



## IOT TABANLI LPG İZLEME, UYARI VE KAPATMA SİSTEMİ

Ali KAVURUR\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kontrol ve Otomasyon Bölümü, Burdur

### Makale Bilgisi

Geliş tarihi: 25.09.2023  
Kabul Tarihi: 05.10.2023  
Yayın tarihi: 29.12.2023

### ÖZET

Yaygın olarak bu şekilde adlandırılan sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), oldukça yanıcı bir gazdır. LPG, çeşitli ticari ve endüstriyel alanlarda oldukça fazla kullanılmaktadır. Gaz tehlikesi durumunda, olası yanma ve patlama tehlikelerine karşı önlem olarak tüm sistemin gücünün kesilmesi zorunlu olabilir. Gaz tehlikelerinin önlenmesi, LPG dedektörünün uygun yerlere stratejik olarak yerleştirilmesiyle sağlanabilir. Bu makalenin amacı LPG sızıntı seviyesini IOT uygulamasında sürekli olarak izleyip kullanıcıya bilgi vermektir. Gaz konsantrasyonunun belirli bir eşiği aşması durumunda LCD ve Buzzer bileşenleri aracılığıyla alarm devreye girecektir. Potansiyel tehditleri azaltmak için sisteme enerji beslemesini etkin bir şekilde devre dışı bırakılacaktır. Bu sistem, Arduino Uno mikrodenetleyicisi, LCD ekran, Buzzer, MQ-5 sensörü, ESP8266 wifi modülü ve röle kartı gibi çeşitli bileşenlerden oluşur.

Anahtar Kelimeler;

Ardunio, gaz sensör, nesnelerin interneti, LPG izleme

## IOT BASED LPG MONITORING, WARNING AND SHUTDOWN SYSTEM

### Article Info

Received: 25.09.2023  
Accepted: 05.10.2023  
Published: 29.12.2023

### ABSTRACT

Liquefied petroleum gas (LPG), commonly referred to as such, is a highly flammable gas. LPG is extensively utilized in various commercial and industrial contexts. In the event of a gas hazard, it may be imperative to deactivate the power supply to the entire system as a precautionary measure against the potential dangers of combustion and explosion. The prevention of gas hazards can be achieved by strategically placing LPG detector in suitable locations. The purpose of this article is to constantly monitor the LPG leakage level in the IOT application and inform the user. If the gas concentration exceeds a certain threshold, an alarm will be activated via the LCD and Buzzer components. The energy supply to the system will be effectively disabled to reduce potential threats. This system is comprised of several components, namely an Arduino Uno microcontroller, an LCD display, a Buzzer, a MQ-5 sensor, an ESP8266 wifi module, and a relay card.

Keywords;

Ardunio, gas sensör, internet of things, LPG monitoring

## 1. GİRİŞ

LPG olarak bilinen sıvılaştırılmış Petrol gazı, propan ve bütan gazının karışımından oluşur. Renksiz ve kokusuz bir özelliğe sahiptir. Kokusuz bir gaz olduğundan güçlü bir koku verici olarak Etan ilave edilmiştir, bu sayede sızıntı kolayca tespit edilebilir. Otel, pansiyon, hastane, kafeterya gibi birçok sektörde kullanılan LPG, aynı zamanda endüstri bazlı olarak nesnelerin kesilmesi ve kaynak

yapılması amacıyla da kullanılmaktadır. LPG'nin özelliği havadan ağır olması, kolay dağılmamaktadır. LPG kaçağı meydana geldiğinde patlama riski, fiziksel özelliklere bağlı olarak boğulma gibi birçok tehlikeli durum meydana gelebilmektedir (Saad vd. 2022). Bu nedenle güvenli bir şekilde kullanılmalı ve olası kaçakları önlemek için özen gösterilmelidir (Jaiswal vd., 2022).

Herhangi bir kişi LPG'yi yüksek konsantrasyonlarda direkt solumaya kalkarsa boğulma ve cilt rahatsızlıkları gibi farklı türde sağlık sorunları yaşayabilir. LPG'deki hidrokarbonlar ve diğer kimyasallar çok derin uykuya neden olur. Ayrıca solunum yollarını, burnu ve gözleri de kötüleştirir (Soundarya vd., 2014).

