



**İSTANBUL MEDENİYET
ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE VE ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ARAÇ ALGILAMASI YAPAN OTOPARK SENSÖR
SİSTEMİ TASARIMI VE BU SİSTEMİN ENERJİSİNİN,
ÇEVRESEL ETKİLERİNİN ANALİZİ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Ahmet Faruk KARAKEBELİOĞLU

Kasım-2019



**İSTANBUL MEDENİYET
ÜNİVERSİTESİ**

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE VE ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

**ARAÇ ALGILAMASI YAPAN OTOPARK SENSÖR
SİSTEMİ TASARIMI VE BU SİSTEMİN ENERJİSİNİN,
ÇEVRESEL ETKİLERİNİN ANALİZİ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Ahmet Faruk KARAKEBELİOĞLU

Tez Danışmanı:

Dr.Öğr.Üyesi Hasan KÖTEN

Kasım-2019

ONAY

İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrencisi olan Ahmet Faruk KARAKEBELİOĞLU'nun hazırladığı ve jüri önünde savunduğu "Araç Algılaması Yapan Otopark Sensör Sistemi Tasarımı Ve Bu Sistemin Enerjisinin, Çevresel Etkilerinin Analizi" başlıklı tez başarılı kabul edilmiştir.

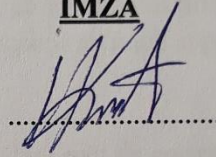
JÜRİ ÜYELERİ

Tez Danışmanı:

[Dr.Öğr.Üyesi, Hasan KÖTEN]

Kurumu: İstanbul Medeniyet Üniversitesi

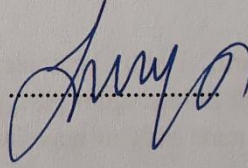
İMZA



Üyeler:

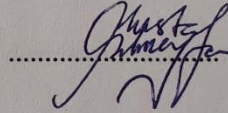
[Prof.Dr., Erkan ŞAHİNKAYA]

Kurumu: İstanbul Medeniyet Üniversitesi



[Doç.Dr., Mustafa YILMAZ]

Kurumu: Marmara Üniversitesi



[Ünvanı, Adı ve Soyadı]

Kurumu:

.....

[Ünvanı, Adı ve Soyadı]

Kurumu:

.....

Tez Savunma Tarihi: 16.12.2019

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

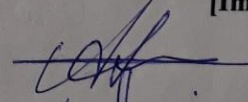
İstanbul Medeniyet Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü bünyesinde hazırladığım bu Yüksek Lisans tezinin bizzat tarafımdan ve kendi sözcüklerimle yazılmış orijinal bir çalışma olduğunu ve bu tezde;

- 1- Çeşitli yazarların çalışmalarından faydalandığımda bu çalışmaların ilgili bölümlerini doğru ve net biçimde göstererek yazarlara açık biçimde atıfta bulunduğumu;
- 2- Yazdığım metinlerin tamamı ya da sadece bir kısmı, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmışsa bunu da açıkça ifade ederek gösterdiğimi;
- 3- Alıntılanan başkalarına ait tüm verileri (tablo, grafik, şekil vb. de dahil olmak üzere) atıflarla belirttiğimi;
- 4- Başka yazarların kendi kelimeleriyle alıntılarladığım metinlerini kaynak göstererek atıfta bulunduğum gibi, yine başka yazarlara ait olup fakat kendi sözcüklerimle ifade ettiğim hususları da istisnasız olarak kaynak göstererek belirttiğimi,

beyan ve bu etik ilkeleri ihlal etmiş olmam halinde bütün sonuçlarına katlanacağımı kabul ederim.

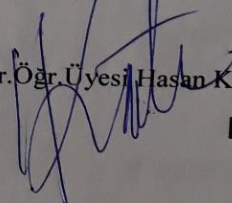
Ahmet Faruk KARAKEBELİOĞLU

[İmza]



Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hasan KÖTEN

[İmza]



TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sürecinde yardımlarını esirgemeyen başta danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi Hasan KÖTEN olmak üzere bütün yüksek lisans hocalarıma, tıpkı bir hoca gibi bildiklerini benimle paylaşarak bilgi birikimimi geliştirmemde bana yardımcı olan tüm iş arkadaşlarıma, yöneticilerime ve öğretim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım...

İÇİNDEKİLER

ONAY	i
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER.....	xi
TABLO LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET VE ANAHTAR KELİMELEER	xvii
ABSTRACT AND KEYWORDS.....	xix
GİRİŞ.....	1
1. LİTERATÜR TARAMASI	3
2. PCB (BASKILI DEVRE KARTI) VE PCB TASARIMI .	7
2.1. PCB’lerde Kullanılan Sensörler Ve Çeşitleri	8
2.2. Temel Elektronik Komponentler	9
2.2.1. İndüktör.....	9
2.2.2. Transistör	10
2.2.3. Direnç	12
2.2.4. Kondansatörler	13
2.2.5. Diyotlar ve çeşitleri	14
2.2.5.1. LED’ler	15
2.2.5.2. Zener diyotlar.....	15
2.2.5.3. Şotki diyotlar.....	15
2.2.5.4. Lazer diyotlar	15
2.2.5.5. Foto diyotlar	16
2.2.5.6. Tünel diyotlar.....	16
2.2.5.7. Varaktör Diyot.....	16
2.2.6. Kristaller	17
2.2.7. İşlemci.....	17
3. ŞEMATİK, PCB VE DONANIM TASARIMI SÜRECİ	19
3.1. Gereksinimlerin Belirlenmesi Ve Komponent Seçimi.....	19
3.2. Şematik Tasarım Yapılması.....	21
3.3. PCB Tasarım Yapılması	24
3.4. PCB Baskısı Ve PCB Testleri.....	40
3.4.1. PCB baskısı	40
3.4.2. PCB’nin fonksiyonel testleri.....	41
3.4.3. PCB’ye gerekli yazılımların aktarılması.....	42
3.4.4. PCB çalışma testleri.....	43

4. TASARLANAN SİSTEM İÇİN FARKLI ORTAM KOŞULLARINA UYGUN KUTU TASARIMI47

- 4.1. Sistemin Çalışacağı Ortam Ve Hava Şartları Analizi 47
- 4.2. Manyetik Otopark Sensörü Kutusunun İki Boyutlu Tasarımının Yapılması .. 51
- 4.3. Manyetik Otopark Sensörü Kutusunun Üç Boyutlu Tasarımının Yapılması.. 54

5. TASARLANAN SİSTEM SONRASI ATMOSFERE SALINAN CO₂ EMİSYONUNDAKİ DEĞİŞİM HESAPLARI59

- 5.1. Farklı Tipteki Araçlar İçin CO₂ Emisyonu Hesapları..... 59
 - 5.1.1. Hatchback tip araç için CO₂ emisyonu hesabı..... 59
 - 5.1.2. Hafif ticari tipi araç için CO₂ emisyonu hesabı 60
 - 5.1.3. SUV tipi (benzinli) araç için CO₂ emisyonu hesabı 61
 - 5.1.4. SUV tipi (dizel) araç için CO₂ emisyonu hesabı 62
 - 5.1.5. Sedan tip (dizel) araç için CO₂ emisyonu hesabı..... 62
 - 5.1.6. Sedan tip (benzinli) araç için CO₂ emisyonu hesabı..... 63
- 5.2. Otopark Sensör Sistemi Otoparka Kurulmadan Önce, Araçların Otoparkı Kullandığında Salınım Yaptığı Aylık ve Yıllık Ortalama CO₂ Miktarı Hesapları 64
 - 5.2.1. Hatchback tip araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları . 65
 - 5.2.2. Hafif ticari tip araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları. 65
 - 5.2.3. SUV tipi (dizel) araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları 66
 - 5.2.4. Sedan tip (dizel) araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları 66
 - 5.2.5. SUV tipi (benzinli) araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları 67
 - 5.2.6. Sedan tip (benzinli) araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları 67
- 5.3. Sistem Kurulduktan Sonra Otoparkı Kullanan Farklı Tipteki Araçların Aylık ve Yıllık CO₂ Salınımları..... 68
 - 5.3.1. Sistem kurulduktan sonra hatchback araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları..... 68
 - 5.3.2. Sistem kurulduktan sonra hafif ticari araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları..... 69
 - 5.3.3. Sistem kurulduktan sonra SUV tipi (dizel) araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları..... 70
 - 5.3.4. Sistem kurulduktan sonra sedan tip (dizel) araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları..... 70
 - 5.3.5. Sistem kurulduktan sonra SUV tipi (benzinli) araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları..... 70
 - 5.3.6. Sistem kurulduktan sonra sedan tip (benzinli) araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları..... 71

6. TASARLANAN SİSTEM SONRASI ENERJİ KÂRI HESAPLARI73

- 6.1. Hatchback Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Benzinli) 73
- 6.2. Hafif Ticari Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Dizel) 74
- 6.3. SUV Tipi Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Dizel) 76

6.4. Sedan Tip Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Dizel)	77
6.5. SUV Tipi Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Benzinli)	78
6.6. Sedan Tip Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Benzinli)	80
6.7. Seçilen Otopark İçin Enerji ve CO ₂ Emisyonu Kârı Hesapları	81
7. YAPILAN ÇALIŞMANIN DİĞER ARAÇ ALGILAMA SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI	85
8. SONUÇ	87
KAYNAKÇA.....	89
ÖZGEÇMİŞ	93

KISALTMALAR

1. **PCB:** Printed Circuit Board
2. **RF:** Radio Frequency
3. **MFCC:** Mel Frekanslı Keptum Sayıları
4. **VQ:** Vektör Kuantalama
5. **K-NN:** En Yakın Komşuluk
6. **SVM:** Destek Vektör Makineleri
7. **GPS:** Global Positioning System
8. **SMD:** Surface Mounted Device
9. **BJT:** Bipolar Junction Transistor
10. **MOSFET:** Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
11. **NTC:** Negative Temperature Coefficient
12. **PTC:** Positive Temperature Coefficient
13. **LDR:** Light-Dependent Resistors
14. **AC:** Alternating Current
15. **DC:** Direct Current
16. **LED:** Light Emitting Diode
17. **P:** Pozitif
18. **N:** Negatif
19. **mAh:** Milliampere-Hour
20. **Kh:** Kilohertz
21. **NB-IoT:** Narrow Band Internet of Things
22. **ESD:** Electro Static Discharge
23. **GSM:** Global System for Mobile Communications
24. **GPRS:** General Packet Radio Service
25. **LTE:** Long Term Evolution
26. **RST:** Reset
27. **UART:** Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
28. **EMC:** ElectroMagnetic Compatibility
29. **EMI:** ElectroMagnetic Interference
30. **VBAT:** Battery Voltage
31. **dB:** Decibel
32. **ns:** Nanosaniye
33. **kg:** Kilogram
34. **mm:** Milimetre
35. **cm:** Santimetre
36. **km:** Kilometre
37. **m:** Metre
38. **kJ:** Kilojoule
39. **kcal:** Kilocalorie
40. **J:** Joule
41. **TJ:** Terajoule
42. **HP:** Horse Power

- 43. **lt:** Litre
- 44. **gr:** Gram
- 45. **KIP:** Küresel Isınmaya Etki Potansiyeli
- 46. **SUV:** Sport Utility Vehicle
- 47. **TL:** Türk Lirası
- 48. **H:** Henry
- 49. **F:** Farad

SEMBOLLER

1. **m²**: Metrekare
2. **CO₂**: Karbondioksit
3. **tCO₂**: Ton Karbondioksit
4. **CH₄**: Metan
5. **N₂O**: Diazot Monoksit
6. **I/O**: Input/Output
7. **V**: Gerilim
8. **I**: Akım
9. **R**: Direnç
10. **C**: Kondansatör Sığası
11. **oz**: Ons
12. **cc**: Cubic Centimeter

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1. Farklı Araç Tiplerinin Km’de Salınım Yaptığı CO ₂ Emisyon Miktarları	64
Tablo 2. Sistem kurulmadan Önce Otoparkı Kullanan Araçların, Otopark Yeri Ararken Salınım Yapmış Oldukları Aylık ve Yıllık CO ₂ Emisyonları.....	68
Tablo 3. Sistem Kurulduktan Sonra Otoparkı Kullanan Araçların, Otopark Yeri Ararken Salınım Yapmış Oldukları Aylık ve Yıllık CO ₂ Emisyonları.....	71
Tablo 4. Farklı Tipteki Araçların, Otoparkta Park Yeri Ararken Sarf Etmiş Oldukları Yakıt Göz Önüne Alınarak, Aylık ve Yıllık Harcanan Yakıt Ücretinin ve Yakıt Miktarının Sistem Kurulmadan Önce ve Sistem Kurulduktan Sonraki Durumları	81

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Örnek bir PCB resmi(https://www.electronicdesign.com/boards/11-myths-about-pcb-layout , 2016).	7
Şekil 2. Sensör örnekleri(http://www.inverter-plc.net/sens%C3%B6rler/sens%C3%B6r.html).	9
Şekil 3. İndüktör örnekleri(http://gei-inc.com/inductors/).	10
Şekil 4. BJT transistör sembolleri(http://www.angelfire.com/planet/ckmk/transistor.htm). ...	11
Şekil 5. MOSFET sembolleri.	11
Şekil 6. Direnç örnekleri(https://www.exportersindia.com/cermetresistronics/metal-oxide-resistors-pune-india-127716.htm).	13
Şekil 7. Diyot sembolü(https://maker.robotistan.com/diyot-nedir/ , 2018).	14
Şekil 8. Farklı yapılardaki diyotların akım-gerilim grafikleri(http://hcgurlek.tripod.com/ana2.htm).	14
Şekil 9. Örnek bir güneş paneli(https://solarevi.com/gunes-paneli).	16
Şekil 10. Örnek bir işlemci(https://teknolojiProjeleri.com/teknik/islemci-nedir-nasil-calisir-ne-ise-yarar).	17
Şekil 11. Modülü resetleme devresi.	23
Şekil 12. PCB'nin katman yapısı.	27
Şekil 13. PCB şekli.	28
Şekil 14. Sensörün PCB üzerindeki konumu.	29
Şekil 15. Sistemin kurulabileceği bir otopark alanı(https://ispark.istanbul/ispark-otoparklari-yenileniyor/).	30
Şekil 16. İşlemci katının PCB üzerindeki konumu.	31
Şekil 17. İşlemcinin çalışma durumunu gösteren LED.	32
Şekil 18. PCB'nin güç katı.	33
Şekil 19. PCB'de haberleşme katı yerleşme konumu.	33
Şekil 20. PCB'nin haberleşme katı, top kısmı.	34
Şekil 21. PCB'nin haberleşme katı bottom kısmı.	35
Şekil 22. Viaların PCB üzerindeki farklı yerleşimleri(Clinton, 2018).	36
Şekil 23. Simkart holder yol çizimi.	39
Şekil 24. PCB tasarımının son hali.	40
Şekil 25. İşlemciye yazılım atılan JTAG pini.	43
Şekil 26. Sensör üzerinde araç yok iken sensörden alınan sayısal veriler.	44
Şekil 27. Sensör üzerinde araç var iken sensörden alınan sayısal veriler.	44
Şekil 28. Aracın çıkış yapması esnasında alınan sensör verileri.	45
Şekil 29. İstanbul'un sıcaklık ve yağış istatistikleri(https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL).	47
Şekil 30. Manyetik otopark sensörü kutusunun iki boyutlu tasarımı.	51
Şekil 31. Kutu kapağı yan görünüş.	52
Şekil 32. Kutu kapağı üstten görünüş.	52
Şekil 33. Kutu kapağı alttan görünüş.	53
Şekil 34. Kutu alt görünüşü.	53
Şekil 35. Cihaz kutusunun 3 boyutlu görünüşü üst kesiti.	54

Şekil 36. Cihaz kutusunun 3 boyutlu görünüşü alt kesiti.....	55
Şekil 37. Cihaz kutusunun 3 boyutlu görünüşü, iç kısım.....	55
Şekil 38. Cihaz kutusunun kapağı ve dış kesiti	56
Şekil 39. Kapağı sabitlemek için kutuya silikon uygulanacak olan kısım.	57

ÖZET VE ANAHTAR KELİMELELER

Şehirlerde giderek artan araç yoğunluğu ile birlikte birçok problemle karşılaşmaktadır. Bunun örneklerinden biri de otoparklardaki araç yoğunluklarıdır. Otoparklardaki araç yoğunluğunun fazla olması ile birlikte sürücülerin otoparklarda park yeri ararken geçirmiş oldukları süreler artmakta ve buna bağlı olarak çevreye salınan CO₂ gazı ve harcanan enerji artmaktadır. Bu çalışmada bu sorunların önüne geçmek amacıyla Manyetik Otopark Sensör Sistemi tasarımı yapılmıştır.

Sistemin tasarımında ilk olarak, gereksinim duyulan elektronik elemanlar tespit edilmiş, daha sonra bir PCB tasarım programında sistemin şematik tasarımı, PCB tasarımı ve RF(Radio Frequency) tasarımı yapılmıştır. PCB tamamlanıp bastırıldıktan ve dizgisi yapıldıktan sonra gerekli yazılımlar aktarılmıştır. Bir sonraki adım olarak, sistemin çalışacağı ortam koşulları ve karşılaşılabileceği zor şartlar araştırılarak bu durumlara uygun bir kutu tasarımı yapılmıştır.

Sistem tasarımının tamamlanmasının ardından sistemin çalışması denenmiştir. Sistemin, üzerinde bulunan aracı algılayabildiği ve buna paralel olarak aracın varlık yokluk bilgisini tespit edebildiği ortaya konmuştur.

Çalışmanın bir sonraki adımı ise sistem ile kazanılacak olan kazanımları tespit etmek olmuştur. Sistem şehir içerisindeki bir otoparka kurulduktan sonra, araçların otopark yeri ararken geçirmiş olduğu zamanın azalması ile birlikte atmosfere salınan CO₂ emisyonundaki azalma birçok araç tipi için tespit edilmiş ve tablolastırılmıştır. Burada şehrin tümü düşünüldüğünde yüksek miktarlarda CO₂ emisyonundan tasarruf edildiği görülmüştür. Sistem kurulduktan sonra araçların park yeri ararken geçirdiği süre azalmıştır ve buna bağlı olarak araçların harcadığı toplam enerji miktarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Farklı tipteki araçlar için hesaplar yapılmış ve bu sistem şehrin bütün otoparklarına kurulduğunda yüksek miktarlarda enerji tasarrufu elde edilebildiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Manyetik Otopark Sensörü, Araç Algılama, Kablosuz Manyetik Sensör, Trafik Mühendisliği, Otoparklarda CO₂ Emisyonu Azaltımı, Otoparklarda Araçlar İçin Enerji Tasarrufu

ABSTRACT AND KEYWORDS

Many problems are being faced with the increasing vehicle density in the cities. An example of this is vehicle density in car parks. With the high density of the vehicles in the car parks, the time spent by the drivers while they are searching for parking spaces increases and depending on this, the CO₂ gas emission and energy consumption increase. In this study, Magnetic Car Park Sensor System was designed to prevent these problems.

First in the design of the system, required electronic components have been detected. Then, schematic design, PCB design and RF (Radio Frequency) design of the system were completed in a PCB design program. After the PCB production, the required software has been transferred to the PCB. In the next step, a case has been designed according to the environmental conditions in which the system will work and the difficult conditions it may encounter.

After the system design was completed, the operation of the system was tried. It has been shown that the system is able to detect the vehicle on it and, in parallel, detect the presence of the vehicle.

The next step of the study was to determine the advantages of the system. After the system was installed in a car park in the city, the reduction of CO₂ emission to the atmosphere and the reduction of the time that spent by the vehicles while searching for parking spaces was determined and a table was made for many vehicle types. Considering the whole city, saving high amounts of CO₂ emissions were seen. After the installation of the system the time that spent by the vehicles was reduced while searching for parking spaces. It was determined that the total amount of energy consumed by the vehicles decreased. Calculations were made for different types of vehicles and it was found that high energy savings can be achieved when this system is installed in all car parks of the city.

Key Words: Magnetic Park Sensor, Car Detect, Wireless Magnetic Sensor, Traffic Engineering, Decreasing CO₂ Emission In Car Parks, Energy Saving For Cars In Car Parks

GİRİŞ

Günümüzde trafikteki araç sayısının artması, beraberinde birçok sorun getirmektedir. Yollarda yaşanan trafik sıkışıklığı, otoparklarda sürücülerin park yeri ararken yaşadığı zorluklar, artan CO₂ emisyonunun getirmiş olduğu çevresel kirlilikler ve trafikte geçirilen fazlaca zaman sonucu ortaya çıkan enerji kaybı bu sorunlara örnek olarak verilebilir.

Bu çalışmada; artan araç sayısı ile beraber özellikle büyük şehirlerin ortak sorunu haline gelen otopark yoğunluğu sonucu, sürücülerin otoparklarda park yeri ararken geçirmiş olduğu zamanı, harcanan yakıtı minimize etmek amacıyla bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistem, temel olarak otoparklarda araç algılaması mantığına dayanmaktadır. Büyük otoparklarda, her bir araçlık otopark bölümünün altına yerleştirilen manyetik otopark sensör sistemi vasıtasıyla bahsi geçen otopark bölümlerinde araç algılaması yapılmıştır.

Araç algılaması yapıldıktan sonra tespit edilen araç varlık-yokluk bilgisi istenilen bilgi ortamına gönderilerek sürücülerin kullanımına sunulacaktır. Bu sayede sürücülerin özellikle büyük şehirlerdeki otoparkları kullanırken boş park yeri bulmaları kolaylaşacaktır. Bunun yanı sıra sistem tüm otoparklara kurulduğu zaman otopark yoğunluk haritası ve otopark yoğunluk durumu gibi verilerin tespiti mümkün olacaktır.

Bu sistemin tasarımı esnasında çalışılması gereken üç ana kısımdan söz edilebilir. Bunlar elektronik donanım, yazılım ve kutu tasarımı kısımlarıdır. Bu çalışmada, sistemin elektronik donanım tasarımı ve kutu tasarımı kısımlarından söz edilmiş, bununla birlikte yazılım kısmına da değinilmiştir. İlk olarak bilimsel literatür gözden geçirilerek bu alanda yapılmış olan çalışmalar incelemeye tabi tutulmuştur. Daha sonra, bu çalışmada sistemi oluşturan elemanlar ve bir elektronik devrede ne amaçla kullanıldıkları tanıtılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan elektronik elemanlar konusunda gereksinimler belirlendikten sonra; şematik tasarım, PCB tasarım ve RF tasarım süreçlerine geçilmiştir.

Sistem PCB'si ortaya çıktıktan sonra bir sonraki adım olarak fonksiyonel testler ve çalışma testleri olarak görülmüş ve gerekli testler uygulanmıştır. Test süreçlerinin ardından sistem için uygun bir kutu tasarımına geçilmiş, iki ve üç boyutlu kutu tasarımları yapılmıştır. Kutu tasarımı yapılırken sistemin çalışacağı koşullar araştırılmış ve tasarımda bu detaylara dikkat edilmiştir.

Yapılan çalışmadaki bir sonraki adım, otoparklarda park yeri arayan araçların çevreye salınım yaptığı CO₂ emisyonundaki azalma hesaplarıdır. Bu hesaplamalar farklı araç tipleri için gerçekleştirilmiş ve çevreye salınan CO₂ emisyonundaki azalmaya vurgu yapılmıştır.

Yapılan çalışmada değinilen bir başka nokta ise, araçların otoparklarda park yeri ararken geçirmiş olduğu zamandaki ciddi azalma ile birlikte araçların aylık ve yıllık bazda tasarruf ettikleri enerjidir. Bu enerji tasarrufları yine çeşitli araçlar için aylık ve yıllık bazda hesaplanmış ve ortaya konmuştur.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Akustik ve Sismik Sinyallerinden Araç Tanıma adlı çalışmada iki temel analiz yapısı kullanılmıştır. Mel Frekansı Keptum Sayıları(MFCC) ve Vektör Kuantalama(VQ) metodları kullanılarak sinyallerin nitelikleri ortaya konulmuştur. K-NN (en yakın komşuluk) ve SVM(destek vektör makineleri) metodları ile araç algılama durumları incelenmiştir. Araştırma sonucu akustik işaretler için SVM metodu, sismik işaretler için k-NN metodunun yüksek doğrulukta araç tanıma başarısı gösterdiği görülmüştür (Özgündüz ve diğerleri, 2010).

Görüntü İşleme ile Mikro İnsansız Hava Araçlarının Algılanması adlı çalışmada bilgisayarla görme metodu kullanılarak özellikle insansız hava araçlarında kullanılmak üzere bilgisayarla nesne algılama çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışma ile çevredeki mini insansız hava araçlarının algılanması amaçlanmıştır. SVM işaret sınıflandırıcı ile farklı yöntemler ile yapılan çalışmalarda en doğru sonuç FAST-SIFT yöntem çifti ile sağlanmıştır (Gökçe ve diğerleri, 2014).

GMR Sensörler ile Gerçek Zamanlı Trafik Verilerinin Elde Edilmesi için bir Gömülü Sistem Tasarımı adlı çalışmada GMR sensörler vasıtasıyla karayollarına döşenen sensörlerin üzerinden araç geçtiği zaman değişen manyetik alan şiddetini kullanarak taşıtın hızı ve uzunluğu gibi verileri elde edecek yazılım geliştirilmiştir. Yapılan deneyler ile birlikte kullanılan sensörün, aracın dingil mesafelerinde daha yoğun sinyaller verdiği tespit edilmiş, aracın hızı ve boyu yaklaşık olarak elde edilmiştir (Transist 2011 IV. Ulaşım Sempozyumu Ve Sergisi Bildiriler, 2011: 53).

Kablosuz manyetik sensörler kullanarak karar ağacı algoritma tabanlı araç sınıflandırmasının gerçekleştirilmesi adlı çalışmada geliştirilen yazılımla bir algoritma ve J48 makine öğrenme yazılımı kullanılarak deneyler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Otomobil, minibüs, otobüs, kamyon gibi araçlar ile deneyler yapılmış olup, deney sonucunda J48 makine öğrenme yazılımı ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışma ile farklı tipteki araçlar algılanarak, bu alanda yoldan geçen araçların sınıflandırması yapılmıştır(Vançin ve Erdem, 2017).

Detection, Tracking and Classification of Vehicles and Aircraft based on Magnetic Sensing Technology adlı çalışmada manyetik sensörler vasıtasıyla algılama yapan bir sistem geliştirilmiş ve bu sistem havaalanında araç ve uçak tespiti için kullanılmak istenmiştir. Hedef nokta, araç tespiti ve sınıflandırması olmaktadır. Bir havaalanında sensörler kurularak deneyler yapılmıştır. Farklı uçak tiplerinin, havaalanında bu sensörleri etkileyerek çıkış verme durumları incelenmiştir. Ayrıca denenen sensör sisteminin otoyol yönetiminde de kullanılabileceği belirtilmektedir(Dimitropoulos ve diğerleri, 2008).

A Field Experience for a Vehicle Recognition System using Magnetic Sensors adlı çalışmada manyetik sensörler kullanarak araç tanıma sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem araba, otobüs, minibüs gibi araçlar ile gerçeklenmeye çalışılmıştır. Ayrıca sinyal analizleri ile araç hızı gibi tespitlerde yapılmıştır. Sistem araç verilerinden alınan manyetik alan sinyallerinin belli eşik değerinin üzerine çıkması ile çalışmaktadır. Bu sensörlerin algılama threshold (eşik) değerleri farklı değerlere ayarlanabilmekte ve sensör hassaslığı değiştirilebilmektedir. Yapılan deneyler sonucu yüksek doğruluklarda sonuçlar elde edilmiştir(Burresi ve Giorgi, 2015).

Vehicle Detection and Parameter Measurement using Smart Portable Sensor System adlı çalışmada otoyollardaki insan güvenliğini artırmak amacıyla araç tespiti ve sayımı amaçlı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Araç kategorizasyonu, aracın manyetik sensör üzerinden geçmesi sonucu, ortalama dikey manyetik yüksekliğine göre temellendirilmiştir. Sistemde üç yönlü manyetik sensör kullanılmıştır. Z eksenini genel olarak birçok farklı çeşit araç geçişinde benzer sonuç vermiştir. Bu nedenle araç tespiti, araç sayımı ve araç geçişi için bu eksen kullanılmıştır. Araç sayımı için ise iki sensör kullanılmıştır. İki sensör üzeri arası mesafe ve aracın bu sensörler üzerinden geçiş zamanı bilindiğinden dolayı aracın hızı, fiziğin temel kurallarından olan

Denklem 1.

$$X = V * t$$

formülü ile tespit edilmektedir(Pawar ve Jinturkar, 2016).

