimi ile çalışan tüm çevresel arayüzler Raspberry Pi ile kullanılabilir. Wi-Fi'nin bulunduğu her ortamda Raspberry Pi bu iletişimi kullanım özelliği sunar. Yine aynı şekilde ethernet portu kullanılarak internet veya farklı bir ağ ortamına bağlanmak mümkündür. C ve Python gibi gömülü sistem programlama dilleri ile programlanabilen kart içerisine Linux ve Windows işletim sistemleri kurulabilmektedir. Bu işletim sistemlerini kullanmak için mini hafıza kartı (Micro Static Disk - micro SD) kullanılır. Raspberry Pi genel amaçlı giriş-çıkış (General Purpose Input-Output – GPIO) pinleri sayesinde ara entegre devre (Inter-Integrated Circuit - I^2C), seri çevresel arayüz (Serial Peripheral Interface - SPI) ve evrensel asenkron alıcı verici (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter – UART) iletişim protokollerini destekler. Şekil 3.1'de Raspberry Pi 3 B+'nın genel görünümü verilmiştir.



Şekil 3.1. Raspberry Pi 3 B+'nın genel görünümü.

Raspberry Pi 3 B+ mühendislere ve araştırmacılara geniş kullanım özellikleri sunar. İşlem gücünün yüksek olması kullanım alanlarını artırmaktadır. Görüntü işleme süreçlerinde oldukça yüksek performanslıdır. Ethernet hattından hem güç hem de veri bağlantısı özelliğine sahip bir gömülü sistem kartıdır. Windows bulunan bir kişisel bilgisayar üzerinden sanal ağ sistemi (Virtual Network Computing – VNC) programı kullanılarak internet protokolü (Internet Protocol - IP) adresi daha önceden bilinen bir Raspberry Pi ana ekran monitörüne de erişim sağlanabilmektedir. Tablo 3.1'de Raspberry Pi 3 B+'nın genel teknik özellikleri verilmiştir.

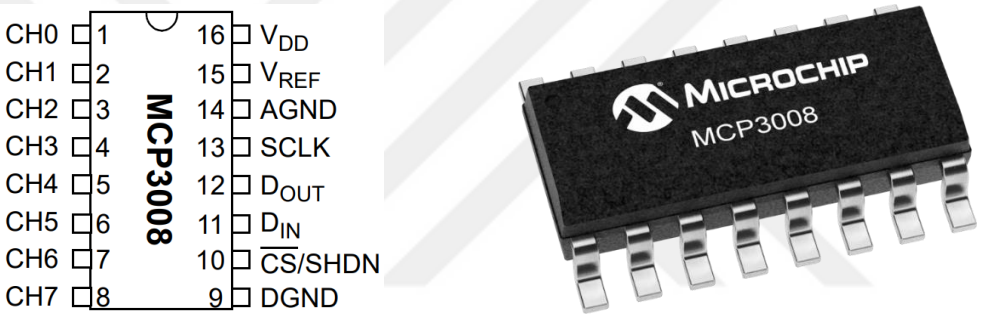
Tablo 3.1. Raspberry Pi 3 B+'nın genel teknik özellikleri

Özellik	**Değer**
İşlemci	Cortex-A53, 1,4 GHz, dört çekirdek, 64 bit destekli
Ethernet	Gigabit Ethernet, 300 MBit/s (USB2.0)
Wi-Fi	802.11ac, 2,4 & 5 GHz çift band
Bluetooth	BLE destekli 4.2
Kamera bağlantısı	CSI portu
GPIO	40 pin
RAM	1 GB LPDDR2 SD Ram
USB portu	4 adet USB 2.0
Depolama birimi	Mikro SD

3.1.2. Analog Dijital Çevirici

Dört tane 500 tonluk sıvı depolarındaki basınç sensörleri 0,5-4,5 V DC analog gerilim çıkışı verirken sistemde bulunan bir tane pH sensörü 4-20 mA analog akım çıkışı vermektedir. Bu değerlerin dijital değere çevrilmesi ve Raspberry Pi 3'e gönderilmesi için MCP3008 I/P ADC entegresi tasarlanan ve üretilen analog sensör kartında kullanılmıştır.

Microchip firmasının ürettiği MCP3008 I/P ADC entegresi 2,7-5,5 V DC arasında besleme gerilimi ile çalışmaktadır. Bu entegre ADC değerlerini SPI haberleşmesi ile Raspberry Pi 3'e iletir. Ayrıca 10 bitlik çözünürlükte 200 kSPS örnekleme hızına sahiptir. Şekil 3.2'de MCP3008 I/P ADC'nin pinleri ve kılıf yapısı sunulmuştur.



(a) (b)

Şekil 3.2. MCP3008 I/P ADC entegresi; a) pinler ve b) kılıf şekli.

MCP3008 ADC entegresinin dört tane diferansiyel girişi bulunur. İstenirse bu dört diferansiyel giriş sekiz tane analog giriş olarak kullanılabilir. Düşük akım tasarımında sistemden 5 nA akım çeker. Aktif durumda iken yaklaşık 300 µA akım harcar. Yalnızca 16 pin kılıflı olarak imal edilir. Endüstriyel amaçlı kullanım alanlarında -40° ile +80°C arasında sıcaklık çalışma aralığına sahiptir. Sensör arayüzleri, süreç kontrolü, veri edinimi ve batarya çalışma sistemleri için çok tercih edilir.

3.1.3. Sıvı Basınç Sensörü

Sıvı basınç sensörü olarak 500 tonluk tankların sıvı seviyesini algılamak için 5V G1/4 0-1,2 MPa Hidrolik Su/Yağ/Gaz Basınç Sensörü - DN10 sistemde kullanılmıştır. Şekil 3.3'te sistemde kullanılan su basınç sensörü verilmiştir.



Şekil 3.3. Sistemde kullanılan su basınç sensörü

Aşındırıcı olmayan sıvı ve gazların ölçümünde kullanılabilecek bu sensör 0-1,2 Mpa basınç aralığında ölçüm yapabilme, ölçüm sonucunu 0,5-4,5 V DC arasında lineer olarak gerilim çıkışı verme özelliklerine sahiptir. Ayrıca 0 Mpa'da 0,5 V DC çıkış verirken 1,2 Mpa basınçta ise 4,5 V DC çıkış verecek şekilde çalışır. Sıvı basınç sensörünün genel özellikleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. G1/4 0-1,2 MPa hidrolik su/yağ/gaz basınç sensör özellikleri

Özellik	**Değer**
Çalışma gerilimi, V_{CC}	5,0 V DC
Çıkış gerilimi, V_{out}	0,5-4,5 V DC, $V_{out} = V_{CC} \times (0{,}75 \times Basınç + 0{,}1)$
Basınç ölçeği	0-1,2 MPa
Maksimum basınç	2,4 MPa
Çalışma sıcaklığı	0-85°C
Çıkış kabloları	sarı (data), kırmızı (V_{CC}), siyah (GND)

3.1.4. pH Sensörü

Gerçekleştirilen projede sistemde bulunan kimyasal üretim yapan bir tesisin yağmur suyu kanallarına karışabilecek sıvının pH seviyesinin ölçülmesi yapılmıştır. Bu pH düzeyi kimyasal üretim yapan fabrikaların yağmur sularına karışıp temiz su havzalarına giden asitik veya bazik oranının belirlenmesi için ölçülmektedir. Bu pH, çözeltinin asitliğini veya alkalitesini ölçen bir değerdir. Ayrıca hidrojen iyonu konsantrasyon endeksi olarak adlandırılır. pH çözeltideki bir hidrojen iyonu aktivitesi ölçeğidir ve 0-14 arasında değer alır. Yağmur sularında pH miktarı 5,6 civarındadır. İçme sularında bunun değeri 6-9 arasında değişir. pH değeri 7

olduğunda çözeltinin nötr olduğunu gösterir. pH < 7 değeri çözeltinin asitik olduğu ve pH > 7 değeri çözeltinin alkalin olduğu anlamındadır.

Geliştirilen IoT sisteminde kimyasal üretim yapan bir fabrikanın yağmur suyu kanalı hattında daha önceden kurulu bulunan Swan marka proses analiz cihazına bağlı olan pH sensörü kullanılmıştır. Bu cihaz Swan AMI pH – Redox potansiyometrik analizör – kontrolör marka ve modeldir. pH sensöründen gelen verileri yalnızca LCD'de göstermektedir.

Yapılan bu tez çalışması ile bir fabrikada kurulu bulunan pH sensöründen gelen veri bu cihazın sağladığı analog çıkış değeri ile tasarlanan analog sensör kartına iletilmiştir. Böylece bu verinin IoT tabanlı sisteme iletilmesi sağlanmıştır. Analog çıkış veren bu cihazın sistemde kullanımı Şekil 3.4'te verilmiştir.

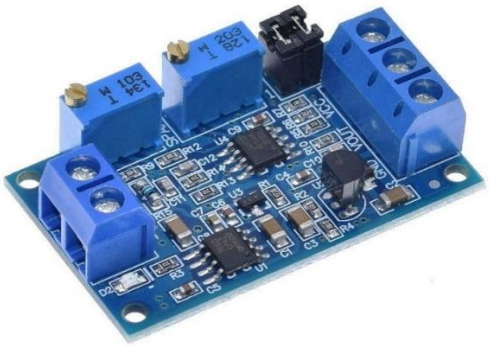


(a) (b)

Şekil 3.4. pH ölçmek için a) Swan AMI pH – Redox potansiyometrik analizör – kontrolör cihazı ve b) pH sensörü.

3.1.5. Akım Gerilim Dönüştürücüsü

Swan cihazından pH bilgisinin değeri 4-20 mA olarak alınmıştır. Bu bilginin Raspberry Pi 3'te işlenebilmesi için standart analog gerilim, dijital verileri değerine çevrilmesi gerekmektedir. Bu amaçla Şekil 3.5'teki akım gerilim çevirici kart kullanılmıştır.

