

Kritik Metan Yoğunluğu Tespit Robotu Prototip Tasarımı ve Üretimi

Oğuzhan ŞENEL¹ , Gürcan SAMTAŞ^{2*} 

¹Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Düzce, Türkiye

²Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Düzce, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 05.01.2022

Kabul: 04.04.2022

Anahtar Kelimeler:

Metan

Gaz tespiti

Mobil robotlar

Tasarım

İmalat

ÖZET

Metan, evsel atıkların çürümesi esnasında metanojen isimli arke bakteriler tarafından üretilen, rengi ve kokusu olmayan bir gazdır. Doğal gazın da ana bileşenlerinden biri olan metan gazı iyi bir yakıttır ve belirli koşullarda patlayıcı özellik gösterebilmektedir. Metan gazına özellikle çöplükler, geri dönüşüm tesisleri ve madenler gibi ortamlarda sıkça rastlanır. Bu ortamlarda kontrolünün sağlanamaması bugüne kadar yüzlerce patlama ve yangına sebebiyet vermiştir. Bu patlama ve yangınlar ciddi can ve mal kayıplarına yol açabilmektedir. Bu çalışmada metan gazının kontrol altında tutulmasını sağlayan mobil bir robot geliştirmek, böylece ülkemizde metan gazı kaynaklı olası patlamaların önüne geçmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ortamdaki metan yoğunluğunu ölçerek patlama koşullarını önceden tespit eden ve patlama gerçekleşmeden gerekli birimlere durumu bildiren bir robot tasarlanmış ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada gaz tespitinden farklı olarak özellikle metan gazının kontrolü üzerine odaklanılmış, robotun tasarımı metan gazının karşılaştığı ortamlarda kullanılmaya uygun şekilde yapılmıştır. Olası yangın durumlarında robotun deformasyona uğrama süresini uzatmak adına gövdesi 310 çelik sacdan üretilmiş ve iç yüzeyine seramik fiber ile yalıtım işlemi uygulanmıştır.

Critical Methane Density Detection Robot Prototype Design and Production

ARTICLE INFO

Received: 05.01.2022

Accepted: 04.04.2022

Keywords:

Metan

Gas detection

Mobile robots

Design

Manufacturing

ABSTRACT

Methane is a colorless and odorless gas produced by archaeal bacteria called methanogen during the decomposition of household waste. Methane gas, which is one of the main components of natural gas, is a good fuel and can show explosive properties under certain conditions. Methane is frequently encountered in environments such as landfills, recycling facilities and mines. The lack of control in these environments has caused hundreds of explosions and fires to date. These explosions and fires can cause serious loss of life and property. In this study, it is aimed to develop a mobile robot that keeps methane gas under control, thus preventing possible explosions caused by methane gas in our country. For this purpose, a robot was designed and produced, which detects the explosion conditions in advance by measuring the methane density in the environment and notifies the necessary units before the explosion occurs. In the study, unlike gas detection, the focus is on the control of methane gas, and the design of the robot is suitable for use in environments where methane gas is encountered. In order to prolong the deformation time of the robot in case of possible fire, its body is made of 310 steel sheet and its inner surface is insulated with ceramic fiber.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Robot terimi Çekçe “zorla çalışma” anlamına gelmektedir ve tarihte ilk olarak Karel Čapek tarafından bir tiyatro oyununda kullanılmıştır. Bu terim dünya tarafından hızla kabul görerek kullanılmaya başlanmıştır [1]. Robot tanımı üzerinde ise henüz bir fikir birliği sağlanamamıştır. Temel olarak robotlar bulunduğu ortam şartlarını algılayabilen, karar alabilen ve aldığı kararları

*Sorumlu yazar, e-posta: gurcansamtas@duzce.edu.tr

To cite this article: O. Şenel, G. Samtaş, Critical Methane Density Detection Robot Prototype Design and Production, Manufacturing Technologies and Applications, 3(1), 33-46, 2022.

<https://doi.org/10.52795/mateca.1053777>, This paper is licensed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

uygulayabilen makineler olarak ifade edilebilir. Bu özelliklerini kullanarak belirli görevleri yerine getiren robotlar Asimov'a göre üç robot yasasına uymak zorundadır. Bu yasalara göre; bir robot insanlara zarar veremez ya da eylemsiz kalarak zarar görmelerine izin veremez, robotlar birinci yasa ile ters düşmediği sürece insanların verdiği emirlere itaat etmek zorundadır ve birinci ve ikinci yasa ile ters düşmediği sürece robotlar kendi varlıklarını korumak zorundadır [2]. Robotlar savunma sanayi, endüstriyel üretim, temizlik hizmetleri, eğlence sektörü gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Arama çalışmalarında belirli madde ve cisimleri bulmada kullanıldıkları gibi zararlı madde ve gazların tespit edilmesinde de görev alabilmektedirler. Yapıları çok sayıda kritere göre değişiklik gösterdiğinden robotlar için genel bir sınıflandırma yapmak oldukça zordur. Robotlar eklem yapılarına, kullanım alanlarına, işlevsel özelliklerine, kontrol yöntemlerine ve çalışma prensiplerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır [3]. Robotlar, tarihi gelişimleri açısından ele alındığında endüstriyel ve mobil robotlar olmak üzere iki gruba ayrılabilirler. Mobil robotlar da kendi aralarında sınırlı menzilli ve sınırsız menzilli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [4]. Bu çalışmada tasarımı ve üretimi gerçekleştirilen metan yoğunluğu tespit robotu sınırsız menzilli mobil robotlar kategorisinde yer almaktadır.

Metan patlaması havada %4-%15 arası metan bulunduğu koşullarda gerçekleşmektedir [5]. Bu aralığın üzerindeki metan-hava karışımı alev ile karşılaştığında tutuşarak yanmakta fakat patlayıcı özellik göstermemektedir [6]. En güçlü patlamalar ortamda %9,5 metan ve yeterli miktarda oksijen bulunması ile meydana gelmektedir. Metan gazı havaya kıyasla yaklaşık yarı yarıya daha hafiftir. Bu nedenle sızıntı ve gaz kaçağı durumlarında yukarıya yükselmektedir. Bu durum madenler ve geri dönüşüm tesisleri gibi kapalı alanlarda metan yoğunluğunun ölçülerek kontrol altında tutulmasını güçleştirmektedir. Sızıntının meydana geldiği kapalı alanda hava tahliye kanalları bulunuyorsa sızan gaz zeminde birikmeden yükselerek tahliye olmaktadır. Fakat tahliye kanallarında herhangi bir sorun oluşması durumunda birikerek hızla %4-%15 yoğunluk değerine ulaşabilmekte, rengi ve kokusu olmadığı için bu durum ölçüm cihazları kullanılmadığı takdirde fark edilememektedir. Tasarlanan robot, ölçümleri esnasında metan birikimi oluşmaya başladığını tespit ettiğinde serbest dolaşımı bırakarak bulunduğu yerde alarm durumuna geçmektedir. Alarm durumunda robot iki farklı uyarı işlemini aynı anda gerçekleştirmektedir. Bu işlemlerden ilki sesli uyarı ile bulunduğu bölgeye yakın olan yetkilileri hızlıca bilgilendirmektir. İkinci işlem ise ölçüm sonucu elde ettiği ppm değerini rakamsal olarak ilgili birime göndermek ve gerekli prosedürün uygulanmasını sağlamaktır. Bu iki işlemten biri başarılı olduğu takdirde patlama gerçekleşmeden metanın tahliyesi sağlanarak patlamanın önüne geçilebilecektir. Patlamanın önceden tespit edilebilmesinde tarama yapılan ortamın büyüklüğü ve robotun tarama hızı önem arz etmektedir. Alınan güvenlik önlemleri riski en aza indirirse dahi patlama olasılığı her zaman olacaktır. Ortamda görev yapan makine veya operatörlerden kaynaklanan kıvılcım ve yangınlar çöplerin bulunduğu ortamda hızla yayılarak beklenmeyen patlamalara yol açabilmektedir. Bu gibi yangınlarda, yangının başlangıç aşamasında alınan aksiyonlar yangının gidişatı için oldukça belirleyici olmaktadır. Metanın yanma ısı, ısı kaynağına bağlı olarak 650-750°C arasında değişmektedir [7]. Böyle yüksek sıcaklıklarda yalıtım işlemi uygulanmamış mobil robotların deformasyona uğraması saniyeler sürmektedir. İnsanların aksine robotlar böyle felaket durumlarında korku ve şok gibi hislerin etkisi altında kalmadıklarından çok daha hızlı ve doğru tepkiler verebilmektedir. Bu nedenle yangın güvenliği alanında robotlar ve yapay zekâya güvenmek ve onları ortam koşullarına dayanıklı hale getirmek yerinde bir karar olacaktır.