Design Portable Sensors System For Vehicle Counting, Classification, And Speed Measurement In Traffic Junctions adlı çalışmada otoyola gömülmeyen otoyolun yanına yerleştirilen sensör ile sistem çalıştırılmaktadır. Sistem microcontroller, güç kaynağı, haberleşme modülü, manyetik sensör ve anten gibi komponentlerden oluşmaktadır. Bu sistem ile araç sayma, araç sınıflandırma, araçların hız ölçümü gibi amaçlar güdülmüştür. 188 araçtan deneysel veriler alınmış ve trafikte araç sayma verilerinde yüksek hassaslık görülmüştür. Araçların hız verileri ise test aracına yerleştirilen GPS cihazından alınmıştır(Thirumal ve Ushakiranmai, 2015).

Algılama Ve Özellik Çıkartma Tabanlı Manyetik Araç Sensörü Tasarımı adlı çalışmada manyetik özelliğe sahip olan GMR sensörler kullanılmıştır. Bu sensörler kullanarak bir PCB(Baskı Devre Kartı) tasarlanmıştır. Bu cihazın haberleşmesi için ZigBee kablosuz haberleşme yapısı kullanılmıştır. Cihaz beslemesi anahtarlamalı güç kaynağı ile sağlanmıştır. Cihaz 12V ile çalışmaktadır. Cihaza daha sonra eklenebilecek sistemler için 20 adet I/O yani giriş çıkış portu eklenmiştir. Bu cihaz vasıtasıyla cihazın üzerinden geçen araçlar manyetik sensör vasıtasıyla tespit edilmekte ve işlemci ile de bu bilgi istenilen bilgisayara aktarılabilir. Yapılan deneyler sonucu, farklı araç çeşitlerinde farklı algılama sonuçları elde edilmiştir(Yalçınlı, 2013).

Zigbee Temelli Kablosuz Sensör Ağ Topolojilerinin Performans Analizi adlı çalışmada otoyolda araç tespiti, sayımı ve sınıflandırması gibi amaçlar güdülmüştür. Bu çalışmada haberleşme sistemi olarak ZigBee kullanılmıştır. Bir sensör kullanılarak yapılmış olan elektronik devre ile araç geçişi baz alınarak trafik yoğunluk durumu sonucu elde edilmiş ve çıkış olarak verilmiştir. Yapılan çalışmada araç sınıflandırılması, Manyetik İmza Uzunluğu yöntemi ile çözülmeye çalışılmıştır. Manyetik imza uzunluğu, manyetik genlik farkı ve sensörün aracı algıladığı sürenin çarpımıdır. Manyetik genlik farkı ise manyetik bileşke kuvvet ile threshold değeri arasındaki farka denir. Araç tespiti ise yola manyetik sensörler yerleştirilerek yapılmıştır. Bir algoritma geliştirilmiş ve bu yapılan çalışmalar bir deney yapılması vasıtasıyla gerçek ortamda denenmiştir(Vançin, 2016).

Dikgen Eşleştirme Algoritmasıyla Ferromanyetik Hedef Konumlama Ve Tanıma adlı çalışmada bir manyetik cismin, manyetik algılayıcının algılama yapabildiği bölgeye girdiğinde, manyetik algılayıcının algılama yapabildiği bölgenin hangi tarafına düştüğünü tespit etme çalışması güdülmüştür. Algılanacak cisim dipol modelleme denilen bir modellemeye tabi tutulmuştur. Sistemde bir manyetik sensör vardır. Geliştirilen algoritma ile sistem manyetik özelliği olan cismi tanıyabilmekte ve konum tahmini yapabilmektedir. Laboratuvar ortamında bir deney yapılmış ve manyetik sensör sisteminin algılama yapısı incelenmiştir(Bıyıkoglu, Gürbüz ve Baghaee, 2012).

Şehirlerin Dijital Dönüşümü: Görüntü İşleme Yöntemlerinin Boş Park Yerlerinin Tespitinde Kullanılması adlı çalışmada sürücülerin park yeri ararken kaybettiği vakit göz önüne alınarak, bu kaybedilen vaktin önüne geçmek için araç park yerleri bilgilerini belirlemek için yapılabilecek çalışmalar derlenmiştir. Araç park yerleri bilgisinin tespiti için görüntü işleme yönetiminin avantajlarından bahsedilmiştir. Bazı teknikler kullanarak park yerlerinde mevcut bulunan kameralar ile araç varlık-yokluk bilgilerinin elde edilebileceği bilgisi verilmiştir. Bu teknikler, park yerinin geçici haritasını çıkararak bu haritada meydana gelen değişiklikleri kameralar ile algılama ve çeşitli araç şekilleri bilgisinin sisteme yüklenerek kameranın bu araçları gördüğünde park yerinde varlık-yokluk bilgisini vermesi ile anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmada, görüntü işleme ile park bilgisi elde etmedeki doğruluk oranının yükseltilmesi için kamera sistemleri ve algılama algoritmalarındaki gelişmelerin önemli olduğu vurgulanmıştır(Karakaya ve Akıncı, 2017).

Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları ile Adaptif Trafik Sinyal Kontrolü adlı çalışmada otoyoldaki bir kavşak noktasında konumlandırılan manyetik sensörler vasıtası ile kavşaktaki araçlar algılanmış ve adaptif bir sinyalizasyon sistemi kurulmaya çalışılmıştır. Burada kavşaktaki araç sayıları ile kavşak sinyalizasyon cihazındaki yeşil ışığın yanması koordineli bir şekilde gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bu şekilde adaptif bir kavşak oluşturmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın simülasyonu Kayseri ili Talas ilçesindeki bir kavşak ele alınarak bilgisayar ortamında bir program vasıtasıyla yapılmıştır. Bu sayede adaptif (kavşaktaki araç miktarına bağlı) optimum yeşil ışık yakma süresi, yapay sinir ağları mantığının modellerinden biri olan RBF ağları mantığı ile elde edilmeye çalışılmıştır(Gençosman, 2017).

RF Haberleşmeli Trafik Yoğunluğu Analiz Sistemi Uygulaması adlı çalışmada yola manyetik sensörler yerleştirilerek, manyetik sensör üzerinden araç geçişi esnasında araç tespiti ve araç hızı algılama gibi amaçlar güdülmüştür. Sistem ek olarak araç geçişi esnasındaki zamanı ve ortam sıcaklığını da kaydetmektedir. Sıcaklık ölçümü bir sıcaklık algılayıcı komponent tarafından gerçekleştirilmiştir. Sistemin PCB'sinde kontrol ve gözetim modülü, algılayıcılardan alınan araç varlık bilgisini, hız bilgisini, zaman ve ortam sıcaklığı bilgisini de ekleyerek depolayan birim olarak belirtilmektedir. Bilgisayar ortamındaki bir ara yüz programı sayesinde, alınan araç varlık ve hız bilgileri görülebilmektedir(Aydemir, 2008).

2. PCB (BASKILI DEVRE KARTI) VE PCB TASARIMI

Açılımı Printed Circuit Board olan PCB, baskılı devre kartıdır. Bir sistem için elektronik devreleri üzerinde barındıran ve üzerinde elektronik komponentlerin yerleştirildiği yapıdır. Ayrıca üzerinde bulunan bakır yollar vasıtasıyla komponentler arası iletim sağlanır.

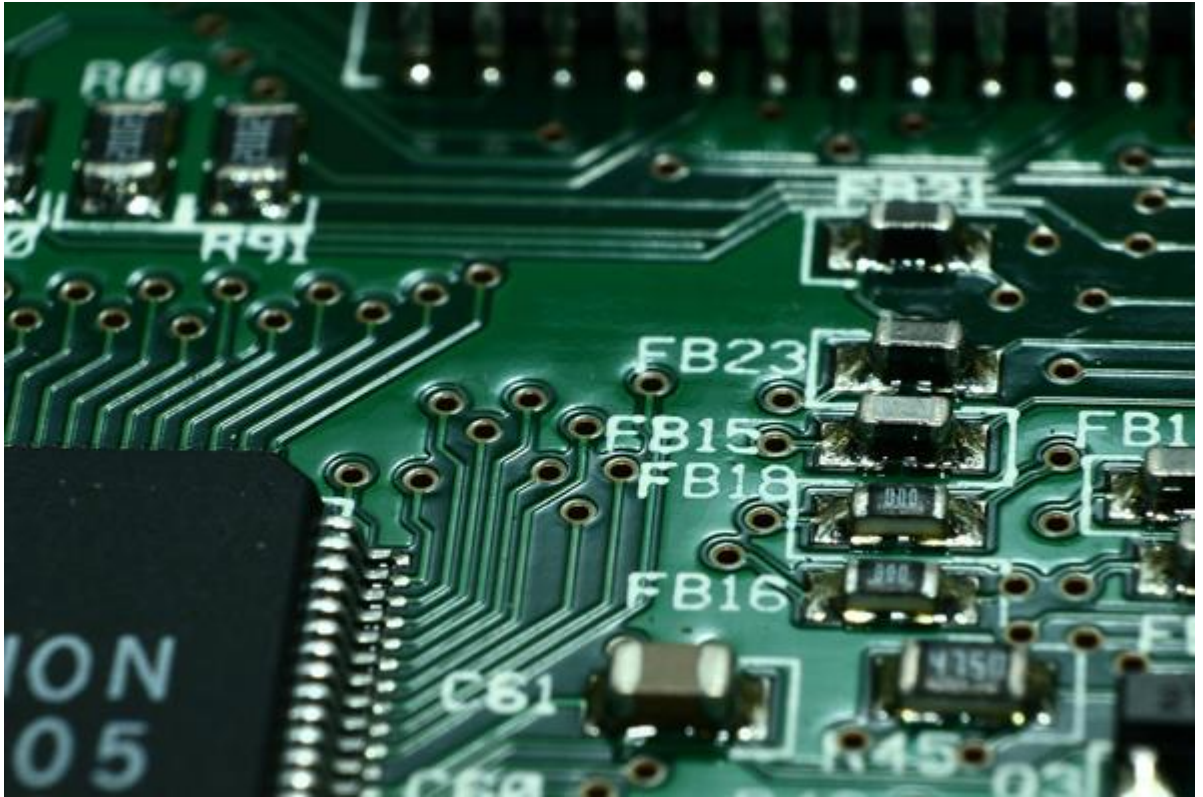
PCB üzerine iletim sağlayan yolları koruyan bir maske kaplanır. Bu maske PCB'nin korozyona uğramasına, temas ile kısa devre oluşmasına karşı koruma görevi üstlenir.

PCB üzerine maske kaplandıktan sonra elemanların isimlerini gösteren katman eklenir.

PCB çok çeşitli malzemelerden yapılmaktadır. Bu malzemelere örnek olarak; FR2, FR3, FR4, CEM1, CEM2, CEM3 verilebilir. Aralarında en çok kullanılan malzeme FR4 malzemedir.

PCB'ler 1, 2, 4, 6, 8 ve daha fazla katlı olarak tasarlanabilir. PCB'nin tek katlı, çift katlı veya çok katlı olması PCB tasarlanırken oluşabilecek ihtiyaca göre belirlenir. 2 katlı veya çok katlı PCB'lerde alt ve üst yüzey arası iletim vialar ile sağlanır. Vialar, içi kaplamalı deliklerdir.

PCB üzerine yerleştirilecek olan malzemeler metal lehimleme kısımlarından PCB üzerine lehimlenir.



Şekil 1. Örnek bir PCB resmi(<https://www.electronicdesign.com/boards/11-myths-about-pcb-layout>, 2016).

PCB tasarımı, genellikle elektronik mühendisleri tarafından çeşitli bilgisayar programlarıyla yapılır. Bu programlardan bazılarına:

-Altium

-OrCAD

-Proteus

-Eagle

örnek olarak verilebilir.

PCB tasarımı yapılırken 2 temel kısım vardır:

- Şematik Tasarım: PCB tasarım kısmına geçmeden önce elektronik devrelerin tasarımının ve eleman bağlantılarının nasıl olacağını belirttiği kısımdır.
- PCB Tasarım: PCB kartı üzerinde eleman konumlarının nasıl olacağını ve elemandan elemana bağlantı yapılan yolların tasarımının yapıldığı kısımdır.

2.1. PCB’lerde Kullanılan Sensörler Ve Çeşitleri

Sensörler ısı, aydınlık, basınç gibi parametreleri dijital yapıya dönüştürerek bizim devrelerde kullanmamızı sağlayan algılama elemanlarıdır.

Sensör yapıları genel olarak iki başlık altında incelenebilir:

Analog Sensörler: Bu sensör yapılarında algılama, fiziksel bir büyüklüğün değişimi ile yapılır. Bu büyüklük değişimi ile çıkışta bir gerilim veya akım verilir.

Dijital Sensörler: Dijital sensörler, analog sensörler gibi değişken bir çıkış vermeyip ‘‘0’’ ve ‘‘1’’ çıkışı verirler.



Şekil 2. Sensör örnekleri(<http://www.inverter-plc.net/sens%C3%B6rler/sens%C3%B6r.html>).

Günümüz teknolojisinde üretilmiş ve kullanılmaya devam eden çok çeşitli sensörler vardır. En çok kullanılan sensörlere örnek vermek gerekirse;

Isı/Sıcaklık Sensörü: Isı ve sıcaklık ölçmede kullanılır.

Kimyasal Sensör: pH tespiti, tepkime hızı gibi kimyasal parametre ölçümlerinde kullanılır.

Elektriksel Sensörler: İndüktans, akım, gerilim, frekans gibi elektriksel parametrelerin ölçümleri yapılır.

Mekanik Sensörler: Basınç, ses dalgası, kuvvet gibi mekanik parametre ölçümleri yapılır.

Manyetik Sensörler: Manyetik alan, manyetik geçirgenlik gibi ölçümleri yapan, metal algılama gibi görevleri olan sensörlerdir(Semiz, 2017).

2.2. Temel Elektronik Komponentler

2.2.1. İndüktör

Akım geçiren iletken teller etrafında bir manyetik alan oluşturur. Bu oluşan manyetik alanın daha kuvvetli olması için genellikle tel bir ferromanyetik malzemeli çekirdeğin etrafına sarılır. İndüktörün birimi Henry(H)'dir. Genel kullanım alanları transformatörler, filtreler ve güç kaynaklarıdır.

Elektronik çok farklı tipte indüktörler vardır. Bunlardan en fazla kullanılanlar:

- 1)Radyal
- 2)Aksiyel

3)Toroidel

4)Surface Mounted Device (SMD)

olarak karşımıza çıkmaktadır(İzgöl, 2017).



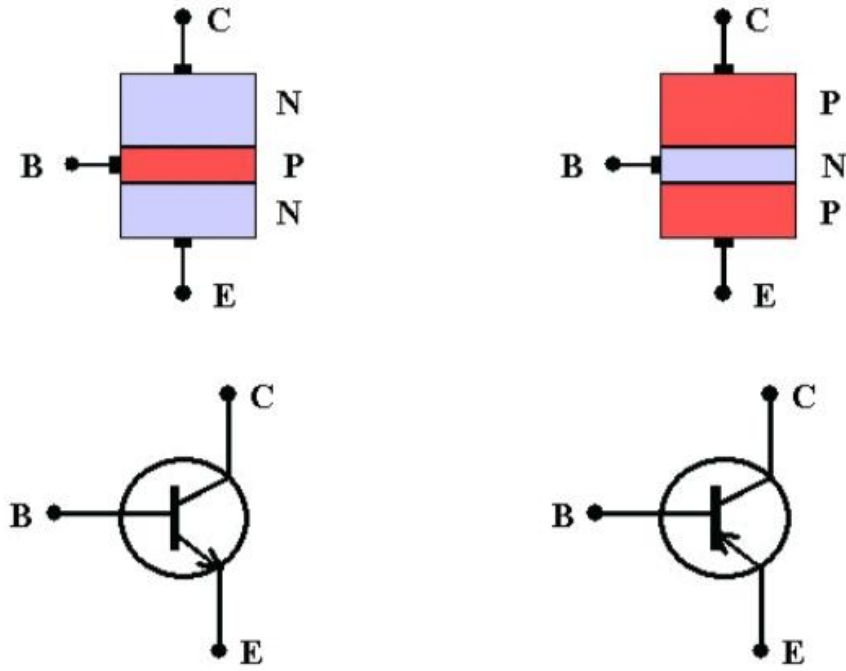
Şekil 3. İndüktör örnekleri(<http://gei-inc.com/inductors/>).

2.2.2. Transistör

Transistör, elektronik devrelerde en çok kullanılan devre komponentlerinden biridir. Çoğunlukla 3 bacaklı olan bu devre elemanları, genelde devrede anahtar olarak kullanılmaktadır.

Transistörlerden en yaygın olanı BJT'dir. BJT iki kısım olarak karşımıza çıkmaktadır: NPN ve PNP transistör. Burada n ve p olarak adlandırılan kısımlar yarı iletkenlerdir. Negatif yükü pozitif yüklerden çok olan yarıiletkenler n tipi, pozitif yükü negatif yükten çok olan yarıiletkenler p tipi olarak adlandırılır.

Elektronikte elektron akışı n'den p'ye, akım akışı ise p'den n'ye olmaktadır. BJT transistörler, npn ve pnp olmak üzere ikiye ayrılır.

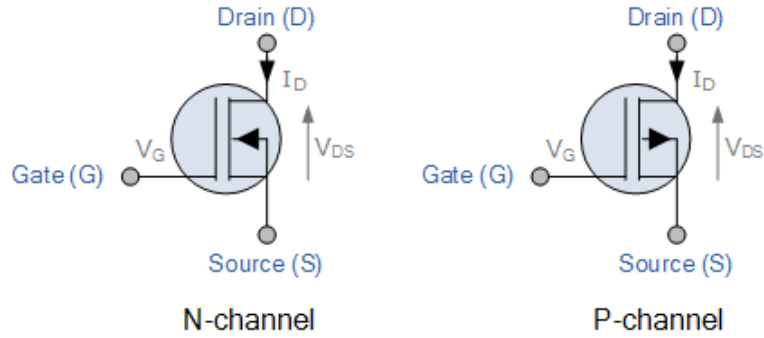


Şekil 4. BJT transistör sembolleri(<http://www.angelfire.com/planet/ckmk/transistor.htm>).

BJT transistörlerde 3 tane ayak vardır. Bu ayaklar kollektör, beyz ve emitör olarak karşımıza çıkmaktadır.

İkinci en çok kullanılan transistör çeşidi MOSFET'tir. Bu transistörlerde de BJT gibi 3 adet ayak vardır: Bunlar Drain, Source ve Gate ayaklarıdır.

MOSFET transistörlerin görevi de BJT'ler ile aynıdır. Genel olarak anahtarlama göreviyle elektronik devrelerde kullanılmaktadır.



Şekil 5. MOSFET sembolleri.

BJT transistörler ile MOSFET transistörlerin farkı ise, MOSFET'ler BJT'lere göre daha az ısınır. Elektronikte ısınma önemli bir problem olduğundan dolayı devrelerde genellikle MOSFET'ler kullanılmaktadır. Ancak şu da belirtilmelidir ki BJT'lerin akım kazancı MOSFET'lere oranla daha fazla olmaktadır. Çünkü transistörlerin kullanım amaçlarından birisi de elektronikte işaretlerin kuvvetlendirilmesidir.

BJT'ler ve MOSFET'ler elektronikte en temel elemanlardan olmakla birlikte, günlük hayatta kullandığımız elektronik cihazların içerisinde bahsedilen görevleri yerine getirmek amacıyla çokça karşımıza çıkmaktadır(İzgöl, 2017).

2.2.3. Direnç

Direnç elektronik devrelerde en temel komponentlerden biridir. Dirençlerin elektronik devrelerde çok farklı kullanım alanları vardır. En çok kullanıldığı alanı, yüksek elektrik akımına karşı hassas olan devre elemanlarını, modülleri; akımı sınırlayarak korumasıdır. Bunun yanı sıra gerilim bölücü olarak istenilen devre gerilimini yakalamada da kullanılmaktadır.

Farklı amaçlarla, örneğin bir sensör olarak çalışan dirençlerde elektronik devrelerde çokça kullanılmaktadır.

Direncin birimi ohm olarak belirlenmiştir. İki uçlu direncin değeri üzerindeki renk kodları ile bulunur. Elektronik devrelerde bir koldan geçen akım; voltaj değerinin yükselmesi ile artarken, o koldaki direncin artması ile düşmektedir. Bu temel prensibi matematiksel olarak ifade eden aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

Denklem 2.

$$V = I * R$$

V: Gerilim

I: Akım

R: Direnç

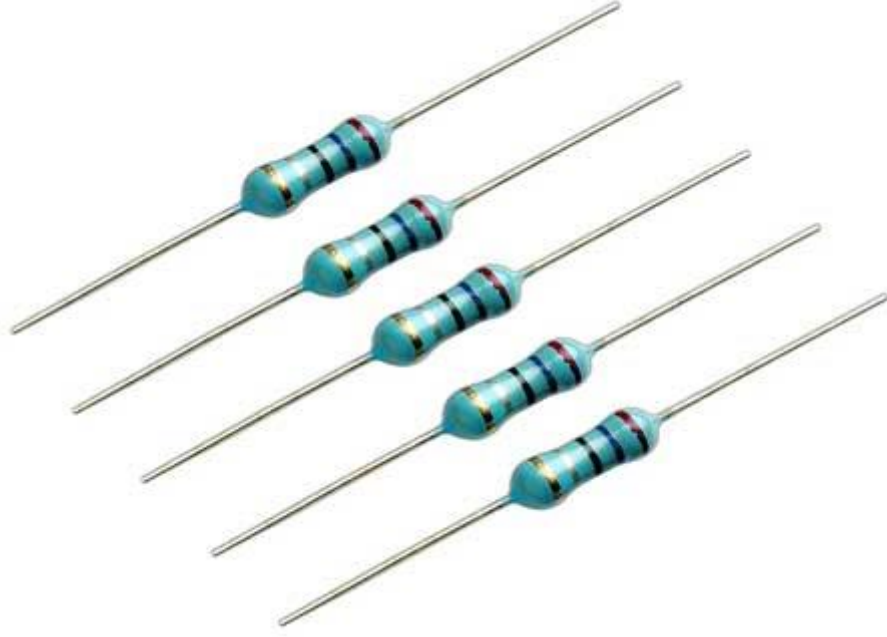
Dirençlerden aksiyel yani iki ucunda tel olanlar karbon direnç olarak adlandırılır. Renk kodları ile değeri belirlenir. Elektronikte sıkça kullanılmaktadır.

SMD dirençler ise devre kartlarında sıkça kullanılmaktadır. Farklı büyüklüklerde kılıfları ve değerleri vardır. Çok küçük boyutlarda kılıflar bulunabildiğinden devre tasarımında çok az yer kaplar.

Bir diğer direnç çeşidi ise direnç değerini manuel olarak ayarlayabildiğimiz potansiyometrelerdir. Bu dirençlerin mekanik dönme hareketi yapılabilen metal kısımları sayesinde direnç değerleri değiştirilebilir.

Sıcaklık ile direnç değeri değişen elemanlar NTC ve PTC olarak adlandırılır. PTC sıcaklık ile doğru orantılı, NTC ters orantılı olarak direnç değeri değişen komponentlerdir.

LDR dirençler ortamdaki ışık varlığı ile direnci azalan, aydınlık olmayan ortamlarda ise direnci çok fazla yükselen bir direnç çeşididir(İzgöl, 2017).



Şekil 6. Direnç örnekleri(<https://www.exportersindia.com/cermetresistronics/metal-oxide-resistors-pune-india-127716.htm>).

2.2.4. Kondansatörler

Kondansatörler elektrik gerilimini depolamak için kullanılır. Kondansatörlerin birimi Farad'dır.

Bir kondansatör üretmek için iki iletken plakaya ihtiyaç vardır. Bu plakalar arasına yalıtkan veya dielektrik malzeme yerleştirilirse kondansatör üretilmiş olmaktadır.

Kondansatörün kapasitans birimi (C) Farad'dır. Elektronikte kapasitans, devrede bulunan kondansatör üzerindeki elektrik yükünün, kondansatöre uygulanan gerilime oranıdır.

Elektronik devrelerde kullanılan kondansatör çeşitleri çok farklılık göstermektedir. Bunların bazılarından bahsedecek olursak:

Mercimek kondansatör: Seramik kapasitör de denilen bu kondansatör çeşidi küçük kapasitans ihtiyacı durumlarında kullanılır. RF devrelerinde yaygın kullanıma sahiptir.

Elektrolitik Kapasitör: Elektrik yükleri yönlendirilmiş olan kondansatörlerdir. Yüksek kapasitans değerlerini desteklemektedir. Elektronik devrelerin güç katlarında çok sık olarak kullanılmaktadır.

Tantal Kondansatörler: Bu kondansatör tipi de elektrik yükü yönlendirilmiş olan kondansatördür. Seramik kondansatörlere oranla daha yüksek kapasitans değerine sahiptir. Tantal kapasitörlerin anormal akım ve gerilime karşı dayanımları düşüktür.

Mika Kapasitörler: Pikofaradlar mertebesinde bir kapasitans sunar. Radyo frekans devrelerinde kullanılarak yüksek frekans sağlamaktadırlar.

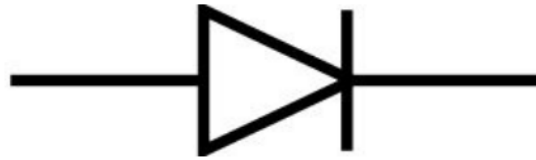
Trimer Kapasitörler: Bu kondansatörlerin kapasitans değeri değiştirilebilmektedir. Bazı parçaları kalibre etmede kullanılırlar. Toleransı azdır.

Süper Kapasitörler: Boyutları küçük olsa bile çok fazla kapasitans değerleri sunabilirler. Diğer kapasitörlere oranla iç yapıları biraz daha gelişmiştir. Özellikle elektrikli araçlar gibi yeni teknolojilerde kullanılarak, harcanan enerjinin fren esnasında geri kazanımı gibi uygulamalarda kullanılırlar.

2.2.5. Diyotlar ve çeşitleri

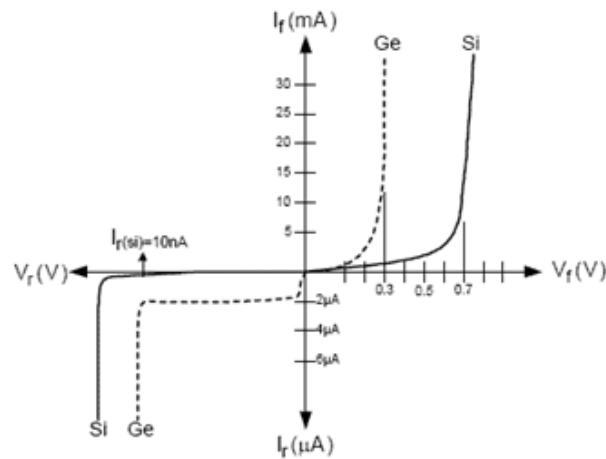
İki farklı yarı iletken madde olan p ve n kutuplu malzemelerin birleştirilmesi ile diyotlar oluşur. Diyotlar tek yönde akım geçirirler. Bu özellikleriyle elektronik devrelerde çokça kullanılırlar.

Diyotların elektronik devrelerdeki sembolü şu şekildedir:



Şekil 7. Diyot sembolü(<https://maker.robotistan.com/diyot-nedir/>, 2018).

Diyodun devrelerdeki davranışı farklı yapılara göre şu şekilde olmaktadır:



Şekil 8. Farklı yapılardaki diyotların akım-gerilim grafikleri(<http://hcgurlek.tripod.com/ana2.htm>).

Diyotlar ileri kutuplandığı zaman üretildiği maddenin cinsine göre belli bir gerilim seviyesine kadar akım geçirmez. Bu eşik değerinden sonra akım geçirir. Ters kutuplamada da aynı şekilde kırılma noktası dediğimiz diyodun o eşik değerinden sonra çalışmadığı noktadan sonra yine ters yönde de akım akmaya başlar. Bu sebeple devrelerde diyot seçilirken ters yönde uygulanabilecek gerilim çok önemlidir.

Diyodun kullanılacağı koldaki gerilimden daha büyük gerilime sahip diyot bu noktalarda kullanılmalıdır.

Diyotların birçok kullanım alanları olduğu gibi elektronik devrelerde özellikle güç katlarında kullanılmaktadır. Güç katlarında, gelen AC gerilimi DC yani yalnızca pozitif veya yalnızca negatif gerilim veren bir forma dönüştürmede diyotlardan yararlanılmaktadır(İzgöl, 2018).

Diyotların elektronik devrelerde çok farklı kullanım alanları vardır. Bunlardan bazıları:

2.2.5.1. LED'ler

Bir başka diyot kullanım alanı da LED'lerdir. Bu tür diyotlar özellikle elektronikte gelen gücün durumu ve devredeki diğer fonksiyonların durumlarını kullanıcıya ifade etme esnasında kullanılır.