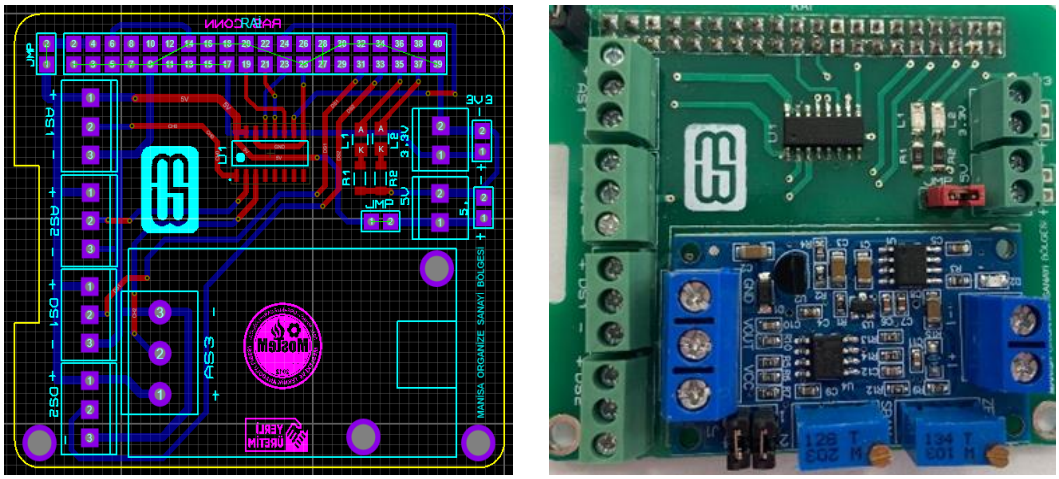


Şekil 3.5. Akım gerilim çevirici kart

Bu akım gerilim çevirici kart 4-20 mA akım değerini 0-5 V DC gerilim değerine çevirmektedir. Çalışması için 5-30 V DC arasında besleme aralığına sahiptir. -10 ile 60°C arasında çalışabilmektedir. Boyutları 40 × 25 × 12 mm'dir. Kartın 0-5 V DC çıkış gerilimi MCP3008 I/P ADC entegresi ile dijital değere çevrilerek Raspberry Pi 3'ün GPIO pinine verilmiştir. Bu çıkışın doğrudan Raspberry Pi 3'e bağlanmamasının nedeni Raspberry Pi 3'ün analog giriş GPIO'sunun olmamasıdır.

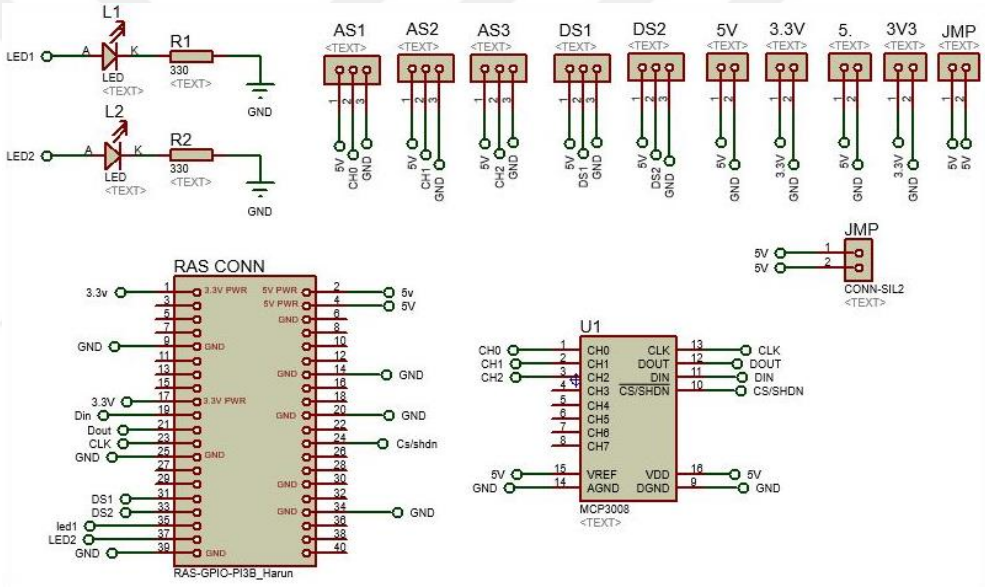
3.1.6. Raspberry Pi 3 Analog Dijital Çevirme Kartı

Sistemde bulunan pH ve basınç sensörünün analog sinyallerinin Raspberry Pi 3'ün GPIO pinlerine bağlanması mümkün değildir. Bu sensör verileri standart gerilim sinyallerine çevrilip Raspberry Pi 3'ün GPIO pinlerine verilmesi için uygun dijital sinyale çevrilme işlemi Şekil 3.6'da tasarlanan ve üretilen kart ile yapılmıştır. Ek olarak Şekil 3.7'de Raspberry Pi 3 ADC kartının devresi gösterilmiştir.



(a) (b)

Şekil 3.6. Raspberry Pi 3 analog dijital çevirme kartı; a) baskı devresi ve b) üretilen kart

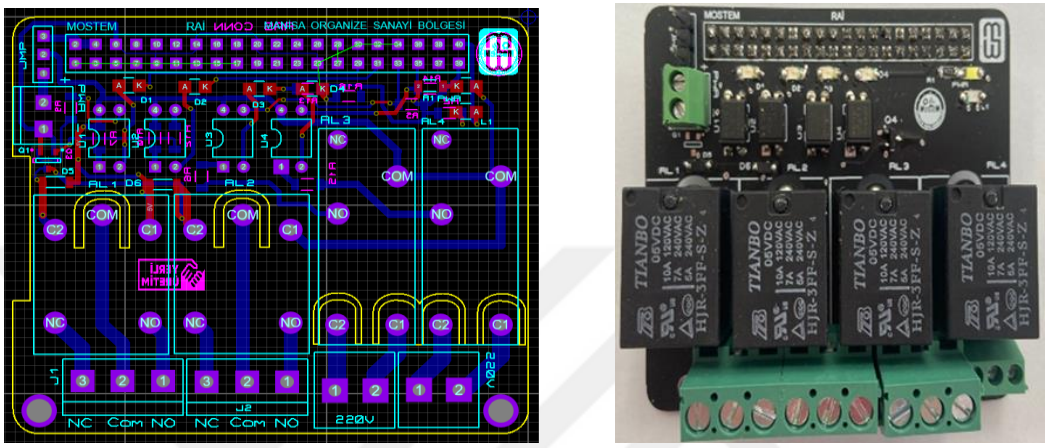


Şekil 3.7. Raspberry Pi 3 analog dijital çevirme kartı devre şeması

Raspberry Pi 3 ADC kartı, üç tane analog ve iki tane dijital sinyal girişleri ile iki tane 5 V DC ve iki tane 3,3 V DC besleme pinlerine sahiptir. Bunlar ile birlikte iki adet mavi ve beyaz sistem durum bilgilerini gösteren ışık yayan diyotlara (Light Emitting Diode - LED) sahip olarak tasarlanmış ve üretilmiştir. Ayrıca Raspberry Pi 3 ADC kartının besleme gerilimini hem Raspberry Pi 3 üzerinden hem de harici olarak dışarıdan beslemek için atlama pini kartın üzerine konulmuştur. Bu özellik sayesinde yüksek akım beslemelerinin Raspberry Pi 3 üzerinden değil harici besleme kaynağından yapılmasını sağlamıştır.

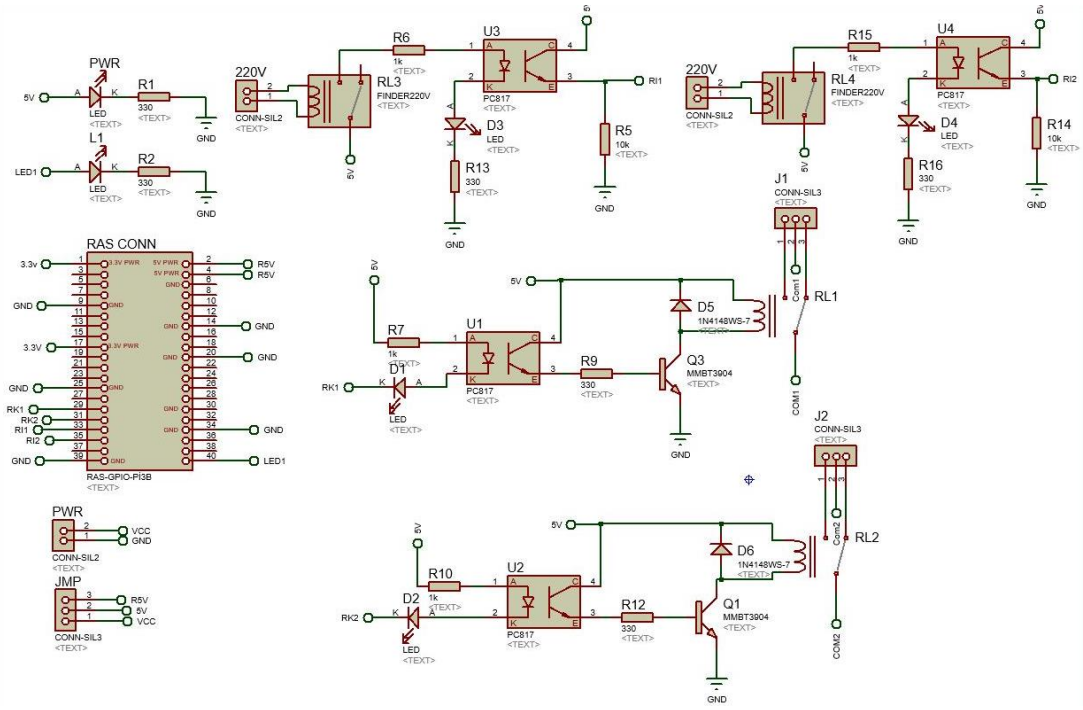
3.1.7. Raspberry Pi 3 Röle Kartı

Röle kartı Raspberry Pi 3 için tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Bu röle kartı ile sistemde bulunan dört adet 500 tonluk deponun doldurulmasında kullanılan pompaların kontrolünde kullanılmıştır. Tasarlanan Raspberry Pi 3 röle kartı Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 3.9'da Raspberry Pi 3 röle kartının devre şeması sunulmuştur.