Mobil robotların güvenlik alanında kullanımı 2000'li yıllara dayanmaktadır. Pektaş, 2010 yılında gerçekleştirdiği çalışma ile mobil bomba imha robotlarını işlevsellik yönünden inceleyerek bir mobil bomba imha robotu prototip tasarımı gerçekleştirmiştir. Çalışmada, modelleme alanında yaşanan zorlukların robotik sektörünün gelişimi ile azalabileceğine vurgu yapmıştır [8]. Özellikle bomba imha alanında mobil güvenlik robotlarının kullanımı zaman içinde artsa da yapılan literatür taramaları sonucu patlayıcı gaz tespiti üzerine az sayıda çalışma ile karşılaşmıştır. 2014 yılında Raju ve Rani android tabanlı bir otomatik gaz tespit robotu üzerine çalışmışlardır. Raju ve Rani bu çalışmada gaz kaçağı tespiti yapan mini robotun endüstriyel tesislerde kullanımını hedeflemişlerdir [9]. Türkiye'de gaz algılama robotları üzerine ilk çalışma ise Kanlı tarafından yapılmıştır. Bu robot

otonom yürüyüş ile alan içerisinde gezerek gaz ölçümü yapmakta ve gaz tespiti yaptığında alarm durumuna geçmektedir [10]. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesinde robotun reaksiyon hızı önem arz etmektedir. Birçok sensör ve sürücü kartı ile uyumlu olması, çıkış sayısının fazla olması ve açık kaynak kodlu olması Arduino mikrodenetleyici platformunu bu tarz uygulamalarda bir adım öne çıkarmaktadır. Arduino Mega modeli, bünyesinde 16MHz sorgu oranına sahip ATmega2560 işlemci barındırmaktadır [11]. İşlemcinin bu düzeyde yüksek hıza sahip olması, çok sayıda sensörden gelen bilgiyi işlerken ve gerekli işlemleri uygularken yaşanan gecikmeleri en aza indirecektir. Öte yandan güçlü bir işlemci ile çok sayıda elektronik aygıtı kontrol etmek için yoğun bir enerji gerekmektedir. Baykal'a göre geliştirilmesi gereken birçok özelliği olmasına rağmen günümüzde yüksek enerji kapasitesine ihtiyaç duyan, yüksek enerji yoğunluğu gerektiren projelerde Lityum-polimer (Li-po) sıklıkla tercih edilmektedir [12]. Li-po batarya hücrelerinin her biri tam doluda 4.2 V olmak üzere ortalama 3.7 V gerilime sahiptir [13]. Böylelikle 3 hücreli bir Li-po pil toplam 11.1 V gerilime sahip olacaktır.

Bu çalışmada ortamdaki sızıntı metan gazını tespit etmesinin yanı sıra, patlama ihtimalini analiz ederek geri bildirim gönderen mobil bir robot tasarlanmıştır. Robot, ultrasonik mesafe sensörleri yardımıyla etrafındaki engelleri algılamakta ve bu engellerden kurtularak ortam içerisinde hareket etmektedir. Robot, serbest dolaşımdayken gaz sensörü aracılığıyla ortamdaki metan gazının ölçümünü yapmaktadır. Gövdesine uygulanan yalıtım işlemi sayesinde robot yangın ortamında belirli bir süre daha aktif kalarak yangının büyümesini önleyici faaliyetlerde bulunabilecek ve ilgili birime bilgi aktarımı yapabilecektir. Yüksek ısı faktörünü değerlendirerek yangın durumunu tespit eden kritik metan yoğunluğu tespit robotu, yangın bölgesinden ya da yakınından geçen doğalgaz hattını kapatmak ya da itfaiyeye yangın ihbarı yapmak gibi işlemler için bildirim gönderebilecektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

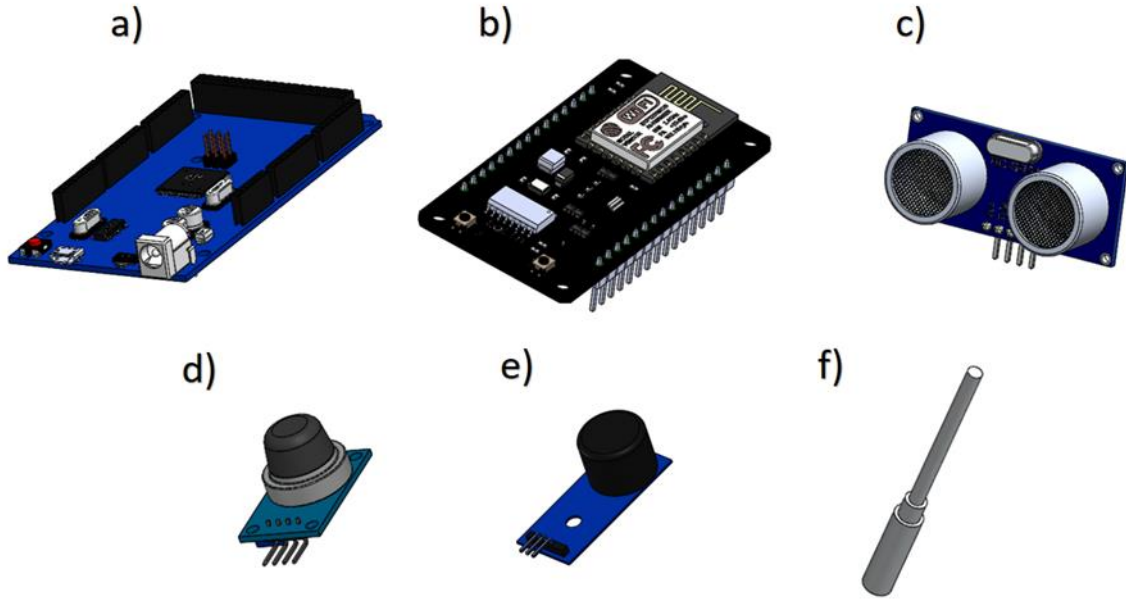
2.1. Kritik Metan Yoğunluğu Tespit Robotu Tasarımı (Designing the Critical Methane Density Detection Robot)