Teknolojinin de ilerlemesi ve günümüz koşullarında klasik lambalara göre çok daha az enerji tüketmesi nedeniyle aydınlatma sistemlerinde de LED teknolojisine başvurulmuştur. Bununla birlikte LED'lerin ömürleri de uzun olduğundan çokça tercih edilmektedir.

2.2.5.2. Zener diyotlar

Bir diğer diyot çeşidi ise zener diyotlardır. Bu diyotlar devreye ters bağlanırlar. Eğer ters bağlanmaz ise normal diyotlardan herhangi bir farkı yoktur. Ters bağlanınca bir voltaj değerine kadar herhangi bir akım akışı olmaz. Daha sonra mili amper seviyesinde akım geçirir. Voltaj daha da artınca bir seviyeden sonra artık zener diyot iletme geçer. Voltaj arttıkça akım seviyesi de artar. Fakat zener diyodun uçları arasındaki gerilim değişmez ve kullanıcıya sabit bir gerilim vererek çalışmasını sürdürür. Genellikle elektronik devrelerde diğer elemanların korunması gibi görevlere sahiptir. Çünkü zener diyot belli bir voltaj seviyesine kadar akım geçirmemektedir.

2.2.5.3. Şotki diyotlar

Normal diyotlar doğru polarmada üzerinden akım geçerken belirli bir miktar (0,6-0,7V) gerilim düşümüne sebep olurlar. Şotki diyotlarda ise 0,15-0,45V arasında bir değerde iletme geçebilmektedir. Bu sebeple çok hızlı bir şekilde iletme ve kesime geçebilirler. Bu özelliklerinden dolayı yüksek frekanslı devrelerde hızlı olarak iletim ve kesim durumlarına geçebilir. Ancak şu vardır ki bu diyotların yapısından kaynaklı olarak ters polarmada üzerinden geçen sızıntı akımı normal diyotlara göre kıyaslandığında daha fazla olmaktadır. Bu özellik şotki diyotların dezavantajları arasında gösterilebilir. İletim ve kesime hızlı geçmelerinden dolayı anahtarlama modlu güç kaynakları gibi devrelerde kullanılmaktadır.

2.2.5.4. Lazer diyotlar

Standart bir diyodu düşündüğümüzde doğru kutuplama esnasında güç kaynağının negatif kısmından çıkan elektronlar diyodun katodundan anoduna geçerken bir enerji yani foton ortaya çıkar. İki yarı iletken arasına konan yansıtıcı vasıtasıyla bu foton,

ışık olarak ortaya çıkar. Açığa çıkan ışık, bir lens kullanarak tek bir noktada kullanılır. Bu sayede lazer ışık ortaya çıkmış olur.

2.2.5.5. Foto diyotlar

Işık içerisinde foton adı verilen enerji bulunur. Bu foton enerjileri foto diyot tarafından soğurulur ve foto diyot bu enerjiyi elektrik akımına çevirir. Örnek vermek gerekirse güneş panelleri bir foto diyottur ve güneş ışığından aldığı enerjiyi elektrik akımına çevirir.



Şekil 9. Örnek bir güneş paneli(<https://solarevi.com/gunes-paneli>).

2.2.5.6. Tünel diyotlar

Galyum arsenit katkısı ile çok yoğun katkılandırılmış germanyum maddesinden imal edilmektedir. Çok hızlı anahtarlama yapabilirler. Elektronik devrelerde yüksek frekansın kullanıldığı yerlerde osilatör ve güç yükseltimi amacıyla kullanılır. P ve N yarı iletkenlerinin bağlantı noktasının çok ince olmasından kaynaklı elektron akışı çok hızlı olmaktadır. Diyot, tünel adını buradan almaktadır. Tünel diyotlar ters polarmada da akım geçirir. Düz polarmada akım geçirir. Ancak belli ve çok küçük bir gerilim değerinden sonra negatif direnç gösterir ve diyot üzerinden geçen akım azalır. Gerilim daha da artırılmaya devam edilirse, belli bir gerilim değerinden sonra tünel diyot normal diyot gibi davranır.

Anahtarlama hızı yüksek olan tünel diyotların harcadığı güçlerde çok azdır. Gürültü oluşumuna sebep olması ve negatif direnç bölgesini ayarlamanın kolay olmaması dezavantajlarındandır.

Genellikle devredeki gücün yükseltilmesini sağlamak ve bazı devrelerde osilatör olarak kullanılır.

2.2.5.7. Varaktör Diyot

Varaktör diyotların en önemli özelliği devreye ters bağlanması ve bir kondansatör gibi davranmasıdır. Ayrıca varaktör uçlarına uygulanan doğru gerilimin değişmesi ile buradaki kapasite değişir. Gerilim arttıkça varaktör diyot kapasitesi de artmaktadır.

Varaktör diyotların elektronikte en önemli kullanım alanları ise yüksek frekanslı osilatör devreleridir. Bu devrelerde, devre frekansı değiştiğinde varaktör diyot üzerindeki gerilim de uzaktan değiştirilmek vasıtasıyla frekans ayarlaması yapılabilmektedir.

2.2.6. Kristaller

Osilatör devrelerinde frekansın sabit bir şekilde kalması önem arz etmektedir. Bu sebeple sabit frekans yakalayabilmek için kristal osilatörler kullanılmaktadır.

Bir kristalin çalışma mantığı şu şekildedir:

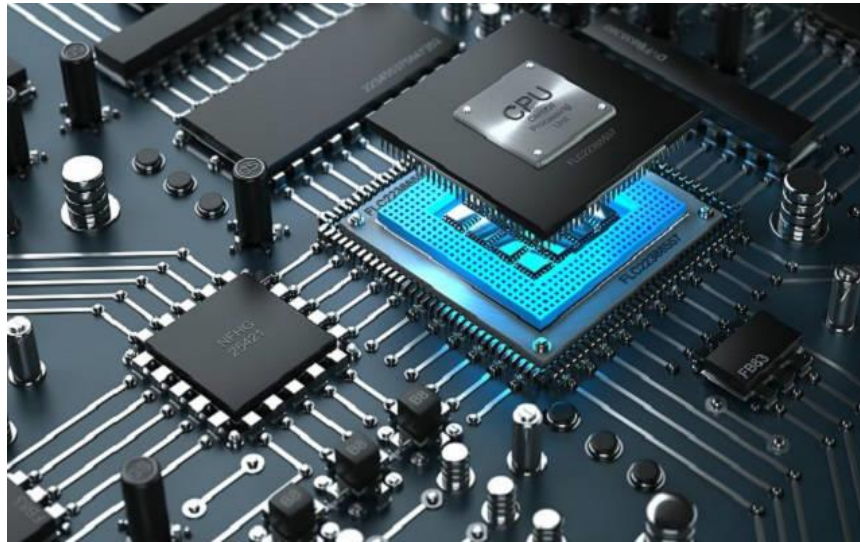
Kristale, sahip olduğu rezonans frekansı civarında bir AC gerilim uygulanırsa, kristal salınımlanma hareketi yapacaktır. Eğer uygulanan gerilim artırılırsa da buradaki titreşim artacaktır.

Kristaller çok farklı devrelerde kullanılmasına karşın temel kristal osilatör devresinden farklı olarak, transistörlü ve opampli kristal osilatör devreleri de mevcuttur.

Eğer kristal, işlemci ile beraber kullanılacaksa, işlemci ile aynı frekansta olması gerekmektedir.

2.2.7. İşlemci

İşlemciler elektronik devrelerde tüm işlemleri yapan merkezi işlem birimidir. Elektronikte çok farklı özelliklere sahip işlemciler bulunmaktadır. Çalışma frekansı, depolama kapasitesi, RAM sınırı, pin sayısı ve bunun gibi birçok parametre ile işlemciler birbirinden ayrılmaktadır. Burada yapılması planlanan proje için ihtiyaçlara göre bu tür parametrelerin belirlenmesi ve buna uygun bir işlemci seçilmesi önem arz etmektedir.



Şekil 10. Örnek bir işlemci(<https://teknolojiProjeleri.com/teknik/islemci-nedir-nasil-calisir-ne-ise-yarar>).

İşlemcinin içerisinde core yani çekirdek denilen ve ana işlemlerin yapıldığı kısım vardır. İşlemciye gelen komutlar, kontrol biriminde yorumlandıktan sonra çekirdeğe iletilir. İşlemciye bir diğer birim aritmetik mantık birimidir. Bu birim temel matematik ve mantık hesaplamalarını yapar. Sistem ön belleği dediğimiz kısım ise işlemcinin kullanacağı bilgileri sistem belleğine sormaya gerek kalmadan hızlıca almasına yarayan kısım olarak karşımıza çıkmaktadır(<https://teknolojiProjeleri.com/teknik/islemci-nedir-nasil-calisir-ne-ise-yarar>, 2018).

3. ŞEMATİK, PCB VE DONANIM TASARIMI SÜRECİ

3.1. Gereksinimlerin Belirlenmesi Ve Komponent Seçimi

Araç algılaması yapan otopark sensör sisteminin donanım tasarımının ilk adımı, cihazın şematığının ve PCB'sinin tasarımını yapmaktır. Cihazın şematik ve PCB'sinin tasarımını yapmak için bir PCB tasarım programı seçilmelidir. Cihazın PCB ve RF tasarımı için ileri özelliklere sahip bir PCB tasarım programı seçilmesi gerektiğinden, Altium Designer programı seçilmiştir.

Sistemin geliştirilmesi için öncelikle bir manyetik algılama yapan sensör seçilmesi gerekmektedir. Burada seçilen sensör üzerine gelen metal içerikli cisimleri algılamalıdır. Bu sensörün algılama hassasiyeti oldukça önemlidir. Algılama hassasiyetinin iyi olması gereklidir. Fakat algılama hassasiyeti çok yüksek olan sensör seçimi aynı zamanda maliyetin artmasına da sebep olacaktır. Bu nedenle maliyet/performans kriterlerine dikkat edilerek bir sensör seçimi yapmak mantıklı olacaktır. Bu kriterlere uygun bir metal algılama sensörü seçilmiştir.

İkinci ana komponent olarak PCB'nin işlemcisi seçilmelidir. Bu işlemci, cihazın ana işlemlerini yapacak ve içerisine atılan yazılımla cihazın nasıl çalışması gerektiği belirlenecektir. İşlemcinin boyutu, fiyatı, tedarik edilme kolaylığı, frekansı, hafıza boyutu gibi faktörler incelenerek bir işlemciye karar verilmiştir.

Devreye enerji pil tarafından sağlanmaktadır. Bu pil devreye yetecek kadar akımı devreye verebilmelidir. Ayrıca pilin boyutları da çok önemlidir ki cihaz için tasarlanacak kutunun içerisine sığabilecek büyüklükte bir pil seçim yapılmalıdır.

Cihazda NB-IoT modülü kullanıldığından dolayı seçilecek olan pilin NB-IoT modülünün çekeceği peak yani maksimum akım değerini devreye sağlayabilecek olması oldukça önemlidir. Cihazda kullanılan NB-IoT modülü 500mA'lık bir peak akım çekmektedir. Bu nedenle seçilen pil, yeterli peak akımını devreye sunabilecek yeterlikte olmalıdır. Cihazda kullanılmak üzere yeterli peak akımını sunabilen ve 19000mAh kapasitede bir pil tedarik edilmiş ve devrede kullanılmıştır.

PCB üzerinde işlemciye bağlanması gereken ve işlemciye sabit bir frekans veren ve o frekansta kalmasını sağlayan bir de kristal seçimi yapılmıştır. Bu kristal seçiminin de iyi yapılmış olması gerekmektedir. Kristallerde frekans toleransı çok önemlidir. Bu cihazda kullanılan işlemci için 32kHz'lik frekans sağlayan bir kristal seçilmesi gerekmektedir. Bu kristalin toleransı eğer %5'den fazla ise istenen frekanstan sapma fazla olacak ve bu nedenle devrenin çalışmasında bazı sıkıntılar görülebilecektir. Bu nedenle toleransı düşük olan 32768'lik (32kHz) bir sabit frekans kristali seçilmiştir.

İşlemcinin çalışmasını gösteren bir de LED seçilmiştir. Bu LED'in özellikle kılıfının seçilmesi çok önemlidir. Buradaki PCB'de 805 kılıfa sahip bir LED seçilmiştir. Burada önemli olan bir başka nokta ise seçilen LED renginin PCB renginden farklı olması gerektiğidir. Eğer LED rengi ve PCB rengi aynı seçilirse görünürlük azalacaktır.

PCB’de NB-IoT modülünün NB-IoT baz istasyonu ile iletişimini sağlaması için bir SIM kart holder bulunmaktadır. SIM kart olarak nano sim kullanılacağından dolayı nano sim kart holder seçilmiştir. SIM kart holder’ın çabuk bozulmayacak olan sağlam yapıda bir malzemeden üretilmiş olması önemlidir.

Anten seçimi yapılırken ise NB-IoT sistemlerine uyumlu bir anten seçilmiştir. Seçilen antenin frekansı NB-IoT haberleşme frekanslarına uygun yapıdadır. Ayrıca seçilen antenin verimi yüksek ve PCB üzeri uygulamalarda kullanılmak üzere üretilmiş iyi bir RF antendir.

PCB üzerinde özellikle haberleşme katında kullanılmak üzere bir de TVS diyot ve TVS Diyot Array kullanılmıştır. TVS diyodun bu PCB’de kullanım amacı PCB’ye ESD koruması sağlamaktır. ESD yani Electrostatic Discharge, PCB üzerine insanlar tarafından herhangi bir temas sağlandığı zaman, PCB üzerindeki statik elektriğin ani bir şekilde boşalması anlamına gelir. Çoğu zaman PCB’ye ve üzerindeki elemanlara zarar verir. Bu sebeple, bu durumdan kaçınmak amacı ile böyle bir yol izlenmiştir. TVS diyot array ise TVS diyot dizisi yani içerisinde birden fazla TVS diyonu barındıran yapıdır.

Tasarlanacak olan PCB’nin en önemli kısımlarından biri de NB-IoT modülünü seçmektir. NB-IoT modülü seçerken modülün hangi network protokollerini desteklediğine dikkat edilmelidir. Bilindiği gibi FTP, UDP, MQTT gibi birçok network protokolü vardır. Bunlardan hangisi kullanılacaksa o protokolü destekleyen bir modül seçilmelidir. Modül seçiminde ikinci önemli husus da modülün ne kadar enerji tükettiğidir. Modül ne kadar az enerji tüketiyorsa o kadar iyi demektir. Ayrıca gerektirdiği peak akımı, fiyatı, boyutu ve diğer haberleşme modüllerinden bazıları ile pin to pin yapıda olması modül seçiminde diğer önemli faktörlerden olmaktadır. Tüm bu faktörler dikkate alınarak makul boyutlarda, düşük güç tüketen, ortalama fiyata sahip bir modül seçilmiştir.

PCB’de kullanılan direnç, kondansatör gibi çevre elemanları da düşük toleranslara sahip ve dayanıklı olan ürünler seçilmiştir. Özellikle kondansatör seçimi yaparken, kondansatörün maksimum taşıma gerilimine dikkat edilmiştir. Çünkü kondansatörü bağlayacağımız noktadaki gerilim eğer kondansatörün maksimum taşıma geriliminden büyükse, kondansatör bu gerilimi taşıyamayacak ve patlayacaktır. Aynı şekilde devre girişine bağlanacak olan tantal kondansatör de yeterli kapasiteyi içeren bir kondansatör olarak seçilmiştir. Bu kondansatör devreye giren gerilimdeki ripple denilen dalgalanmaları önleyerek, devreye istenen seviyede bir doğru gerilim uygulanmasını sağlayacaktır. PCB gerilimi her ne kadar pilden sağlanmış olsa da, tantal kondansatörün devre girişine konulması gerekmektedir.

Transistör, PCB üzerinde özellikle anahtarlama devrelerinde kullanılmıştır. PCB üzerinde kullanılan transistörler NPN yarıiletken transistör olarak seçilmiştir.

3.2. Şematik Tasarım Yapılması

Cihazdaki PCB’de, bahsedildiği gibi bir metal algılama sensörü bulunmaktadır. Bu sensörün 3 adet eksenli vardır. Bu eksenler x, y ve z eksenleridir. Bu manyetik sensör, yakınına bir metal cisim yaklaştığı zaman, metal cismin yakınlığına göre belli sayı aralıklarında çıkış değeri üreterek işlemciye bilgi göndermektedir. X, y ve z eksenlerinde ayrı ayrı ölçümler yapılmaktadır. Tabiki bu eksenlerin ölçüm doğruluğu, sensöre yapılan kalibrasyonlar ile de doğrudan alakalı bulunmaktadır.

3 eksenli manyetik sensör, bu manyetik sensörlerin bağlı olduğu sensör işlemcisi ve manyetik sensör eksenleri ve işlemcisinin çevre elemanlarını içeren şematik tasarım oluşturulmuştur. Elektronik komponent üreticileri ürettikleri komponentlerin datasheetlerini hazırlar. Müşteri bu komponentleri kullanırken ve tasarımlarını oluştururken, üreticinin hazırlamış olduğu datasheetlere başvurur. Manyetik sensör eksenleri, işlemcisi ve çevre elemanlarının şematik tasarımı ve cihazda kullanılan diğer modül, işlemci ve entegrelerin şematik ve PCB tasarımı oluşturulurken bu datasheetler dikkate alınmıştır. Manyetik sensör işlemcisine gerekli besleme gerilimi ve toprak uygulanmıştır. Manyetik sensör eksenleri ve işlemcisine ait devreler ayrı bir şematik sayfasında sensör katı olarak, PCB projesine ait dosyalara kaydedilmiştir.

Şematik tasarımının en önemli kısmı işlemci tarafındadır. İşlemci devreyi yöneten birim olduğundan birçok pini bulunmakta ve diğer modül ve komponentlerden gelen birçok sinyal işlemci pinlerine bağlanmaktadır. Bu nedenle işlemci datasheetini iyi okumak ve yolları yani sinyal hatlarını doğru işlemci pinlerine bağlamak önem kazanmaktadır. İşlemci datasheeti incelenmiştir ve ilk olarak işlemcinin besleme ve toprak pinleri bağlanarak işlemciye enerji ulaşımı sağlanmıştır. Daha sonra işlemcinin çevre elemanları şematik tasarımda olması gerektiği yerlerine yerleştirilmiştir.

İşlemciye bağlı olan ve işlemciye belirli bir frekans sağlayan kristal de şematiğe eklenmiştir. Ayrıca bir de işlemciye bağlı olan bir LED eklenmiştir ki bu LED işlemcinin çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi için önemlidir.

İşlemciye yazılım atılması JTAG pini dediğimiz “header” yani pin bağlantısından sağlanmaktadır. Dolayısıyla işlemciye yazılım atabilmek için dört pinli bir header işlemci şematiğine eklenmiştir. Bu dört pinli headerın iki pini enerji için ayrılmıştır. Yani bu pinlerden birine besleme gerilimi, diğerine ise referans olan toprak bağlanmıştır.

Sisteme enerji sağlayan pilin, PCB’ye bağlantısı da bir header ile sağlanmaktadır. İki pinli bir header eklenmiş olup, pil kablo ile bu headera bağlanmakta ve PCB’ye enerji vermektedir. Pil kablosunun enerjiyi kesintisiz vermesi için, header kilitli yapıda seçilmiştir. Bu sayede pil kablosunun konektörü, headera tam ve sağlam olarak takılmakta ve bağlantı kopuklarının önüne geçilmektedir.

PCB güç girişinde, pilin PCB’ye bağlandıktan sonra enerji komponentlere dağılmadan önce bir şekilde bu enerjinin doğrultulması gerekmektedir. Yani PCB’nin güç giriş kısmındaki ripple denilen gerilim dalgalanmalarını önleyecek ve bu gerilim dalgalanmaları durumunda, devreye üzerinde depoladığı gerilimi verecek bir tantal

kondansatör koyulması gerekmektedir. Bu nedenle 1500uF'lık tantal kondansatör seçilmiş ve devreye eklenmiştir.

Cihazın haberleşme sistemi yani aldığı veriyi istenilen yere iletme sistemi NB-IoT ile sağlanmaktadır. NB-IoT haberleşme sisteminin diğer haberleşme sistemlerine göre birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlardan ilki düşük pil tüketimidir. Cihazda NB-IoT haberleşmesi kullanıldığında, on yıla kadar ulaşan pil tüketim ömrü sunulabilmektedir. Bu nedenle sensör sistemleri gibi az güç tüketen sistemlerde çokça kullanılmaktadır ve enerji maliyetleri minimuma indirilebilmektedir.

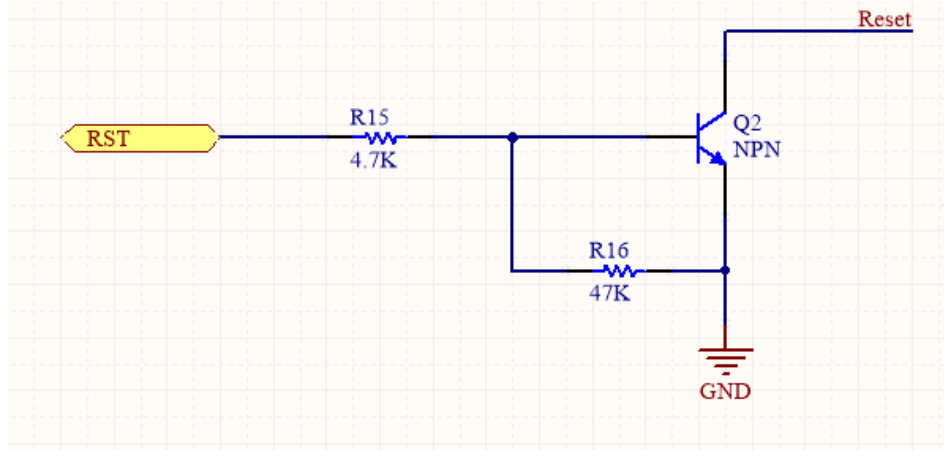
NB-IoT haberleşmesinin bir diğer önemli avantajı ise çok uzak noktalara kadar iletişim sağlayabiliyor olmasıdır. NB-IoT haberleşme sisteminin bu özelliği sayesinde birçok nesne ve özellikle sensör sistemlerinin internete bağlanması çok kolay olmuştur. Cihaz veya sensör sistemi açık alanda, kapalı alanda ve hatta yer altında olsa dahi haberleşme sağlanabilmektedir. Ayrıca NB-IoT haberleşme sistemi, birçok endüstri standartlarını sağlayabiliyor olmasından dolayı güvenilir bir haberleşme sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sistemde karşımıza çıkan bir diğer önemli özellik ise modüler sistemlere kolayca uygulanabilir olmasıdır. İşte bütün bu sebepler tasarlanan bu sistemde NB-IoT haberleşmesinin kullanılmasını sağlamıştır.

NB-IoT haberleşmesini kullanabilmek için ilk önce bir NB-IoT modülü seçmek gerekmektedir. Bu modül gerek desteklediği haberleşme protokolü, gerek modül boyutu, gerek fiyatı ile istenilen özelliklere sahip olması gerekmektedir. İşte bu özellikleri karşılayan bir modül seçilmiştir. Ayrıca seçilen modül, diğer bazı haberleşme çeşitlerini destekleyen modüllerle pin to pin yapıdadır. Yani compatible dediğimiz diğer pin to pin modüllerle uyumlu bir tasarım yapıldığında, bu modülle pin to pin olan diğer modüller aynı PCB'de çalıştırılabilecektir. Bu sayede NB-IoT haberleşmesinin kullanılmadığı durumlarda diğer haberleşme sistemleri kullanılabilecektir. Seçilen NB-IoT modülü ile pin to pin yapıda olan diğer haberleşme modülleri; GSM/GPRS ve LTE(4G) haberleşmelerini desteklemektedir. Ayrıca cihazın haberleşmesi, seçilen sub 1Ghz RF modülü ile de sağlanabilmektedir. Bu haberleşme modülü kullanılarak da cihazın haberleşme katı tasarımı yapılmış, cihazın diğer kısımları aynı şekilde tasarlanmıştır. Yapılan bu tasarım ile cihaz için iki farklı haberleşme modülü kullanılmış ve tasarımların birbirine alternatif olarak kullanılabilmeleri sağlanmıştır.

Seçilen NB-IoT modülünde enerji girişi ve toprak(GND) bağlanmıştır. Modülde iki farklı pinde gerilim kaynağı girişi uygulanmıştır. Ayrıca birçok farklı pinde de toprak bağlanmıştır. Modülün iki pini, UART haberleşmesi ile işlemci ile haberleşmeyi sağlamaktadır. Bunlar RX yani receive pinidir. Modül, bu pinle işlemciden gelen sinyali alır. TX ise transmit pinidir. Modül bu pinle işlemciye sinyal gönderir. Bu sayede işlemci-NB-IoT modülü arası haberleşme sağlanmış olmaktadır.

NB-IoT modülünün sim kart holder ile haberleşmesini sağlayan bazı pinler bulunmaktadır. Bu pinler; sim kart holdera modülden giden enerji pini, toprak pini, zamanlayıcı olan clock pini, data iletimini sağlayan data pini ve sim kart holder'ı resetlemeye yarayan reset pinidir. Sim kart holder'a NB-IoT altyapısını destekleyen bir nano simkart takılmıştır. Bu sayede modülün NB-IoT altyapısı ile iletişimi sağlanır.

NB-IoT modülünün bir de reset pini bulunmaktadır. Bu pin ile modülün işlemci tarafından resetlenmesi sağlanmaktadır. Bu pin bir ara devre ile işlemciye bağlanır. Buradaki ara devre bir tetikleme görevi görmektedir. Bu ara devreyi inceleyecek olursak:



Şekil 11. Modülü resetleme devresi.

Şekilde görüldüğü gibi BJT NPN transistör, tetikleme görevi görmektedir. Burada RST kısmı işlemciden gelen sinyaldir. İşlemciden sinyal geldiğinde, yani transistörün base kısmına akım ulaştığında transistör çalışacak ve iletme geçecektir. Transistör çalışınca transistörün kollektör kısmından emitöre doğru bir akım akacaktır. Yani transistörün kollektör kısmı emitöre bağlanacaktır. Bu da kollektördeki reset kısmının toprağa ulaşması demektir. Bu olaya elektronikte, pini low'a yani düşük seviyeye çekmek denmektedir. Reset pini NB-IoT modülüne bağlıdır. Reset pini low'a yani toprağa çekilince modül resetlenmiş olmaktadır.

İşlemcide olduğu gibi NB-IoT modülünde de decoupling kapasitörlere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu kondansatörler modüle uygulanan gerilimi regüle etmede kullanılmaktadır. Yani modüle gelen gerilim herhangi bir anda düşüşe uğrarsa bu decoupling kapasitörlerdeki gerilim ile modül enerjisi desteklenecek ve bu sayede modülün istemsiz yere reset almasının önüne geçilmiş olunacaktır. Çünkü modüllerde bir çalışma sınır gerilimleri vardır. Bu gerilimlerin dışına çıkıldığında modül reset almaktadır. Bu istenmeyen bir durumdur. İşte bu durumun önüne geçmek için decoupling kapasitörler kullanılmıştır.

Decoupling kapasitörlerin miktarı ve kapasiteleri NB-IoT modülünün datasheetinde verilmiştir. Üç adet seramik, bir adet tantal kapasitör modül için seçilmiştir. Bu kapasitörlerin değerleri farklıdır. Ayrıca bu kapasitörlerin PCB üzerindeki yerleşimleri de kapasiteleri ile doğru orantılı olmaktadır. 22pF'lık kapasite modülün enerji alma pinine en yakın konuma konumlandırılmıştır. Daha sonra 100pF ve 100 nF'lık kapasiteler konumlandırılmıştır. En dışa ise 100uF'lık bir tantal kapasitör konumlandırılmıştır. Bunun sebebi şudur:

Modüle gelen gerilimde herhangi bir azalım söz konusu olduğunda dolma ve boşalma süresi en kısa olan yani modülün ihtiyacı olan gerilimi en kısa sürede verebilecek olan kapasite modülün enerji alma pinine en yakın konumlandırılmıştır. Bu kapasite yeterli

gelmediği zaman daha büyük kapasiteli kondansatör devreye girecek ve bu şekilde en arka kısımda bulunan büyük kapasiteli tantal kapasitöre kadar gelecektir. Burada önemli olan modülün ihtiyacı olan gerilimdir.

Sim kart holder'ın şematik devresini tasarlarken, modül ve sim kart holder arasındaki sinyal yoluna bir TVS diyot array yani TVS diyot dizisi eklenmesi gerekmektedir. Bu komponent iki amaçla kullanılmaktadır. Birincisi transient yani geçici yüksek voltajları baskılamak, diğeri de ESD koruması sağlamak amacıyla. Sim kart holder yakınında TVS diyot array kullanılması ESD koruması sağlanması içindir.