(a) (b)

Şekil 3.8. Raspberry Pi 3 röle kartı; a) baskı devresi b) üretilen kart



Şekil 3.9. Raspberry Pi 3 röle kartı şeması

Raspberry Pi 3 röle kartında dört adet röle ve bunların Raspberry Pi 3'ten optik yalıtımını sağlayan dört adet PC817 optokuplör kullanılmıştır. PC817 optokuplörlerin iki tanesi Raspberry Pi 3'e gelen sinyallerin alınmasını sağlayan rölelere ve iki tanesi de Raspberry Pi 3'ten çıkış vermek amacıyla karta yerleştirilmiştir. Dışarıdan gelen sinyallerin alınmasında kullanılan iki rölenin bobin gerilimleri 220 V AC'dir. Kuyuda bulunan 110 kW'lık su pompasını çalıştıran operatörün pompayı çalıştırma/durdurma yapma bilgisi bu iki röle sayesinde Raspberry Pi 3'e iletilmektedir. Raspberry Pi 3'ten sisteme bilgi gönderen ve optokuplöre bağlanmış MMBT3904 transistör ile çalıştırılan diğer iki röle ile kuyuda bulunan pompanın çalıştırma/durdurma durumu operatöre bir sinyal lambası üzerinden göstermektedir. IoT sistemindeki bir buton yardımı ile Raspberry Pi 3'ten bilgi ileten sistemdeki bu iki röle operatör kuyuya gitmeksizin kuyu pompasını çalıştırma/durdurma yapma imkanı sunar. 220 V AC röleler ve 5 V DC bobin röle uçlarına sahip röleler yedekli olarak kullanılabilir nitelikte tasarlanmıştır. Ayrıca Raspberry Pi 3 röle kartı üzerine dört adet LED konulmuştur. Bunlardan biri sistem enerjisini ve diğeri sistem uyarısını bildirmek için kullanılmıştır. Diğer iki LED 220 V AC röleler için durum LED'leridir.

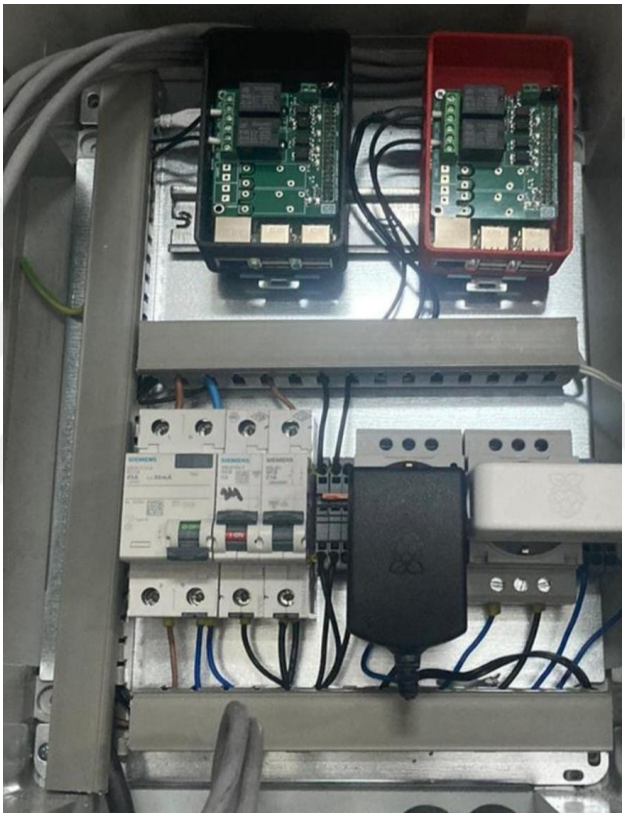
3.1.8. Kuyu Pompası Kontrol Panosu

Geliştirilen sistemde dört ayrı kuyu pompası kontrol panosu kullanılmıştır. Sistemdeki bu panolar eskiden beri mevcuttur. Bir tane panonun görünümü Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10. Kuyu pompası kontrol panosu

Bu kuyu pompası kontrol panosu dört ayrı kuyuda kullanılmış durumdadır. Bu panolardan her biri dört ayrı kuyuda bulunan 110 kW gücündeki üç fazlı asenkron su motorlarını çalıştırılmaktadırlar. Birbirlerinden yaklaşık 10 m uzaklıktadırlar. Kumanda devresi 220 V AC olan bu panonun kontrolü geliştirilen IoT tabanlı sistem ile yapılmıştır. Bu kuyu pompası kontrol panolarının yanına iki adet Raspberry Pi 3 içeren ve üzerinde Raspberry Pi 3 röle kartı bulunan iki tane pano tasarlanıp üretilmiş ve yerleştirilmiştir. Şekil 3.11'de bu Raspberry Pi 3 ve Raspberry Pi 3 röle kartı bulunan bir pano verilmiştir.



Şekil 3.11. Raspberry Pi 3 ve Raspberry Pi 3 röle kartı panosu

Raspberry Pi 3 ve Raspberry Pi 3 röle kartı panosu iki adet Raspberry Pi 3 besleme adaptörü, iki adet 10 A'lik sigorta, bir adet aşırı akım rölesi, iki adet Raspberry Pi 3 ve iki adet Raspberry Pi 3 röle kartı içerir. Raspberry Pi 3 röle kartı Raspberry Pi 3 üzerinde bulunan GPIO pinlerine dişi-erkek pinlerle oturacak şekilde tasarlanmış ve üretilmiştir. Ayrıca bunlar SolidWorks programı ile tasarlanan ve üç boyutlu yazıcı ile üretilen Raspberry Pi 3 kutusuna yerleştirilmiştir. 220 V AC röleler kartın alt yüzeyinde 5 V DC röleler kartın üst yüzeyindedirler.

3.1.9. InfluxDB Veri Platformu

InfluxDB, Go'da yazılmış açık kaynaklı bir zaman serisi veritabanıdır. Yüksek yazma ve sorgulama yüklerini işlemek için optimize edilmiştir ve genellikle ölçümleri, olayları ve diğer zaman değerleri alınmış verileri depolamak ve analiz etmek için kullanılır. InfluxDB, yapılandırılmış sorgu dili (Structured Query Language – SQL) benzeri bir sorgu dili, veri alımı için bir üst metin transfer protokollü uygulama programlama arayüzü (Hypertext Transfer Protocol Application Programming Interface - HTTP API) ve çeşitli veri görselleştirme araçları için destek sunar. Genellikle izleme ve uyarı için Grafana gibi diğer araçlarla birlikte kullanılır. InfluxDB'yi kullanmaktaki en temel belirleyici özellik SQL olmayan yapısıdır. Bununla birlikte zaman serileri ile ilgilenirken milyonlarca örneklemeden bahsedilmesi oldukça olağandır.

InfluxDB'yi öne çıkaran birçok neden vardır. InfluxDB zaman serisi verileri için optimize edilmiştir. Zaman değerleri alınmış veriler için yüksek yazma ve sorgulama yüklerini işlemek üzere özel olarak tasarlanmıştır, bu onu metrikleri ve olayları depolamak ve analiz etmek için iyi bir seçim haline getirir. InfluxDB SQL benzeri sorgulama dili SQL'e aşina olan kullanıcıların verilerini sorgulamasını ve analiz etmesini kolaylaştıran InfluxQL kullanır. Ayrıca InfluxDB yatay olarak ölçeklenebilir, yani bir kümeye daha fazla makine ekleyerek artan miktarda veriyi ve sorgu yükünü kaldırabilir. HTTP yoluyla veri alımını destekleyerek çok çeşitli kaynaklardan veritabanına veri göndermeyi kolaylaştırır. Ayrıca InfluxDB, kullanıcıların zamana veya boyuta göre eski verileri otomatik olarak sona erdirmesine veya silmesine olanak tanıyan veri saklama politikalarını destekler. Diğer araçlarla bütünleşmeyi kolaylaştırır. Böylece veritabanında saklanan verileri izlemeyi ve analiz etmeyi kolaylaştıran Grafana gibi diğer izleme ve görselleştirme araçlarıyla kolayca entegre edilebilir.

Bu çalışmada InfluxDB veritabanı sıvı depolarında kullanılan dört tane basınç sensörlerinden ve bir tane pH sensöründen alınan verilerin saklanması için tercih edilmiştir. Böylece tüm saha verileri başarılı bir şekilde alınarak veri depolarında saklanmış ve büyük bir veri alanı kazanılmıştır. Bu veriler değerlendirilerek makinelerin öğrenmesinde dahi kullanılabilecek özelliktedir. Bunlarla birlikte arıza teşhislerinde dahi kullanılabilir.

3.1.10. Grafana Analiz ve Görselleştirme Arayüzü

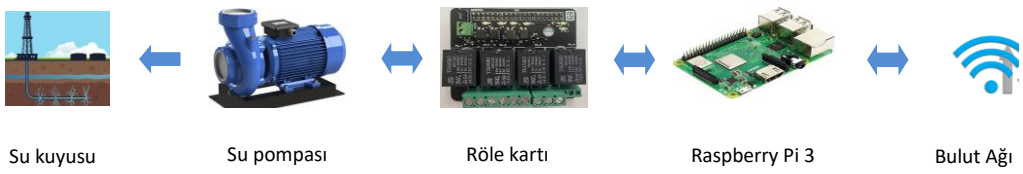
Grafana, açık kaynaklı bir görselleştirme ve izleme aracıdır. InfluxDB, Graphite, Elasticsearch olmak üzere çeşitli veri kaynaklarından verileri görselleştirmek için panolar oluşturulmasına ve paylaşılmasına olanak tanır.

Grafana grafikler, tablolar ve ısı haritaları gibi zengin görselleştirme seçenekleri sunar. Özel ve etkileşimli panolar oluşturulmasına izin verir. Ayrıca, ölçümlerin değerlerine göre bildirimler ayarlanmasına izin veren uyarı işlevi sağlar. Grafana, sistemlerin ve uygulamaların sağlığına ve performansına gerçek zamanlı görünürlük vermek için genellikle zaman serisi veritabanları ve izleme sistemleriyle birlikte kullanılır.

Grafana'nın temel özellikleri şu şekilde ifade edilir. Veri görselleştirilmesinde oldukça etkindir. Verilerin görselleştirilmesi için kolayca zengin ve etkileşimli panolar oluşturulmasına ve paylaşılmasına olanak tanıyan grafikler, tablolar ve ısı haritaları gibi çok çeşitli görselleştirme seçenekleri sunar. Uyarıların e-posta olarak gönderilmesinde avantajlıdır. Kullanıcı arayüzleri için oldukça fazla özelleştirme seçeneleri bulunur. Birkaç tane kullanıcı oluşturulup bunların erişimine olanak sağlar. Diğer araçlara ve hizmetlere kolayca bağlanabilir. Kullanıcılara yetkilendirme verilebilir.