Tasarım sürecinin ilk aşamasında dikkat edilmesi gereken birkaç husus bulunmaktadır. Bu hususlardan ilki; robot şasisinin muhtemel ağırlığının hesaplanması ve robotun hareketini sağlayacak olan motorların bu ağırlığı hareket ettirmeye yetecek güçte olmasına dikkat edilmesidir. Yine robotun ağırlığına göre motorların çekeceği sürekli akım ve maksimum akım değerleri hesaplanmalı ve motor sürücü kartı bu değerler referans alınarak seçilmelidir. Göz önünde bulundurulması gereken bir diğer husus ise robotun gövdesinin çelik sacdan üretilecek olmasıdır. Çelik oldukça ağır bir malzeme olduğundan, robotun boyutlarındaki ufak değişimler dahi ağırlığına ciddi etki etmektedir. Bu nedenle motor ve sürücü kartı seçimi yapılmadan önce tasarlanan şasi; bu aygıtların eklenmesiyle ufak değişimler geçirebilecek olsa da boyutlarında büyük oranda artış olmamalıdır.

Bu çalışmada tasarım süreci bu üç hususa dikkat edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda ilk olarak kullanılacak olan elektronik aygıtlar ve yalıtım malzemesi belirlenerek boyutları hesaplanmıştır. Mikrodenetleyici kart olarak birçok motor ve motor sürücü kartı ile uyumlu olan Arduino platformu tercih edilmiştir. Böylelikle daha sonra yapılacak olan motor ve sürücü kartı tercihinde seçenek sayısı artmıştır. Projede kullanılacak aygıt sayısı göz önünde bulundurularak diğer Arduino mikrodenetleyici kartı modellerine nazaran daha fazla pin sayısına sahip olan Arduino Mega modeli projeye uygun görülmüştür. Robotun engelleri algılamasını sağlayacak olan 3 adet ultrasonik mesafe sensörü de HCSR04 modeli olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın temel amacı; metan sızıntısını henüz patlama koşulları oluşmamışken tespit ederek tahliye işlemi için imkân sağlamaktır. Metan yoğunluğunun %4-%15 aralığına geldiği bir alanda elektronik cihaz kullanmak ya da tahliye işlemi gerçekleştirmek son derece riskli olacaktır. Bu nedenle ortamdaki yoğunluk %4 değerine ulaşmadan, sızıntı tespit edilmeli ve gerekli tahliye işlemi gerçekleştirilmelidir. Çalışma kapsamında metan gazının tespiti ve yoğunluk ölçümünde kullanılacak olan gaz sensörü Arduino uyumlu MQ4 Gaz Sensörü olarak belirlenmiş ve tasarıma dâhil edilmiştir. Bu sensör 300 ile 10000 ppm arası çok düşük yoğunluklarda ölçüm yapabilmektedir. Bu sayede robot aslında eser miktarda sızıntıları dahi fark

edebilmektedir. Fakat her metan sızıntısı metan gazının ortamda birikmesine işaret değildir. Çok hafif olması nedeniyle metan, çoğu durumda ortamda birikmeden yükselerek havalandırma veya farklı bir yol ile tahliye olmaktadır. Metanın birikmediği koşullarda robotun sızıntıyı tespit ederek tesisin iş akışını durdurması istenmemektedir. Bu sebeple havada %0,03 oranına tekabül eden çok düşük yoğunluklar fark edilse de göz ardı edilecektir. Ancak ölçümler 9000 ppm değerini aştığında, sızıntı “ortamda metan birikimine sebebiyet verebilecek durum” olarak değerlendirilecektir. Sensörlerden birinin ortam koşullarından etkilenerek yanlış ölçüm yapması veya bozulması gibi sorunları bertaraf etmek ve ölçümleri karşılaştırarak daha doğru ölçümler elde edebilmek için iki adet gaz sensörü kullanılmıştır. İki sensörden biri 9000 ppm üzerinde bir ölçüm yaptığında robot uyarı verecektir. Robotun yangını algılamasını sağlayacak olan sıcaklık sensörü ise DFRobot markasının DFR0558 modeli olarak belirlenmiştir. Bu sensör ile 1350 °C dereceye kadar olan sıcaklıklar ölçülebilmektedir. Ölçülen sıcaklık değeri fabrika standartları referans alınarak belirlenen değerin üzerinde ise robot bu durumu yangın bildirimini yaparak değerlendirecektir. Her tesisin standart değerleri farklılık gösterebileceğinden çalışmada 70°C referans değer olarak kullanılmıştır. Bu sıcaklık değeri ile karşılaşıldığında SMS bildirim, kızılötesi sinyaller, bluetooth teknolojisi gibi birçok seçenek ile bildirim yapılabilir. Bu çalışmada kapsam alanının geniş olması nedeni ile iletişim birimi olarak ESP8266 Arduino uyumlu kablosuz ağ modülü tercih edilmiştir. Bu modül aracılığı ile robot görev aldığı tesisin kablosuz ağa bağlanarak veri aktarımı yapabilecektir. Robot, ölçülen sıcaklığı rakamsal olarak aktardıktan sonra bu veri ile yapılacak işlemler doğrudan tesisin imkan ve öncelikleri ile bağlantılı olacaktır. Veri aktarımı ile birlikte acil durum pozisyonunda sesli uyarının gerçekleştirilebilmesi için arduino uyumlu buzzer modülü kullanılmıştır. Bu aygıtların belirlenmesinin ardından çizimleri bilgisayar destekli tasarım programı vasıtasıyla tamamlanmıştır (Şekil 1). Tasarım sürecinde hazır olarak alınan malzemelerin ölçüleri için katalog değerleri referans alınmıştır.

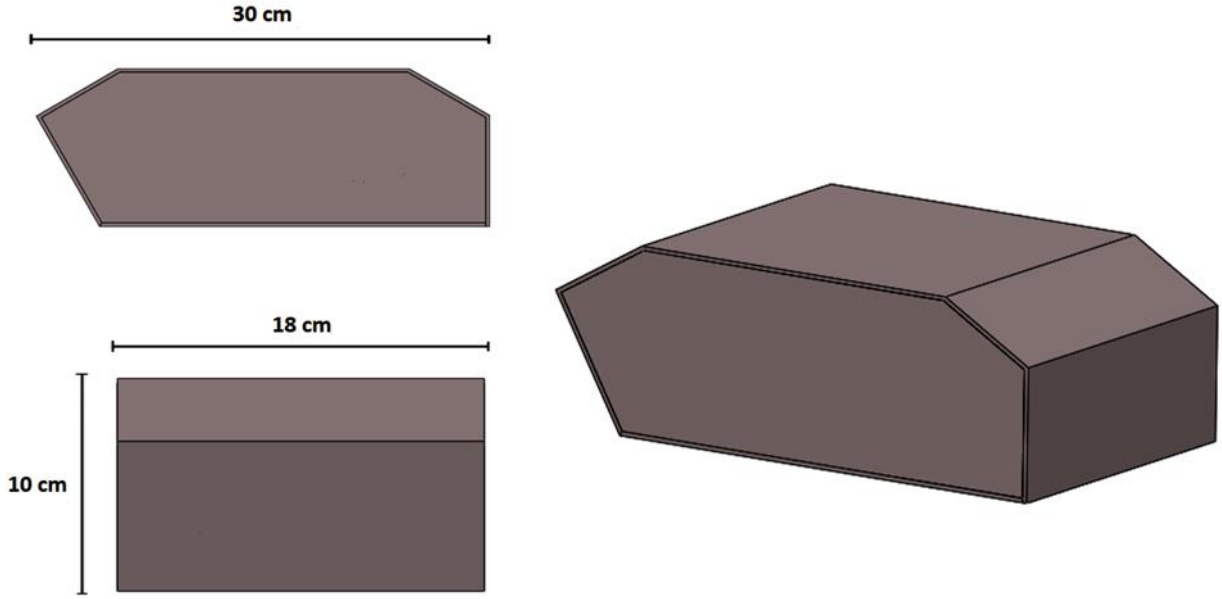


Şekil 1. Elektronik aygıtlar (Electronic devices);