ESD yani electrostatic discharge, PCB üzerine insan dokunduğu, temas ettiği zaman PCB üzerinde bulunan statik elektrik ani bir şekilde boşalabilmekte ve bu esnada PCB'ye zarar verebilmektedir. İşte bu durumun önüne geçebilmek amacıyla TVS diyot array kullanılmıştır. Bu sayede sim kart holder'a ESD'ye karşı koruma sağlanmıştır. Yani sim kartı, sim kart holder'a takıp çıkarırken oluşabilecek ESD durumlarının önüne geçilmiştir. TVS diyot array komponentinin pinleri, sim kartın data, clock, VDD ve reset yollarına bağlanmıştır. Burada clock zamanlayıcıyı, VDD besleme gerilimini, data sinyal yolunu ifade etmektedir.

Modül şematigindeki bir diğeri devre modülün UART pinleri ile işlemcinin UART pinlerinin gerilim eşlemesinin sağlandığı devredir. Modül ve işlemci RX, TX pinleri birbirine direk bağlanmaz. Aralarında bir ara devre bulunmaktadır. Bu ara devre, iki ana komponentin yani işlemci ve modülün haberleşme pinleri arasında gerilim seviyesi eşlemeyi sağlar. NB-IoT modülünün bir pini de gerilim çıkışıdır. Bu gerilim NB-IoT modülüne gelen gerilimin modül içerisinde gerilim düşümü sağlandıktan sonra çıkışa verilmesi ile elde edilir. Yani modül içerisinde dahili bir gerilim regülatörü bulunmaktadır. Burada azaltımı sağlanmış gerilim, NB-IoT modülü datasheetinde verilmiş olan bazı devrelerde kullanılmaktadır.

İşlemcinin bir pini de RF yani kablosuz haberleşme pinidir. NB-IoT modülü, NB-IoT baz istasyonu ile haberleşeceği zaman bu pini kullanır. Sinyal bu pinden iletilir. Modüle bağlı bir NB-IoT standartlarına uygun olan anten vasıtasıyla da modül, NB-IoT baz istasyonu ile olan bağlantısını sağlamış olur. Antenin sinyal pini, modülün RF pinine bağlanmıştır. Anten diğeri pini de toprak pinidir ve bu da GND'ye yani PCB'nin polygon dediğimiz genel toprağına bağlanmıştır.

3.3. PCB Tasarım Yapılması

Bir elektronik cihaz tasarımının en önemli kısımlarından biri PCB tasarımıdır. PCB tasarımı yapılırken birçok kurala, birçok parametreye dikkat edilmesi gerekmektedir. Örneğin PCB'nin yerleştirileceği kutu belli iken, yani kutu tasarımı daha önce yapılmış iken eğer PCB tasarımında kutu boyutu parametrelerine dikkat edilmez ise PCB kutuya yerleştirilirken sıkıntı çıkaracaktır. Bu durumda yeniden PCB tasarımını gerektirecektir. Bütün bunlar ekstra zaman harcaması, ekstra maliyet ve iş gücünün gereksiz yere meşgul edilmesi demektir. Bunun gibi PCB tasarımı yapılırken EMC kurallarına dikkat edilmezde, PCB tasarım sonrası EMC testlerine alındığına yeniden

sıkıntı verecek ve testi geçemeyecektir. Bu durumda yukarıda bahsedilen sonuçların benzerini ortaya çıkaracaktır.

EMC, elektronikte elektromanyetik uyumluluk olarak tanımlanır. Cihazlar, PCB üzerinden geçen akımlar, elektronik bazı komponentler, anten gibi RF komponentleri ve bunlar gibi sebeplerden dolayı elektromanyetik dalga açığa çıkarır. Bu elektromanyetik dalga istenmeyen bir durumdur ve diğer elektronik komponentlerin işleyişini etkileyerek komponentlere ve bunun sonucunda cihaza zarar verebilir. Bu EMC etkilerini minimuma indirmek için PCB tasarımı yaparken uyulması gereken bazı kurallar belirlenmiştir. PCB’de EMC’nin olumsuz etkilerinden korunmak için, PCB tasarımı yaparken bu kurallara uyulması gereklidir. Bu kurallar çok fazladır. Ancak kullanılması gereken kural maddeleri projeden projeye farklılık gösterir. Bu otopark sensörü projesinde PCB için başlıca uyulması gereken EMC kurallarını sıralayacak olursak:

- 1)PCB elemanları PCB board’una yerleştirilmeden önce gruplanması sağlanacaktır.
- 2)Komponent ve yolların alt kısımları polygon ile kaplanacaktır.
- 3)Via PCB üzerinde katmanlar arası geçiş yapabilmeyi sağlayan deliklere denir. Vialar arası minimum mesafe 1,25cm olmalıdır.
- 4)Katmanlardaki yollar birbirine dik olarak çizilmelidir.
- 5)PCB üzerindeki katmanlara polygon kaplanarak toprak yüzeyi maksimum düzeyde artırılmalıdır.
- 6)Vialar yani delikler kullanılarak her katmandaki topraklar birleştirilmelidir.
- 7)Sinyal taşıyan yollar az kıvrımlı olmalı ve bağlanacağı yere en kısa yoldan giderek bağlanmalıdır.
- 8)Devrenin enerji girişini sağlayan kısım, devrenin girişinde yer almalıdır.
- 9)Kristaller bağlı bulunduğu işlemciye mümkün olduğu kadar yakın konumlandırılmalı ve yolları kısa tutulmalıdır.
- 10)Transistörün bazında bulunan ve adı bias direnci olan direnç, transistör bazına yakın yerleştirilmelidir.
- 11)PCB yolları, özellikle sinyal yolları çizilirken mümkün olduğunca dik dönüşler yapılmamalıdır.
- 12)PCB çizimi tamamlandığında PCB’nin boş kısımlarına fazla sayıda toprak viaları atılmalıdır.
- 13)RF anten yolu etrafına belirli miktarda toprak viaları atılmalıdır.

Belirlenen bu EMC kuralları PCB tasarımı yaparken uygulanmıştır. Bu adımlar Electro Magnetic Interference (EMI) dediğimiz, istenmeyen elektromanyetik

girişimlerin önüne geçecek, bu sayede PCB tasarlandıktan sonra cihaz eğer EMC testine alınırsa bu testi rahatlıkla geçebilecektir. EMC kurallarına uyumlu tasarlanan PCB, ileride ortaya çıkabilecek EMC'ye bağlı bozulmaların da önüne geçecektir.

PCB tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken noktalardan biri de tasarlanacak olan kutuya uygun bir PCB tasarımı yapmaktır. Bu durum çok önemlidir. Çünkü eğer kutu tasarımı önceden yapılmışsa bu tasarıma uygun bir PCB çizimi yapmak gerekmektedir. Aksi takdirde kutu PCB'nin boyutlarından küçük çizilirse, PCB kutu içine sığmayabilir. Ayrıca PCB ile birlikte PCB'ye bağlı pili de düşünmek gereklidir. Bunun yanı sıra tersi bir durumla da karşılaşılabilir. Yani çizilen PCB kutuya çok küçük gelirse, yani kutu fazla büyük üretilmişse gereksiz olarak kutu üretim maliyeti artırılmış olmaktadır.

Otopark sensörü projesinde kutu tasarımı daha sonra yapılacaktır. Fakat bu tasarım şekli ve parametreleri yaklaşık olarak belli olduğundan buna uygun bir PCB şekli belirlenecektir. Bu nedenle dairesel bir PCB tasarımı yapılmasının uygun olacağı ön görülmüştür.

PCB tasarımında en önemli kısımlardan biri de PCB'de çizim kolaylığı sağlayacak bir eleman dizilimi yapmaktır. PCB tek, iki, dört veya daha fazla katlı olarak tasarlanabilir. PCB'nin kaç katlı çizileceğine karar vermek, PCB'nin ne kadar kompleks bir yapıda olduğuna, komponent sayısına, komponentlerin pinlerine bağlı olan yolların sayısına bağlıdır. Kısaca PCB'nin tasarımı ne kadar zor olacaksa, bu zorluğu azaltmak için PCB'deki katları artırma yoluna gidilir. Bu ara katmanlardan biri GND yani toprak olarak kullanılır. PCB'deki GND pinleri direk via ile bu katmana inilip bağlanır. Böylece kolayca GND pinlerinin bağlantısı sağlanmış olur. Ayrıca ara katmanlardan biri yol çizimi olarak kullanılabilir. Bu da PCB'nin üzerindeki yolların çizimini oldukça kolaylaştırır.

Tasarlanan otopark sensörü projesinin PCB'si için herhangi bir yol çizim zorluğu veya çok fazla komponent bulunmamaktadır. Bu sebeple 2 katlı bir PCB tasarımının yapılması uygun görülmüştür.

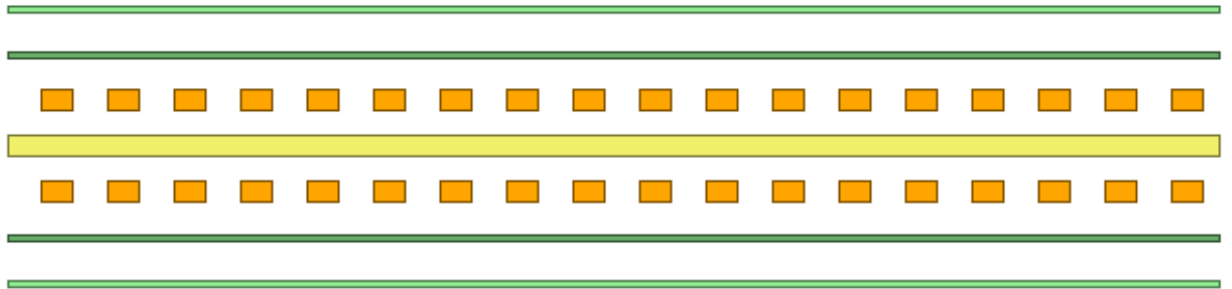
İlk olarak PCB'nin şekli çizilmiştir. Bahsedildiği gibi tasarlanan kutuya ve farklı ortamlara uygun bir PCB olacak olması sebebiyle dairesel bir PCB çizilmiştir. İlk önce Altium yani devre çizim programında yeni bir PCB belgesi açılmıştır. Bu PCB belgesi de daha önce oluşturulmuş olan ve proje şematiklerinin de içinde bulunduğu PCB proje dökümanı içine eklenmiştir. PCB sayfasında, her PCB tasarımının başında olduğu gibi ilk olarak center yani çizimin merkez noktası belirlenmiştir. Çizim yapılırken ve bütün komponentler PCB board'u üzerine yerleştirilirken bu center yani merkez noktası referans alınarak koordinatlar belirlenecektir. Daha sonra PCB'nin şekli olan dairesel yapı çizilmiştir. Bu dairesel yapı çizilirken PCB kenarına yarım daire şeklinde bir de çentik koyulmuştur. Bu çentik, PCB kutuya yerleştirildiği zaman PCB'yi kutu üzerinde belli bir kısma oturtmak için kullanılmıştır.

PCB boyutları oldukça küçük olarak tasarlanmıştır. Çünkü PCB'nin küçük olması demek aslında cihazın küçük olması demektir. Cihazın küçük olması ile de otoparklar

altına yerleştirilecek olan bu sistemin, asfalt altına montajı çok daha kolaylaşacaktır. Ayrıca cihazın küçük olması montajda büyük bir maliyet avantajı da sağlayacaktır.

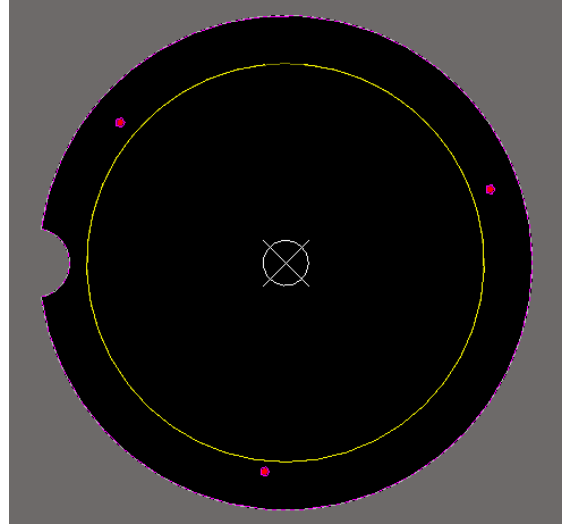
PCB tasarımına başlarken ilk olarak yapılacak olan şeylerden biri de layer yani katman yapısını belirlemektir. Daha önce de belirtildiği gibi katlı bir PCB tasarımı yapılacaktır. Üst katman top, alt katman ise bottom katmanı adını almaktadır. Bu iki katmanın arasında ise core dediğimiz PCB'nin çekirdek katmanı yer almaktadır. Bu katmanlardan top ve bottom katmanında yol çizimi yapılabilirken, core katmanında yol çizimi yapılamamaktadır. PCB core malzemesi FR4 malzemedir. FR4 malzeme yangına karşı dayanıklı bir malzemedir. Top ve bottom katmanları ise bakır bir malzemedir. Bu katmanların kalınlıkları ise 1 oz yani 0,035mm'dir. Top ve bottom katmanlarının üzerinde solder mask denilen bir kısım bulunmaktadır. Bu kısım PCB'nin bakır olan kısmının üzerini örterek bakır kısmın görünmesi önlenmiş ve bu sayede bu bakır kısmın korunmasını sağlamıştır. Bu korunma ile olası bakır oksitlenmelerinin veya kısa devrelerin önüne geçilmesi planlanmaktadır. Bu solder mask dediğimiz kısım farklı renklerde üreticilerde üretilebilmektedir. PCB üreticilerinin genellikle tercih ettiği solder mask rengi yeşil renktir. Bunun sebebi PCB üzerinde gözle kontrol yaparken yeşil rengin gözü yormaması ve PCB üzerinde olabilecek olası üretim hatalarını kolayca tespit edebilmektir.

Solder mask kısmının üzerinde de top overlay katmanı bulunmaktadır. Bu katmanın bottomdaki karşılığı ise bottom overlay olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu katmanların amacı PCB üzerine yerleştirilen komponentlerin isimlerini bu katmanda yerleştirmektir. Ayrıca PCB üzerine yerleştirilen logo da yine bu katmanda bulunmaktadır. Komponentlerin sınırlarının gösterildiği komponent sınır çizgileri yine bu katmandadır. Bu katmanda sadece komponentlerin isimleri değil, ayrıca konektör benzeri bir yapının PCB üzerinde bulunması durumunda hangi pinin hangi görevde olduğu belirtilmektedir. PCB katman yapısının gösterimi aşağıda belirtilmiştir:



Şekil 12. PCB'nin katman yapısı.

Top ve bottom bakır katmanlarının 0,035mm olduğundan bahsedilmişti. Bunların ortasına 1,5mm'lik bir PCB core malzemesi de eklendiğinde toplam PCB kalınlığı yaklaşık 1,6mm olmaktadır. PCB üreticilerinin ürettikleri PCB'ler genellikle 1,6mm kalınlığında olmaktadır. PCB'nin board shape yapılmış hali yani şeklinin belirlenmiş hali aşağıdaki resimde gösterilmiştir:



Şekil 13. PCB şekli.

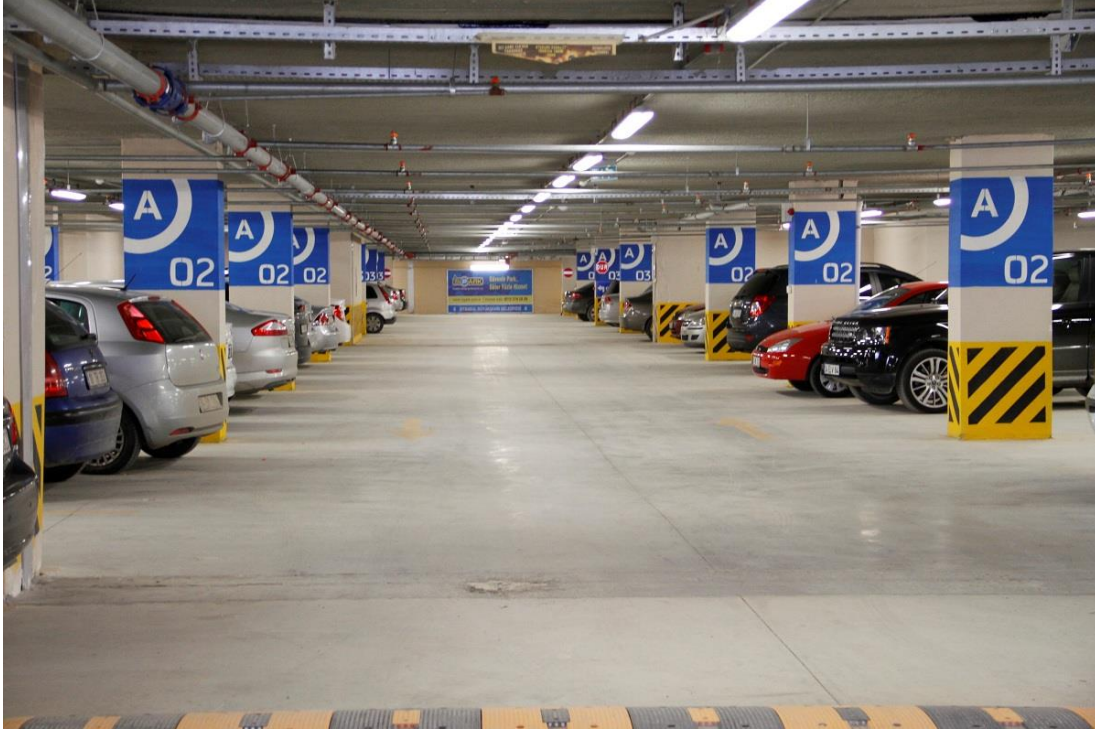
Bir sonraki adım PCB üzerine eleman yerleşimidir. PCB üzerinde konumdan en çok etkilenebilecek olan eleman ilk olarak PCB üzerine yerleştirilecektir. PCB üzerindeki elemanlardan, en çok konumlandırmadan etkilenebilecek olanı manyetik alan algılama sensörüdür. Bu sensör kısaca şu şekilde çalışmaktadır:

Sensör üzerine bir metal cisim yaklaştırıldığında, sensör, üzerindeki manyetik alan değişimini algılar. Bu algılama sonrasında işlemciye direk bağlı olduğundan işlemciye algılama bilgisi gönderir. Bu algılama bilgisi bir sayısal değerdir. İşlemci kodu yazılırken, işlemci üzerinden, sensörün gönderdiği hangi sayısal değerden sonra “ARAÇ VAR” denilebileceği ve aynı şekilde hangi sayısal değerden sonra da “ARAÇ ÇIKTI” denilebileceği belirlenir. Yani bir eşik değeri oluşturulur. Örneğin eşik değeri 100 belirlenirse; sensör 100 birimin üzerinde bir sayısal değer gönderdiğinde bu durum işlemcide “ARAÇ VAR” olarak değerlendirilecektir. Aynı şekilde 100 birimin altında bir sayısal değer varsa da işlemci de bu sayısal değer “ARAÇ ÇIKTI” olarak değerlendirilecektir. Bu değer sensör verilerinin threshold yani eşik değeridir.

Manyetik algılama sensörü olarak hassaslığı yüksek olan bir sensör kullanılmıştır. Bu sensör, üzerine gelen metal cisimleri hassas bir şekilde algılayarak bir sayısal değer üretmektedir. Fakat bu sensörü PCB üzerine yerleştirmek, bu hassaslıktan en iyi şekilde yararlanmak için önemlidir.

Manyetik sensör PCB üzerinde farklı yerlere konumlandırılarak çeşitli metal algılama testleri yapılmıştır. Bu testler sonucu, sensörün üzerinde herhangi bir engel olmadığı zamanlarda sensörün daha iyi algılama yapabildiği anlaşılmıştır. Bunun yanı sıra PCB üzerindeki diğer komponentler de bu sensörü çalışmasını etkileyebilmekte ve işleyişini bozabilmektedir. Çünkü bilindiği gibi birçok komponentin dış kısmı metal yapıdadır ve sensör bu metalleri de algılayarak işlemciye sinyal gönderebilmektedir. Bu nedenle sensörün bulunduğu kısımda diğer elemanlardan herhangi birinin bulunmaması uygun olacaktır.

Bir aracın metal yoğunluğu da sensörün çalışma işleyişini değiştirmektedir. Örneğin bazı araçların metal yoğunluğu yüksek olduğundan sensör bu aracı rahatlıkla

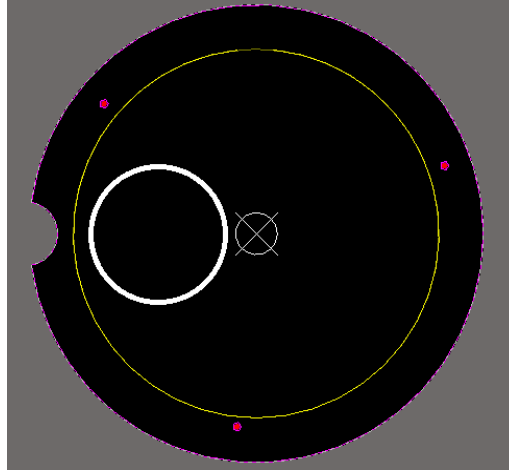


Şekil 15. Sistemin kurulabileceği bir otopark alanı(<https://ispark.istanbul/ispark-otoparklari-yenileniyor/>).

Yukarıdaki resimde görüldüğü gibi araçlar belirtilen yönde park ettiğinde, cihaz da her otopark alanında araçların motor bloğuna yakın olacak şekilde yer altına gömülebilecektir.

Bir sonraki konumlandırma adımı işlemcinin konumlandırılmasıdır. Bahsedildiği gibi işlemci; manyetik algılama sensörü, haberleşme modülü, kristal gibi birçok komponent ile etkileşim halindedir. Bu nedenle konumlandırılmasının bu komponentlere ulaşımının kolay olacağı şekilde yapılmalıdır. Yani konumlandırma ne kadar iyi yapılabilirse işlemciye yakın olması gereken komponentler yakın yerleştirilebilecek, ayrıca bu komponentlerden işlemciye giden yollar da işlemciye kolayca bağlanabilecektir. Bununla birlikte sinyal ve data yolları çok fazla kırılıma uğramadan, top katmanından bottom katmanına ve bottom katmanından top katmanına çok fazla atlama yapmadan, gideceği yere en kısa yoldan ulaştırılarak götürülmelidir. Bu şekilde bir çizim yapılırsa, taşıdığımız sinyal gideceği yere ulaşırken kayıplara uğramadan ve herhangi bir gecikme yaşamadan ulaşmış olur.

Bütün bunlar düşünülerek, işlemcinin manyetik algılama sensörü ile haberleşme modülünün bulunduğu katmanda olmasına karar verilmiştir. Ayrıca manyetik algılama sensöründen gelen sinyal yolları da önemli olduğundan ve herhangi bir kayba uğramadan işlemciye ulaşması gerektiğinden dolayı işlemci konumu, manyetik algılama sensörü konumuna yakın tutulmuştur. Buna göre işlemcinin PCB üzerinde konumlandırılması için belirlenen yer şu şekilde olmuştur:

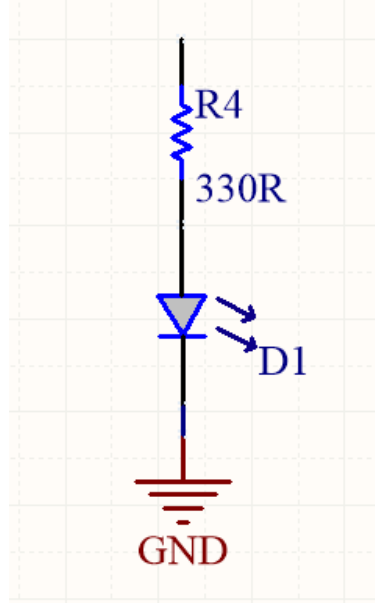


Şekil 16. İşlemci katının PCB üzerindeki konumu.

İşlemci ile birlikte, işlemciye bağlı komponentlerin konumlandırması da çok önemli olmaktadır. Kristal pinleri X1 ve X2 olarak ifade edilmektedir. Kristal padleri, işlemcinin X1 ve X2 padine eşit mesafede bulunmalıdır. Bu sayede işlemcinin kristale bağlanacak olan pinlerinden, kristalin ilgili pinlerine yaklaşık olarak eşit mesafede yol çekilmiş olur. Doğru çizim bu olmaktadır. Ayrıca kristal, işlemcinin peripheral yani çevresel komponentlerinden biri olduğundan dolayı işlemciye mümkün olduğu kadar yakın yerleştirilmelidir.

Bir diğer husus da şudur ki işlemcinin decoupling kapasitörleri, işlemcinin güç girişi pinlerine oldukça yakın olarak konumlandırılmalıdır. Bu sayede işlemciye gelen gerilimdeki ripplelar yani dalgalanmalar, decoupling kapasitörler vasıtası ile baskılanmış olur.

İşlemciye yakın konumlandırılması gereken bir diğer komponent de işlemciye bağlı olan ve işlemcinin çalışmasını gösteren LED'dir. LED, işlemciye yakın olarak yerleştirilmiştir. LED, işlemci tarafından verilen bir akım ile sürülmektedir. Bu LED'in yanında R4 direnci bulunmaktadır. Bu direnç de LED'e yakın olarak konumlandırılmalıdır. Bu direnç ile LED'e giden akım değiştirilmekte ve bununla birlikte LED'in parlaklığı değiştirilebilmektedir. LED'e bağlı direnç 330 ohm olarak seçilmiştir. LED için aşağıdaki gibi bir yapı kurulmuştur:



Şekil 17. İşlemcinin çalışma durumunu gösteren LED.

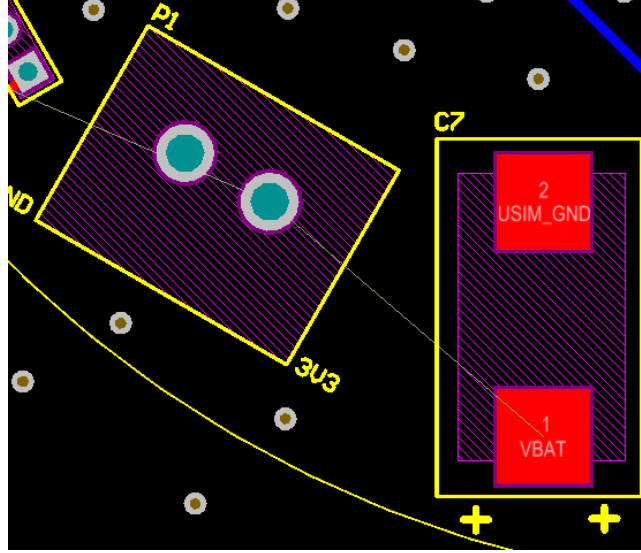
İşlemcinin vermiş olduğu akım LED'in yanmasını sağladıktan sonra toprağa akmaktadır.

Bu elemanlar ile birlikte işlemcinin diğer peripheral yani çevre elemanları da işlemciye yakın konumlandırılmıştır. Bu komponentler arasında transistör, decoupling kapasitörler ve dirençler bulunmaktadır.

Şematik sayfalarının işlemci katında JTAG pini diye adlandırılan bir pin oluşturulmuştur. Bu pinin bağlantıları işlemcinin bazı pinlerine ulaşmaktadır. Bu pin ile işlemciyi kontrol edebileceğimiz, yani nasıl çalışacağına karar verebileceğimiz yazılım işlemciye aktarılmaktadır. JTAG pinleri arasında VBAT dediğimiz güç girişi pini ve GND dediğimiz toprak padi bulunmaktadır. Ayrıca işlemciyi resetlemeye yarayan bir pin de bulunmaktadır. İşlemci yazılımı olarak, C yazılım dilinde bir yazılım geliştirilerek işlemciye aktarılmaktadır. Bu yazılım dili ile işlemcinin nasıl çalışacağına karar verilmektedir. JTAG pini de işlemci katı ile alakalı olduğundan ve pinlerinin, işlemci pinleri ile bağlantılı olduğundan bu komponent de işlemciye yakın olarak konumlandırılmıştır. Ancak burada şuna dikkat edilmelidir ki; JTAG pini, ulaşmaya kolaylıkla elverişli bir noktada bulunmalıdır. Çünkü bütün cihazlardaki işlemcilere yazılım atılması gerektiğinden ve gerektiğinde de yazılımın güncellenmesi gerekebileceğinden dolayı JTAG pini, ulaşması zor bir noktada bulunmamalıdır. Bütün bunlar düşünülerek JTAG pininin PCB'nin top kısmında ve top kısmının da kenar kısmında bulunması tercih edilmiştir. Bu sayede işlemciye yazılım atarken diğer elemanlara temas edilmeyecek ve ESD (Electro Static Discharge) ihtimali minimuma indirilmiş olacaktır.