Gaz kaçaqları için günümüzde bazı uygulama ve teknik ekipmanlar kullanılmaktadır. Bunlar gaz kaçağı dedektörleri ve portatif gaz izleme ekipmanlarıdır. Bu tür ekipmanlar gaz kaçağı seviyesini kontrol etmeden direkt olarak gazı kesebilmektedir. Büyük ölçekli işletmelerde seri üretimin kısa süreli duraklaması bile büyük maddi kayıplara neden olabilmektedir.

LPG'nin maruz kalma sınırı, güvenlik standartlarına göre kabul edilebilir 600ppm değerini aşmamalıdır. Bu nedenle sistemde eşik değer olarak 600ppm belirlenmiş ve bu değer üzerinde okunan gaz, LPG kaçağı olarak kabul edilebilir (Mahalingam vd., 2012).

Kholil ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, LPG konsantrasyon değerlerini bulanık mantık algoritması kullanarak, 0-247ppm aralığında ise güvenli, 248-747ppm aralığında ise riskli ve 748ppm üzerinde tehlikeli olacak şekilde sınıflandırmışlardır (Kholil vd., 2021). Popüler gaz dedektörleri gaz kaçağı durumunda gazın seviyesini kontrol seviyesinden bağımsız olarak minimum seviyede sistemi kapatmaktadır. Ancak belirlenen gaz seviyelerinden tehlikeli sınıf kabul edilen 748ppm seviyesine kadar LPG geçişinde bir sorun yaşanmamaktadır. Bu kesintilerin yaşanmaması ve sistemin sürekliliği için düzenli takip ve değerlendirmeye ihtiyaç duyulmaktadır (Macker vd., 2018).

Nesnelerin interneti (internet of things: IoT) teknolojisi sayesinde günümüzde bütün cihaz ve eşyalar birbiri ile iletişim sağlayabilmekte, düzenli takibi desteklemektedir. Bu teknoloji yazılım sensörler ve iletişim hatlarına ihtiyaç duymaktadır. En temel düzeyde IoT, kullanıcılara daha akıllı, daha verimli deneyimler sunmak amacıyla gündelik nesnelerin İnternet'e ve birbirlerine bağlanmasını sağlar (Siddagangaiyah, 2016; Al-Fuqaha vd., 2015).

Bu çalışmada LPG sızıntısı seviyeleri güvenli, riskli ve tehlikeli sınıflara ayrılarak, sistemin çalışmasını tehlikeli sınıfta durdurmak, güvenli ve riskli sınıflarda takibini ve kontrolünü sağlayacak

elektronik bir cihaz üretimi gerçekleştirilmiştir. Güncel olarak yapılmış çalışmalar incelendiğinde Arm, Raspberry pi, STM geliştirme kartları sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada daha pratik kullanım ve daha uygun maliyet olması bakımından Arduino kullanılmıştır. Ayrıca Arduino ile yapılan projelerde birçok modül eklenebildiğinden sistemde istenilen geliştirmeler kolaylıkla yapılabilmektedir.

Bu cihaz LPG sızıntısını MQ-5 sensörü vasıtasıyla tespit edilerek LCD ekranda ve Buzzer'da uyarı sinyali oluşturarak, Web ortamında takibini sağlamaktadır. Ayrıca Arduino UNO ya eklenen röle kartı ile selenoid valf gibi elemanlara sinyal göndererek tehlikeli seviyede gaz girişini kesmek, güvenli ve riskli bölgelerde ise haberleşme sağlayarak kullanıcıya bilgi aktarmaktadır. Önceki araştırma çalışmalarına göre, LPG gaz sisteminin LPG sızıntısını tespit etme konusunda bir eksikliği vardı çünkü gazın %1'i dışarı sızdığına tespit edilmesi yaklaşık 60 dakika sürmektedir (Abdul Hannan vd., 2018). Yapmış olduğumuz sistemde ise MQ-5 sensörü sayesinde 10 sn ve altındaki sürelerde bile gaz sızıntısı tespit edilebilmektedir. Bu sayede sızıntı seviyesi tehlikeli boyutlara ulaşmadan bilgi sahibi olunmaktadır.