- | | |
|--|---|
| a) Mikrodenetleyici kartı (Microcontroller card) | b) Kablosuz ağ haberleşme modülü (Wifi serial module) |
| c) Ultrasonik Mesafe Sensörü (Ultrasonic sensor) | d) Gaz Sensörü (Gas sensor) |
| e) Buzzer Modülü (Buzzer module) | f) Sıcaklık Sensörü (Temperature sensor) |

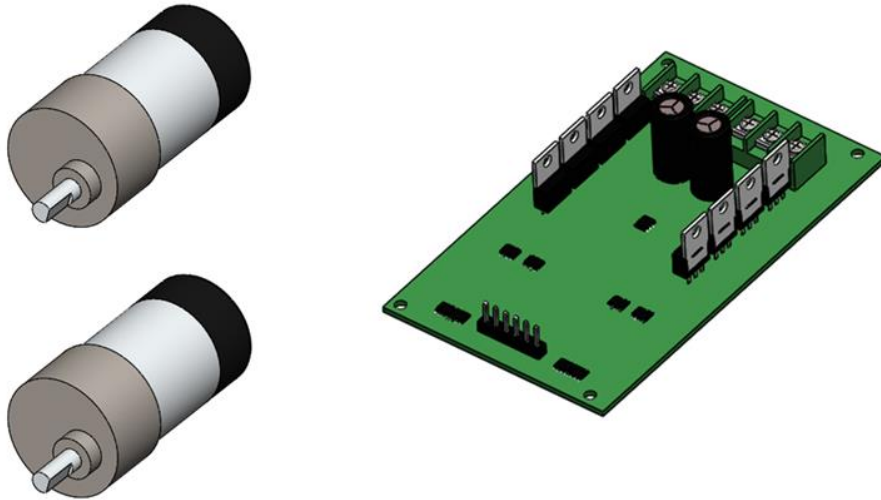
Şasi boyutlarının belirlenmesinde bir diğer etken ise iç yüzeye uygulanacak yalıtım işlemidir. Yangının ilk anlarında sıcaklık 600 °C dolaylarında seyretmektedir. Gövdeye uygulanan yalıtım malzemesi ise 1200 °C gibi yüksek sıcaklıkların yalıtımında kullanılan seramik elyaf battaniyedir. Seramik elyaf battaniye, bir diğer adıyla seramik fiber 96 kg/m³ ve 128 kg/m³ yoğunluk olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. 96 yoğunluklu seramik fiberin ısı transfer katsayısı 400 °C için 0,09 (w/m.k), 800 °C için 0.15 (w/m.k) olarak bilinmektedir. Gövde yalıtımı için

25mm kalınlığında 96 kg/m^3 yoğunlukta seramik fiber kullanımı tercih edilmiştir. Son malzeme tercihlerinin akabinde şasi tasarımı yapılarak ağırlığı hesaplanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Şasinin tasarımı ve ölçüleri (Design and dimensions of the chassis)

Tasarım sürecinin ilk aşaması tamamlandıktan sonra şasinin ağırlığı yaklaşık 3,6 kg olarak hesaplanmıştır. Bu ağırlığı hareket ettirmek üzere 19:1 redüksiyon oranına sahip 2 adet 12V redüktörlü DC motor seçilmiştir. Robotun hareketi için bu iki motorun farklı yön ve hızlarda birbirinden bağımsız olarak sürülebilmesi gerekmektedir. Motorların tanesi $8,5 \text{ kg/cm}$ yük taşıyabilmekte ve maksimum güçte 5,5A akım çekmektedir. Bu doğrultuda sürücü kartı olarak 5-35V gerilim altında kanal başı sürekli olarak 15A, anlık olarak 30A akım verebilen çift motor sürücü kartı seçilmiştir. Seçimlerin ardından motor ve sürücü kartının çizimleri bilgisayar ortamında gerçekleştirilerek tasarıma eklenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. DC motorlar ve sürücü kartı (DC motors and driver card)

Güç kaynağı olarak 11.1V 35C 4000mAh değerlerine sahip Lityum Polimer (Li-Po) pil tercih edilmiş, bilgisayar ortamında çizimi yapılarak tasarıma dâhil edilmiştir (Şekil 4).

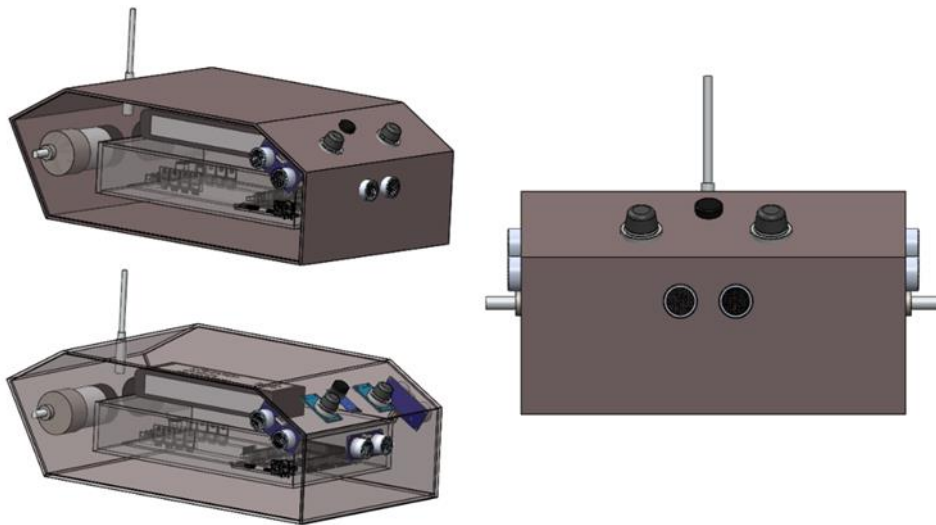


Şekil 4. Lityum polimer pil (Lithium polymer battery)

Motorların her birinin maksimum güçte 5.5A çektiği göz önünde bulundurulursa, diğer elektronik bileşenlerle birlikte robot maksimum güçte ortalama 13A akım çekecektir. Bu durumda maksimum güçte pilin çalışma süresi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\frac{4000 \text{ mAh}}{13000 \text{ mA}} \times 0.7 = 0.215 \text{ saat} = 13 \text{ dak} \quad (1)$$