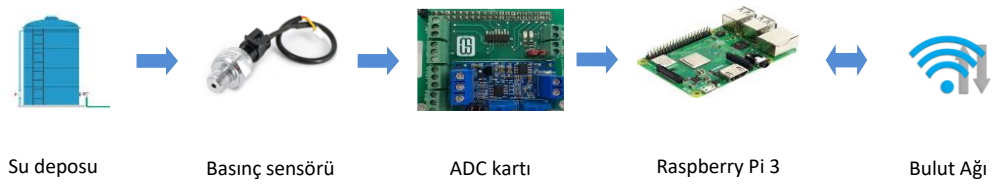
3.2. Yöntemler

Yapılan bu çalışmada birbirine yakınlığı yaklaşık 10 m olan dört tane su kuyusunda bulunan 110 kW'lık su pompa motorlarının çalıştırılması dört tane Raspberry Pi 3 üzerine montajı yapılmış yine dört adet röle kartı ile gerçekleştirilmiştir. Su kuyuları için kurulan bilgi akışının oklarla gösterildiği IoT sistemi Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Su kuyusu IoT sistemi bilgi akışı blok diyagramı

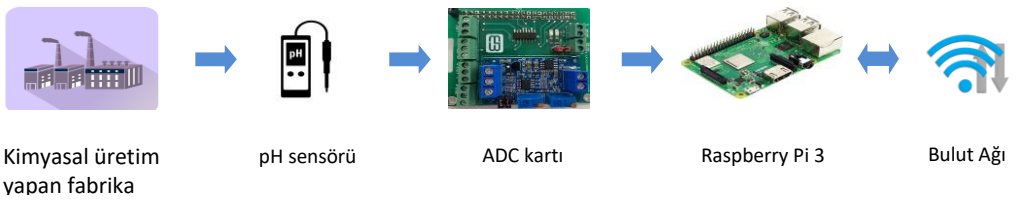
Su pompalarının doldurduğu dört adet 500 tonluk su deposu MOSB'nin farklı yerlerine konumlandırılmıştır. Su kuyularından uzaktadır. Bu dört deponun her birinin sıvı seviyeleri birer adet basınç sensörü ile ölçülerek yine her bir su deposunun bulunduğu yerdeki birer adet Raspberry Pi 3'ün üzerine yerleştirilen analog sensör kartı ile Raspberry Pi 3'e gönderilmiştir. Su depoları için kurulan bilgi akışının oklarla gösterildiği IoT sistemi Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13. Su deposu IoT sistemi bilgi akışı blok diyagramı

Toplamda dört adet su kuyusu ve dört adet su deposu sistemde bulunmaktadır. Su kuyularında ve su depolarında olmak üzere sekiz tane Raspberry Pi 3 kullanılmıştır.

MOSB'inde bulunan kimyasal üretim yapan bir fabrikanın yağmur suyu kanallarına karıştırabileceği asit miktarının algılanması için daha önceden MOSB'nin fabrikanın dışarısında bulunan yağmur suyu kanalına yerleştirdiği bir adet pH sensörü ve kontrolörü kullanılmıştır. Bu kontrolör LCD ekranlıdır. Yalnızca görme amaçlıdır. Ayrıca pH değerini analog olarak dışarıya verme pinleri mevcuttur. Bu pH değerini 4-20 mA olarak vermektedir. Bu çalışmada bu değer geliştirilen Raspberry Pi 3 ADC kartı ile Raspberry Pi 3'e iletilmiştir. Böylece verinin internet ortamına taşınması sağlanmıştır. Kimyasal üretim yapan fabrikanın yağmur sularına karıştırabileceği asit miktarının algılanması kurulan bilgi akışının oklarla gösterildiği IoT sistemi Şekil 3.14'te gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Kimyasal üretim yapan fabrikanın yağmur sularına karıştırabileceği pH seviyesini izleyen IoT sistemi bilgi akışı blok diyagramı

Raspberry Pi 3'lerin internet erişimini sağlamak için ya Wi-Fi ya da Ethernet kablosu ile bağlı bir ağın olması gerekmektedir. Raspberry Pi 3'lerin kurulduğu su kuyularının bulunduğu bölgede internet altyapısı bulunduğu için bunlar Wi-Fi ile internet ortamına bilgi taşımışlardır. Dört adet su deposunun kullanıldığı bölgelerde internet altyapısı olmadığı için bu dört adet Raspberry Pi 3'ün internet erişimi dört tane USB 3G modem ile sağlanmıştır. Yine, kimyasal üretim yapan fabrikanın pH seviyesi bilgisini internete aktaran Raspberry Pi 3 için Wi-Fi altyapısı olmaması nedeniyle bir USB 3G modem kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında bir depolama alanı olan ve sanal bir makine gibi çalışan Docker yazılım uygulaması ile InfluxDB'deki veriler test edilmiştir. Docker yazılımına InfluxDB'deki veriler HTTP protokolu kullanılarak gönderilmiştir. InfluxDB'yi güçlü kılan özelliklerinden birisi olan bu açık protokol desteği, uygulama aşamasında oldukça yararlı olmuştur. Raspberry Pi 3'e gelen ve giden verilerin InfluxDB'ye iletilmesi ve alınması için Raspberry Pi 3'ün içindeki Python uygulaması ile yazılan InfluxDB paketi ile yapılmıştır. Bu anlamda kütüphane yaygınlığı da influxDB tercihinin ne denli isabetli olduğunu ortaya koymuştur.

Grafana kendi içerisinde yerleşik olarak InfluxDB veri kaynağını desteklemektedir. Böylece Grafana ile InfluxDB verileri bir internet sunucusu üzerinden görselleştirilebilmiştir.

InfluxDB veri tabanında Raspberry Pi 3'lerden gelen veriler saklanmıştır. İlk olarak Raspberry Pi 3'lere Debian işletim sistemi kurulduktan sonra InfluxDB kurulumu yapılmıştır. Daha sonra InfluxDB'nin güncelllenmesi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında InfluxDB'de bir kullanıcı oluşturulmuştur. Daha sonra Raspberry Pi 3'lere Grafana'nın eklentileri yüklenmiş ve programın güncellemeleri yapılmıştır. Sonrasında bir tarayıcıya "http://<ipaddress>:3000" yazılmış ve gelen arayüzden kullanıcı adı ve şifre Grafana için belirlenmiştir. Yine aynı arayüzden http://<ipaddress>:8086 yazılarak daha önce belirlenen kullanıcı adı ve şifresi arayüze girilmiştir. Bunun sonucunda InfluxDB Grafana'ya bağlanmıştır.

Kuyulardaki suların su depolarına aktarılmasında kullanılan 110 kW'lık üç fazlı asenkron su motorlarının çalıştırılması ve durdurulması işlemlerinin kullanılan Raspberry Pi 3 ile ilk olarak InfluxDB'ye ve buradan da Grafana'da görselleştirme

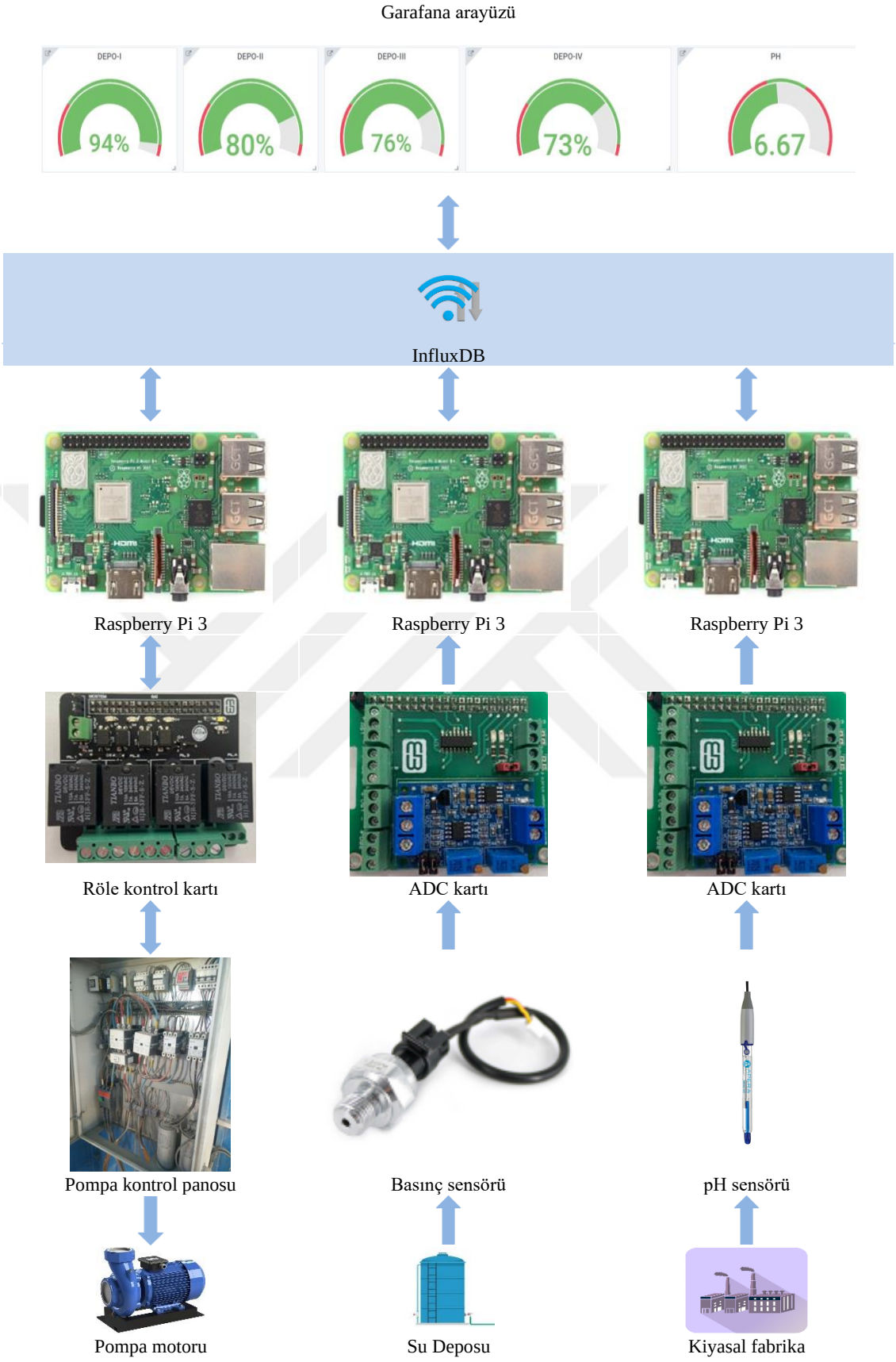
işlemleri yazılan programlar vasıtasıyla sağlanmıştır. Burada 110 kW'lık üç fazlı asenkron su motorlarının panoları daha önceden imal edilmiştir. Bu çalışma başlamadan önce operatör bunları panoyu kullanarak manüel kontrol edebilmektedir. Bu çalışma ile motorların uzaktan çalıştırılıp durudurulması ve motorların başlatma/durdurma bilgileri IoT sistemi ile uzaktan gözlemlenebilmiştir. Daha önceden yapılan panonun başlatma ve durdurma butonlarının bulunduğu yere tasarlanan röle kartının açık ve kapalı kontakları bağlanarak motorların uzaktan kontrolleri sağlanabilecek yapıya kavuşturulmuştur. Ayrıca diğer röle kartında bulunan röle kontakları ile operatörün bulunduğu yerden motorları çalıştırıp durdurduğu bilgisi Raspberry Pi 3'ün GPIO uçlarına iletilen bilgi ile alınabilmiştir. Raspberry Pi 3 için yazılan program EK-A'da verilmiştir.