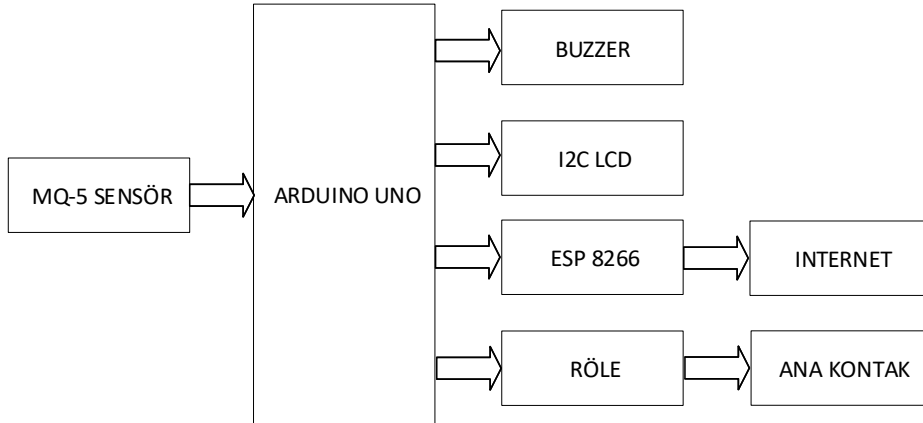
IoT ve LPG üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Tamizharasan ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, ev tipi LPG tüpünde bulunan gaz içeriğini ölçmek ve görüntülemek için IoT kullanmışlar ve LPG miktarını yük sensörü ile ölçtükten sonra gaz seviyesini MQ-6 sensörü ile tespit etmişlerdir. LPG seviyesi belli bir seviyenin altına gelince de GSM modülü ile de bilgilendirme yapmışlardır (Tamizharasan vd., 2019). Jiandong ve arkadaşları ise yapmış oldukları çalışmada, LPG izleme sisteminin özelliğini hedef alarak matematik simülasyon yazılımı ortaya koymuşlardır. Ağırlıklı ortalama veri birleştirme algoritmasını kullanarak, çoklu sensörlerden gelen verileri birleştirerek gerçek zamanlı olarak verileri göstermişlerdir (Jiandong vd., 2019). Garg ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, IoT ile LPG ocağının durumunu kontrol etmişler ve Android bir uygulama ile bunu göstermişlerdir. Tasarlanan sistem ile uzaktan LPG'nin durumunu kontrol etmişlerdir (Garg vd., 2018). Fraiwan ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada ise, gaz kaçağı tespiti için kablosuz bir cihaz kullanmışlardır. Gerçekleştirilen sistemde RF teknolojisini kullanarak iç mekânda 22m ve dış mekânda 110m ye kadar iletişim sağlayarak LPG kaçağını tespit etmişlerdir (Fraiwan vd., 2011). Lin Oo yaptığı çalışmada, ev tipi LPG tüpünde bulunan

gaz içeriği tespit ve izleme sistemini geliştirmiştir. Bu çalışmada gaz kaçağının tespiti ve LPG gaz tüpü ağırlığının düzenli olarak takip edilerek tüpte kalan gaz değerinin bilinmesi amaçlanmıştır (Lin Oo 2021). Amsaveni ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, LPG kaçağını MQ-6 sensörü ile tespit etmişler ve step motor kullanarak gazı kesmişlerdir. Kurdukları sistemde gaz kaçağını 2 saniye içerisinde tespit ederek, Buzzer ile GSM modülü üzerinden kullanıcıyı uyarılmışlardır (Amsaveni vd., 2015).

Bu makale çalışmasında IOT tabanlı LPG izleme, uyarı ve kapatma sistemine ait uygulama gerçekleştirilmiştir. Bölüm 1’ de detaylı olarak literatür araştırması verilmiştir. Bölüm 2’ de sisteme ait donanım ve yazılıma ait uygulamalar ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Bölüm 3’ de tartışma ve sonuç son bölümde ise sonuçlar verilmiştir.