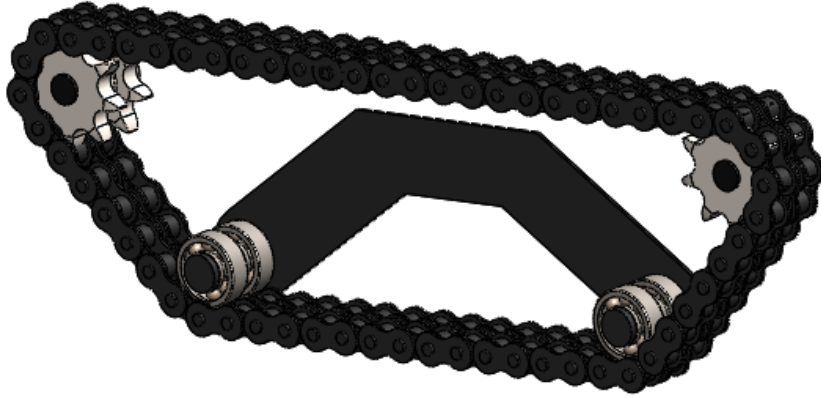
Eş.1’de 4000 mAh akü kapasitesi ile 13000 mA çekilen akımla pilin çalışma süresi 13 dakika olarak bulunmuştur. Bu süre; robotun, üzerine ağır bir cisim devrilmesi yahut şasenin iki cisim arasına sıkışarak motorların torkunun robotu bulunduğu pozisyondan çıkarmaya yetmemesi gibi olağandışı koşullarda maksimum güçle çalışırken pili tüketme süresidir. Normal kullanımda robotun ilerlediği zeminin eğimi, robotun dur-kalk işleminin artmasına neden olabilecek engel sayısı gibi parametrelere bağlı olarak pilin tükenme süresi değişiklik göstereceğinden net bir süre hesaplanamamaktadır. Ortalama bir fabrika koşulları baz alınır normal kullanımda pil ömrünün 2 - 3 saat aralığında olması beklenmektedir. Yapılan son elektronik aygıt seçimleri neticesinde bu aygıtların çizimleri de tasarıma eklenerek nihai şasi görünümü elde edilmiştir (Şekil 5). Eklenen elektronik malzemelerle birlikte yalıtım işlemi öncesi robotun muhtemel ağırlığı 4,1 kg olarak öngörülmüştür.



Şekil 5. Elektronik aygıtların şase üzerindeki görünümü (View of electronic devices on the chassis)

Robotun ağırlığı ve çalışma ortamı göz önünde bulundurularak hareketini palet sistemi ile sağlaması uygun görülmüştür. Böylece robotun hareket kabiliyeti fabrika zemininde bulunabilecek

yağ ve benzeri kaygan sıvılardan en az seviyede etkilenmiş olacaktır. Sıradan paletlerin büyük çoğunluğu kauçuk gibi yüksek sıcaklığa ve ateşe dayanımı düşük malzemeden imal edilmektedir. Bu çalışmada robotun paletleri metal zincir olarak tasarlanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Palet tasarımı (Pallet design)

Paletin metal bir zincir olarak tasarlanması hem sıcaklığa hem de yırtılma ve delinmelere karşı dayanımı artırmıştır. Tasarlanan iki ayrı paletin ağırlığı toplamda 2,2 kg olarak hesaplanmıştır. Böylece yalıtım işlemiyle birlikte robotun nihai ağırlığı 6,5 kg olarak öngörülmüştür. Bilgisayar ortamında çizimi tamamlanan paletler de eklendiğinde robotun nihai tasarımı elde edilmiştir (Şekil 7).

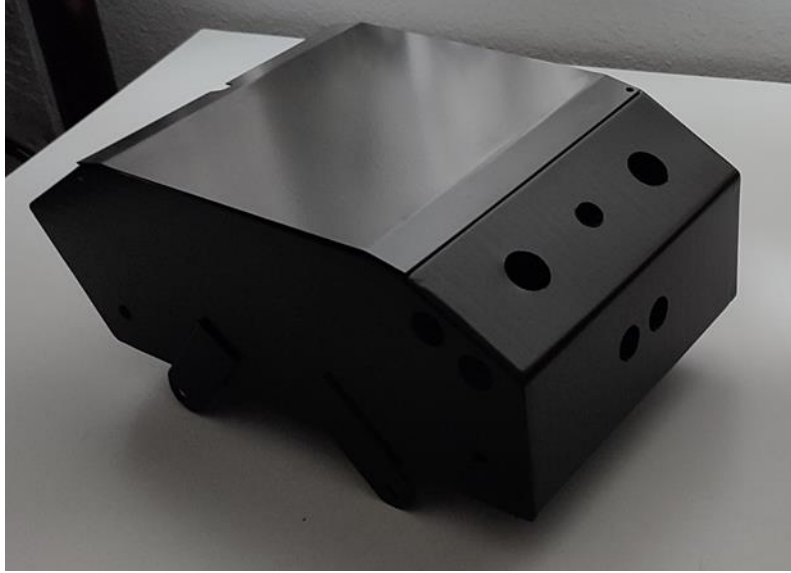


Şekil 7. Robotun Nihai Tasarımı (Final design of the robot)

2.2. Kritik Metan Yoğunluğu Tespit Robotu Üretimi (Manufacturing the Critical Methane Density Detection Robot)

2.2.1 Şasi Üretimi (Manufacturing the Chassis)

Bilgisayar ortamında tasarım süreci tamamlanan kritik metan yoğunluğu tespit robotunun imalat resimlerinin çıktısı alınarak bükme ve kaynak işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kesme ve büküm işlemlerinin ardından imalat resimlerindeki ölçüler baz alınarak motor milleri için 2 adet, ultrasonik mesafe sensörleri için 6 adet ve zil için 1 adet olmak üzere toplamda 9 adet delik açılmıştır. Delme işlemlerinin akabinde şasi elektostatik toz boya ile boyanmış ve pürüzsüz bir yüzey elde edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Hazırlanan şasi (Prepared chassis)

Şasi boyandıktan sonra bilgisayar ortamında tasarımı tamamlanan paletler hazırlanarak şasiye monte edilmiştir (Şekil 9). Paletlerin montajı ile robot yalıtım işleminin uygulanmasına hazır hale gelmiştir.



Şekil 9. Palet montajı tamamlandıktan sonra şasinin görüntüsü (Image of the chassis after the pallet assembly is completed)