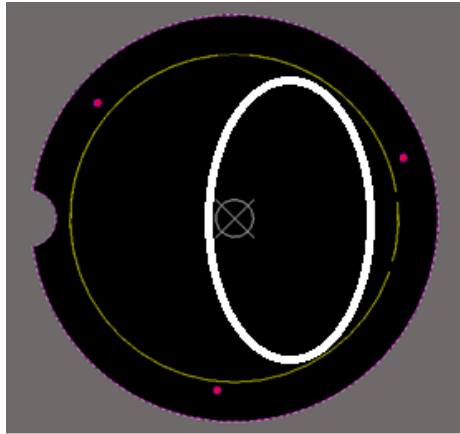
PCB üzerinde eleman yerleşimi yaparken en önemli kısımlardan biri de güç katının yerleşimi olmaktadır. PCB tasarımında güç katı devrenin güç giriş kısmına yakın bölüme yerleştirilmelidir. Tasarlanan otopark sensörü PCB'sinde de bu kurala dikkat edilmiştir. Güç girişi bir güç konnektörü ile bir pinden sağlanmaktadır. Enerji bir

bataryadan gelmektedir. Güç katındaki bir diğer eleman, giriş kondansatörü yani tantal kondansatördür. Bu kondansatör PCB'nin güç giriş pini yakınına yerleştirilmiştir. Bununla beraber elemanlar birbirine yakın konumlandırıldığından dolayı, yollar çok dolandırılmadan, alt kattan üste veya üst kattan alta geçmeden çizilebilecektir.



Şekil 18. PCB'nin güç katı.

PCB'ye eleman yerleşimin son katı haberleşme katı olmaktadır. Bu kat RF haberleşme kısmı yani anteni içerdiğinden dolayı önemli olmaktadır. PCB'de kalan yerler ve eklenecek olan diğer elemanlar da düşünüldüğünde bu kat için şöyle bir yerleşim planı yapılmıştır. NB-IoT modülü ve çevre elemanları PCB top kısmının sağ tarafına yerleştirilmiştir. Bu kısım aşağıdaki görselde de ifade edilmiştir:



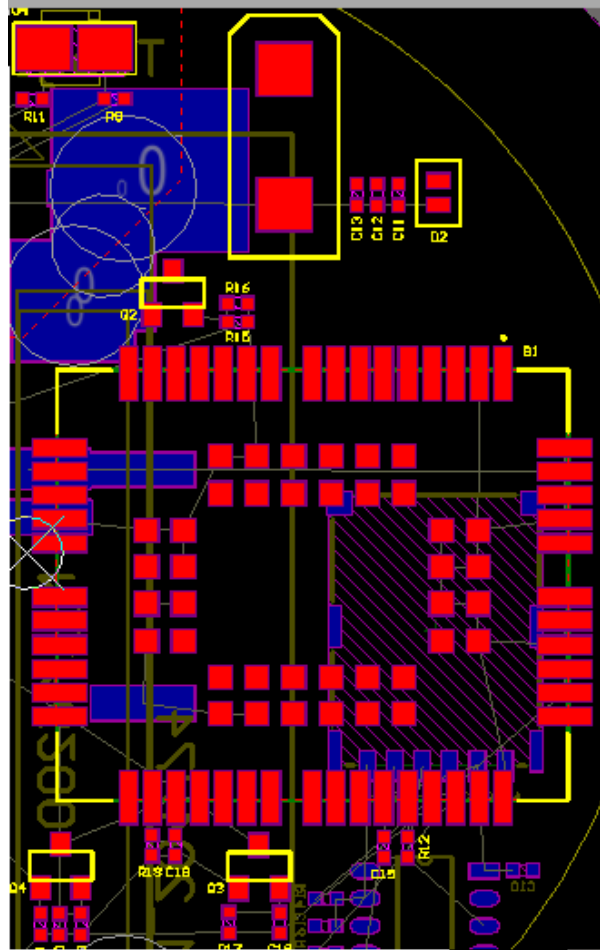
Şekil 19. PCB'de haberleşme katı yerleşme konumu.

Bu kısım bütün elemanların konumlandırması için yeterli gelmeyeceğinden dolayı bir miktar eleman da PCB arkasına yerleştirilmiştir. PCB'nin bottom kısmına anten, SIM kart holder ve çevre elemanları yerleşimi yapılmıştır. NB-IoT modülüne bağlı olan elemanlar yani transistörler, dirençler ve kondansatörler modüle yakın olarak

yerleştirilmiştir. Yakın yerleşimin yanı sıra bu elemanlar bağlanacak pinlere yakın konumlandırılarak hem yol çizim kolaylığı hem de PCB’de yer açma avantajı sağlanmıştır. Ayrıca bottom katmanına yerleştirilen SIM kart holder, TVS diyot array yerleşimi yaparken de bu elemanların pinlerinin, modülde bağlanması gereken pinlere yakın olması ve çizim kolaylığı sağlanacak şekilde bağlantı yapılabilmesi amaçlanmıştır.

Buradaki önemli noktalardan biri de şudur ki; modülün RF pini ile kullanılan antenin aynı hizada bulunmasına dikkat edilmelidir. Çünkü anten yolu çizerken oluşan kırılımlar RF iletimi için bir kayıp oluşturmakta ve iletim verimliliği azalmaktadır. Bu nedenle anten ve modül farklı katmanlarda olsa bile aynı hizada çizilmesine dikkat edilmiştir.

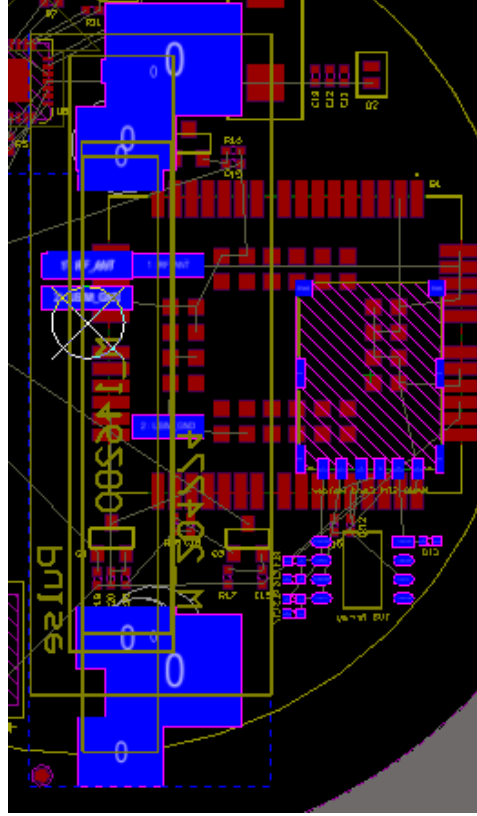
NB-IoT modülünün decoupling kapasitörleri ve tantal kapasitörü de modüle yakın konumlandırılarak gelen gerilimdeki rippleları sönmöndürmek ve gelen gerilimdeki eksikliklerde decoupling kapasitörlerden karşılanması sağlanmıştır. NB-IoT modülü, yani haberleşme katının top kısmı eleman yerleşimi şu şekilde olmuştur:



Şekil 20. PCB’nin haberleşme katı, top kısmı.

PCB’nin bottom katmanında SIM holder ve anten bulunmaktadır. Sim holder’a bağlı olan ve ESD koruması sağlayan TVS diyot array de SIM kart pinlerine oldukça yakın

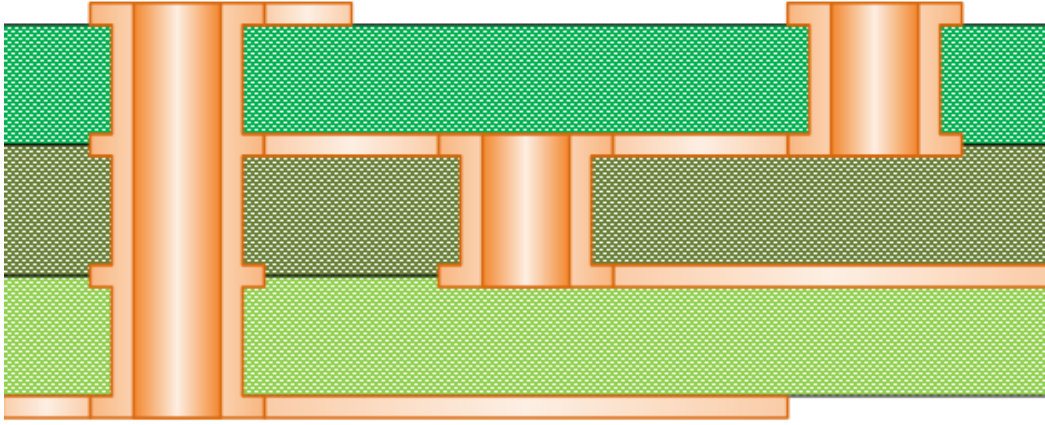
konumlandırılmış ve ESD sorunlarının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. SIM kart holder, TVS diyot array ve NB-IoT modülü birbirleri ile uyumlu konumlandırılmıştır. NB-IoT modül katı, yani haberleşme katının bottom kısmı eleman yerleşimi şu şekilde olmuştur:



Şekil 21. PCB'nin haberleşme katı bottom kısmı.

PCB üzerinde eleman yerleşim işlemini tamamladıktan sonra bir sonraki adım çizim parametrelerine karar vermektir. Yani çizilecek olan yolların kalınlıklarına ve viaların büyüklüklerine karar vermektir. Çünkü yollar akım taşıyacağından ve PCB üzerinde RF yolları gibi bazı yollar bulunabildiğinden dolayı bu ve bunun gibi sebepler, PCB çiziminde yol kalınlıkları, via büyüklükleri, poligon ile yolların ve diğer elemanların arasındaki mesafe gibi büyüklükleri etkilemektedir. Örneğin bir PCB'de güç katmanından fazla akım geçebileceğinden dolayı güç katmanındaki yolların kalın yapılması gerekebilir.

Bununla birlikte vialarında akım taşıyabilmesi için belli kriterler vardır. Örneğin vianın çapı, dış çerperinin yani lehim kısmının çapı, diğer elemanlar ile bırakılması gereken mesafe, hole yani delik çapı gibi etkenler vianın taşıyabileceği akımı belirler. Aşağıdaki şekilde, vianın PCB üzerine ne şekilde yerleştirilebileceği üç farklı örnekte gösterilmiştir:



Şekil 22. Viaların PCB üzerindeki farklı yerleşimleri(Clinton, 2018).

Şekilde de görüldüğü gibi vialar PCB üzerine üç farklı şekilde yerleştirilebilmektedir. Manyetik otopark sensörü PCB'sinde iki katlı bir yapı tercih edildiğinden dolayı, bu PCB'de, PCB'nin tamamı delinen vialar kullanılmıştır. Bu tür vialar PCB'nin top katmanından, bottom katmanına kadar PCB'nin tamamını delmektedir. Ayrıca eğer PCB iki katmandan fazla ise PCB'nin tamamı delinir ancak bağlantı istenilen herhangi bir ara katmana da sağlanabilir.

Gömülü yapıda ise PCB'nin ara katmanları arasında via oluşturulabilir ve bu katmanlar arası bağlantı vialar ile sağlanabilir. Diğer yapıda ise PCB'nin tamamı değil, bir kısmı delinir. Bu şekilde top katmanı ile ara katman arası bağlantı sağlanır. Ancak bu yöntemi kullanmak PCB üretim maliyetlerini artırdığından dolayı fazla tercih edilmemektedir. Genel olarak PCB tasarımında PCB'nin tamamının delindiği, birinci via tipi kullanılmaktadır. Tasarlanan manyetik otopark sensörü PCB'sinde de bu tarz via tipi kullanılmıştır.

Manyetik sensör PCB'sinde akım çok yüksek olmamaktadır. Bu nedenle çok büyük boyutlarda via oluşturmaya ihtiyaç yoktur. Bu nedenle 0,6 mm diameter(çap) ve 0,3 mm hole size(delik çapı) olan vialar kullanılmıştır.

PCB'de çizilen yollar tarafında ise PCB'nin üzerinden geçen akım çok düşük seviyelerde olduğundan dolayı kalın boyutlu yollar çizmeye ihtiyaç olmamaktadır. Bu nedenle yollar, standart PCB yol kalınlığı olan 0,25mm ile çizilmiştir. Ayrıca PCB'de boş yerlere poligon atarak, boş yerlerin GND yani toprak olmasına karar verilmiştir. Bu sayede yolların birbiri ile ve yolların elemanlar ile arasında bir izole yapı oluşması istenmiştir.

PCB üzerinde kullanılacak olan yol kalınlıkları ve via boyutlarına karar verdikten sonra yolların çizimine başlanmıştır. Yolların çiziminde şu prensip izlenmiştir:

İlk olarak birbirine yakın olan komponentlerin pinlerinin birbirine bağlanması sağlanmıştır. Birbirine uzak olan ve bağlanması gereken pinlerin, komponent padlerinin(ayaklarının) bağlanması işlemi sonraya bırakılmıştır. Birbirine yakın olan padlerin, kısa olan yolları çekildikten sonra, aralarındaki mesafesi biraz daha fazla olan padlerin yolları çekilmeye başlanmıştır. Bu yollar çekilirken en önemli nokta şudur ki yollar birbirine paralel olarak çekilmelidir. Bunun iki sebebi vardır: Birinci sebebi,

birbirine paralel ancak zıt yönlü yollar, birbirlerini EMC olarak sönümler. İkinci sebebi ise PCB'nin alanı çok daha verimli kullanılarak daha fazla komponente yer açılır. Bununla birlikte yol çizimi yapmak da bir o kadar kolaylaşır. Bu nedenle manyetik otopark sensörü PCB'sinde orta mesafeli yollar çekilirken paralel olarak yolların çekilmesine dikkat edilmiştir.

Yolların çekilmesi esnasında dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri de şudur: Özellikle NB-IoT modülü, işlemci, manyetik sensör ve bunlar gibi komponentlerin data yollarını çekerken fazla kırılım olmadan ve topdan bottoma, bottomdan top katmanına fazla geçiş olmadan yolların çiziminin yapılması gereklidir. Aksi takdirde datada kayıplar oluşabilir. Ayrıca data bilgisinin gideceği yere ulaşmasında bazı gecikmeler yaşanabilir. Bu nedenle otopark sensörü PCB'sinin data yolları çekilmesinde bu tarz prensiplere dikkat edilmiştir.

Ayrıca anten yolu için farklı durumlar mevcuttur. Bu yol için RF yol hesaplamalarına gidilir. Bu yolun hesaplaması için internette, özel paket programlarda tool'lar mevcuttur. İnternetteki tool'u dikkate alırsak; çizilen yolun kalınlığı, yol ile poligon arası mesafe, yol ile alt katmandaki toprak arası mesafe, yolun altında bulunan prepregin dielektrik sabiti, çalışılan frekans gereklidir(<http://wcalc.sourceforge.net/cgi-bin/coplanar.cgi>). Prepreg bakır yolu çekilen katman ile diğer katmanlar arası malzemedir. Manyetik otopark sensörü PCB'sinde iki katmanlı yapı bulunduğundan, prepreg kullanılmamıştır. Bu nedenle iki bakır katman yani top ve bottom katmanı arasındaki core malzemenin dielektrik sabiti hesaba katılmıştır. Anten yolu için kullanılan değerler aşağıda verilmiştir:

Yol kalınlığı: 1,2mm

Yol ile poligon arası mesafe: 0,25mm

Bakır yol yüksekliği: 0,035mm

Yol ile alt katmandaki toprak arası mesafe: 1,53mm

PCB Core malzemesi dielektrik sabiti(Er): 4,6

Çalışılan frekans: 868 MHz

Bu değerler simülasyon tool'una girildiği zaman, sanal olarak gerekli RF hesaplamalarını yapmaktadır. Simülasyon sonucu bazı veriler elde edilmektedir. Elde edilen bu veriler aşağıda verilmiştir:

Karakteristik empedans: 52,63ohm

RF'deki kayıp: 0,0488dB

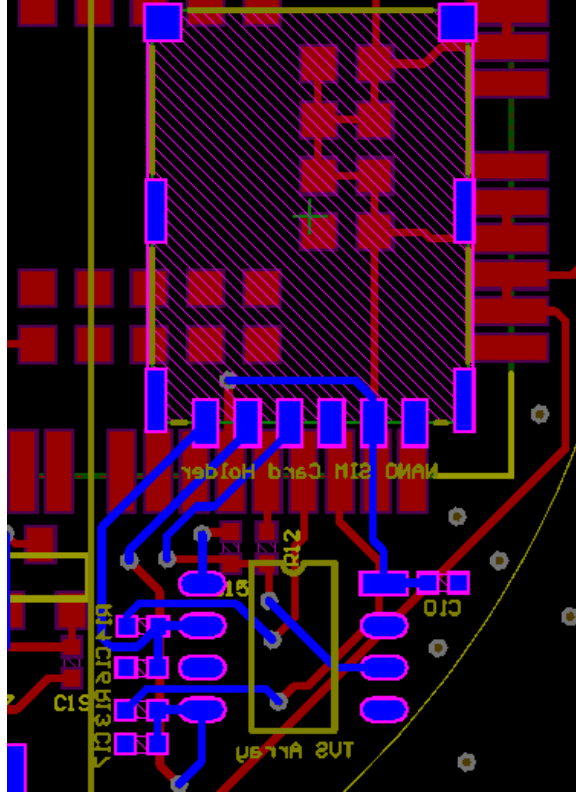
Gecikme: 0,1440ns

Böylelikle RF yolunda istenilen değer olan 50ohm'a yakın bir değer elde edilmiştir. RF yolundaki kayıp 0,0488dB gibi çok küçük bir değer olarak hesaplanmıştır. Böylelikle çok az bir kayıp ile RF iletimi sağlanmış olmaktadır. Gecikme de yine çok düşük bir değer olarak hesaplanmıştır.

SIM kart holder sim kartın takıldığı komponenttir. Bu komponent NB-IoT modülünün haberleşme bağlantısını sağlayabilecek olan bir yapıdır. NB-IoT modülü ile NB-IoT baz istasyonu arasındaki iletişimi sağlamak için bir GSM firmasından bir sim kart alınmakta ve komponente takılmaktadır. Sim kart için Türkiye'de NB-IoT haberleşme alt yapısı olan bir operatör seçilmiştir. Ancak Türkiye'de NB-IoT alt yapısı yeterli bir seviyeye gelmediğinden dolayı NB-IoT ağına bağlanmada sorunlar yaşanabilmektedir. Bu sorunlar giderek aşılmaya çalışılmakta ve NB-IoT ağı da günden güne genişlemektedir. Ancak günümüzde yaşadığımız sorunların başında, bu haberleşme ağına tam olarak geçilememiş olunması gelmektedir. Bu nedenle bazı zamanlarda yakındaki NB-IoT haberleşmesi baz istasyonunun çalışmaması, bakımda olması veya üzerinde geliştirmeler, eklentiler yapılıyor olması, bu ağa bağlanmada sorunlar yaşanmasına neden olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı bazı zamanlarda NB-IoT baz istasyonuna bağlanılamadığı durumlarda farklı alternatifler denenmektedir. Bunlardan bir tanesi daha uzaktaki bir NB-IoT baz istasyonuna bağlantı sağlanmasıdır. Böyle bir durum da mümkün görünmüyorsa, bir gateway kartı üzerinden farklı bir haberleşme yapısı ile internete çıkmak mümkün olmaktadır.

Sim kart yollarını çizerken de dikkat edilmesi gereken bazı kurallar vardır. Yollar çizilirken bu kurallara dikkat edilmiştir. Bu kurallardan bazıları:

- 1) NB-IoT modülü ile sim kart holder arası mümkün olduğunca yakın tutulmuş olup, sinyal yolları da bu bağlamda kısa tutulmuştur.
- 2) Sim kart holder'ın sinyal yolları, PCB'nin diğer taraflarındaki RF ve güç yollarından mümkün olduğunca uzak tutulmuştur.
- 3) Data ve clock sinyal yolları birbirini etkilememesi için mümkün olduğunca uzak tutulmuş ve aralarına poligon koyularak birbirinden izole edilmiştir.
- 4) ESD koruması sağlamak amacıyla bir TVS diyot array eklenmiş ve birkaç adet, EMI baskılama amaçlı direnç koyulmuştur.
- 5) RF bypass kapasitörleri koyularak EMI'nın olası etkilerinden kaçınılmaya çalışılmıştır.



Şekil 23. Simkart holder yol çizimi.

PCB tasarımında yol çiziminin ardından yapılacak olan bir diğer aşama PCB'ye poligon atmaktır. Poligon, GND katmanını PCB'nin her tarafına dağıtarak elemanlar ve yollar arası izolasyonu sağlama, EMC uyumluluğu, GND pinlerini kolayca bağlama gibi faydalarından dolayı PCB'ye atılmaktadır. PCB'nin hem top hem de bottom katmanına poligon atılmıştır.

Ancak poligon atılmaması gereken yerler vardır. Bunların başında ise RF katmanı gelmektedir. RF antenin bulunduğu yere poligon atılmamıştır. Böylelikle RF yapısının poligondan yani metal yapıdan etkilenerek sinyallerin bozulmaya uğraması ve kayıpların ortaya çıkmasının önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Bir diğer poligon atılmaması gereken yer ise NB-IoT modülünün bulunduğu kısımdır. Burada da poligon atmak modülün çalışma yapısını olumsuz yönde etkileyebilir.

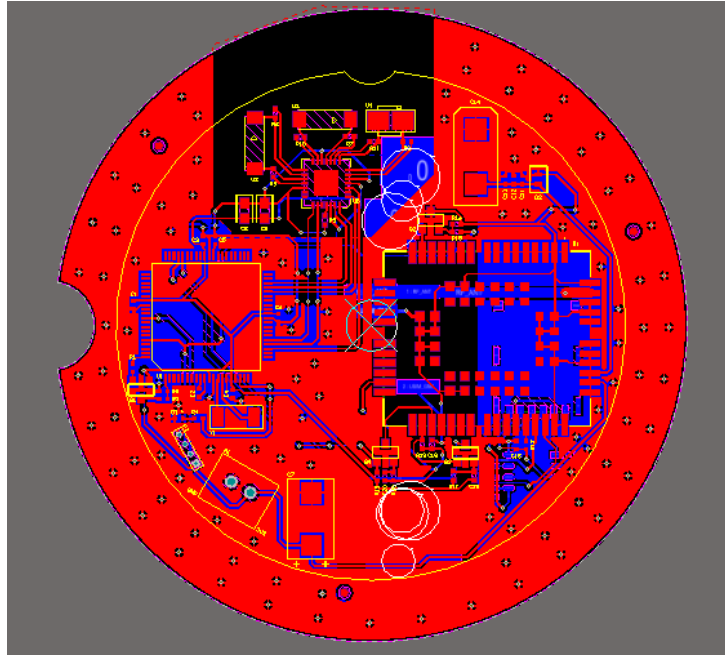
Bütün bu poligon atılmaması gereken yerlere çizim programında var olan poligon pour cutout eklenmiştir. Böylelikle PCB'nin tamamına poligon eklendikten sonra polygon pour cutout olan yerlerde poligonlar kesilmiştir.

Manyetik otopark sensörü PCB'sinin boş yerlerine bolca toprak viası eklenmiştir. Bu vialar alt ve üst katmana atılmış olan poligonlar arası geçiş sağlayarak daha iyi bir topraklama sağlamaya yardım etmektedir. Ayrıca EMC uyumluluğu açısından da fayda sağlamaktadır. Bir diğer faydası da RF tarafında EMI'nın baskılanmasını sağlamaktadır.

PCB tasarımının bir diğer noktası da designatorleri yerleştirmektir. Designatorler PCB'deki elemanların kodlarıdır. Örneğin dirençler R1, R2 gibi; kondansatörler C1, C2 gibi değerler alır. Bu değerler ile PCB üzerindeki komponentler birbirinden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Bu designatorlerin yerleşimi noktasında şu kurallar izlenmiştir. Designatorler NB-IoT modülü ve işlemci tarafında entegrelerin pinlerinin birinci pini yanına yerleştirilmiş, bu sayede dizgi esnasında kolaylıkla entegrenin nasıl konumlanacağını tahmin etme imkanı doğmuştur.

Designator yerleşiminde uyulan bir diğer kural ise eleman designatorlerinin aynı hizada ve aynı yönlenmede olmasına dikkat etmektir. Bu sayede PCB üzerindeki designatorlerin bir uyum içerisinde, göze batmayan ve kolay algılanabilen yapıda olmasına çalışılmıştır.

PCB tasarımı son durumda şu şekilde karşımıza çıkmaktadır:



Şekil 24. PCB tasarımının son hali.

3.4. PCB Baskısı Ve PCB Testleri

3.4.1. PCB baskısı

PCB tasarımı tamamlandıktan sonra geçilecek bir sonraki adım PCB baskısıdır. PCB baskısı yapılması için çizim programında iki ana dosya oluşturulmuştur. Bunlar gerber ve NC Drill Files dosyalarıdır. Gerber dosyaları PCB'nin elemanlarının konumu, eleman padlerinin konumu, lehimlenecek yerler, designatorlerin konumu ve bütün bunların top ve bottom katmanındaki verilerini çıkarmaktadır. NC Drill Files ise PCB üzerindeki viaların ve through hole olan komponentlerin PCB'yi delecekleri noktaların tutulduğu verilerin bulunduğu dosyadır. Bu iki dosya çizim programında oluşturulur. Bu dosyalar oluşturulduktan sonra özellikle gerber dosyaları incelenmelidir. Bu inceleme iki durum için yapılır. Birincisi PCB üzerindeki padlerin, yolların ve diğer

komponentlerin yakın olup olmadığı veya diğer muhtemel hatalar tespit edilir ve baskıya geçmeden önce düzeltilir. Diğer nedeni ise PCB'deki elemanların footprintleri yani PCB üzerindeki izlerinin ve yolların doğru bir şekilde gerber dosyalarına aktarılıp aktarılmadığı kontrol edilir, yine yanlış varsa düzeltilip öyle baskıya gönderilir. Bu şekilde gerber kontrolü yapılmıştır.

Daha sonra PCB baskısı yapılması amacıyla yurt dışındaki bir PCB baskı firması ile iletişime geçilmiştir.

Üretici firma, PCB baskısı için PCB ile alakalı bazı bilgilere ihtiyaç duymaktadır. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- 1)PCB ölçüleri
- 2)Basılacak PCB miktarı: 10
- 3)Katman sayısı: 2
- 4)PCB kalınlığı: 1,6mm
- 5)Solder mask rengi: Yeşil
- 6)Bakır kalınlığı: 1 oz

Bu bilgilerin haricinde bir de PCB üreticisine "Layer Stack Info" dosyası hazırlanıp gönderilmelidir. Bu dosya PCB'nin katman yapısı ile alakalı bilgileri içerir. PCB'nin core, prepreg yapısı ve bunların kalınlıkları, prepreglerin dielektrik sabiti gibi bilgiler bu dosyada yer almaktadır.

Hazırlanan layer stack info dosyası aşağıda verilmiştir:

-----	Top Layer	1 oz copper
cccccccccccccccccccc	Core	1,53mm
-----	Bottom Layer	1 oz copper

Total PCB Thickness: ~1,6mm

Bu dosyalar, PCB gerber ve NC drill files dosyaları üretici firmaya gönderilmiştir.

3.4.2. PCB'nin fonksiyonel testleri

PCB basımı tamamlandıktan sonra PCB'nin fonksiyonel testlerinin yapılması gerekmektedir. PCB'nin fonksiyonel testleri birkaç adımdan oluşmaktadır.

Bunlardan ilki gözle kontrol testidir. PCB gözle kontrol edilmekte ve PCB'de üretimsel bir sıkıntı olup olmadığı anlaşılmaktadır. Gözle kontrol sonucu PCB'de herhangi bir sıkıntıya rastlanmamıştır. Ayrıca gözle kontrol sonucu bizden

kaynaklanan, tasarımsal hatalar da tespit edilerek, PCB revizyonda düzeltme yapılabilmektedir. PCB'nin bu adım testlerinde herhangi ciddi bir sıkıntıya rastlanmamıştır.

PCB'ye ikinci yapılan fonksiyonel test, kısa devre testidir. Kısa devre testi, devrenin güç pinleri yani 3,3V, 3,8V gibi pinleri ile toprak arasında yapılır. Güç pinleri ile GND arasında bir kısa devre olup olmadığı kontrol edilir. Devrede yapılan kısa devre testi sonucu herhangi bir kısa devreye rastlanmamıştır.

Üçüncü test ise PCB katlarında yapılan testlerdir. Bu testler yapılırken adım adım gidilir. İlk önce PCB'nin güç katı dizilmiştir. Güç katı çıkışına bakılır. Bu çıkışta istediğimiz gerilim değerini görmemiz gereklidir. PCB bu testten de geçmiştir. Güç katında herhangi bir sorun olmadığı anlaşılmıştır.