## 2. MATERYAL – METOT

LPG sızıntısı ve yoğunluğunu izlemek için tasarlanan bu sistem, güvenli, riskli ve tehlikeli seviyelere göre çalışmaktadır. Tasarlanan sistemin donanım kısmında Arduino UNO mikro denetleyici kartı, MQ-5 LPG sensörü, ESP 8266 Wifi modül, LCD ekran, Buzzer ve röle kullanılmıştır. Yazılım kısmında ise Arduino IDE ve verileri anlık görüntülemek için Thingspeak platformu kullanılmıştır.



Şekil 1. Tasarlanan sistemin donanım blok diyagramı

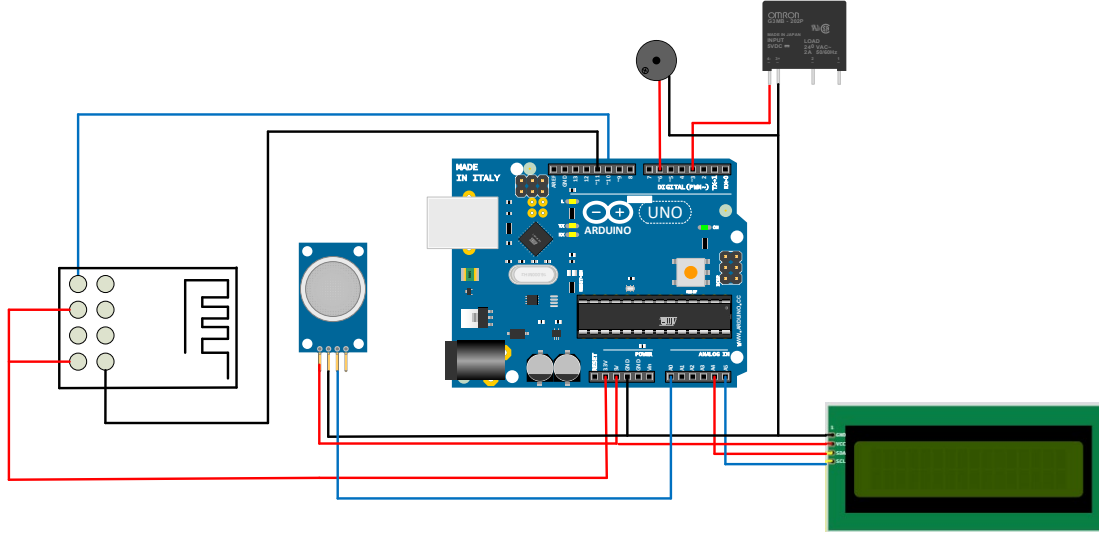
### 2.1.Blok Diyagram

Şekil 1’de görülen blok diyagramında, LPG sensöründen gelen veri değeri güvenli ve riskli bölge sınırlarında ise sistem sesli ve LCD biçimli görsel olarak uyarı vermektedir. Beraberinde wifi modül vasıtasıyla internete bağlanarak ölçüm değerlerini Thingspeak IoT platformuna göndermektedir. Ancak bu veri değeri tehlike sınıfına girdiğinde ise uyarılar ile birlikte gazı kesmektedir.

Ayrıca bu sistem belirlenebilecek referans süresi kadar zaman sonra hala sızıntının devam etmesi durumunda Arduino çıkışına bağlanan röle üzerinden ana kontağını kapatarak sistemin tüm enerjisini kesebilmektedir. Bu da olası yangın ve patlama riskini devre dışı bırakmaktadır. Aynı zamanda Buzzer’da çalışmaktadır.

### 2.2.Donanım Uygulaması

Donanımsal tasarım Şekil 2’de verilmiştir. Sensörün analog çıkışı Arduino’nun analog A0 pinine, ESP 8266’nın iki iletişim pinleri ise Arduino’nun 10 ve 11 nolu pinlerine bağlanmaktadır. I2C-LCD’nin SCL ve SDA pinleri, Arduino’nun A4 ve A5 pinlerine bağlanmıştır. Buzzer ve röle ise Arduino’nun 3 ve 6 nolu pinlere bağlanmıştır.