Dört adet 500 tonluk su deposunda bulunan basınç sensörlerinden alınan 0,5-4,5 V DC arası analog veriler tasarlanan ADC kartı sayesinde Raspberry Pi 3'e iletilmiştir. Gelen 0,5 V DC bilgisinde deponun %0'ı ve 4,5 V DC bilgisinde deponun %100'ü doludur. Raspberry Pi 3 ile bu seviye bilgisi 10 bitlik alana yazılmıştır. Dolayısı ile seviye bilgisinin çözünürlüğü 1024'tür. Bu bilgiler doğrudan InfluxDB'ye iletilmiş ve buradan InfluxDB ile haberleşen Grafana'da görselleştirilmiştir. Bu seviye bilgisi Raspberry Pi 3'e sürekli olarak aktarılmıştır. Raspberry Pi 3 bu verileri her bir dakikada kayıt almıştır. Böylece InfluxDB ile Raspberry Pi 3 internet iletişimi kesildiğinde bu veriler Raspberry Pi 3'te saklanmıştır. İnternet erişimi geldiğinde geriye dönük olarak bu veriler InfluxDB'ye aktarılmış ve eskiye dönük veri görselleştirmesi Grafana ile yapılabilmiştir. Bu dört adet 500 tonluk su deposunun Raspberry Pi 3 için yazılan programı EK-B'de verilmiştir.

Kimyasal üretim yapan bir fabrikanın yağmur su kanallarına karışması muhtemel kimyasal oranlarını belirlemek için pH seviyesinin ölçülmesi ve IoT temelli internet ortamına aktarılması için Raspberry Pi 3'ün GPIO'su kullanılmıştır. Fabrikanın pH seviyesi Swan marka pH analizörünün 4-20 mA akım çıkışından alınmıştır. Bu analog akım sinyalinin değeri ilk olarak gerilim sinyaline akım gerilim çevirici kart ile 0-5 V DC sinyale dönüştürülmüştür. Daha sonra bu dönüştürülen sinyal tasarlanan ve üretilen ADC kartı ile seki bitlik dijitale çevrilerek Raspberry Pi 3'e iletilmiştir. Böylece bu pH seviyesi 256 çözünürlüğe sahiptir. Raspberry Pi 3'e

gelen pH verileri Pyhton ile yazılan program vasıtası ile anlamlı hale getirilmiştir. Bu pH verileri her bir dakikada Raspberry Pi 3'e kaydedilmiş ve buradan veri tabanına gönderilmiştir. Raspberry Pi 3'e yazılan program ile bu pH verileri ilk olarak InfluxDB'ye iletilmiştir. Bu InfluxDB ile haberleşen Grafana yazılımı ile görselleştirilmiştir. Ayrıca internet erişiminin olmadığı zamanlarda verilerin Raspberry Pi 3'e kaydedilmesi ile veri kaybı yaşanmamıştır. Çünkü internet erişimi tekrar oluştuğunda bu veriler ilk olarak InfluxDB veri tabanına ve buradanda Grafana'ya iletilerek görselleştirilmiştir. Bu kimyasal fabrikanın yağmur su kanllarına karışabilecek kimyasal miktarının ölçülmesi için kullanılan pH seviyesi Raspberry Pi 3 programı EK-C'de verilmiştir.

Tüm bu çalışmaları özetler nitelikte geliştirilen donanım ve tasarımları gösteren IoT ile endüstriyel su depolarının ve kimyasal üretim yapan tesislerin yağmur suyu kalitesinin uzaktan izlenmesi, analizi ve kontrolü blok şeması Şekil 3.15'te verilmiştir.

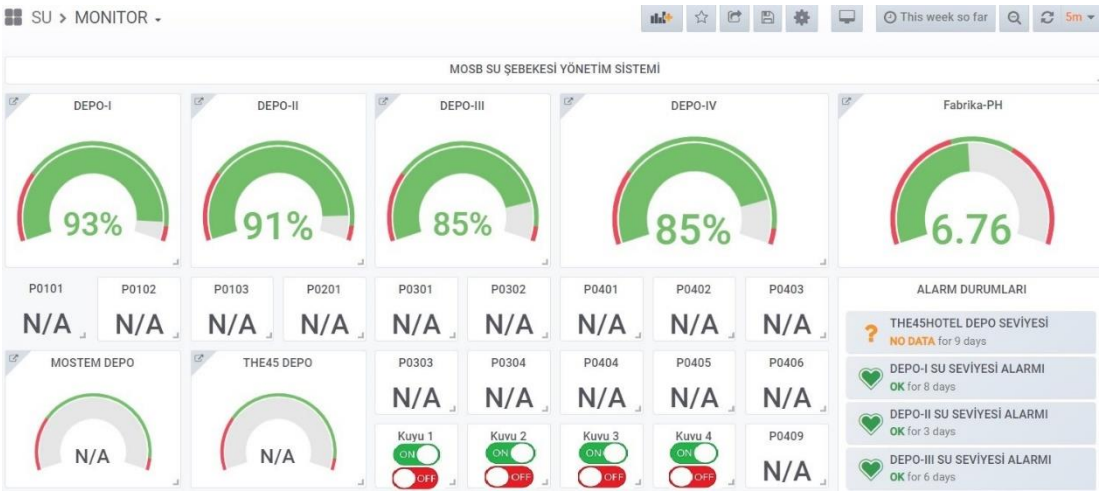


Şekil 3.15. IoT ile endüstriyel su depolarının ve kimyasal üretim yapan tesislerin yağmur suyu kalitesinin uzaktan izlenmesi, analizi ve kontrolü blok şeması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında MOSB'inde bulunan dört adet kuyudaki 110 kW'lık üç fazlı asenkron su motorlarının başlatma/durdurma durumlarını gözlemlemek ve bunları kontrol etmek için bir IoT sistemi tasarlanmış ve uygulanmıştır. Bunun ile birlikte yine bu su kuyularının sularının depolandığı MOSB'ndeki fabrikaların su ihtiyacını karşılayan dört adet 500 tonluk su deposunun su seviyelerinin gözlemlenmesi IoT sistemi ile yapılmıştır. Ayrıca bu IoT sistemine eklenen bir özellik ile MOSB'ndeki kimyasal üretim yapan bir fabrikanın yağmur suyu kanallarına karışması muhtemel kimyasalların pH değerinin ölçülmesi, uzaktan izlenmesi ve gerektiğinde uyarıların oluşturulması gerçekleştirilmiştir.

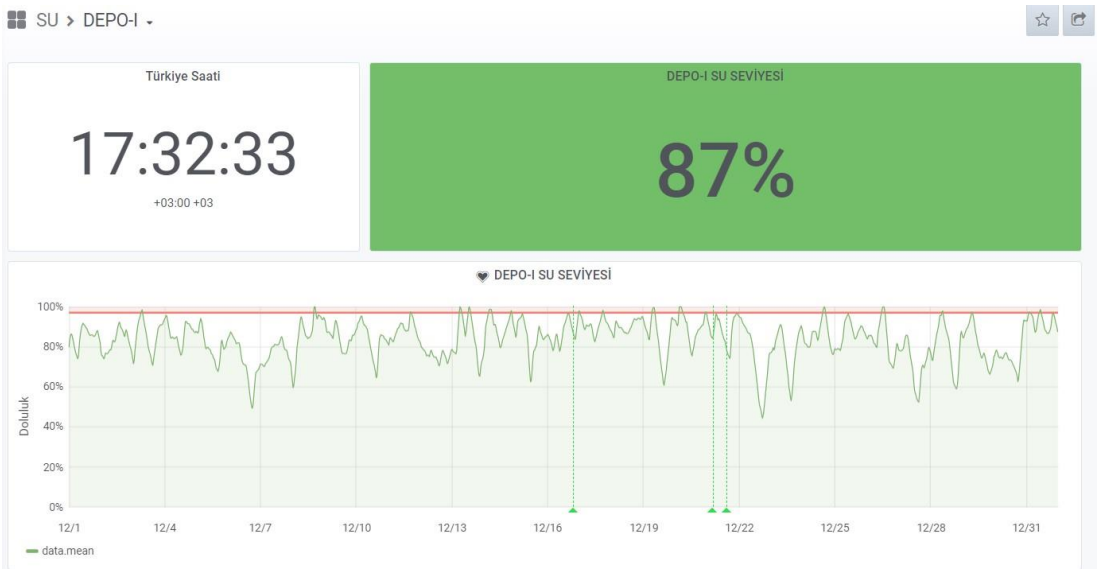
Tasarlanan IoT sisteminde su kuyularının sularını depolara transfer etmek için kullanılan 110 kW'lık asenkron su motorlarının durumları, bu motorların çalışması ile birlikte devreye giren ve çıkan 220 V AC röle ile izlemiştir. Operatör başlatma butonuna bastığında bu röle devreye girmiş ve kontağı ile Raspberry Pi 3'ün GPIO'suna Lojik-1 göndermiştir. Operatör durdurma butonuna bastığında 220 V AC rölenin enerjisi kesilmiş bu kez Raspberry Pi 3'ün aynı numaralı GPIO'suna Lojik-0 göndermiştir. Bir defa operatörün başlatma butonuna basması IoT sisteminde motorun çalışıyor olarak görünmesini sağlamıştır. IoT sistemi ile motoru uzaktan çalıştırmak için Grafana üzerindeki ekrandan başlatma vermek gerekmiştir. Başlatma verildiğinde, Raspberry Pi 3'ün GPIO'suna Lojik-1 gönderilmiş ve 5 V DC röle bir transistör yardımıyla çalıştırılmıştır. Röle sistemi ile Raspberry Pi 3 optokuplör yardımıyla yalıtılmıştır. Bu 5 V DC rölenin kontak uçlarından ortak ucuna 220 V AC bağlanmıştır. Ama bu ortak kontak ucunun çıkışı motoru çalıştıran başlatma butonuna paralel değil bir lambaya bağlanmıştır. Bu durumda IoT sistemi ile motorun değil lambanın uzaktan çalıştırılması sağlanmıştır. Bunun nedeni sürekli çalışan bu yüksek güçlü motorların çalışmasını aksatmamaktır. Sistem tasarımı bu ucu motora bağlanabilecek şekilde yapılmış ve uygulanabilirliği test edilerek yetkililere gösterilmiştir. Tasarlanan Grafana ekranı Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Tasarlanan Grafana ekranı

Şekil 4.1'de verilen Grafana ekranında dört adet su kuyusunun su seviyeleri DEPO-I, DEPO-II, DEPO-III ve DEPO-IV olarak verilmiştir. Anlık alınan görüntülerde 500 tonluk depoların su seviyeleri yüzdelik olarak gösterilmiştir. Bu sisteme daha sonradan dahil edilmesi planlanan MOSTEM DEPO ve MOSB'indeki otelin THE45 DEPO'su verilmiştir. Kimyasal üretim yapan IoT sistemi ile izlenen fabrikanın pH durum bilgisi FABRIKA-PH olarak gösterilmiştir. Bu göstergenin altında alarm durumları belirtilmiştir. ON/OFF ile gösterilen butonlar motorların uzaktan çalıştırılıp durdurulmasını sağlayan butonlardır. Grafana ekranındaki N/A ile görünen bölgeler bu sisteme eklenmesi muhtemel sensör verileridir. Bu alanlar ihtiyaca göre kullanılabilecektir. Bu göstergelerin üzerine tıklandığında anlık veya geçmişe dönük tüm veri detaylarına ulaşılabilmektedir.