2.2.2. Yalıtım İşleminin Uygulanması (Application of Insulation Process)

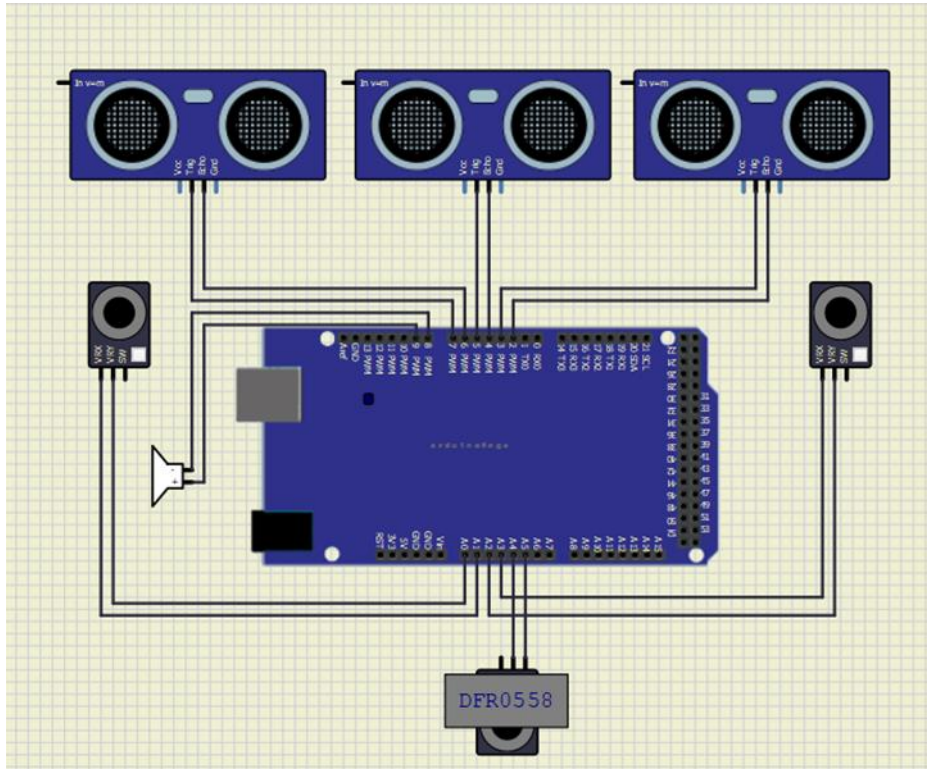
Şasinin üretimi tamamlandıktan sonra iç yüzeyine uygulanan seramik elyaf battaniye ile ısı yalıtım işlemi tamamlanmıştır. Şasinin iç yüzeyine tek katman olarak seramik elyaf uygulanmış, seramik elyafın çelik yüzeye yapışması için yüksek ısı dayanıklı yapıştırıcı kullanılmıştır. Uygulanan ısı yalıtım işlemi sonrası şasinin görüntüsü şekilde verilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Yalıtım işleminin ardından şasinin görünümü (View of the chassis after isolation process)

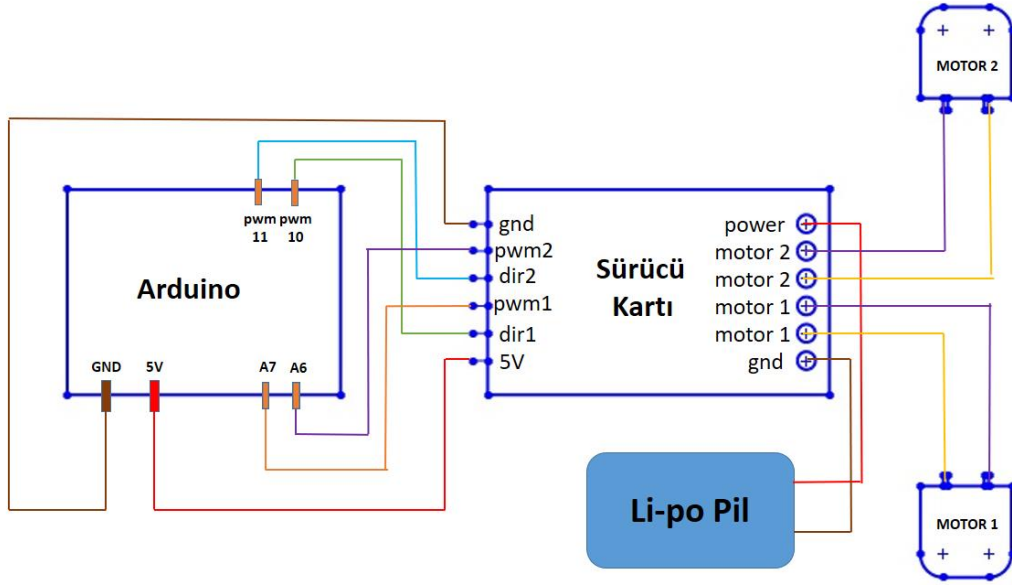
2.2.3. Elektronik Malzemeler ve Bağlantıları (Electronic Materials and Connections)

Ultrasonik mesafe sensörleri, gaz sensörleri ve ısı sensörünün bağlantıları şekildeki gibi gerçekleştirilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Sensörler ve buzzer modülünün bağlantı şeması (Connection diagram of sensors and buzzer module)

Çift motor sürücü kartının Arduino ve motor bağlantıları şekildeki gibi gerçekleştirilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Sürücü kartı ve motorların bağlantı şeması (Driver board and motors wiring diagram)

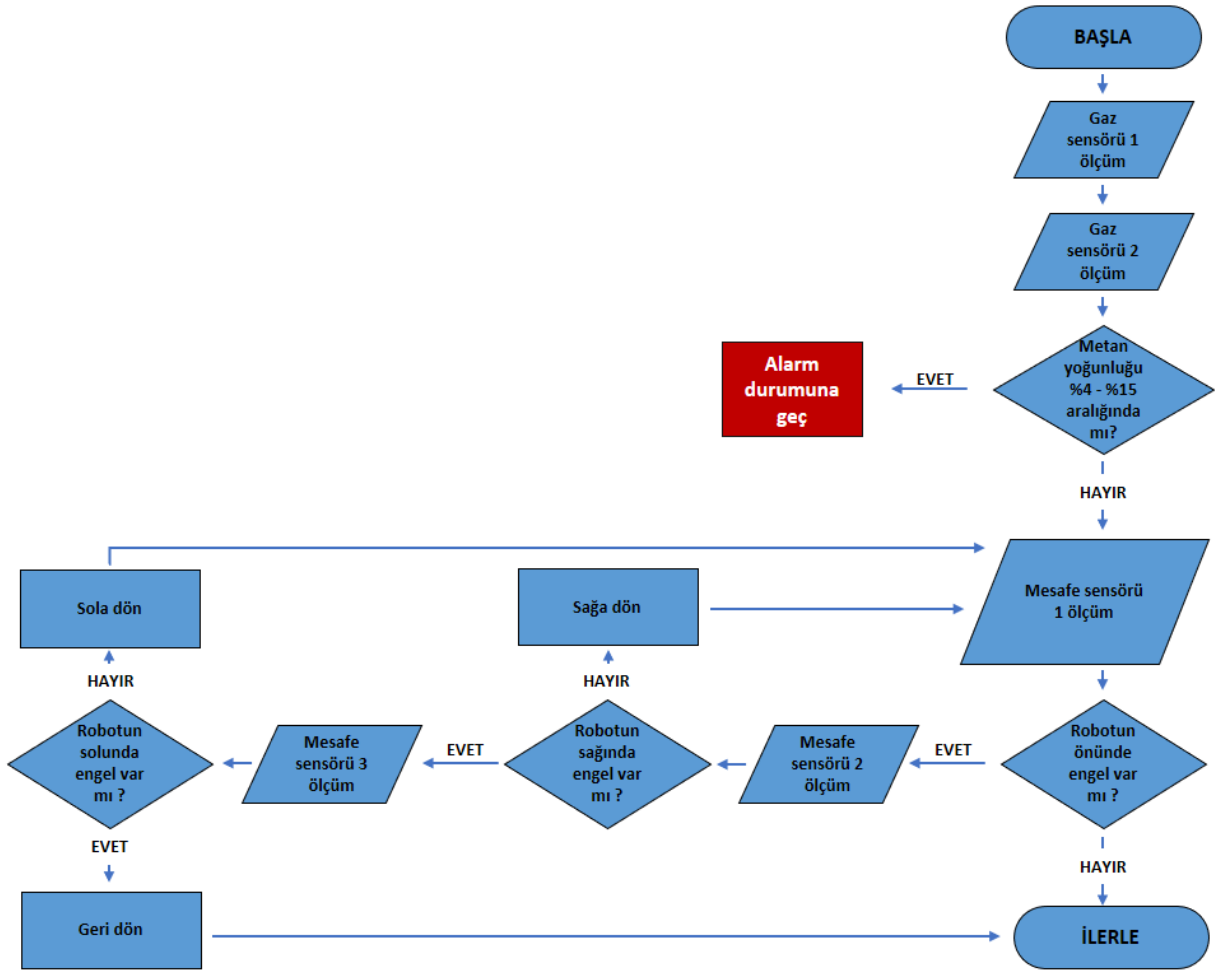
Elektronik bağlantıların tamamlanmasıyla robotun son görünümü şekildeki gibidir (Şekil 13).