Şekil 2. Devre şeması

**Arduino UNO**, açık kaynaklı bir geliştirme ortamı olup, elektronik sistemlerde oldukça fazla kullanılmaktadır. Programlanabilir bir devre kartından ve program kodunu karta yüklemek için bir yazılımdan oluşur. Yazılım geliştirme aracı olarak Java ve C diline benzeyen bir dil kullanılmaktadır. Bunlar hem donanım hem de yazılım açısından kullanıcı dostudur. Arduino'nun bir USB konektörü, güç portu, mikrodenetleyici (UNO için Atmega 328P), Analog pinler, dijital pinler, reset butonu, kristal osilatör, USB arayüz çipi, Verici/alıcı LED'lerinden (TX/RX LED'leri) oluşur. (URL-1 2023; Kondaveeti vd., 2021).

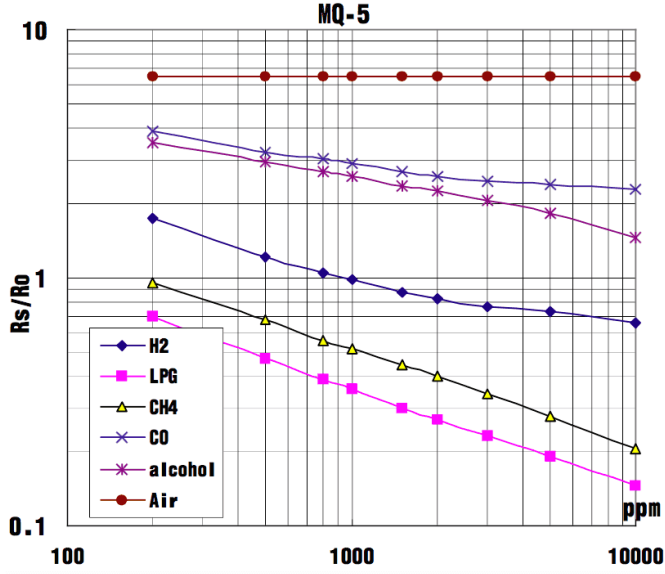
**MQ-5 gaz sensörü**, atmosferdeki LPG, doğalgaz ve sigara dumanı gibi gazları ölçmektedir. MQ-5 gaz sensörü -10 ila 50°C arasındaki sıcaklıkta çalışabilir. Bu sensör, 5V değerinde 800mW'dan daha az güç tüketmektedir. 200 ila 10.000ppm arasındaki gaz konsantrasyonlarını tespit etmektedir. Bu sensörlerin çıkışı analog dirençtir. Konsantrasyon değerlerini ppm cinsinden elde etmek için sensörlerin hassasiyet karakteristik eğrileri kullanılarak uygun şekilde kalibre edilmesi gerekir. Gaz sensörle temas ettiğinde sensörün direnci değişir. Bu değişiklik voltajın değişmesine neden olur. Bu voltaj değişimi okunarak işlem yapılmaktadır. Çeşitli gaz halindeki elementler için farklı hassasiyet değerleri vardır. RS algılama direncidir ve bu direncin değeri 10 ila 47 kiloohm arasında değişirken, sensörün algılama konsantrasyonu LPG için 200ppm ile 10.000ppm arasındadır. Devre oluşturulmadan önce kalibrasyon yapılmış gerekli kodlar Arduino içinde kodlanmıştır. Dolayısıyla ekran gözüken ve gönderilen ppm değerleri kalibre edilmiş değerlerdir. Oluşturulan devre için Rs direnci 20 kiloohm olarak seçilmiştir.

MQ gaz sensörleri modülü, sensörün mikro denetleyici olmadan çalışmasına imkan tanıyan dijital bir pine de sahiptir. Bu, yalnızca bir gaz türünü algılamaya çalışırken kullanışlıdır. ppm birimlerinde ölçmek için analog pinin kullanılması gerekir. Şekil 3'de farklı Rs/R0 değerlerinde oluşan ppm miktarlarında farklı konsantrasyon seviyelerini göstermektedir (URL-2 2023).