Grafana ekranında bulunan DEPO-I ve DEPO-II'nin verileri Şekil 4.2'de ve DEPO-III ve DEPO-IV'ün verileri Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Şekil 4.2 (a) 2022 yılının aralık ayına aittir. Bu grafik arayüzünde sistemin çalışmasından bugüne kadar ki tüm verilerine ulaşmak mümkündür. DEPO-I'in ne zaman hangi değerleri aldığını bilmek için büyüteç kullanılarak ulaşılabilir. Bu depo seviye bilgilerinde bir ortalama değer hesaplamasına gidilmemiştir. Yalnızca deponun anlık değeri her bir dakikada alınmıştır. Depoların seviyeleri %97'den fazla olduğunda ekranda gözüken ilgili depoya ait gösterge kırmızı renk olmaktadır. Benzer bir durumda depoların seviyesi %25'in altında olduğunda yine depo göstergeleri kırmızı olmaktadır. Normal koşullar için depo göstergeleri yeşil olacak şekildedir.



(a)

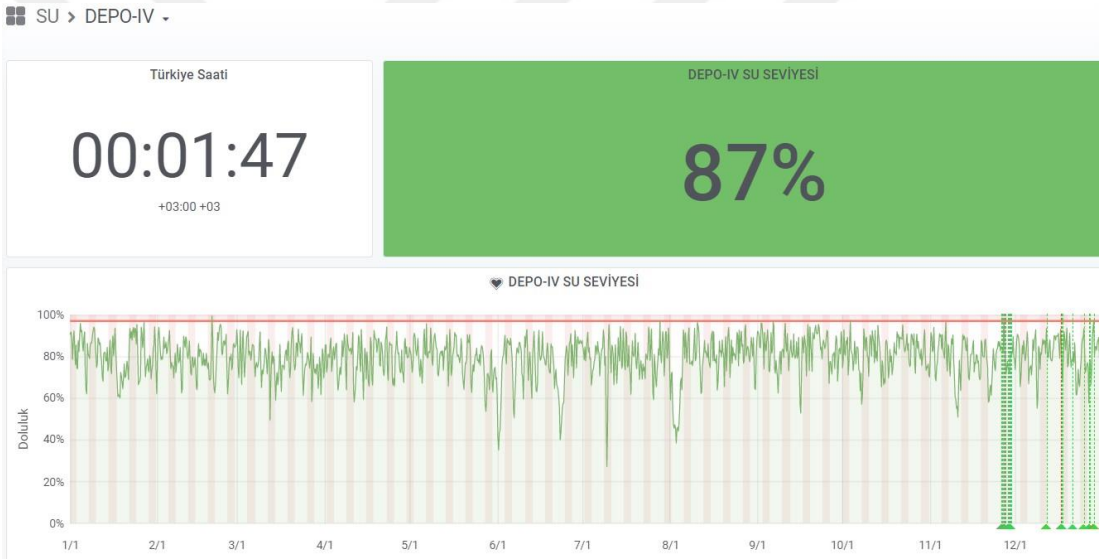


(b)

Şekil 4.2. Veriler; a) DEPO-I ve b) DEPO-II



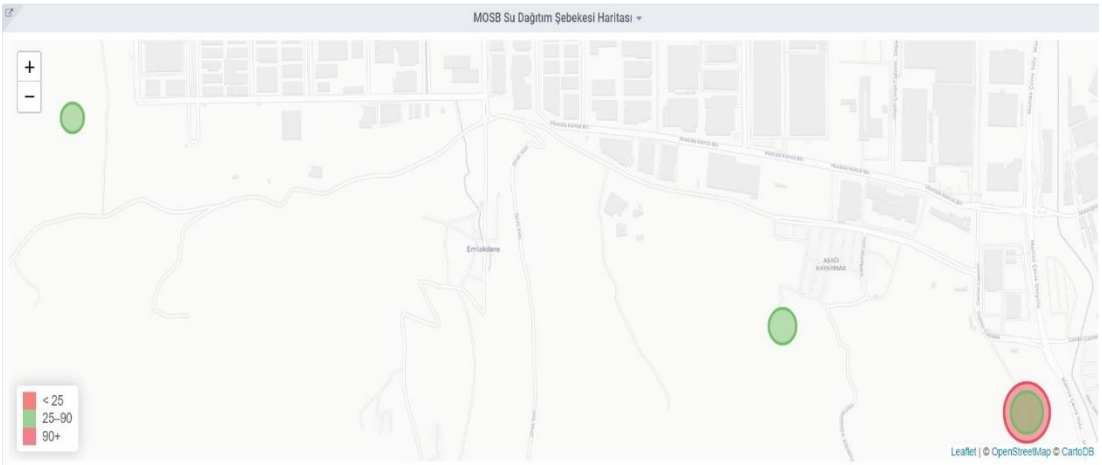
(a)



(b)

Şekil 4.3. Veriler; a) DEPO-III ve b) DEPO-IV

Depoların konumlarını Grafana ekranından görmek mümkündür. Şekil 4.4'te 500 tonluk dört tane deponun konum bilgileri verilmiştir. Burada üç tane depo var gibi görünmektedir. Kırmızı ile görünen deponun bulunduğu bölgede iki depo vardır. Toplamda dört depodur. Uzak iki deponun mesafesi yaklaşık 6 km'dir. Diğer yakın görünün depoların mesafesi yaklaşık 2 km'dir. Bunların konum bilgileri Grafana üzerinden ayarlanmaktadır.



Şekil 4.4. 500 tonluk dört tane deponun konumu

Geliştirilen bu IoT sisteminden MOSB'ndeki kimyasal üretim yapan bir fabrikanın yağmur suyu kanallarına karışması muhtemel kimyasallarının pH değerlerinin ölçülmesi, uzaktan izlenmesi ve gerektiğinde uyarıların oluşturulması özelliği eklenmiştir. Bunun Grafana ekranı Şekil 4.5'te verilmiştir. Bu ekranda yaklaşık bir yıllık bir veriyi görebilmekteyiz. Bu veriler 2022 yılına aittir. Bu InfluxDB veri tabanının Grafana ekranında verileri görselleştirmesi ile pH değerlerinin geçmişe dönük tüm verilerini grafiksel, çizelge veya tablo olarak görmek mümkündür. İstenildiğinde bu pH değerinin ortalaması tablolar kullanılarak belirlenebilir.



Şekil 4.5. Kimyasal üretim yapan bir fabrikanın yağmur suyu kanalına karışması muhtemel kimyasallarının pH değerinin gösterildiği Grafana ekranı

Tablo 4.1'de 2022'nin pH değerleri Grafana'dan çıkarılarak verilmiştir. Tablo 4.1'e göre en yüksek pH değerinin 10,66 olarak ocak ayında belirlendiği görülmüştür. En düşük pH değeri ise temmuz ayında olduğu belirlenmiştir. Bu ayda yağışlar oldukça azdır. Bu IoT sistemi sayesinde artık bu belirlenen tesisin MOSB yönetimi tarafından sürekli olarak pH seviyesinin izlenmesi ve kayıt altına alınması sağlanabilmiştir. Anlık yükseliş ve anlık düşüş olduğunda MOSB personeline gönderilmiş ve gerekli tedbirleri fabrikanın alması sağlanmıştır. Buradaki pH seviyesinin kritik durumları pH < 6 ve pH > 9 seviyeleridir.

Tablo 4.1. 2022 pH değerleri

Ölçüm Yapılan Aylar	2022 pH Değerleri		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Ocak	2,98	10,66	6,25
Şubat	3,74	7,64	5,95
Mart	5,32	7,33	5,88
Nisan	2,59	7,40	6,01
Mayıs	1,35	7,65	6,42
Haziran	0,07	6,61	2,86
Temmuz	0,06	8,26	7,49
Ağustos	4,25	8,00	7,16
Eylül	2,44	8,08	7,48
Ekim	2,36	7,93	6,91
Kasım	2,69	8,14	5,77
Aralık	2,08	8,19	3,23

Bu IoT sisteminin tasarlanmasındaki en büyük amaç MOSB'inde bulunan 500 tonluk dört su deposunda zaman zaman meydana gelen su taşmalarının önüne geçmek ve su israfını azaltmak olmuştur. Bu IoT uzaktan izlenebilen sistemin geliştirilmesi ile pompa müdahale ekiplerinin gün içerisinde yaptıkları kontrol gezileri ortadan kaldırmıştır. Bu sayede ekiplerin iş yükü azalmış zaman ve maliyet verimliliği artmıştır. Araçların yakıt tüketimi azaltılmıştır. Bununla birlikte bu IoT sisteminde MOSB'inde bulunan bir kimyasal fabrikanın yağmur suyu kanallarına karışması muhtemel kimyasalların pH durumunun belirlenmesi, izlenmesi ve uyarı verilmesi eklenmiştir. Böylece uzaktan izlenebilir bir IoT sisteminde bu fabrikanın pH seviyesi takip edilmiştir. Sonuçta pH seviyesi istenilen düzeyi aştığında kimyasal suların yağmur sularına karışarak su havzalarına girişinin önüne geçilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda tasarlanan sistem ile birlikte dört adet su kuyusunun 110 kW'lık su motorlarının başlatma/durdurma durumlarını gözlemlemek ve bunları kontrol etmek için Raspberry Pi 3 tabanlı bir IoT sistemi pilot uygulaması yapılmıştır. Ayrıca bu sistemde bu IoT tasarımına eklenen bir özellik ile MOSB'ndeki kimyasal üretim yapan bir fabrikanın yağmur suyu kanallarına karışması muhtemel kimyasalların pH değerinin ölçülmesi, uzaktan izlenmesi ve gerektiğinde uyarıların oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte MOSB'nde bulunan dört adet 500 tonluk su deposunun seviye durumlarının tasarlanan IoT sistemi ile uzaktan sürekli izlenmesi, su seviyesinin belirli bir seviyede tutulması ve geçmişe yönelik tüm verilerin daha sonradan değerlendirme yapmak için InfluxDB bulut ağında saklanması gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda yapılan çalışmadaki sensör verileri kullanıcı arayüzü tasarlanarak Garafana ile anlamlı hale getirilip ve uzaktan izleme yapılıp kullanıcı adı ve şifresi ile bu verilere, yedi gün yirmidört saat internet üzerinden izlenebilen bir portal haline getirilmiştir.