Sonra işlemci katı dizdirilmiştir. Yazılım atma testi yapılır. İşlemciye yazılım atılabiliyorsa ve işlemcinin çalışmasında herhangi bir sıkıntı yoksa PCB'nin işlemci katında da herhangi bir sıkıntı olmadığı anlaşılır. İşlemciye yazılım atılmıştır ve çalışmasında bir sıkıntı olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca işlemcinin power LED'i de yanmaktadır.

Buraya kadar PCB'nin çalışmasında herhangi bir sıkıntı ile karşılaşılmadıysa, bu aşamadan sonra başka sıkıntı teşkil edebilecek komponent varsa o dizdirilip çalışıp çalışmadığı kontrol edilir. Daha sonra diğer bütün komponentler dizdirilir ve genel olarak PCB'nin çalışması test edilir. Bu aşamada PCB'nin kalan katı olan manyetik sensör katı ve haberleşme katı dizdirilmiştir. Bu katlardan haberleşme katı sorunsuz çalışmaktadır. Manyetik sensör katının testi ise işlemciye yazılım atıldıktan sonra yapılmıştır. Bu kat sorunsuz çalışmaktadır. Burada yapılmış olan manyetik sensör testi ilk yapılan manyetik sensör testi olup, asıl yapılacak olan saha testlerine daha sonra geçilecektir.

3.4.3. PCB'ye gerekli yazılımların aktarılması

Manyetik otopark sensörü için cihaz yazılımı yazılmıştır. Bu yazılım PCB üzerinde bulunan işlemci için yazılmış olan yazılımdır. Bu yazılım C dilinde yazılmıştır ve PCB'ye JTAG pini ile aktarılmıştır. İşlemciye yazılmış olan yazılım PCB'nin nasıl çalışması gerektiğinin yazılmış olduğu yazılımdır. Bu yazılım içeriğinde işlemcinin haberleşme modülü, manyetik sensör ile birlikte nasıl haberleşme sağlayacakları yazılmıştır.

Ayrıca NB-IoT haberleşme modülünün nasıl çalışacağı, manyetik algılama sensöründen ne kadar sürede bir veri alacağı ve göndereceği, modülün ne kadar süre aktif kalıp, ne kadar süre power saving mode'da (güç koruma modu) kalacağı, ne şekilde aldığı bilgileri NB-IoT baz istasyonuna oradan da istenilen bir sunucuya aktarılacağı gibi istenilen ve PCB'nin yapacağı durumlar PCB'nin üzerindeki işlemciye aktarılmıştır.

Yazılmış olan yazılımın işlemciye atıldığı JTAG pini aşağıdaki görselde ifade edilmiştir:



Şekil 25. İşlemciye yazılım atılan JTAG pini.

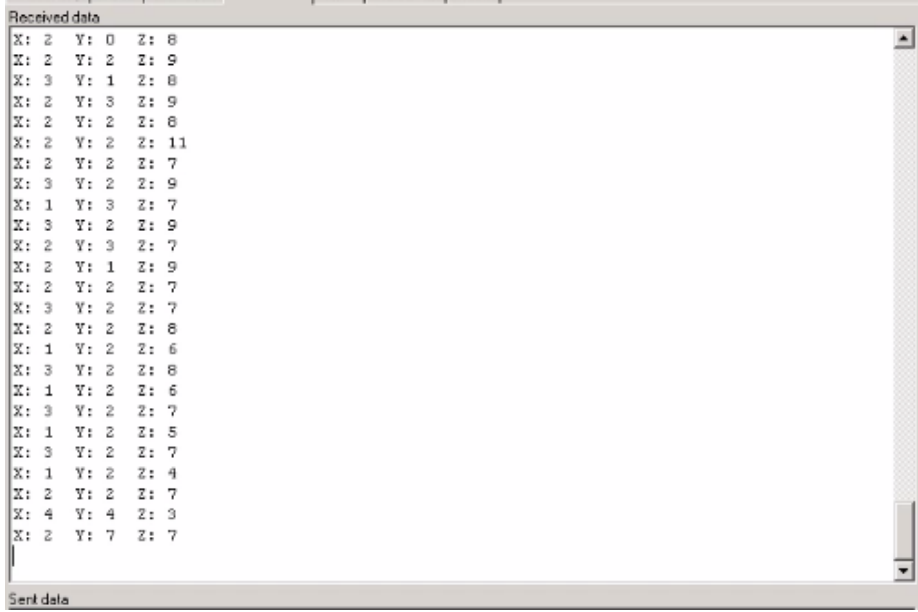
3.4.4. PCB çalışma testleri

PCB'nin fonksiyonel testlerden geçmesi ve gerekli yazılımların PCB'ye aktarılmasının ardından PCB'nin çalışma testlerini yapmaya geçilmiştir. Bu testler birkaç adımdan oluşmaktadır ve cihazı sahada denemeden önce yapılan çalışma testleridir.

PCB'ye yazılım atıldıktan sonra metal algılama testi uygulanmıştır. PCB'ye pil bağlanmış ve cihaz çalıştırılmıştır. Cihaz çalıştıktan sonra farklı ortamlarda cihazın metal algılama testleri yapılmıştır. İlk olarak metal yoğunluğu yüksek olan bir cisim PCB üzerine getirilmiş ve manyetik algılama sensörlerinin metali algılayıp algılamadığı incelenmiştir.

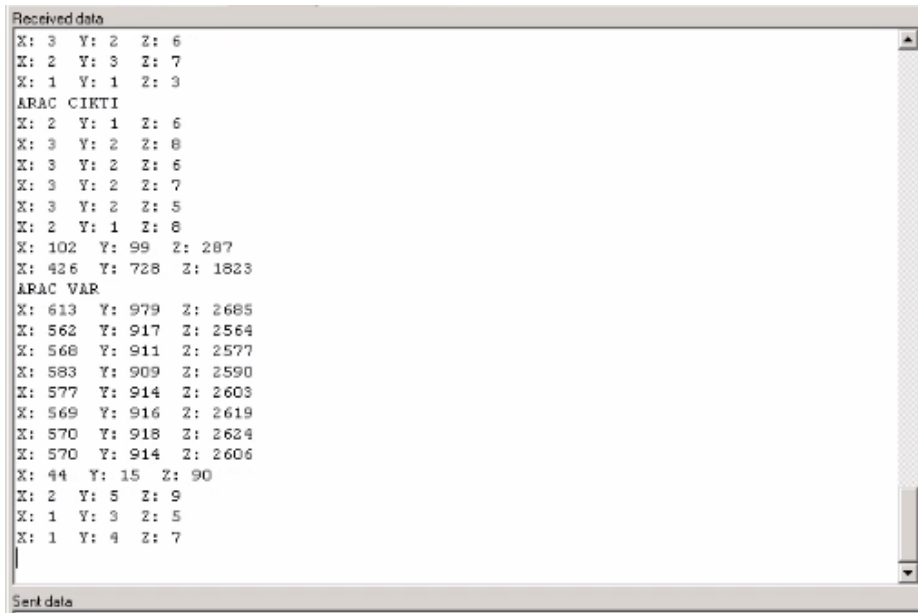
Cihaz, NB-IoT baz istasyonuna, araç algılama verilerini gönderdikten sonra, buradan istenilen bir sunucuya bu veriyi gönderebilmektedir. Cihazın çalışma testleri yapılırken, araç algılama verileri sunucuya aktarıldığı anda bilgisayar üzerinden gelen veriler dinlenebilmektedir. Bu dinleme bir haberleşme verisi okuma programı vasıtasıyla gerçekleşmektedir.

Program algoritmasına göre algılama verileri manyetik sensörün eksenlerine bağlı olarak ilerlemektedir. Manyetik sensör x, y, z olmak üzere 3 ayrı eksenle ölçüm yapabilmektedir. Bu eksenlerdeki algılama değerleri sayısal olarak programda ifade edilmektedir. Program algoritmasına göre, eğer gelen sensör verileri x, y ve z eksenleri için değeri üç eksenle toplam 200'ün üzerinde bir değer üretilirse "ARAÇ VAR" ifadesi programda görülmektedir. Manyetik algılama sensörü üzerindeki metal yoğunluğu olan cisim sensörden uzaklaştırıldığı zaman doğal olarak sensörden gelen eksenlerin üçüne bağlı olarak gelen sayısal değerler düşecektir. Eğer bu sayısal değerler 3 eksen için toplam olarak 100'ün altında olursa ekrana "ARAÇ ÇIKTI" ifadesi gelecektir.



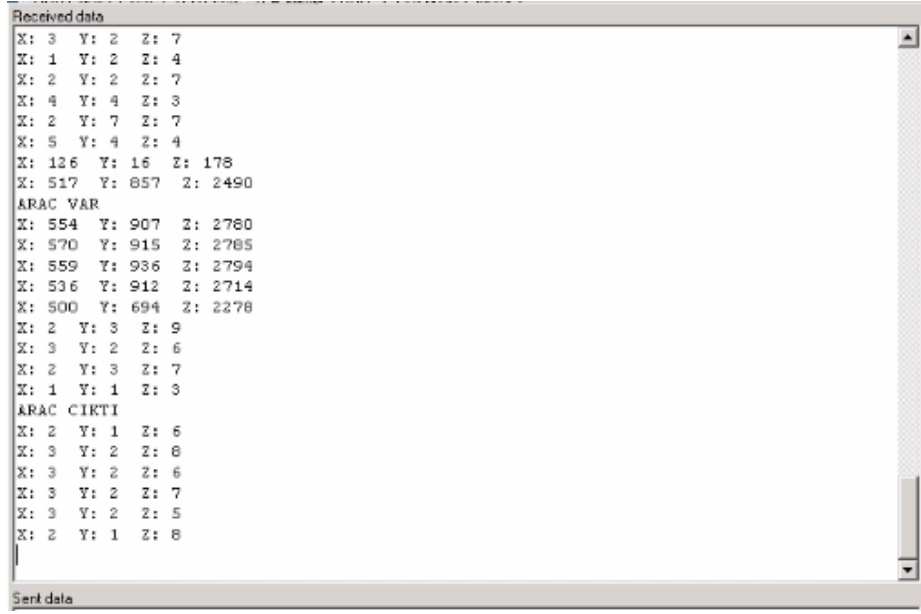
Şekil 26. Sensör üzerinde araç yok iken sensörden alınan sayısal veriler.

Yukarıdaki resimde görüldüğü üzere manyetik otopark sensörü üzerine araba gibi herhangi bir metal yoğunluklu cisim gelmediğinden dolayı manyetik algılama sensörünün x, y ve z eksenlerinden gelen veriler düşük seyretmektedir. Buradaki değerlerin çok ufak sayısal değerler olması, manyetik algılama sensörünün daha uzaktaki bir metali algılayıp olmasından dolayıdır. Metal yoğunluğu fazla olan bir cisim cihaza yaklaştırıldığında veya cihaz üzerine bir araç park ettiğinde sensör, manyetik alan vasıtasıyla x, y, z değerleri üreterek metali veya aracın manyetik otopark sensörü üzerine yaklaştığını algılar ve daha sonra bu algılamalar ile birlikte bu üç eksene bir sayısal değer üreterek çıkış verir.



Şekil 27. Sensör üzerinde araç var iken sensörden alınan sayısal veriler.

Yukarıdaki resimde de görüldüğü gibi sensör üzerine bir araç geldiği zaman sensör tarafından algılanarak bir çıkış üretilmektedir. Buradaki x, y ve z eksenleri bu çıkışı bize göstermektedir. Aracı park ediyorken x, y ve z değerleri değişken değerler gösterir. Çünkü metal yoğunluğu olan cismin yani aracın sensör üzerindeki konumu sabit değildir ve sürekli yer değiştirmektedir. Ancak bu değerler araç park ettikten belli bir süre sonra sabit hale gelir. Çünkü aracın metal yoğunluğu ile sensör arasındaki mesafe sabit bir konumda kalmaktadır.



```
Received data
X: 3 Y: 2 Z: 7
X: 1 Y: 2 Z: 4
X: 2 Y: 2 Z: 7
X: 4 Y: 4 Z: 3
X: 2 Y: 7 Z: 7
X: 5 Y: 4 Z: 4
X: 126 Y: 16 Z: 178
X: 517 Y: 857 Z: 2490
ARAC VAR
X: 554 Y: 907 Z: 2780
X: 570 Y: 915 Z: 2785
X: 559 Y: 936 Z: 2794
X: 536 Y: 912 Z: 2714
X: 500 Y: 694 Z: 2278
X: 2 Y: 3 Z: 9
X: 3 Y: 2 Z: 6
X: 2 Y: 3 Z: 7
X: 1 Y: 1 Z: 3
ARAC CIKTI
X: 2 Y: 1 Z: 6
X: 3 Y: 2 Z: 8
X: 3 Y: 2 Z: 6
X: 3 Y: 2 Z: 7
X: 3 Y: 2 Z: 5
X: 2 Y: 1 Z: 8
Sent data
```

Şekil 28. Aracın çıkış yapması esnasında alınan sensör verileri.

4. TASARLANAN SİSTEM İÇİN FARKLI ORTAM KOŞULLARINA UYGUN KUTU TASARIMI

4.1. Sistemin Çalışacağı Ortam Ve Hava Şartları Analizi

Manyetik otopark sensörü bahsedildiği gibi dış ortamda, otoparklarda, asfalta gömülü olarak yerin altında çalışacaktır. Bu sistemin çoğu zaman zor çevre şartlarında çalışması gerekmektedir. Bunlara örnek olarak şu çevre şartları örnek olarak gösterilebilir:

- Yazın yüksek sıcaklık durumları.
- Kışın düşük sıcaklık durumları.
- Yağışlı geçen çeşitli aylarda yağışın meydana getirdiği su birikintileri.
- Çeşitli çevre kirlilikleri sonucu cihazın üzerine algılamayı engelleyici cisimler birikmesi.
- Araçların cihaz üzerinden geçmesi sonucu cihazda ve kutuda oluşabilecek hasar.
- Farklı zamanlarda oluşabilecek yüksek ve düşük bağıl nem.

Tasarlanan cihazın yukarıda belirtilen bu zor durumlara karşı dayanıklı bir yapıda olması lazımdır. Bu nedenle cihaz kutusunun bu tür etmenlere karşı direnç gösterebilecek seviyede olması önemli olmaktadır.

İSTANBUL	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1929 - 2018)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.0	6.1	7.7	12.0	16.7	21.4	23.8	23.8	20.1	15.7	11.7	8.2	14.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	8.5	9.0	11.0	15.5	20.1	24.7	26.7	26.9	23.8	19.2	14.9	10.9	17.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.2	3.1	4.3	7.7	12.2	16.6	19.5	20.2	16.9	13.0	9.0	5.5	10.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.9	3.6	4.6	6.4	8.7	10.5	11.4	10.5	8.2	5.6	4.0	2.7	79.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	17.3	15.0	13.7	10.2	8.0	6.2	4.3	5.0	7.7	11.2	12.9	16.9	128.4
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	105.5	77.8	71.9	45.6	34.4	36.3	34.1	39.6	64.6	87.1	102.2	123.9	823.0
Ölçüm Periyodu (1929 - 2018)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.0	24.7	29.3	33.6	34.5	40.2	41.5	40.5	39.5	34.2	27.8	25.5	41.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-13.9	-16.1	-11.1	-2.0	1.4	7.1	10.5	10.2	6.0	0.6	-7.2	-11.5	-16.1

Şekil 29. İstanbul'un sıcaklık ve yağış istatistikleri(<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL>).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü internet sitesinden alınan verilere göre 1929 – 2018 yılları arasında İstanbul için aylara göre ortalama sıcaklıkları göz önüne alındığında şu sonuçlar elde edilmiştir:

Aralık: 8,2

Ocak: 6,0

Şubat: 6,1

Kış ayları ölçülen en düşük sıcaklıkları ise şu şekilde gerçekleşmiştir:

Aralık: -11,5

Ocak: -13,9

Şubat: -16,1

Bu veriler incelendiğinde görülmüştür ki İstanbul'un kış ayları ortalama sıcaklıkları çok düşük değerler değildir. Ancak zaman zaman ortalama değerlerin dışına çıkan veriler de olabildiğinden tasarlanan cihazın bu anomali sıcaklık değerlerinde de çalışabilir olması gerekmektedir. İstanbul için kış aylarında ölçülen en düşük sıcaklık değerlerine bakıldığında zaman -16 dereceler ölçüldüğü görülmüştür.

Ölçülen bu düşük sıcaklıklara dayanıklı bir ürün ortaya koyabilmek için cihazın komponentlerinin bu düşük sıcaklıklarda çalışabiliyor olması ve cihaz kutusunun da iyi bir şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Bütün bu durumlar tahmin edilerek cihaz komponentleri -40 dereceye ulaşabilen düşük sıcaklıklarda çalışabilir durumda olarak seçilmiş ve cihaz içerisinde kullanılmıştır. Bu sayede PCB ve üzerindeki komponentler bu düşük sıcaklıklara dayanabilecek ve bu sıcaklıklarda sorunsuz çalışmaya devam edecektir. Bunun yanı sıra tasarlanacak olan kutunun da bu düşük sıcaklıklara dayanabilecek ve içerisinde bulunan PCB, pil ve diğer komponentleri koruyabilecek yapıda olması önemli olmaktadır.

Aynı şekilde 1929 – 2018 yılları arasındaki İstanbul'un yaz ayları ortalama sıcaklıkları incelendiğinde gözlemlenen sonuçlar aşağıdaki gibi olmuştur:

Haziran: 21,4

Temmuz: 23,8

Ağustos: 23,8

Yaz ayları ölçülen en yüksek sıcaklıklar ise şu şekilde gerçekleşmiştir:

Haziran: 40,2

Temmuz: 41,5

Ağustos: 40,5

Bu değerlerin bize göstermiş olduğu durum şudur ki yaz ayları ortalama sıcaklıkları çok yüksek seviyelere çıkmamasına karşın bazı zamanlarda 40 derecelerin üzerini görebilmektedir. Buna göre PCB ve üzerindeki diğer elektronik komponentlerin bu sıcaklık değerlerinde çalışabiliyor olması gereklidir. Cihazda kullanılmış komponentler için genel olarak 85 dereceye ulaşan sıcaklıklarda sorunsuz çalışabilecek olan komponentler seçilmiştir. Bu durum İstanbul’da ulaşılabilecek maksimum sıcaklıklarda dahi cihazın çalışabileceği anlamına gelmektedir. Ancak cihazın kutusunun da bu sıcaklık değerlerinde zarar görmeyecek şekilde tasarlanması lazımdır.

Tasarlanan cihaz, otoparkın tabanında, yerde bulunduğundan dolayı İstanbul’daki yağış durumu ve bu yağışın oluşturduğu suyun cihaza zarar verip vermemesi de önemli olmaktadır. Yıllık yağış mm(milimetre) ile ifade edilir. Herhangi bir yerde, 1m²’lik alanda 1 kg yağış düşmesi, 1 mm yağış olarak ifade edilmektedir. İstanbul’un 1970-2018 arasında llmş, aylara göre ortalama yağış durumu göz önüne alındığında şu değerler göze çarpmaktadır(<https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Yagis.pdf>):

Ocak: 90 – 120 mm

şubat: 60 – 90 mm

Mart: 60 – 90 mm

Nisan: 30 – 60 mm

Mayıs: 30 – 60 mm

Haziran: 30 – 60 mm

Temmuz: 30 – 60 mm

Ağustos: 30 – 60 mm

Eylül: 60 – 90 mm

Ekim: 60 – 90 mm

Kasım: 90 – 120 mm

Aralık: 120 – 150 mm

Görüldüğü gibi İstanbul en fazla yağış değerlerini Kasım – Mart döneminde almakta ve 150 mm’ye ulaşan bir yağış olabildiği görülmektedir. Bu durumdan şu anlaşılmaktadır: Tasarlanan manyetik otopark sensörü cihazı yere yerleştirileceğinden dolayı cihazın, yağışın fazla olduğu dönemde fazlaca su ile temas edeceği görülmektedir. Bu durum cihazın hasar görmesi açısından risk oluşturmaktadır. Bu nedenle cihaz kutusunun bu denli fazla yağış durumlarında dahi PCB ve üzerindeki

komponentleri koruyabilecek, içerisine su almayarak cihaz için kuru kalmasını sağlayabilecek bir yapıda olması lazımdır. Bu durum çok önemlidir. Çünkü elektronik komponentler su ile temas ettiğinde tamiri mümkün olmayan bir şekilde hasar görebilmektedir. Bu nedenle cihaz kutusunun, suyun içeri girmesine karşı göstereceği direnç, çok önemli olmaktadır.

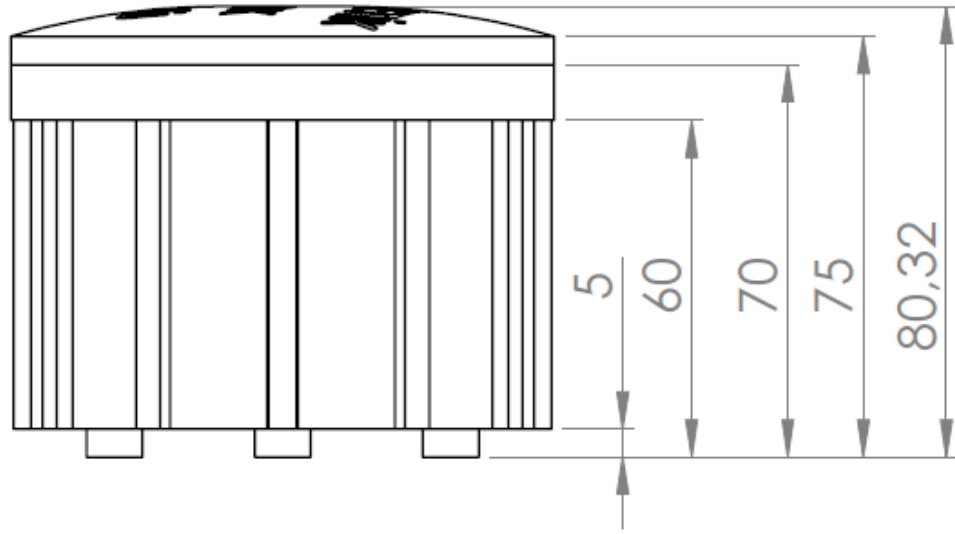
Cihaz yerde ve açık alanda bulunduğundan dolayı çevre şartları ile her an birebir temas halinde olacaktır. Bu durum, belli zamanlarda çevreden gelebilecek ve cihazın üzerini kapatabilecek taş, ağaç yaprağı, kum, çakıl taşı ve bunlar gibi cisimlerin olabileceğini göstermektedir. Manyetik otopark sensörü cihazı yere monte edildiğinde, eğer bu tarz cisimler cihazın üzerine gelir ve cihazın üzerini örterlerse cihazdaki kablosuz haberleşme yapısında olan komponentlerde çeşitli performans kayıplarına sebep olabileceklerdir. Bu komponentlere örnek olarak cihaz anteni verilebilir. Alınan araç varlık, yokluk bilgisini NB-IoT ağı üzerinden NB-IoT baz istasyonuna iletecek olan RF antenin performansı, cihazın üzerinin çeşitli sebeplerle kapatıldığı zamanlarda azalma gösterecektir. Bu nedenle bütün bu kablosuz haberleşme performansını olumsuz etkileyebilecek olan durumları bertaraf edebilecek bir cihaz kutusu tasarlanması ve yere monte edilmesi önemli olmaktadır.

Cihazın çevre şartlarından etkilenebileceği bir diğer nokta şudur: Bahsedildiği gibi cihaz otopark tabanına yani yere döşenecektir. Bu nedenle çeşitli ağır tonajlı araçların üzerinden geçmesi muhtemel bir durumdur. Bu nedenle tasarlanacak olan cihaz kutusu bu ağır tonajlı araçlar üzerinden geçtiği zaman hasar görmeyecek, kırılmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu durumu sağlayabilmek için cihaz kutusunun dayanıklı bir malzemeden üretilmesi lazımdır. Ayrıca cihaz kutusu üzerine uygulanan yüksek kuvvet durumlarında; cihaz kutusu kapağında herhangi bir esneme, oynama, yerinden çıkma gibi durumların olmaması lazımdır. Çünkü cihaz üzerine yüksek newton kuvvetiyle bir kuvvet uygulandığı zaman cihaz kutusu kapağının yerinden oynaması, olası yağış durumlarında cihaz kutusunun içerisine su girmesine sebep olacak, bu durum da cihazda su kaynaklı hasara sebep olacaktır.

Cihazı etkileyebilecek olan bir diğer durum havadaki nem değerleridir. Cihazın bulunduğu ortamdaki yüksek bağıl nem değerleri cihazın çalışma performansını etkileyebilecek bir durumdur. Özellikle PCB üzerinde kullanılan elektronik komponentlerin yüksek ve düşük bağıl nem değerlerinde çalışabiliyor olması lazımdır. PCB üzerindeki komponentler, çeşitli yüksek ve düşük bağıl nem değerlerinde çalışabilir şekilde seçilmiştir. İstanbul'un 1970 – 2018 yılları arasındaki ortalama nem değerlerine bakıldığında %70 – 80 ortalama nemin olduğu görülmektedir(T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü). Bu değer Türkiye'nin geneli göz önüne alındığında yüksek bir değerdir. Bu nedenle cihaz kutusunun da bu yüksek nem değerlerine uzun yıllar dayanabilecek bir malzemeden yapılması önemli olmaktadır(<https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Ortalama-Nem.pdf>).

4.2. Manyetik Otopark Sensörü Kutusunun İki Boyutlu Tasarımının Yapılması

Manyetik otopark sensörü bir önceki başlıkta belirtildiği gibi birçok zorlu şartlara maruz kalacaktır. Bu zor şartlarda çalışmasını sorunsuz sürdürebilmesi için kutu tasarımının çok iyi yapılması gerekmektedir. Manyetik otopark sensörünün bu zor şartlara dayanıklı olarak üretilmesi için iki boyutlu çizim programında tasarımı yapılmıştır.



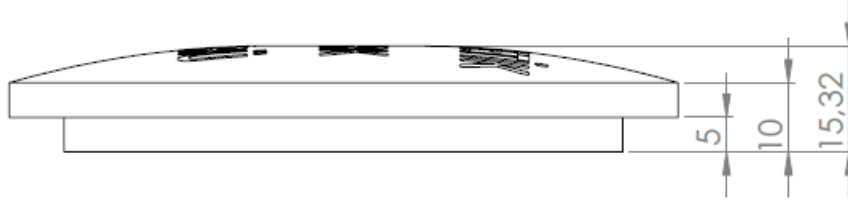
Şekil 30. Manyetik otopark sensörü kutusunun iki boyutlu tasarımı

Manyetik sensör kutusunun iki boyutlu tasarımı yukarıdaki resimde gösterilmiştir. Kutunun boyu, ayaklardan kutu tavanına kadar 80,32mm olarak tasarlanmıştır. Bu yükseklik olarak, ideal bir yükseklik yakalanmaya çalışılmıştır. Çünkü pil ve PCB yatay olarak üst üste konulduğu zaman, pilin kablosu da dikkate alındığında 7,5cm'lik bir yükseklik ortaya çıkmaktadır. Genişlik olarak ihtiyaç olunan mesafe ise 8,5cm olmaktadır. Bu ölçüler dikkate alınarak kutu boyutları tasarlanmıştır.

Kutunun dış kısmına yarıklar yerleştirilmiştir. Bu yarıklar, kutu toprağa gömüldüğünde orada sabit kalmasını sağlamaktadır. Yarıkların boyu 55mm'dir. Bir de kutu tabanında, kutunun tabanının toprağa sabitlenmesi amacıyla ayaklar bulunmaktadır. Bu ayakların yüksekliği 5mm olarak tasarlanmıştır. Kutunun kapak hariç yüksekliği ise 70mm'dir.

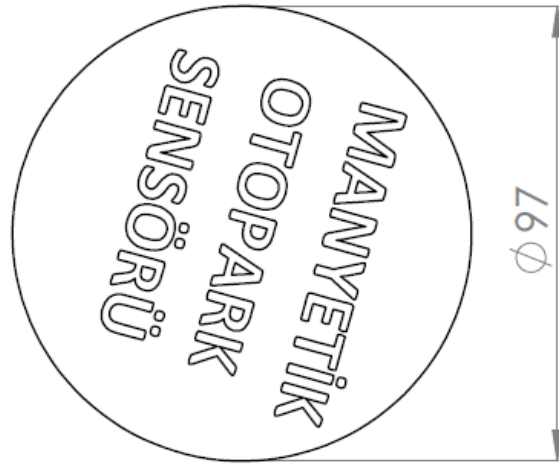
Kutu kapağı için bombeli bir yapı düşünülmüştür. Kapakta 5,32mm'lik bir bombe mevcuttur. Bu şu sebeple tasarlanmıştır: Bahsedildiği gibi, eğer kutu üzerine herhangi bir RF iletişimi engelleyici cisim gelirse, bu cismin kutu üzerinde durması, sensörün araç algılama seviyesini ve RF antenin NB-IoT baz istasyonu ile iletişimini kısıtlayarak cihaz çalışma performansında düşüşe sebep olacaktır. Bu istenmeyen

durumdan kurtulmak için cihaz kutusu, üzeri bombeli tasarlanmıştır. Bu sayede cihaz üzerine gelen cismin burada sabit kalması ihtimali, azaltılmış olacaktır.