**ESP 8266**, modülleri herhangi bir wifi hattı üzerinden internete bağlanılarak veri yükleme ya da veri almak için kullanılan modüldür. Bu modüller, Arduino'dan web sunucularına standart HTTP protokolünü kullanarak veri aktarımı yapılmasına imkan sağlar. Öngerilim için +3,3V gerekir. Wi-Fi'ye erişmek için kendi AT komut setleri ve donanım yazılımı vardır. Bu, sensörden erişim noktasına veri göndermek için arduino cihazıyla arayüz oluşturulabilir. Modül, genel amaçlı giriş/çıkış (GPIO) pinleri sayesinde sensörler veya uygulamaya özel diğer cihazlarla entegre edilebilir. Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulaması için sensörler veya diğer birçok cihazla entegre edilmesini sağlayan yerleşik bir işleme ve depolama kapasitesine sahiptir. ESP-8266, mikro denetleyici içinde belirlenen wifi ağına, belirlenen kullanıcı adı ve şifreyi kullanarak bağlanır. (URL-3 2023).

**I2C LCD Display**, verilerin görüntülenmesi için kullanılan, 16 sütun ve 2 satırdan oluşan elektronik bir cihazdır. LCD ekranının çalışma voltajı 4,7V ila 5,3V arasındadır. HD47780 denetleyicisini kullanır. I2C sürücüsünün (PCF8574) yardımıyla 16 pinli bağlantı 4 pinli bağlantıya dönüştürülür. Bu dört pin VCC, GND, SDA ve SCL'dir. I2C programlama için Arduino IDE' de ayrı bir kütüphane mevcuttur.

Kütüphanenin adı Arduino-Liquid Crystal-I2C-library'dir.