Dört adet 500 tonluk su deposunun seviye değerlerinin sürekli takip edilmesi su kuyularından gelen su miktarlarının devamlı ölçümünü netice vermiştir. Daha önceden bu büyük su depolarında meydana gelen su taşmalarının önüne geçilmiştir. Bu Raspberry Pi 3 tabanlı IoT sisteminin çalışmaya başladığı günden itibaren su depolarındaki en yüksek doluluk oranı %99,9 olmuştur. Bunun nedeni su deposunun %97 doluluk değerine geldiğinde operatör alarm ve uyarı sitemlerinin çalışması ve gerekli müdahalelerin yapılmasıdır. Ayrıca burada daha önceden su taşkınlarının önlenmesi için çalışan operatör, teknisyen ve teknikerlerin günde birkaç defa araçla yaptıkları kontroller otomatik Raspberry Pi 3 tabanlı IoT sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Böylece zamandan ve iş gücünden tasarrruf edilerek verimli ve etkin zaman kullanımı sağlanmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmadaki pH ölçümü yapan sistem ve depoların seviye takibi sistemi bir yıldır aktif halde çalışmaktadır ve testleri devam etmektedir. Sorunsuz çalışıyor olması tasarlanan ve üretilen Raspberry Pi 3 tabanlı bu IoT sisteminin ne kadar başarılı olduğunu göstermiştir. Alınan bir yıllık veriler dikkatle incelendiğinde pH seviyesinin maksimum ve minimum değerlerine ulaşılabildiği

görülmüştür. Hatta bu değerler MOSB'inde bulunduğu için büyük bir veri tabanı oluşturulmuştur.

Bu çalışmada birçok sanayi kuruluşunun Endüstri 4.0 çalışmalarında yer alan IoT uygulamaları, belirlenen çevresel sorunların çözümünde kullanılmıştır. Bu sayede tasarlanan ve üretilen Raspberry Pi 3 tabanlı bu IoT sistemi firmalar tarafından yüksek maliyetli mühendislik çözümlerine karşı düşük maliyet ve piyasa koşullarına göre çok daha kolay ulaşılabilir ve uygulanabilir açık kaynak yazılımlı bir sistem olmuştur.

Bunlara ek olarak Raspberry Pi 3 tabanlı bu IoT sistemi, düşük maliyetli ürünlerle tasarlandığından kolayca erişilebilir ve kurulabilir olmuştur. Düşük enerji sarfiyatı ile sistem parametreleri kurulduktan sonra uzun yıllar veri toplanabilir ve anlamlı sonuçlar elde edilebilir düzeyde yapılmıştır. OSB'ler, su hizmeti veren kurumlar ve sıvı depoları bulunan işletmeler benzer uygulamaları sistemlerine uyarlayarak endüstriyel IoT çözümleri geliştirip çevre kirliliğini ve su israfını kolaylıkla önleyebilirler. Böylece daha sürdürülebilir bir üretim ve çevre için katkı sağlanabilir.

İnternet teknolojilerindeki bu baş döndürücü gelişmeler hemen hemen her bir sistemin IoT tabanlı hale gelebileceğini göstermektedir. µC'lerin gelişmesi ve ucuzlaması bunu büyük ölçüde desteklemektedir. Her cihazda kullanılan µC'lar programlanabilir olduğu için sistemleri birbirleri ile anlaşabilir, konuşabilir, birlikte hareket edebilir, veri alışverişi yapabilir ve karar verebilir bir hale getirmiştir. Elbette bunda internet alt yapısının gelişmesi etkindir.

Raspberry Pi 3 düşük maliyetli olmaları, az yer kaplamaları, az enerji harcamaları, bir o kadar da yüksek güvenlikli olmaları ve sensörlerden alınan verileri hızlı bir şekilde işleyip bulut ağlarına aktarmaları sayesinde araştırmacılara ve mühendislere efektif çözümler sunmaktadır.

Gerçekleştirilen bu Raspberry Pi 3 tabanlı IoT sistemi kolaylıkla elektrik-elektronik cihazlara uyarlanabilir yapıdadır. Bu sistem ile endüstriyel ortamlardaki sensörlerden gelen veriler toplanıp bununla herhangi bir bulut ağına aktarılabilir. Böylece büyük veri tabanları elde edilerek çalışan cihazların durum tespitleri

yapılabilir. İlerleyen zamanlarda bu cihazlarda meydana gelebilecek arıza teşhisleri büyük veri tabanları kullanılarak belirlenebilir. Operatörlere uyarılar gönderilerek olası büyük tehlikelerin ve masrafların önüne geçilebilir ve makinelerin kestirimci bakımlarının yapılmasına olanak sağlanabilir.

Bu sistemin açık kaynak kodlu olması sayesinde, her yerde çalışabilen yapısı ile yönetimi ve takibi diğer sistemlere göre çok kolay ve günümüz teknolojisine uygun olarak tasarlanmış ve üretilmiştir.

Fabrikanın ph seviyesi veya su depolarının anlık durumları belirlenen kullanıcılara izin verilerek 7/24 takibi sağlanmakta ve belirlenen eşik değerlerinin dışına çıktığında bu kullanıcılara Microsoft Teams üzerinden bildirim gönderilmesi sağlanmaktadır. Bu sayede maksimum esneklik sağlamış olup anında durumlara müdahale edilebilir hale gelmiştir.

Kimyasal üretim yapan fabrikalarda bu sistemin entegrasyonu ile günlük veya haftalık hava durumlarına dayalı tahmin ve analiz gerçekleştirilip o günlerde ph seviyesinin durumlarının makine öğrenimi veya özel algoritmalar ile işlenip önceden fabrikalardaki ilgili kişilere bu durumların haber verilmesi sağlanabilir ve buna göre önlemler almaları hem fabrika için hemde havzalarımıza karışan yağmur suyu hatlarının kaliteleri için yarar sağlayabilir.

Raspberry Pi 3 tabanlı IoT sistemi ile yapılan 500 tonluk su depolarının sıvı takipleri daha önceden yapılması planlanan PLC'li sisteme göre maliyet olarak % 1500'lük bir fiyat avantajı sağlamaktadır. Bu sayede de Raspberry pi 3 ile tasarlanan IoT sistemi kullanıcılara çok avantajlı hale gelebilir. Yine bu depoların sıvı seviye takipleri sayesinde su taşkınlarının önüne geçilip su tasarrufu sağlanmış olur. Bölgede bulunan su kuyularının sularının çok sık aralıklarla çekilip kuyuların verimliliklerinin düşmesi engellenebilir. Bu durumda kuyu pompa motorlarının da daha az ve düzenli aralıklarla çalıştırılması hem elektrik maliyeti açısından hemde motorların daha geç bakıma girmelerini sağlayarak her türlü tasarruf sağlanmış olur.

KAYNAKLAR

[1]. Jiang, Z., Yuan, S., Ma, J., & Wang, Q. (2022). The evolution of production scheduling from Industry 3.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, *60*(11), 3534-3554.

[2]. Balaji, S., Nathani, K., & Santhakumar, R. (2019). IoT technology, applications and challenges: a contemporary survey. *Wireless Personal Communications*, *108*(1), 363-388.

[3]. Mishra, L., & Varma, S. (2021). Middleware technologies for smart wireless sensor networks towards internet of things: a comparative review. *Wireless Personal Communications*, *116*(3), 1539-1574.

[4]. Malik, P. K., Sharma, R., Singh, R., Gehlot, A., Satapathy, S. C., Alnumay, W. S., . & Nayak, J. (2021). Industrial ınternet of things and its applications in industry 4.0: state of the art. *Computer Communications*, 166, 125-139.

[5]. Chandrayan, B., & Kumar, R. (2020). IoT integration in industry—A literature review. *Recent Advances in Mechanical Engineering*, 9-17.

[6]. Aheleroff, S., Xu, X., Lu, Y., Aristizabal, M., Velásquez, J. P., Joa, B., & Valencia, Y. (2020). IoT-enabled smart appliances under industry 4.0: A case study. *Advanced engineering informatics*, 43, 101043.

[7]. Aleksic, S. (2019). A survey on optical technologies for IoT, smart industry, and smart infrastructures. *Journal of Sensor and Actuator networks*, *8*(3), 47.

[8]. Ojo, M. O., Giordano, S., Procissi, G., & Seitanidis, I. N. (2018). A review of low-end, middle-end, and high-end IoT devices. *IEEE Access*, *6*, 70528-70554.

[9]. Hassan, R., Qamar, F., Hasan, M. K., Aman, A. H. M., & Ahmed, A. S. (2020). Internet of Things and its applications: A comprehensive survey. *Symmetry*, *12*(10), 1674.

[10]. Javaid, N., Sher, A., Nasir, H., & Guizani, N. (2018). Intelligence in IoT-based 5G networks: Opportunities and challenges. *IEEE Communications Magazine*, *56*(10), 94-100.

[11]. Civerchia, F., Bocchino, S., Salvadori, C., Rossi, E., Maggiani, L., & Petracca, M. (2017). Industrial Internet of Things monitoring solution for advanced predictive maintenance applications. *Journal of Industrial Information Integration*, *7*, 4-12.

[12]. Pech, M., Vrchota, J., & Bednář, J. (2021). Predictive maintenance and intelligent sensors in smart factory. *Sensors*, *21*(4), 1470.

[13]. Feng, X., Yan, F., & Liu, X. (2019). Study of wireless communication technologies on Internet of Things for precision agriculture. *Wireless Personal Communications*, *108*(3), 1785-1802.