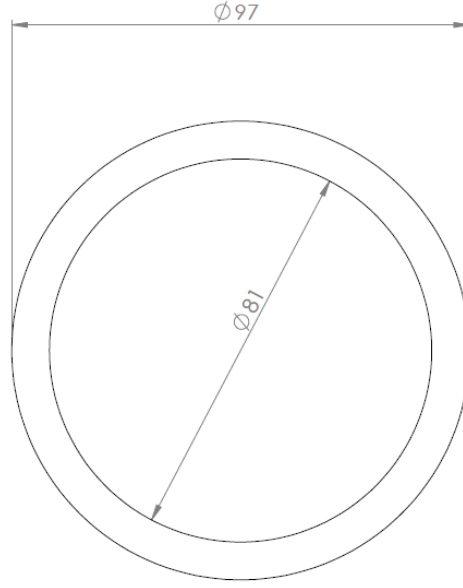


Şekil 31. Kutu kapağı yan görünüş.

Yukarıdaki resimde de görüldüğü gibi kapak içinde, kapağın kutuya oturmasını sağlayan bir bölge vardır. Bu bölge yüksekliği 5mm yüksekliğindedir. Bombenin hesaba katılmadığı durumda kapak yüksekliği 10mm olmaktadır.

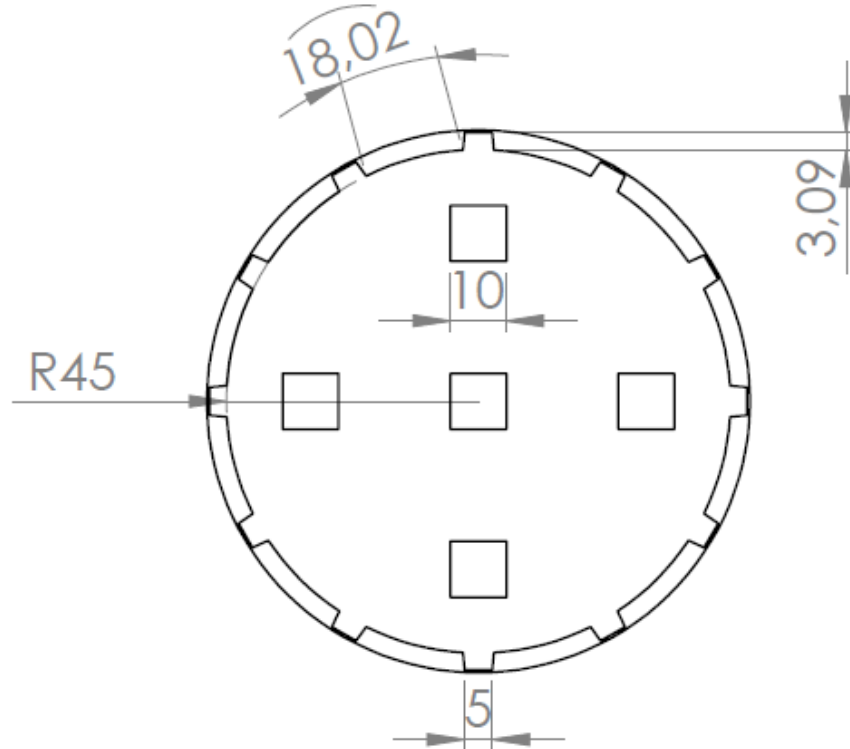


Şekil 32. Kutu kapağı üstten görünüş.



Şekil 33. Kutu kapağı alttan görünüşü.

Tasarlanan kutunun alt ve üst görünüşleri yukarıdaki şekilde verilmiştir. Burada kapak dış çapı 97mm olarak tasarlanmıştır. Kapağın kutuya oturmasını sağlayan iç bölgenin çapı ise 81mm seçilmiştir. Ayrıca kutu üzerine cihaz ismini belirten yazı eklenmiştir.



Şekil 34. Kutu alt görünüşü.

Yukarıdaki resimde manyetik otopark sensörü kutusunun alttan bakıldığı zamanki kesiti verilmiştir. Resimde de görüldüğü gibi kutu toprağa gömüldüğünde kutunun

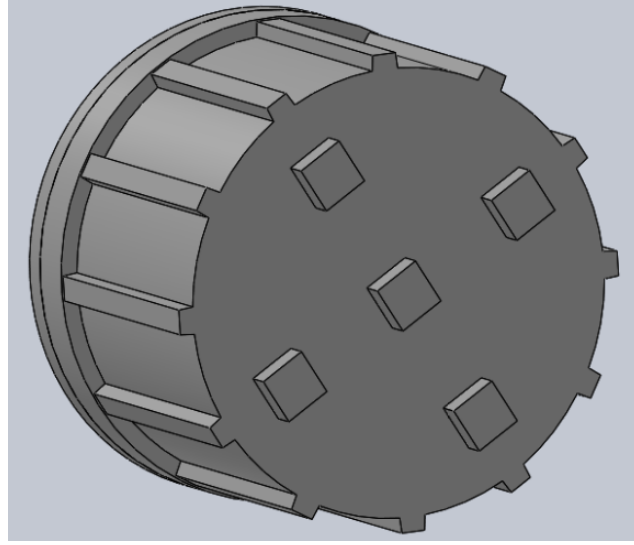
sabit kalmasını kolaylaştıracak olan kenarlardaki yarıkların genişliği 5mm'dir. Yarıkların derinliği ise 3,09mm'dir. Ayrıca iki yarık arası yay uzunluğu 18,02mm olarak belirlenmiştir. Böylece kutunun kenarında 12 adet yarık oluşturulmuştur. Kutunun toprakta sabit kalmasını kolaylaştıracak olan ayaklar beş adet seçilmiş ve bu ayaklar simetrik olarak konumlandırılmıştır. Bu ayaklar kare şeklindedir ve bir kenarı 10mm'dir. Ayrıca kenardaki yarıklar hariç tutularak kutunun alt taban yarıçapı 45mm olarak belirlenmiştir. Böylece kutu içerisindeki PCB ve pilin sığabileceği ideal bir genişlik sağlanmıştır.

4.3. Manyetik Otopark Sensörü Kutusunun Üç Boyutlu Tasarımının Yapılması

Manyetik otopark sensörü kutu tasarımında iki boyutlu tasarım sonrası, üç boyutlu tasarım yapılmıştır. Bu tasarım bir, üç boyutlu çizim programında yapılmıştır. Tasarım için iki boyutta yapılan tasarımda kullanılan ölçüler kullanılmıştır. Kutu alt kısmı ve kapağı ayrı ayrı tasarlanmış olup ortaya aşağıdaki gibi bir sonuç çıkmıştır:



Şekil 35. Cihaz kutusunun 3 boyutlu görünüşü üst kesiti.



Şekil 36. Cihaz kutusunun 3 boyutlu görünüşü alt kesiti.

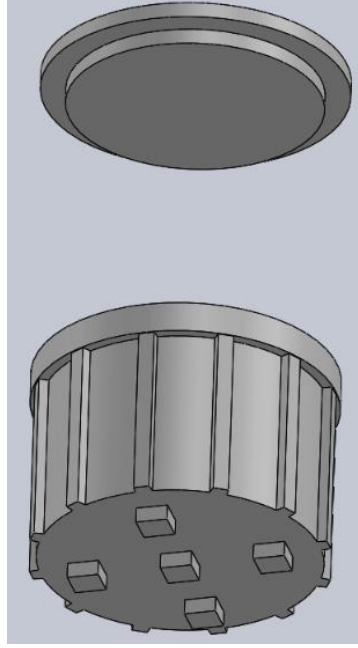
Üç boyutlu tasarım yapılırken iki boyutlu tasarımda da düşünüldüğü gibi 10mm'ye 10mm kare ayaklar yerleştirilmiştir. Bu ayakların yüksekliği 5mm'dir. Aynı şekilde 2 boyutlu tasarımda da belirtildiği gibi kutu kenarlarına yarıklar yerleştirilmiştir. Bu yarıklar da sensör kutusu toprağa gömüldüğünde kutunun sabit kalmasını sağlamaktadır.



Şekil 37. Cihaz kutusunun 3 boyutlu görünüşü, iç kısım.

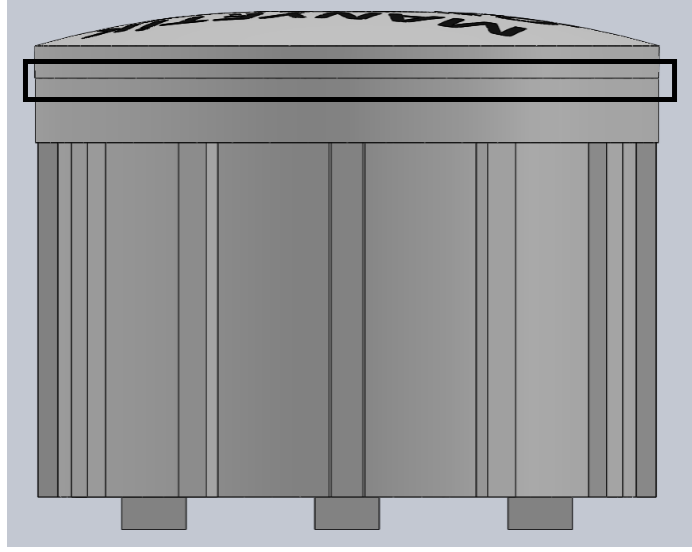
Kutu içi yukarıdaki resimde görüldüğü gibidir. Kutu içinde PCB, pil ve PCB ile pili birbirine bağlayacak olan kablolar düşünüldüğünde yeterli bir büyüklük olduğu görülmektedir. PCB ve pil kutuya yerleştirildiğinde kutunun içinde belli bir miktar boşluk kalmaktadır. Bu boşluğun bir şekilde doldurulması ve PCB'nin, pilin kutu içinde sabit durması gerekmektedir. Bu nedenle PCB ve pil kutuya konulup gerekli bağlantıları yapıldıktan sonra kutu içine PCB ve pili kaplayacak şekilde silikon sıkılmalıdır. Bu sayede PCB ve pilin kutu içindeki sabitliği sağlanacaktır. Çünkü eğer

PCB ve pilin stabilizasyonu sağlanmazsa, kutunun konumlandırılacağı yere sevki sırasında veya herhangi bir şekilde kutunun hareketi durumunda kutu içerisindeki PCB ve PCB üzerindeki elektronik elemanların zarar görme ihtimali bulunmaktadır. Bunun önüne geçmek için silikon ile çözüm sağlanmıştır.



Şekil 38. Cihaz kutusunun kapağı ve dış kesiti

Yukarıdaki resimde kutu kapağının iç kısmındaki ek kısım görülmektedir. Bu kısım kapağın kutuya oturması için tasarlanmıştır. Kapak kutuya kapatıldığında, kutu ağızı tam olarak kapanmaktadır. Böylece kutu bütünlüğü sağlanmış olmaktadır. Kutu kapağı kapatıldığında, kapağı sabitlemek için şu yöntem izlenmiştir: Kutu kapağı ile kutu arasına silikon uygulanmıştır. Kapağı sabitlemek için silikon uygulanması gereken kısım aşağıdaki resimde belirtilmiştir. Bu sayede kutu, içerisinde bulunan PCB ve pil ile birlikte istenildiği alana konumlandırmak için hazır duruma gelmiştir.



Şekil 39. Kapağı sabitlemek için kutuya silikon uygulanacak olan kısım.

5. TASARLANAN SİSTEM SONRASI ATMOSFERE SALINAN CO₂ EMİSYONUNDAKİ DEĞİŞİM HESAPLARI

5.1. Farklı Tipteki Araçlar İçin CO₂ Emisyonu Hesapları

1 kcal; 4,1855 kJ'dür.

1 TJ(terajoule), 10⁻¹² Joule'e eşittir.

5.1.1. Hatchback tip araç için CO₂ emisyonu hesabı

1.0 motor hacimli, 115HP, otomatik vites, benzinli, hatchback model bir aracın şehir içi yakıt tüketimi internet üzerinden araştırılmış ve 6lt/100km olarak bulunmuştur(<https://www.seat.com.tr/modeller/leon/leon>).

1 Litre benzin 0,735kg'dur.

6 Litre benzin 4,41kg bulunur.

1 ton benzin 10 400 000kcal'dir.

4,41kg benzin 45 864 kcal'dir.

1kcal; 4,1855kJ olduğuna göre,

45864kcal=191963,772kJ=191963772j bulunur.

1 TJ, 10⁻¹²J olduğuna göre,

TJ=191963,772x10⁻⁹ bulunur.

Bulunan bu değer emisyon faktörleri ile çarpıldığında;

191963,772x10⁻⁹*69300=13303089399,6x10⁻⁹ kg CO₂

191963,772x10⁻⁹*3,8=729462,3336x10⁻⁹ kg CH₄

191963,772x10⁻⁹*5,7=1094193,5004x10⁻⁹ kg N₂O bulunur.

Bulunan değerler ton değerine çevrilmek için 10⁻³ ile çarpıldıktan sonra küresel ısınmaya etki faktörleri ile çarpıldığında;

13303089399,6x10⁻¹²*1=13303089399,6x10⁻¹²tCO₂

$$729462,3336 \times 10^{-12} \times 28 = 20424945,3408 \times 10^{-12} \text{ tCO}_2$$

$$1094193,5004 \times 10^{-12} \times 265 = 289961277,606 \times 10^{-12} \text{ tCO}_2$$

Bu değerler toplandığında;

$$13613475622,5468 \times 10^{-12} \text{ tCO}_2 = 0,013613 \text{ tCO}_2 = 13613 \text{ grCO}_2$$

Bu aracın 100 km’de 13613grCO₂ emisyonu yaptığı bulunur. Km’deki emisyon değeri ise 136,13grCO₂ olarak bulunur.

5.1.2. Hafif ticari tipi araç için CO₂ emisyonu hesabı

2143cc motor hacimli, 190HP, otomatik vites, dizel, hafif ticari araç tipi bir aracın şehir içi yakıt tüketimi internet üzerinden araştırılmış ve 6,7lt/100km olarak bulunmuştur(<https://www.mercedes-benz.com.tr/vans/tr/vito/tourer-select/technical-data>).

1Litre Mazot 0,830kg’dır.

6,7Litre Mazot 5,561kg bulunur.

1000kg Mazot 10200000kcal’dır.

5,561kg Mazot 56722,2kcal’dır. Burada bir önceki maddedeki işlemler uygulanırsa TJ karşılığı:

TJ:237410768,1x10⁻¹² bulunur.

Bu değer, emisyon mazot için emisyon faktörleri ile çarpılırsa;

$$237410768,1 \times 10^{-12} \times 74100 = 17592137916210 \times 10^{-12} \text{ kgCO}_2$$

$$237410768,1 \times 10^{-12} \times 3,9 = 925901995,59 \times 10^{-12} \text{ kgCH}_4$$

$$237410768,1 \times 10^{-12} \times 3,9 = 925901995,59 \times 10^{-12} \text{ kgN}_2\text{O}$$

Bu değerler KIP(küresel ısınmaya etki faktörleri) ile çarpılırsa;

$$17592137916210 \times 10^{-12} \times 1 = 17592137916210 \times 10^{-12} \text{ kgCO}_2$$

$$925901995,59 \times 10^{-12} \times 28 = 25925255876,52 \times 10^{-12} \text{ kgCO}_2$$

$$925901995,59 \times 10^{-12} \times 265 = 245364028831,35 \times 10^{-12} \text{ kgCO}_2$$

Bu değerler toplanırrsa;

$$17863427200917,87 \times 10^{-12} \text{ tCO}_2 = 17,863 \text{ kgCO}_2$$

Bu aracın 100 km’de 17,863kg CO₂ emisyonu yaptığı bulunur.

Bu araç 100km’de 17863gr CO₂ salınımı yapmıştır. Km’de CO₂ salımı ise 178,63gr’dır.

5.1.3. SUV tipi (benzinli) araç için CO₂ emisyonu hesabı

1.4lt motor hacimli, 125HP, düz vites, benzinli, SUV tipi bir aracın şehir içi yakıt tüketimi internet üzerinden araştırılmış ve 7,5lt/100km olarak bulunmuştur(<https://binekarac.vw.com.tr/tr/modeller/tiguan.html>).

1Litre Benzin 0,735 kg olduğundan,

7,5Litre Benzin 5,5125kg bulunur.

1000kg benzin 10400000kcal

5,5125kg benzin 57330kcal’dır.

TJ karşılığı ise $239954715 \times 10^{-12}$ bulunur.

Bu değer emisyon faktörleriyle çarpılırssa:

$$239954715 \times 10^{-12} \times 69300 = 16628861749500 \times 10^{-12} \text{ kgCO}_2$$

$$239954715 \times 10^{-12} \times 3,8 = 911827917 \times 10^{-12} \text{ kgCH}_4$$

$$239954715 \times 10^{-12} \times 5,7 = 1367741875,5 \times 10^{-12} \text{ kgN}_2\text{O} \text{ bulunur.}$$

Bu değerler KIP değerleri ile çarpılırssa:

$$16628861749500 \times 10^{-12} \times 1 = 16628861749500 \times 10^{-12} \text{ kgCO}_2$$

$$911827917 \times 10^{-12} \times 28 = 25531181676 \times 10^{-12} \text{ kgCO}_2$$

$$1367741875,5 \times 10^{-12} \times 265 = 362451597007,5 \times 10^{-12} \text{ kgCO}_2 \text{ bulunur.}$$

Bu değerler toplanırrsa:

$17016844528183,5 \times 10^{-12}$ kgCO₂ bulunur. Bu değer 17,016kgCO₂'ye ve 17016grCO₂'ye eşittir. 100km'de bu kadar CO₂ salınımı yapan araç, km'de ise 170,16grCO₂ emisyonuna sahiptir.

5.1.4. SUV tipi (dizel) araç için CO₂ emisyonu hesabı

1.6lt motor hacimli, 115HP, düz vites, dizel, SUV tipi bir aracın şehir içi yakıt tüketimi internet üzerinden araştırılmış ve 5,8lt/100km olarak bulunmuştur(<https://binekarac.vw.com.tr/tr/modeller/tiguan.html>).

1Litre mazot 0,830kg olduğundan,

5,8Litre Mazot 4,814kg bulunur.

1000kg mazot 10200000kcal olduğundan,

4,814kg mazot 49102,8kcal bulunur. TJ karşılığı ise $205519769,4 \times 10^{-12}$ bulunur.

Bu değer emisyon faktörleri ile çarpılırssa;

$$205519769,4 \times 10^{-12} \times 74100 = 15229014912540 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$$

$$205519769,4 \times 10^{-12} \times 3,9 = 801527100,66 \times 10^{-12} \text{kgCH}_4$$

$$205519769,4 \times 10^{-12} \times 3,9 = 801527100,66 \times 10^{-12} \text{kgN}_2\text{O}$$

Bu değerler KIP değerleri ile çarpılırssa;

$$15229014912540 \times 10^{-12} \times 1 = 15229014912540 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$$

$$801527100,66 \times 10^{-12} \times 28 = 22442758818,48 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$$

$$801527100,66 \times 10^{-12} \times 265 = 212404681674,9 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2 \text{ bulunur.}$$

Bu değerler toplanırssa;

$15463862353033,38 \times 10^{-12}$ kgCO₂ bulunur. 15,463kgCO₂'ye ve 15463grCO₂'ye eşittir. Bu 100km'deki emisyonudur. Aracın km'de 154,63grCO₂ emisyonu yaptığı bulunur.

5.1.5. Sedan tip (dizel) araç için CO₂ emisyonu hesabı

1.6lt motor hacimli, 120HP, otomatik vites, dizel, sedan tip bir aracın şehir içi yakıt tüketimi internet üzerinden araştırılmış ve 4,7lt/100km olarak bulunmuştur(<https://honda.com.tr/civic-sedan/teknik-ozellikler>).

1Litre Mazot 0,830kg olduğundan,
4,7Litre Mazot 3,901kg bulunur.

1000kg 10200000kcal olduğundan,
3,901kg 39790,2kcal bulunur. TJ karşılığı ise $166541882,1 \times 10^{-12}$ bulunur.

Bu değer emisyon faktörleri ile çarpılırsa;
 $166541882,1 \times 10^{-12} * 74100 = 12340753463610 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$
 $166541882,1 \times 10^{-12} * 3,9 = 649513340,19 \times 10^{-12} \text{kgCH}_4$
 $166541882,1 \times 10^{-12} * 3,9 = 649513340,19 \times 10^{-12} \text{kgN}_2\text{O}$

Bu değerler KIP değerleri ile çarpılırsa;
 $12340753463610 \times 10^{-12} * 1 = 12340753463610 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$
 $649513340,19 \times 10^{-12} * 28 = 18186373525,32 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$
 $649513340,19 \times 10^{-12} * 265 = 172121035150,35 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$

Bu değerler toplanırsa;
 $12531060872285,67 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$ bulunur. $12,531 \text{kgCO}_2$ 'ye ve 12531grCO_2 'ye eşittir.
Bu değer 100km'deki değerdir. Km'de ise aracın $125,31 \text{grCO}_2$ emisyonu yaptığı bulunur.

5.1.6. Sedan tip (benzinli) araç için CO₂ emisyonu hesabı

1.6lt motor hacimli, 125HP, otomatik vites, benzinli, sedan tip bir aracın şehir içi yakıt tüketimi internet üzerinden araştırılmış ve 8,5lt/100km olarak bulunmuştur(<https://honda.com.tr/civic-sedan/teknik-ozellikler>).

1litre benzin 0,735kg olduğundan,
8,5litre benzin 6,2475kg bulunur.

1000kg 10400000kcal olduğundan,
6,2475kg 64974kcal bulunur. TJ karşılığı ise $271948677 \times 10^{-12}$ bulunur.

Bu değer emisyon faktörleri ile çarpılırsa;

$$271948677 \times 10^{-12} \times 69300 = 18846043316100 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$$

$$271948677 \times 10^{-12} \times 3,8 = 1033404972,6 \times 10^{-12} \text{kgCH}_4$$

$$271948677 \times 10^{-12} \times 5,7 = 1550107458,9 \times 10^{-12} \text{kgN}_2\text{O} \text{ bulunur.}$$

Bu değerler KIP değerleri ile çarpılırsa;

$$18846043316100 \times 10^{-12} \times 1 = 18846043316100 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$$

$$1033404972,6 \times 10^{-12} \times 28 = 28935339232,8 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$$

$$1550107458,9 \times 10^{-12} \times 265 = 410778476608,5 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2 \text{ bulunur.}$$

Bu değerler toplanırsa;

$19285757131941,3 \times 10^{-12} \text{kgCO}_2$ bulunur. Bu değer $19,285 \text{kgCO}_2$ 'ye ve 19285grCO_2 'ye eşittir. Bu 100km 'deki değerdir. Km 'de ise aracın $192,85 \text{grCO}_2$ emisyonu yaptığı bulunur.

Tablo 1. Farklı Araç Tiplerinin Km 'de Salınım Yaptığı CO_2 Emisyon Miktarları

Araç Tipi	Aracın Km 'de Salınım Yaptığı CO_2 Emisyonu
Hatchback Tip (Benzinli)	$136,13 \text{grCO}_2$
Hafif Ticari Araç Tipi (Dizel)	$178,63 \text{grCO}_2$
SUV Tipi (Benzinli)	$170,16 \text{grCO}_2$
SUV Tipi (Dizel)	$154,63 \text{grCO}_2$
Sedan Tip (Dizel)	$125,31 \text{grCO}_2$
Sedan Tip (Benzinli)	$192,85 \text{grCO}_2$

5.2. Otopark Sensör Sistemi Otoparka Kurulmadan Önce, Araçların Otoparkı Kullandığında Salınım Yaptığı Aylık ve Yıllık Ortalama CO_2 Miktarı Hesapları

Bu hesap için Florya Sosyal Tesisleri otopark alanı gibi örnek bir otopark alanı baz alınmıştır. Yoğunluğu çeşitli günler ve farklı saat dilimlerinde fazla olan bu otoparkta boş bir otopark yeri bulabilmek için araçla ortalama 200m gidilmektedir. Araçların günde bir defa bu otoparkta yer aradığı düşünölerek aşağıdaki hesaplar yapılmıştır:

5.2.1. Hatchback tip araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları

5.1. maddesinde bu tip araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve 136,13gr/km bulunmuştur. Bir araç için hesap yapılırsa:

Aylık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

30 günde 6000m yani 6km yol gidilir.

1km'de 136,13gr CO₂ salınımı yapılıyorsa

6km'de 816,78gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

365 günde 73000m yani 73km yol gidilir.

1km'de 136,13gr CO₂ salınımı yapılıyorsa

73km'de 9937,49 gr CO₂ salınımı yapılır.

5.2.2. Hafif ticari tip araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları

5.1. maddesinde bu tip araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve 178,63gr/km bulunmuştur. Bir araç için hesap yapılırsa:

Aylık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

30 günde 6000m yani 6km yol gidilir.

1km'de 178,63gr CO₂ salınımı yapılıyorsa

6km'de 1071,78gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

365 günde 73000m yani 73km yol gidilir.

1km'de 178,63gr CO₂ salınımı yapıyorsa

73km'de 13039,99gr CO₂ salınımı yapılır.

5.2.3. SUV tipi (dizel) araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları

5.1. maddesinde bu tip araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve 154,63gr/km bulunmuştur. Bir araç için hesap yapılırsa:

Aylık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

30 günde 6000m yani 6km yol gidilir.

1km'de 154,63gr CO₂ salınımı yapıyorsa

6km'de 927,78gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

365 günde 73000m yani 73km yol gidilir.

1km'de 154,63gr CO₂ salınımı yapıyorsa

73km'de 11287,99gr CO₂ salınımı yapılır.

5.2.4. Sedan tip (dizel) araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları

5.1. maddesinde bu tip araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve 125,31gr/km bulunmuştur. Bir araç için hesap yapılırsa:

Aylık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

30 günde 6000m yani 6km yol gidilir.

1km'de 125,31gr CO₂ salınımı yapıyorsa

6km'de 751,86gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

365 günde 73000m yani 73km yol gidilir.

1km'de 125,31gr CO₂ salınımı yapılıyorsa

73km'de 9147,63gr CO₂ salınımı yapılır.

5.2.5. SUV tipi (benzinli) araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları

5.1. maddesinde bu tip araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve 170,16gr/km bulunmuştur. Bir araç için hesap yapılırsa:

Aylık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

30 günde 6000m yani 6km yol gidilir.

1km'de 170,16gr CO₂ salınımı yapılıyorsa

6km'de 1020,96gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

365 günde 73000m yani 73km yol gidilir.

1km'de 170,16gr CO₂ salınımı yapılıyorsa

73km'de 12421,68gr CO₂ salınımı yapılır.

5.2.6. Sedan tip (benzinli) araç için aylık ve yıllık ortalama CO₂ salınımı hesapları

5.1. maddesinde bu tip araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve 192,85gr/km bulunmuştur. Bir araç için hesap yapılırsa:

Aylık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

30 günde 6000m yani 6km yol gidilir.

1km'de 192,85gr CO₂ salınımı yapılıyorsa

6km'de 1157,1gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık:

1 günde otopark yeri ararken 200m yol gidilirse

365 günde 73000m yani 73km yol gidilir.

1km'de 192,85gr CO₂ salınımı yapılıyorsa

73km'de 14078,05gr CO₂ salınımı yapılır.

Tablo 2. Sistem kurulmadan Önce Otoparkı Kullanan Araçların, Otopark Yeri Ararken Salınım Yapmış Oldukları Aylık ve Yıllık CO₂ Emisyonları

Araç Tipi	Aylık CO ₂ Emisyonu	Yıllık CO ₂ Emisyonu
Hatchback Tip (Benzinli)	816,78gr CO ₂	9937,49 gr CO ₂
Hafif Ticari Tip (Dizel)	1071,78gr CO ₂	13039,99gr CO ₂
SUV Tipi (Dizel)	927,78gr CO ₂	11287,99gr CO ₂
Sedan Tip (Dizel)	751,86gr CO ₂	9147,63gr CO ₂
SUV Tipi (Benzinli)	1020,96gr CO ₂	12421,68gr CO ₂
Sedan Tip (Benzinli)	1157,1gr CO ₂	14078,05gr CO ₂

5.3. Sistem Kurulduktan Sonra Otoparkı Kullanan Farklı Tipteki Araçların Aylık ve Yıllık CO₂ Salınımları

Florya Sosyal Tesisleri otoparkı ele alındığında, sistem kurulduktan sonra, araçların boş otopark bulmak için gittikleri yol ortalama 40m olarak tespit edilmiştir.