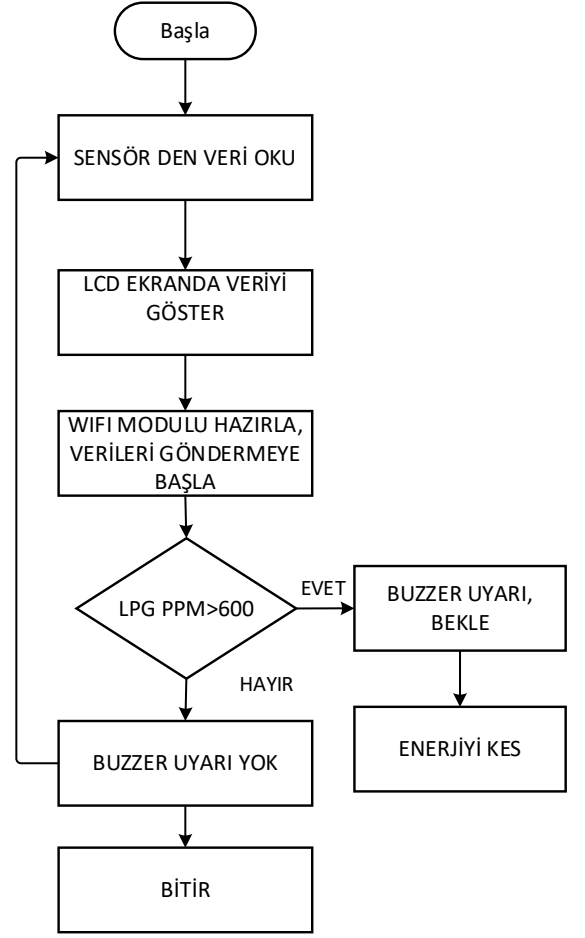


Şekil 3. MQ-5 Sensörü Rs/R0 değerlerine göre ppm seviyeleri

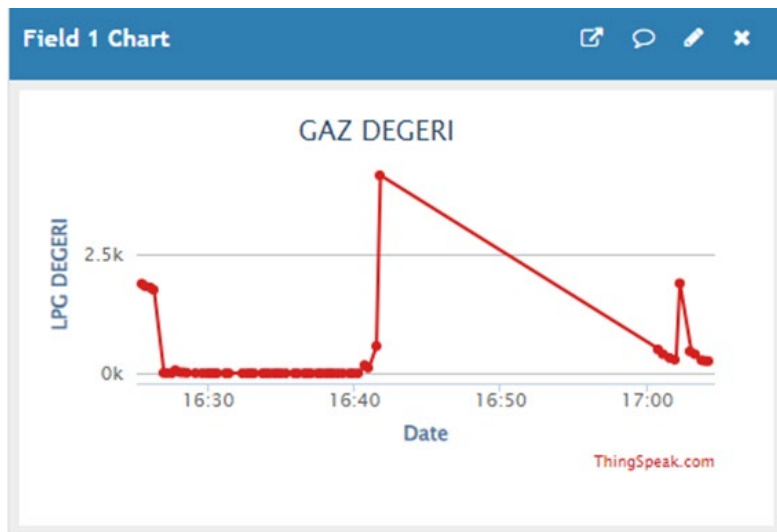
### 2.3.Yazılım Uygulaması

Şekil 4' de sisteminin akış şeması görülmektedir. Önce LCD ekranda gaz seviyesi gözükmekte, ardından wifi modülü aracılığıyla bu veri gönderilmeye başlanmaktadır. MQ-5 gaz sensörü LPG'nin varlığını 0-247ppm aralığında algırsa LCD ekranda güvenli (sistem çalışmaya devam eder), 248-747ppm aralığında ise riskli (sistem çalışmaya devam eder) ve 748ppm' den fazla algırsa LCD'de "Gaz Sızıntısı Algılandı" mesajı görüntülenecektir ve belli bir süre sonra (örneğin

5sn), Buzzer uyarı verecektir. Ardından tüm sistemin enerjisi kesilecektir. Her türlü gaz sızıntısı algılandığında (tüm bu ppm aralıklarında) LPG sızıntı bilgisi web ortamına aktarılarak kullanıcıya bilgi akışı sağlanmaktadır (Şekil 5).



Şekil 4. Akış Şeması

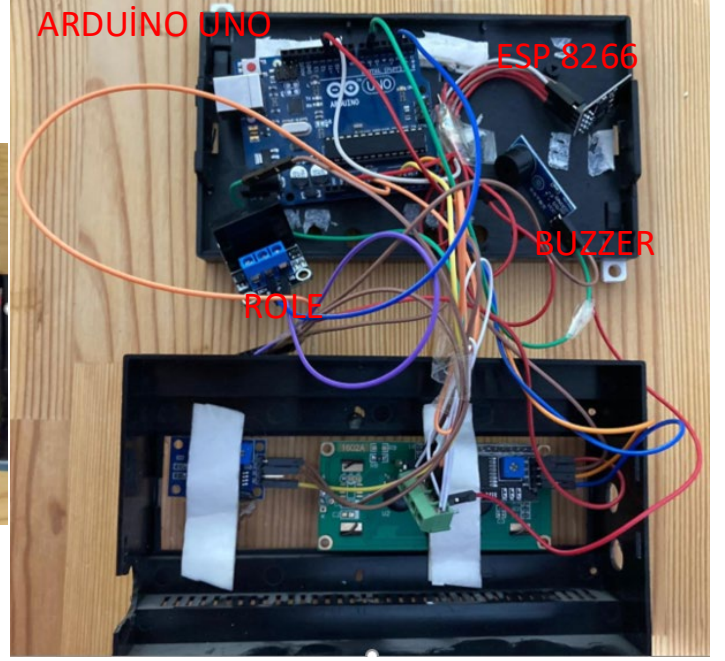


Şekil 5. Thingspeak veriler

### 3. SONUÇ

Sistemin uygulaması Şekil 6'de gösterilmektedir. Bu çalışmanın amacı işletmelerde ve sanayide gaz kaçağı oluştuğu anda patlama ve yangın riskini en aza indirmek için LPG seviyesini sürekli izlemek ve güvenli ve riskli seviyelerde kullanıcıya bilgi vermek, tehlikeli seviyede oluşan sızıntılarda sistemin enerjisini kesmektir. Böylece LPG sızıntısından kaynaklanan tehlikeler veya ölümcül kazalar engellenebilir ve önüne geçilebilir. Sistem

aynı zamanda gaz seviyesini sürekli ölçerek işletme dışından da verileri izleyebilme imkanı vermektedir. Bu sistemin standart gaz dedektörlü sistemlere göre avantajı, hızlı yanıt süresi sunması, kullanımının, tasarımının basit olması ve uygulanmasının kolay olmasıdır. Sistem diğer IoT cihazlarıyla da entegre edilerek daha farklı amaçlara hizmet eden sistemler geliştirilebilir. Radyofrekans haberleşmesi veya Lora gibi ağlarla sistem genişletilebilir. Ayrıca fan gibi havalandırma araçlarını çalıştırıp gaz sızıntısını tahliye edebilecek sistemler eklenebilir.