[14]. Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in industry*, *101*, 1-12.

[15]. Verma, A., Prakash, S., Srivastava, V., Kumar, A., & Mukhopadhyay, S. C. (2019). Sensing, controlling, and IoT infrastructure in smart building: A review. *IEEE Sensors Journal*, *19*(20), 9036-9046.

[16]. Alshehri, F., & Muhammad, G. (2020). A comprehensive survey of the Internet of Things (IoT) and AI-based smart healthcare. *IEEE Access*, *9*, 3660-3678.

[17]. Sadiki, S., Ramadany, M., Faccio, M., Amegouz, D., & Boutahari, S. (2019). Running smart monitoring maintenance application using cooja simulator. In *International Journal of Engineering Research in Africa* (Vol. 42, pp. 149-159). Trans Tech Publications Ltd.

[18]. Ratnaparkhi, S., Khan, S., Arya, C., Khapre, S., Singh, P., Diwakar, M., & Shankar, A. (2020). Smart agriculture sensors in IOT: A review. *Materials Today: Proceedings*.

[19]. Bauer, M., Sanchez, L., & Song, J. (2021). IoT-enabled smart cities: Evolution and outlook. *Sensors*, *21*(13), 4511.

[20]. Laghari, A. A., Wu, K., Laghari, R. A., Ali, M., & Khan, A. A. (2021). A review and state of art of Internet of Things (IoT). *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1-19.

[21]. A smart IoT based system for monitoring and controlling the sub-station equipment," Internet Things, vol. 7, p. 100085, 2019.

[22]. Kalyoncu, A., & Turan, M. (2020). IoT teknolojisi kullanan pratik ve güvenilir akıllı kapı kilidi tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 316-316.

[23]. Kulla, E. (2022). Performance evaluation of Focused Beam Routing for IoT applications in underwater environment. *Internet of Things*, *17*, 100471.

[24]. Baz, F. Ç., & Uludağ, K. (2021). Veri Merkezi Güvenliğinin Sağlanmasında IoT Sensörlerinin Kullanımı Üzerine Bir Uygulama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 392-397.

[25]. Wu, M., Fan, M., Hu, Y., Wang, R., Wang, Y., Li, Y., ... & Xia, G. (2022). A real-time tennis level evaluation and strokes classification system based on the Internet of Things. *Internet of Things*, *17*, 100494.

[26]. ÜÇGÜN, H., GÖMBECİ, F., YÜZGEÇ, U., & YALÇIN, N. (2020). IoT Tabanlı Platform ile Gerçek Zamanlı İç Ortam Hava Kalitesi İzleme Sistemi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *7*(1), 370-381.

[27]. Tlili, F., Haddad, R., Bouallegue, R., & Shubair, R. (2022). Design and architecture of smart belt for real time posture monitoring. *Internet of Things*, *17*, 100472.

[28]. Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A. N., Boyacı, S., Üstün, S., & Kozak, F. B. (2017). Sera çevre koşullarının nesnelerin interneti tabanlı izleme ve analiz sistemi ile denetlenmesi.

[29]. Escola, J. P. L., de Souza, U. B., Guido, R. C., da Silva, I. N., da Silva Freitas, J., & de Araújo Oliveira, L. (2022). A mesh network case study for digital audio signal processing in Smart Farm. *Internet of Things*, *17*, 100488.

[30]. TÜRKER, U., Furkan, U. Ğ. U. R., & DAYIOĞLU, M. A. (2016). Seralarda Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Uygulanması: Tasarım ve Prototip Geliştirme. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *33*(Ek Sayı), 52-60.

[31]. Hou, S., & Wu, G. (2019). A low-cost IoT-based wireless sensor system for bridge displacement monitoring. *Smart Materials and Structures*, *28*(8), 085047.

[32]. Zhao, L., Wu, W., & Li, S. (2019). Design and implementation of an IoT-based indoor air quality detector with multiple communication interfaces. *IEEE Internet of Things Journal*, *6*(6), 9621-9632.

[33]. Ayşegül, U. Ç. A. R., & ULUDAĞ, M. H. (2018). Nesnelerin İnterneti (IoT) ile akıllı sınıf ve öğrenci takip sistemi tasarımı. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, *9*(2), 591-600.

EKLER

EK A. Röle Kartı Python Kodu

```
# -*- coding: utf-8 -*-
# Modülleri içe aktarma
import spidev # SPI cihazlarıyla iletişim kur
from numpy import interp    # değerleri ölçeklendir
from time import sleep  # delay
import RPi.GPIO as GPIO # GPIO pins
import json
from influxdb import InfluxDBClient
io.setmode(io.BCM)

rly_pin1 = 5   # rly1 çıkış
rly_pin2 = 6   # rly2 çıkış
rly_pin3 = 13  # rly3 220v giriş
rly_pin4 = 19   # rly4 220v giriş
power_pin = 21 #harici led

io.setup(rly_pin3, io.IN)
io.setup(rly_pin4, io.IN)
io.setup(rly_pin1, io.OUT)
io.setup(rly_pin2, io.OUT)
io.setup(power_pin, io.OUT)

io.output(rly_pin1, True)
io.output(rly_pin2, True)
io.output(power_pin, True)

while True:
    if io.input(rly_pin3):
        print("Yeşil Lamba ON")
        io.output(power_pin,False)
        io.output(rly_pin1,False)
        time.sleep(5)
        io.output(power_pin, True)
        io.output(rly_pin1,True)
        print("Yeşil Lamba OFF")
        time.sleep(5)
    elif  io.input(rly_pin4):
        print("Kırmızı Lamba ON")
        io.output(power_pin,False)
        io.output(rly_pin2,False)
        time.sleep(5)
        io.output(power_pin, True)
        io.output(rly_pin2,True)
        print("Kırmızı Lamba OFF")
        time.sleep(5)
    else:
```

```
        io.output(power_pin,True)
        io.output(rly_pin1,True)
        io.output(rly_pin2,True)
        time.sleep(5)
```

EK B. Basınç Sensörü ADC Kartı Python Kodu

```
# -*- coding: utf-8 -*-
# Importing modules
import spidev # To communicate with SPI devices
from numpy import interp    # To scale values
from time import sleep  # To add delay
import RPi.GPIO as GPIO # To use GPIO pins
import json
from influxdb import InfluxDBClient

jsonData = [{
   "measurement": "data",
   "tags": {
      "deviceid": 0,
      "geohash": "csw3a",
      "location": "DEP_o"
   },
   "fields": {
      "waterlevel": 0,
   }
}]

class iotDB():
   def __init__(self):
      pass
   def insertValues(self,jsonData):
      try:
         client = InfluxDBClient('10.0.132.11', '8086')
         client.switch_user('iothub', 'i0thub.321')
         client.switch_database('IoTData')
         client.write_points(jsonData)
         client.close()
      except:
         print('Database connection was broken...')

   def __del__(self):
      pass

# Start SPI connection
spi = spidev.SpiDev() # Created an object
spi.open(0,0)
# Initializing LED pin as OUTPUT pin
# led_pin = 20
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
```

```
# GPIO.setup(led_pin, GPIO.OUT)
# Creating a PWM channel at 100Hz frequency
# pwm = GPIO.PWM(led_pin, 50)
# pwm.start(0)
# Read MCP3008 data
def analogInput(channel):
  spi.max_speed_hz = 1350000
  adc = spi.xfer2([1,(8+channel)<<4,0])
  data = ((adc[1]&3) << 8) + adc[2]
  return data

db = iotDB()
deviceid = netifaces.ifaddresses('eth0')[netifaces.AF_LINK][0]['addr']
jsonData[0]['tags']['deviceid'] = deviceid
while True:
    output = analogInput(0) # Reading from CH0
    output = interp(output, [185.5,661.5],[0,100])
    print(analogInput(0))
    print(output)
    jsonData[0]['fields']['waterlevel'] = output

    # pwm.ChangeDutyCycle(output)
    sleep(60)
```

EK C. pH Sensörü Python Kodu

```
# -*- coding: utf-8 -*-
# Modülleri içe aktarma
import spidev # SPI cihazlarıyla iletişim kur
from numpy import interp    # değerleri ölçeklendir
from time import sleep  # delay
import RPi.GPIO as GPIO # GPIO pins
import json
from influxdb import InfluxDBClient

jsonData = [{
    "measurement": "data",
    "tags": {
        "deviceid": 0,
        "geohash": "wra0a",
        "location": "MSTM"
    },
    "fields": {
        "waterlevel": 0,
    }
}]

class iotDB():
    def __init__(self):
        self.client = InfluxDBClient('10.0.132.10', '8086')
```

```
        try:
            self.client.switch_user('iothub', 'iothub_321')
            self.client.switch_database('IoTData')
        except:
            print('DB Connection refused...')
            exit()
        try:
            self.client.write_points(jsonData)
        except:
            print('Database connection was broken...')
            exit()
      def __del__(self):
        print("Closing DB connection...")
        self.client.close()
# Start SPI connection
spi = spidev.SpiDev() # Created an object
# Initializing LED pin as OUTPUT pin
led_pin = 20
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(led_pin, GPIO.OUT)
# Creating a PWM channel at 100Hz frequency
pwm = GPIO.PWM(led_pin, 100)
pwm.start(0)
# Read MCP3008 data
def analogInput(channel):
  spi.max_speed_hz = 1350000
  adc = spi.xfer2([1,(8+channel)<<4,0])
  data = ((adc[1]&3) << 8) + adc[2]
  return data
db = iotDB()
deviceid = netifaces.ifaddresses('eth0')[netifaces.AF_LINK][0]['addr']
jsonData[0]['tags']['deviceid'] = deviceid
while True:
    output = analogInput(0) # Reading from CH0
    output = interp(output, [158.5, 177.3], [0, 100])
    print(analogInput(0))
    print(output)
    jsonData[0]['fields']['waterlevel'] = output
    db.insertValues(jsonData)
    pwm.ChangeDutyCycle(output)
    sleep(60)
```

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Harun ŞENTÜRK

Doğum Yeri ve Yılı :

Medeni Hali

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta :

Eğitim Durumu

Lise : Mazhar Zorlu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri Bölümü 2007

ÖnLisans : Anadolu Üniversitesi, Dış Ticaret Bölümü, 2013

Lisans : Gazi Üniversitesi, Elektronik Öğretmenliği Bölümü, 2012

Mesleki Deneyim

Damla Led (Teknisyen)	2012-2012
Mazhar Zorlu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi (Ücretli Öğr)	2012-2013
Türk Telekom (Teknisyen)	2014-2014
Özel Mostem Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi (Öğretmen)	2014 - (halen)