Şekil 13. Robotun son görünümü (Final view of the robot)

2.2.4. Yazılımın Geliştirilmesi (Software Development)

Yazılım sürecinin ilk aşamasında robotun hareket algoritması belirlenmiştir (Şekil 14). Robotun hareketi belirlenen algoritma üzerine kurgulanarak mikrodenetleyici platformunun derleyicisinde derlenmiş ve mikrodenetleyici karta yüklenmiştir. Sağ ve sola dönüşlerde tek paletin ileri yönlü çalışması yerine paletlerden biri ileri diğeri geri hareket edecek şekilde programlanmıştır. Böylelikle robotun neredeyse olduğu yerde dönecek kadar manevra kabiliyetine sahip olması sağlanmıştır.



Şekil 14. Robotun hareket algoritması (Motion algorithm of the robot)

Algoritmada belirtilen iş sıralamasında metan yoğunluğunun kontrol edilmesi için robotun bir adım ilerlemesi gerekmektedir. Robotun dar ve üç yönü kapalı bölgelerde hareketi esnasında manevra süresi uzamakta; bu durum metan yoğunluğu ölçümünde gecikmeye sebep olmaktadır. Bu durumun ortaya çıkaracağı risk faktörünün önüne geçmek adına kod bloğunda düzenlemeye gidilerek algoritmadan bağımsız ek yoğunluk ölçümleri eklenmiştir. Ek ölçümler sonucu metan yoğunluğunun tehlikeli düzeyde olduğu tespit edildiği takdirde eklenen yazılım algoritmayı yarıda keserek alarm durumuna geçmektedir.

2.2.5. Sensör Doğruluk Testleri (Sensor Accuracy Tests)

Robotun en temel iki fonksiyonu olan serbest dolaşım ve metan gazı tespitini başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmesi için mesafe ve gaz sensörlerinin tutarlı ve doğru ölçümler yapmaları önem arz etmektedir. Engelin yerini ve kendisi ile arasındaki mesafeyi ölçerek bir sonraki ilerleme yönüne karar verebilmesi için robot şasisine biri önde ikisi yanlarda olmak üzere 3 adet ultrasonik mesafe sensörü yerleştirilmiştir. Ultrasonik mesafe sensörü ile mesafe ölçümü yapılırken ses dalgalarından yararlanılmaktadır. Sensör, ses dalgası üreten “trig” bölümü ve kendisine çarpan ses dalgasını algılayan “echo” bölümü olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Ölçümün yapılması için trig bölümünden bir ses dalgası gönderilerek, ses dalgasının engele çarpıp trig bölümüne dönmesi beklenmiş ve iki işlem arasındaki süre mikro saniye olarak ölçülmüştür. Bu süre zarfında ses dalgası engele kadar gidip geri geldiğinden; ölçülen süre ikiye bölünerek sesin sensörden engele ulaşma süresi hesaplanmıştır. Bu süre, sesin 1 mikro saniyede milimetre cinsinden aldığı yol olan 0.343 değeri ile çarpılarak engel ile sensör arasındaki uzaklık milimetre olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 2).

$$Mesafe = \frac{\text{Ölçülen süre}}{2} \times 0.343 \quad (2)$$

Ultrasonik mesafe sensörünün doğruluğunu test etmek adına her sensörün önüne bir engel konulmuş, bu engellerin uzaklıkları dijital kumpas ile 100 mm olarak ayarlanmıştır. Eş.2 kullanılarak sensörler aracılığı ile yapılan mesafe ölçümü sonuçları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Sensör doğruluğu test sonuçları (Sensor accuracy test results)

	Deneme 1 (mm)	Deneme 2 (mm)	Deneme 3 (mm)	Deneme 4 (mm)	Deneme 5 (mm)
Sensör 1	100	100	101	101	101
Sensör 2	103	102	102	102	102
Sensör 3	103	102	102	102	102

Gaz tespitinde kullanılan sensörlerin doğruluk testleri metanla ilişkisi bulunmayan sıradan bir kapalı ortamda başlatılmıştır. Gaz sensörlerinin ısıdıktan sonra daha isabetli ölçümler vermesi sebebiyle teste başlamadan önce 10 saniye sensörlerin ısınması beklenmiş ve sonrasında teste başlanmıştır. Testin ilk aşamasında sıradan kapalı ortam havasında 5 saniye içinde 10 adet ölçüm yapılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Standart ortam koşullarındaki metan gazı yoğunluk ölçüm değerleri (Measurement values of methane gas density in standart ambient conditions)

	Sensör 1 (ppm)	Sensör 2 (ppm)
Ölçüm 1	292.00	289.00
Ölçüm 2	287.00	286.00
Ölçüm 3	287.00	288.00
Ölçüm 4	286.00	287.00
Ölçüm 5	287.00	287.00
Ölçüm 6	288.00	289.00
Ölçüm 7	292.00	292.00
Ölçüm 8	290.00	292.00
Ölçüm 9	289.00	292.00
Ölçüm 10	288.00	288.00

İkinci aşamada her iki sensöre eşit uzaklıktaki kaynaktan içinde yaklaşık %90 metan gazı bulunan doğal gaz karışımı 2 bar basınç ile püskürtülürken aynı işlem uygulanarak 5 saniye içinde 10 adet ölçüm yapılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Metan püskürtülmesi sırasındaki metan gazı yoğunluk ölçüm değerleri (Measurement values of methane gas density during methane gas flowing through sensors)

	Sensör 1 (ppm)	Sensör 2 (ppm)
Ölçüm 1	731.00	729.00
Ölçüm 2	711.00	715.00
Ölçüm 3	719.00	713.00
Ölçüm 4	720.00	719.00
Ölçüm 5	727.00	728.00

Ölçüm 6	728.00	728.00
Ölçüm 7	727.00	726.00
Ölçüm 8	733.00	721.00
Ölçüm 9	731.00	730.00
Ölçüm 10	732.00	735.00

3. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada bulunduğu ortamda serbest dolaşım yaparak ortamdaki metan yoğunluğunu ölçen mobil bir güvenlik robotu tasarlanarak üretimi gerçekleştirilmiştir. Şasi içerisindeki elektronik aygıtların olası yangın durumunda belirli düzeye kadar sıcaklıktan korunabilmesi için yalıtım işlemi uygulanmıştır. İzolasyonda kullanılan seramik elyafın çok düşük ısı geçirgenliği olması nedeni ile dışarıdaki ısıyı içeri almamasının yanı sıra robotun içindeki elektronik aygıtların ısınıp da içeri hapsediği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan motorlar taşıdıkları şasiye göre fazlasıyla yeterli tork gücüne sahip olduklarından normal kullanımda düşük miktarda akım çekmekte, sürücü kartı ve pilde ısınmaya neden olmamaktadır. Isınma potansiyeli daha yüksek bileşenlerin kullanıldığı ve robotun kullanım süresinin daha uzun olduğu çalışmalarda yalıtım işlemi yapılırken robot içerisindeki havanın da ısınıp kaybetmeyeceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Robotun pilinin tamamen tükenme süresi kullanım koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterse de genel olarak 2 saatin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Fakat Li-po pilin tamamen deşarj olması pil ömrünü ciddi düzeyde kısaltmaktadır. Bu nedenle tamamen tükenmeden yeniden şarj edilmelidir. Kullanım sonunda pilde aşırı ısınmaya rastlanmamıştır.

Mesafe sensörlerinin doğruluk testleri gerçekleştirilirken her sensörün 100 mm uzağına bir engel konularak 5 adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. Toplamda 15 ölçüm sonucunda 100 mm – 103 mm aralığındaki değerlere rastlanmıştır. 3 mm yanılma payı kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir. Bunun yanında sensörler ve engeller sabit olmasına rağmen aynı sensörden farklı ölçüm sonuçları alınmıştır. Birinci sensör 2 kez 100 mm, 3 kez 101 mm değerlerini göstermiştir. İkinci ve üçüncü sensörler 1 kez 103 mm, 4 kez 102 mm değerlerini göstermişlerdir. Bu durum sonucunda ortam koşullarının ses dalgalarını etkileyerek ölçüm sonuçlarında az da olsa hatalara sebebiyet verdiği kanaat getirilmiştir. İlerleyen çalışmalarda üretilen ses dalgalarının gürültülü, tozlu ve yüksek sıcaklıktaki ortamlardaki bozulma oranları ve bu ortamlardaki ölçüm hassasiyetlerinin incelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Gaz sensörlerinin testleri iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada standart oda koşullarında yapılan 10 adet ölçümde 286 ile 292 ppm arası değerlere rastlanmıştır. Sensör 300 ppm'in altında ölçüm yapamadığı için 300 ppm'in altındaki bu değerler neticesinde ortamda metan gazı bulunmadığı varsayılmıştır. İkinci aşamada %90 metan içeren doğal gazın 2 barlık basınçla sensörlere püskürtülmesi esnasında 10 adet ölçüm daha yapılmış ve 711 ile 730 ppm arası değerler ile karşılaşmıştır. Metan gazının patlama aralığına ulaşabilmesi için havada en az %4 yoğunluk oranına, yani 40.000 ppm değerine ulaşması gerekmektedir. Test aşamasında ise sabit hızla sensörlere doğru püskürtülmesine rağmen ölçülen metan değeri 300 ppm dolaylarından 730 ppm dolaylarına yükselebilmektedir. Bu durum metanın hafif olması sebebiyle ortamda hızla dağıldığını kanıtlamaktadır. Ölçülen bu değerler neticesinde metanın ortamda birikmeye başladığı kanısına varılabilmesi için ortam zemininde ulaşması gereken değer 9000 ppm olarak belirlenmiştir.

Robot serbest dolaşımı esnasında ölçtüğü metan değeri 9000 ppm düzeyine ulaştığında bulunduğu yerde sabit kalarak sesli uyarı vermektedir. Böylelikle metan yoğunluğu %0,9'dan %4'e yükselene kadar uyarıyı fark ederek tahliye işlemlerinin gerçekleşmesi için zaman kazanılmıştır. Fakat uyarının fark edilerek gerekli adımların atılması insan faktörüne bağlıdır. İnsan faktörünü ortadan kaldırarak hata payını en azına indirebilmek adına ileride robotun kablosuz ağ yapılanması bulunan tesislerde kullanılması durumunda bu ağ üzerinden veri aktarımı yapabilmesi için bir kablosuz ağ modülü robota eklenmiştir. Bağlanılmak istenen ağ adı,

ağ şifresi ve verinin gönderileceği adres yazılıma dahil edilmelidir. Kullanılan kablosuz ağ modülünün güvenlik açıklarına sebep olabileceği göz önünde bulundurularak belirlenen şifre ve adresler hiçbir koşulda üçüncü kişiler ile paylaşılmamalı, herhangi bir platformda yayınlanmamalıdır.

Metan gazı kaynaklı patlamalar dünya genelinde ciddi hasar ve kayıplara yol açmaktadır. Robotlar ve yapay zekanın kullanımı ile metan gazı kaynaklı patlamaların büyük çoğunluğunu önlemek mümkündür. Fakat robotların bu alanda etkili kullanımı için bu alanda çok daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışma Düzce Üniversitesi BAP-2021.06.06-1168 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir. Projedeki bükme ve kaynak işlemleri Batı Çelik firması sponsorluğunda gerçekleştirilmiştir. Yalıtım işlemlerinde kullanılan yalıtım malzemeleri Teksan Refrakter firması sponsorluğunda temin edilmiştir. Desteklerinden ötürü yazarlar DÜBAP'a, Batı Çelik ve Teksan Refrakter firmalarına teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. H.P. Moravec, Robot Technology, Encyclopedia Britannica, 1998.
2. I. Asimov, Ben Robot, İthaki Yayınları, İstanbul, 2016.
3. G. Gürgüze, İ. Türkoğlu, Kullanım alanlarına göre robot sistemlerinin sınıflandırılması, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 31(1), 53-66, 2019.
4. A. Dobra, General classification of robots. Size criteria, 23rd International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, 3-5 September, 2014, Slovakia.
5. M. Durşen, B. Yasun, Yeraltında Bulunan Zararlı Gazlar ve Metan Drenajı, İSGÜM, Ankara, 2012.
6. O. Solak, Türkiye'deki katı atık deponi alanlarında oluşan gazın çevresel ve ekonomik açıdan incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2015.
7. K. Lambert, Tercüme:Y.D. Gürer, Yanıcılık Sınırları, http://www.cfbt-be.com/images/artikelen/artikel_34_TR.pdf, 2016.
8. Ö. Ö. Pektaş, Mobil bomba imha robotlarının incelenmesi ve prototip robot tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.
9. C.M. Raju, N.S. Rani, An android based automatic gas detection and indication Robot, International Journal of Computer Engineering and Applications, 3(1): 55-59, 2014.
10. Ö. Kanlı, Development of gas detection Robot, Master Thesis, Adnan Menderes University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Aydın, 2016.
11. J. Hau-Shiue, L. Kai-Yew, Design and control of a two-wheel self-balancing robot using the arduino microcontroller board, 10th IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA), 12-14 June 2013, Hangzhou.
12. T. Baykal, Lityum polimer bataryalar için batarya yönetim sistemi geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.
13. G. Yalın, Pem yakıt hücresi-lityum polimer batarya hibrit sistemiyle tahrikli mini-İHA üretimi ve enerji yönetim sisteminin modellenmesi, Doktora Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir, 2019.