Şekil 6. Devre Şeması

### 4. Kaynaklar

Abdul Hannan, M., Zain, A., Salehuddin, F., Hazura, H., Idris, S., Hanim, A.R., Ah, A., Mohd Yusoff, N.S.S., 2018. Development of LPG leakage detector system using arduino with Internet of Things (IoT). J. Telecommun. Electron. Comput. Eng, vol. 10 (2-7), 91-95.

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.

Amsaveni, M., Anurupa, A., Anu Preetha, R.S., Malarvizhi, C., Gunasekaran, M., 2015. GSM based LPG leakage detection and controlling system. The International Journal of Engineering and Science, 112-116.

Fraiwan, L., Lweesy, K., Bani-Salma, A., Mani, A., 2011. A wireless home safety gas leakage detection system. 1st Middle East Conference on Biomedical Engineering, Sharjah, United Arab Emirates, 11-14.

Garg, S., Moy Chatterjee J., Kumar Agrawal R., 2018. Design of a Simple Gas Knob: An Application of IoT 2018. International Conference on Research in Intelligent and Computing in Engineering (RICE), San Salvador, El Salvador, 1-3.

Jaiswal, A.A., Thakur, A.B., Gawade, R.D., Kamble, K.S., Ansari, Md.S., 2022. Automatic LPG sensing device with switching off mechanism. Ijrasnet Journal For Research in Applied Science and Engineering Technology, 10 (4), 1132-1136.

- Jiandong, Y., Nong, S., Hongfei, L., 2019. A Data Fusion Method in LPG Monitoring System. Chinese Control and Decision Conference (CCDC), Nanchang, China, 6416-6421.
- Kholil, M., Ismanto I., Akhsani, R., 2021. Development of LPG Leak Detection System Using Instant Messaging Infrastructure Based on Internet of Things. International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT), Malang, Indonesia, 147-150.
- Kondaveeti, H.K., Kumaravelu, N.K., Vanambathina, S.D., Mathe, S.E., Vappangi, S., 2021. A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. Computer Science Review, 40, 100364.
- Macker, A., Shukla, A.K., Dey, S. and Agarwal, J. 2018. ARDUINO Based LPG Gas Monitoring & Automatic Cylinder Booking with Alert System, 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI), Tirunelveli, India, 2018, pp. 1209-1212.
- Mahalingam, A., Naayagi, R.T., Mastorakis, N.E., 2012. Design and implementation of an economic gas leakage detector. Recent Researches in Applications of Electrical and Computer Engineering, 20-24.
- Oo, Z.L., 2021. IoT Based LPG Gas Level Detection & Gas Leakage Accident Prevention with Alert System. Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, 9 (4), 404-409.
- Saad, H., Siddiqui, S.A., Naim N.F., Othman, N., 2022. Development of LPG Leakage Simulation System Integrated with the Internet of Things (IoT), 18th International Colloquium on Signal Processing & Applications (CSPA), Selangor, Malaysia, pp. 161-166,
- Siddagangaiah, S., 2016. A novel approach to IoT based plant health monitoring system. International Research Journal of Engineering and Technology, 3 (11), 880-886.
- Soundarya, T., Anchitalagammai, J.V., Deepa Priya, G., Karthick Kumar, S.S., 2014. C-leakage: Cylinder LPG Gas leakage Detection for home safety. IOSR Journal of Electronics and Communication, 9 (1), 53-58.
- Tamizharasan, V., Ravichandran, T., Sowndariya, M., Sandeep, R., Saravanavel, K., 2019. Gas level detection and automatic booking using IoT. 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS), Coimbatore, India, 922-925.
- URL-1, Arduino Guide, Erişim Tarihi: 17-09-2023, <https://www.arduino.cc/en/Guide>
- URL-2, Technical Data Sheet-MQ-5 Gas Sensor, Erişim Tarihi: 17-09-2023, [https://files.seeedstudio.com/wiki/Grove-Gas\\_Sensor-MQ5/res/MQ-5.pdf](https://files.seeedstudio.com/wiki/Grove-Gas_Sensor-MQ5/res/MQ-5.pdf)
- URL-3, Technical Data Sheet-ESP 8266, Erişim Tarihi: 17-09-2023, [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)