5.3.1. Sistem kurulduktan sonra hatchback araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları

5.1. maddesinde hatchback araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve km'de 136,13gr CO₂ salınımı yaptığı bulunmuştur. Aracın günde bir defa bu otoparkta yer aradığı düşünülürse:

Aylık

1 günde 40m yol gidilirse

30 günde 1200m yani 1,2km yol gidilir.

1km'de 136,13gr CO₂ salınımı yapılırsa

1,2km'de 163,356gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık

1 günde 40m yol gidilirse

365 günde 14600m yani 14,6km yol gidilir.

1km'de 136,13gr CO₂ salınımı yapılırsa

14,6km'de 1987,498gr CO₂ salınımı yapılır.

5.3.2. Sistem kurulduktan sonra hafif ticari araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları

5.1. maddesinde hafif ticari araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve km'de 178,63gr CO₂ salınımı yaptığı bulunmuştur. Aracın günde bir defa bu otoparkta yer aradığı düşünülürse:

1günde 40m giderek otopark yeri arayan araç; otopark yeri ararken ayda 1,2km, yılda 14,6km yol gidecektir. Bu hesap 5.3.1. maddesinde yapıldığından tekrarlanmayacaktır.

Aylık

1km'de 178,63gr CO₂ salınımı yapılırsa

1,2km'de 214,356gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık

1km'de 178,63gr CO₂ salınımı yapılırsa

14,6km'de 2607,998gr CO₂ salınımı yapılır.

5.3.3. Sistem kurulduktan sonra SUV tipi (dizel) araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları

5.1. maddesinde SUV tipi (dizel) araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve km'de 154,63gr CO₂ salınımı yaptığı bulunmuştur. Aracın günde bir defa bu otoparkta yer aradığı düşünülürse:

Aylık

1km'de 154,63gr CO₂ salınımı yapılırsa

1,2km'de 185,556gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık

1km'de 154,63gr CO₂ salınımı yapılırsa

14,6km'de 2257,598gr CO₂ salınımı yapılır.

5.3.4. Sistem kurulduktan sonra sedan tip (dizel) araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları

5.1. maddesinde sedan tip (dizel) araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve km'de 125,31gr CO₂ salınımı yaptığı bulunmuştur. Aracın günde bir defa bu otoparkta yer aradığı düşünülürse:

Aylık

1km'de 125,31gr CO₂ salınımı yapılırsa

1,2km'de 150,372gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık

1km'de 125,31gr CO₂ salınımı yapılırsa

14,6km'de 1829,526gr CO₂ salınımı yapılır.

5.3.5. Sistem kurulduktan sonra SUV tipi (benzinli) araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları

5.1. maddesinde SUV tipi (benzinli) araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve km'de 170,16gr CO₂ salınımı yaptığı bulunmuştur. Aracın günde bir defa bu otoparkta yer aradığı düşünülürse:

Aylık

1km'de 170,16gr CO₂ salınımı yapılırsa

1,2km'de 204,192gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık

1km'de 170,16gr CO₂ salınımı yapılırsa

14,6km'de 2484,336gr CO₂ salınımı yapılır.

5.3.6. Sistem kurulduktan sonra sedan tip (benzinli) araç için aylık ve yıllık CO₂ salınımları

5.1. maddesinde sedan tip (benzinli) araç için CO₂ salınım hesabı yapılmış ve km'de 192,85gr CO₂ salınımı yaptığı bulunmuştur. Aracın günde bir defa bu otoparkta yer aradığı düşünülürse:

Aylık

1km'de 192,85gr CO₂ salınımı yapılırsa

1,2km'de 231,42gr CO₂ salınımı yapılır.

Yıllık

1km'de 192,85gr CO₂ salınımı yapılırsa

14,6km'de 2815,61gr CO₂ salınımı yapılır.

Tablo 3. Sistem Kurulduktan Sonra Otoparkı Kullanan Araçların, Otopark Yeri Ararken Salınım Yapmış Oldukları Aylık ve Yıllık CO₂ Emisyonları

Araç Tipi	Aylık CO ₂ Emisyonu	Yıllık CO ₂ Emisyonu
Hatchback Tip (Benzinli)	163,356gr CO ₂	1987,498gr CO ₂
Hafif Ticari Tip (Dizel)	214,356gr CO ₂	2607,998gr CO ₂
SUV Tipi (Dizel)	185,556gr CO ₂	2257,598gr CO ₂
Sedan Tip (Dizel)	150,372gr CO ₂	1829,526gr CO ₂
SUV Tipi (Benzinli)	204,192gr CO ₂	2484,336gr CO ₂
Sedan Tip (Benzinli)	231,42gr CO ₂	2815,61gr CO ₂

6. TASARLANAN SİSTEM SONRASI ENERJİ KÂRI HESAPLARI

Sistem kurulmadan önce araçla; günde ortalama 200m, sistem kurulduktan sonra ise günde ortalama 40m yol gidilerek boş otopark yeri bulunabilmektedir.

Sistem yok iken araçla 1 ayda ortalama 6km; 1 yılda ortalama 73km yol gidilerek boş otopark yeri bulunabilmektedir.

Sistem kurulduktan sonra ise bu değerler 1 ayda 1,2km'ye; 1 yılda ise 14,6km'ye düşmektedir.

16.04.2019 tarihinde bir akaryakıt firmasının İstanbul Avrupa Yakası için belirlediği akaryakıt fiyatları, firmanın internet sitesinden incelendiğinde(<https://www.opet.com.tr/istanbul-akaryakit-fiyatlari>);

Kurşunsuz Benzin 95 Oktan: 6,99TL/lit

Motorin: 6,36TL/lit

olduğu görülmektedir.

6.1. Hatchback Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Benzinli)

Seçilen hatchback araç, 100km'de 6 Lt yakıt tüketmektedir. Km'de ise 0,06Lt yakıt tüketir.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 6km yol gidilmektedir.

Araç 1km'de 0,06Lt yakıt tüketirse

6km'de 0,36Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 0,36Litre benzin 2,5164TL olarak bulunur.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 73km yol gidilmektedir.

Araç 1km'de 0,06Lt yakıt tüketirse

73km’de 4,38Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 4,38Litre benzin 30,6162TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 1,2km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,06Lt yakıt tüketirse

1,2km’de 0,072Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 0,072Litre benzin 0,503TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 14,6km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,06Lt yakıt tüketirse

14,6km’de 0,876Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 0,876Litre benzin 6,123TL olarak bulunur.

6.2. Hafif Ticari Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Dizel)

Seçilen hafif ticari araç, 100km’de 6,7 Lt yakıt tüketmektedir. Km’de ise 0,067Lt yakıt tüketir.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 6km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,067Lt yakıt tüketirse
6km’de 0,402Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre
Harcanan 0,402Litre mazot 2,55TL olarak bulunur.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 73km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,067Lt yakıt tüketirse
73km’de 4,891Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre
Harcanan 4,891Litre mazot 31,10TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 1,2km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,067Lt yakıt tüketirse
1,2km’de 0,0804Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre
Harcanan 0,0804Litre mazot 0,511TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 14,6km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,067Lt yakıt tüketirse
14,6km’de 0,9782Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre

Harcanan 0,9782Litre mazot 6,22TL olarak bulunur.

6.3. SUV Tipi Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Dizel)

Seçilen SUV tipi araç, 100km'de 5,8 Lt yakıt tüketmektedir. Km'de ise 0,058Lt yakıt tüketir.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 6km yol gidilmektedir.

Araç 1km'de 0,058Lt yakıt tüketirse

6km'de 0,348Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre

Harcanan 0,348Litre mazot 2,21TL olarak bulunur.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 73km yol gidilmektedir.

Araç 1km'de 0,058Lt yakıt tüketirse

73km'de 4,234Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre

Harcanan 4,234Litre mazot 26,92TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 1,2km yol gidilmektedir.

Araç 1km'de 0,058Lt yakıt tüketirse

1,2km'de 0,069Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre

Harcanan 0,069Litre mazot 0,44TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 14,6km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,058Lt yakıt tüketirse

14,6km’de 0,846Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre

Harcanan 0,846Litre mazot 5,38TL olarak bulunur.

6.4. Sedan Tip Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Dizel)

Seçilen sedan tip araç, 100km’de 4,7Lt yakıt tüketmektedir. Km’de ise 0,047Lt yakıt tüketir.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 6km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,047Lt yakıt tüketirse

6km’de 0,282Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre

Harcanan 0,282Litre mazot 1,79TL olarak bulunur.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 73km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,047Lt yakıt tüketirse

73km’de 3,431Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre
Harcanan 3,431Litre mazot 21,82TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 1,2km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,047Lt yakıt tüketirse
1,2km’de 0,056Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre
Harcanan 0,056Litre mazot 0,358TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 14,6km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,047Lt yakıt tüketirse
14,6km’de 0,686Lt yakıt tüketir.

1Litre mazot 6,36TL olduğuna göre
Harcanan 0,686Litre mazot 4,36TL olarak bulunur.

6.5. SUV Tipi Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Benzinli)

Seçilen SUV tipi araç, 100km’de 7,5Lt yakıt tüketmektedir. Km’de ise 0,075Lt yakıt tüketir.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 6km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,075Lt yakıt tüketirse
6km’de 0,45Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 0,45Litre benzin 3,14TL olarak bulunur.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 73km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,075Lt yakıt tüketirse

73km’de 5,475Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 5,475Litre benzin 38,27TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 1,2km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,075Lt yakıt tüketirse

1,2km’de 0,09Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 0,09Litre benzin 0,62TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 14,6km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,075Lt yakıt tüketirse

14,6km’de 1,095Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 1,095Litre benzin 7,65TL olarak bulunur.

6.6. Sedan Tip Araç İçin Enerji Kârı Hesapları (Benzinli)

Seçilen sedan tip araç, 100km'de 8,5Lt yakıt tüketmektedir. Km'de ise 0,085Lt yakıt tüketir.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 6km yol gidilmektedir.

Araç 1km'de 0,085Lt yakıt tüketirse

6km'de 0,51Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 0,51Litre benzin 3,56TL olarak bulunur.

Sistem yok iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 73km yol gidilmektedir.

Araç 1km'de 0,085Lt yakıt tüketirse

73km'de 6,205Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 6,205Litre benzin 43,37TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 ayda 1,2km yol gidilmektedir.

Araç 1km'de 0,085Lt yakıt tüketirse

1,2km'de 0,102Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 0,102Litre benzin 0,71TL olarak bulunur.

Sistem var iken;

Otopark yeri ararken 1 yılda 14,6km yol gidilmektedir.

Araç 1km’de 0,085Lt yakıt tüketirse

14,6km’de 1,241Lt yakıt tüketir.

1Litre benzin 6,99TL olduğuna göre

Harcanan 1,241Litre benzin 8,67TL olarak bulunur.

Tablo 4. Farklı Tipteki Araçların, Otoparkta Park Yeri Ararken Sarf Etmiş Oldukları Yakıt Göz Önüne Alınarak, Aylık ve Yıllık Harcanan Yakıt Ücretinin ve Yakıt Miktarının Sistem Kurulmadan Önce ve Sistem Kurulduktan Sonraki Durumları

Araç Tipleri	Sistem Kurulmadan Önce		Sistem Kurulduktan Sonra	
	Aylık	Yıllık	Aylık	Yıllık
Hatchback Tip (Benzinli)	2,5164TL (0,36L)	30,6162TL (4,38L)	0,503TL (0,072L)	6,123TL (0,876L)
Hafif Ticari Tip (Dizel)	2,55TL (0,402L)	31,10TL (4,891L)	0,511TL (0,0804L)	6,22TL (0,9782L)
SUV Tipi (Dizel)	2,21TL (0,348L)	26,92TL (4,234L)	0,44TL (0,069L)	5,38TL (0,846L)
Sedan Tip (Dizel)	1,79TL (0,282L)	21,82TL (3,431L)	0,358TL (0,056L)	4,36TL (0,686L)
SUV Tipi (Benzinli)	3,14TL (0,45L)	38,27TL (5,475L)	0,62TL (0,09L)	7,65TL (1,095L)
Sedan Tip (Benzinli)	3,56TL (0,51L)	43,37TL (6,205L)	0,71TL (0,102L)	8,67TL (1,241L)

6.7. Seçilen Otopark İçin Enerji ve CO₂ Emisyonu Kârı Hesapları

Seçilen otopark olan Florya Sosyal Tesisleri Otoparkı için sistem kurulduktan sonra elde edilen enerji ve CO₂ emisyonu kârı hesabı şu şekilde yapılmıştır:

Florya Sosyal Tesisleri Otoparkı görevlisi ile iletişime geçilmiş, açık otopark ve katlı otoparklardaki toplam araç kapasitesi 1080 araç olarak tespit edilmiştir. Bu otoparkın doluluk oranı; yılın sıcak günlerinde ve özellikle hafta sonu yüzde yüze ulaşmaktadır. Ancak hafta içi, otoparkın doluluk oranı değişkenlik göstermektedir. Bununla birlikte otoparkı kullanan araç tipi de değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle bu otoparka manyetik otopark sensör sistemi kurulduktan sonra elde edilecek olan enerji ve CO₂ emisyonu kârı hesapları, Türkiye’de en çok kullanılan araç tiplerinden olan sedan tip dizel araca göre yapılmıştır.

5.1. maddesinde sedan tip dizel araç için CO₂ emisyonu kilometrede 125,31grCO₂ olarak bulunmuştur. Ayrıca 6. maddesinde de belirtildiği gibi, belirtilen otoparkta sistem kurulmadan önce araçla günde ortalama 200m, sistem kurulduktan sonra ise günde ortalama 40m yol gidilerek boş otopark yeri bulunabilmektedir.

Seçilen otopark alanı 1080 araçlık kapasiteye sahiptir. Bu otoparkın ortalama 70% doluluk oranında çalıştığı kabul edilirse gelen araç sayısı 750 olarak bulunur. Bu otoparkta, gelen araçlar ortalama 2,5 saat otoparkta kalıp otoparktan ayrılmaktadır. Otoparkın 15 saat aktif olarak kullanıldığı kabul edilirse otoparkı günlük kullanan araç sayısı 4500 olarak bulunur. Buna göre sedan tip dizel araç için hesap yapıldığında:

5.2.4. maddesinde sistem kurulmadan önce 1 araç için günde 200m gidilerek otoparkta park yeri bulunabileceği belirtilmiştir. Bu değer, günde bir kere bu otopark kullanıldığında ayda 6km, yılda ise 73km olmaktadır.

5.3.4 maddesinde ise sistem kurulduktan sonra 1 araç için günde 40m gidilerek otoparkta park yeri bulunabileceği belirtilmiştir. Bu değer, günde bir kere bu otopark kullanıldığında ayda 1,2km, yılda ise 14,6km olmaktadır.

Bu otoparkı günde ortalama 4500 araç kullandığından sedan tip dizel araç için bu otoparkta sistem kurulmadan önce salınan CO₂ emisyonu:

Ayda

$$125,31\text{grCO}_2/\text{km} \times 6\text{km} \times 4500 = 3383370\text{grCO}_2$$

Yılda

$$125,31\text{grCO}_2/\text{km} \times 73\text{km} \times 4500 = 41164335\text{grCO}_2 \text{ olarak bulunur.}$$

Sedan tip dizel araç için bu otoparkta sistem kurulduktan sonra salınan CO₂ emisyonu:

Ayda

$$125,31\text{grCO}_2/\text{km} \times 1,2\text{km} \times 4500 = 676674\text{grCO}_2$$

Yılda

$$125,31\text{grCO}_2/\text{km} \times 14,6\text{km} \times 4500 = 8232867\text{grCO}_2 \text{ olarak bulunur.}$$

6.4. maddesinde sedan tip dizel araç için sistem kurulmadan önce otoparkta park yeri ararken ayda 1,79TL; yılda 21,82TL tutarında yakıt tüketimi yapıldığı bulunmuştur.

Bu değerler sistem kurulduktan sonra ayda 0,358TL; yılda 4,36TL olarak bulunmuştur.

Bu otoparkı günde ortalama 4500 araç kullandığından sedan tip dizel araç için bu otoparkta sistem kurulmadan önce toplam enerji tüketimi tutarı:

Ayda

$$1,79\text{TL} \times 4500 = 8055\text{TL}$$

Yılda

$21,82\text{TL} \times 4500 = 98190\text{TL}$ olarak bulunur.

Sedan tip dizel araç için bu otoparkta sistem kurulduktan sonra toplam enerji tüketimi tutarı:

Ayda

$0,358\text{TL} \times 4500 = 1611\text{TL}$

Yılda

$4,36\text{TL} \times 4500 = 19620\text{TL}$ olarak bulunur.

7. YAPILAN ÇALIŞMANIN DİĞER ARAÇ ALGILAMA SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Tasarımı tamamlanmış olan çalışma ile literatürde yapılmış olan diğer araç algılama sistemleri karşılaştırılmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

Manyetik sensör teknolojisi kullanılarak yapılan çalışmalar çok iyi bir şekilde sıvı izolasyonu gerektirmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda sızdırmazlığı sağlayacak kutu tasarımlarının yeterli verimliliği sağlayamadığı görülmüştür. Bu nedenle, bu çalışmalardaki tasarımların sistem verimliliği yüksek olsa bile, uzun vadede kullanım ömrü sunan ürünler olmadığı görülmektedir.

Ayrıca manyetik sensör kullanılarak yapılan çalışmaların bazılarında araç algılama doğruluk oranını artırabilmek için cihazda birden fazla manyetik algılama sensörü kullanılmıştır. Bu durum, fazla sayıda araç kapasitesine sahip otoparklar için düşünüldüğünde maliyeti artıracak bir durum olarak görülmektedir.

Kamera kullanılarak yapılan araç algılama sistemlerinde ise temel olarak şu sorunlar karşımıza çıkmaktadır:

Araç algılamak için kullanılan kameraların çok yüksek çözünürlükte olması gerektiğinden bu sistemlerin ilk kurulum maliyetleri çok yüksek olmaktadır. Ayrıca diğer bir sorun da, bu sistem örneğinin otoparklarda araç algılamak için kullanılacaksa, kameraların otopark bölümlerini çok iyi bir şekilde gören yerlerde olması gerekmektedir. Aksi takdirde sistemin araç algılama verimliliği ciddi seviyelerde düşüş göstermektedir. Bunun yanı sıra, gece saatleri gibi ortam ışığının yetersiz olduğu zamanlarda araç algılamasına devam edebilmek için kameraların gece görüş özelliğinin olması gerekmektedir. Bu durum da yine sistem maliyetini artıran bir unsurdur.

Araç algılama sistemlerinin genellikle dış ortamda çalışması gerektiğinden farklı sıcaklık değerlerinde cihazın çalışmasında herhangi bir problem olmadan çalışmaya devam edebiliyor olması önemli olmaktadır. Manyetik sensör teknolojisi kullanılarak yapılan çalışmalar, genellikle asfalta gömülerek üzerindeki aracı algılama mantığı ile çalışmaktadır. Özellikle yaz aylarında, hava sıcaklığının artması ile birlikte asfalt sıcaklığı çok ciddi seviyede artmaktadır. Benzer çalışmalarda bu risk için yeteri kadar önlem alınmadığı görülmektedir. Bu durum da uzun vadede cihaz çalışmasına olumsuz etkide bulunabilir.

Bu çalışmada ise -40 / +85 °C aralığında çalışabilen komponentler seçilmesi ve ısı yalıtımının kutu tasarımında göz önüne alınması sebebi ile yüksek ve düşük sıcaklıklarda sorunsuz çalışabilen bir ürün ortaya çıkarılmıştır.

8. SONUÇ

Bu çalışmada, otoparklarda araç algılaması yapan ve bu araç algılama bilgisini sürücülere sunarak otoparklarda park yeri ararken geçirilen sürenin azaltılması amacı ile Manyetik Otopark Sensör Sistemi tasarımı yapılmıştır. Bu sistemin tasarımı kapsamında cihaz PCB'si tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu PCB için yazılmış olan yazılım PCB'ye aktarılmıştır. Cihazın çeşitli ortam koşullarında çalışabilmesine olanak verecek olan ve mekanik dayanımı yüksek bir kutu tasarımı yapılmıştır. Yapılan çalışmalar ve testler sonucu cihazın otopark bölümündeki aracı algılayarak, otopark bölümündeki araç varlık-yokluk bilgisini iletebildiği görülmüştür.

Bu sistem, özellikle büyük şehirlerde önemli bir sorun haline gelmiş olan, fazla araç yoğunluğunun sebep olduğu bazı sıkıntılara önemli derecede çözüm olmaktadır. Sistem tasarımı yapıldıktan ve belirli bir otoparka kurulduktan sonra, araçların otoparkta park yeri ararken geçirmiş olduğu zamanın ciddi miktarlarda düşmesi ile birlikte çok önemli kazanımlar elde edilmektedir. Bu kazanımları belirlemek ve ortaya koymak amacı ile 6 farklı araç tipi belirlenmiştir. Bu araçların çalışmaları esnasında çevreye yaymış oldukları CO₂ emisyonları hesaplanmıştır. Bu çalışmada, Florya Sosyal Tesisleri Otoparkı büyüklüğünde bir otopark için hesaplamalar yapılmıştır. Belirlenen büyüklükteki otoparkta, sistem kurulmadan önce ve sistem kurulduktan sonra araçların salınım yaptıkları CO₂ emisyonlarındaki değişim hesaplanmıştır. Araçların park yeri ararken geçirmiş olduğu sürenin kısalması ile çevreye salınım yapılan CO₂ emisyonunda fark edilir seviyelerde düşüşler olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, sistem kurulmadan önceki ve sistem kurulduktan sonraki iki durum için araçların otoparkta park yeri ararken geçirmiş olduğu sürelerin kısalması ile birlikte farklı tipteki araçların aylık ve yıllık yakıt harcamalarındaki düşüşler hesaplanmıştır. Sistem kurulduktan sonra, araçların yakıt harcamalarının fark edilir seviyede düştüğü görülmüştür.

Bu çalışmadaki hesaplamalar, bir otopark için ve çeşitli araç tiplerindeki araçlardan birer adeti için yapılmıştır. Türkiye'de bu sistemin kurulabileceği otopark sayısının çok fazla sayıda olduğu düşünüldüğünde, çevreye salınım yapılan CO₂ emisyonundaki azalmanın ve araç sürücülerinin aylık ve yıllık yakıt masraflarındaki azalma miktarlarının çok önemli seviyelere ulaşacağı görülmektedir.

Şehirlerdeki araç yoğunluğunun artmasına paralel olarak artan hava kirliliği ile mücadele etmek amacıyla birçok sürdürülebilir çevre projeleri yürütülmektedir. Bu çalışmada tasarlanan sistem ile otoparklarda araçlar tarafından çevreye salınan CO₂ emisyonlarındaki ciddi düşüşler göz önüne alınarak, tasarlanan bu sistem sürdürülebilir çevre projeleri kapsamına alınabilir. Türkiye çapında düşünüldüğünde, tasarlanan sistem ile sürücülerinin aylık ve yıllık yakıt masraflarındaki ciddi azalmadan dolayı da milyarlarca liralık maddi kaynak ülkemizde kalarak, ülkemizin cari açığının kapanmasına yardımcı olabilir.

KAYNAKÇA

- 1) Yavuz, Gökhan ve Diğerleri. (22-24 Nisan 2010). Akustik ve Sismik Sinyallerinden Araç Tanıma. *2010 IEEE 18th Signal Processing and Communications Applications Conference*. Diyarbakır: IEEE.
- 2) Gökçe, Fatih. (6-7 Kasım 2014). Görüntü İşleme ile Mikro İnsansız Hava Araçlarının Algılanması. *Türkiye Otonom Robotlar Konferansı*. Ankara: ODTÜ.
- 3) Akbaş, Ahmet, Kösesoy, İrfan, Delibaşoğlu, İbrahim. (1-2 Aralık 2011). GMR Sensörler ile Gerçek Zamanlı Trafik Verilerinin Elde Edilmesi için bir Gömülü Sistem Tasarımı. *Ulusal Toplu Ulaşım Sempozyumu ve Sergisi*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 53-57.
- 4) Erdem, Ebubekir ve Vançin, Sercan. (2017). Kablosuz Manyetik Sensörler Kullanarak Karar Ağacı Algoritma Tabanlı Araç Sınıflandırmasının Gerçekleştirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 24.2: 302-310. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/465788> (06.11.2018).
- 5) Dimitropoulos, Kosmas ve Diğerleri. (2006). Detection, Tracking And Classification Of Vehicles And Aircraft Based On Magnetic Sensing Technology. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Sciences*. Researchgate Veri Tabanı (11 Kasım 2018).
- 6) Giorgi, Roberto ve Burresi, Giovanni. (14-18 Haziran 2015). A Field Experience for a Vehicle Recognition System using Magnetic Sensors. *2015 4th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*. Budva: IEEE.
- 7) Pawar, Sushant ve Jinturkar S. (2016). Vehicle Detection and Parameter Measurement using Smart Portable Sensor System. *Communications on Applied Electronics (CAE)*. Researchgate Veri Tabanı (14 Kasım 2018).
- 8) Thirumal, Sai ve Ushakiranmai, M. (2015). Design Portable Sensors System For Vehicle Counting, Classification And Speed Measurement In Traffic Junctions. *International Journal Of Professional Engineering Studies*. Semantic Scholar Veri Tabanı (22 Kasım 2018).
- 9) Yalçın, Fuat. (2013). Algılama Ve Özellik Çıkartma Tabanlı Manyetik Araç Sensörü Tasarımı. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. <https://docplayer.biz.tr/54427074-T-c-selcuk-universitesi-fen-bilimleri-enstitusu.html> (26 Kasım 2018).
- 10) Vançin, Sercan. (2016). Zigbee Temelli Kablosuz Sensör Ağ Topolojilerinin Performans Analizi. *Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.

<http://docplayer.biz.tr/54750805-T-c-firat-universitesi-fen-bilimleri-enstitusu-zigbee-temelli-kablosuz-sensor-ag-topolojilerinin-performans-analizi-yukseklisans-tezi.html> (30 Kasım 2018).

- 11) Gürbüz, Sevgi ve Diğerleri. (2012). Dikgen Eşleştirme Algoritmasıyla Ferromanyetik Hedef Konumlama Ve Tanıma. *20th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. Ankara: IEEE.
- 12) Karakaya, Murat ve Akıncı, Fatih Can. (2017). Şehirlerin Dijital Dönüşümü: Görüntü İşleme Yöntemlerinin Boş Park Yerlerinin Tespitinde Kullanılması. *34. Ulusal Bilişim Kurultayı Bildiriler Kitabı*. Ankara: Atılım Üniversitesi, 69-73.
- 13) Gencosman, Burcu. (2017). Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları ile Adaptif Trafik Sinyal Kontrolü. *Journal Of Current Researches On Engineering, Science And Technology (JoCREST)*. 3.2. Researchgate Veri Tabanı (15 Aralık 2018).
- 14) Aydemir, Nadir. (2008). RF Haberleşmeli Trafik Yoğunluğu Analiz Sistemi Uygulaması. *Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> (21 Aralık 2018).
- 15) “Örnek bir PCB resmi”. (2016). [Görsel].
<https://www.electronicdesign.com/boards/11-myths-about-pcb-layout>. (22 Aralık 2018).
- 16) Robotistan. (2017). *Sensör Nedir? Sensör Çeşitleri ve Robot Kontrolcülerini*.
<https://maker.robotistan.com/robot-kontrolculeri-sensorler/> (25 Aralık 2018).
- 17) “Sensör örnekleri”. [Görsel]. <http://www.inverter-plc.net/sens%C3%B6rler/sens%C3%B6r.html> (02 Ocak 2019).
- 18) Robotistan. (2017). *Bobin (İndüktör) Nedir? Ne İşe Yarar? Çeşitleri ve Özellikleri*. <https://maker.robotistan.com/bobin-nedir/> (07 Ocak 2019).
- 19) “İndüktör örnekleri”. [Görsel]. <http://gei-inc.com/inductors/> (12 Ocak 2019).
- 20) Robotistan. (2017). *Transistör Nedir? Ne İşe Yarar? Transistör Çeşitleri*.
<https://maker.robotistan.com/transistor-nedir/> (17 Ocak 2019).
- 21) “BJT transistör sembolleri”. [Görsel].
<http://www.angelfire.com/planet/ckmk/transistor.htm> (25 Ocak 2019).
- 22) “MOSFET sembolleri”. [Görsel]. https://www.electronics-tutorials.ws/transistor/tran_6.html (29 Ocak 2019).
- 23) Robotistan. (2017). *Direnç Nedir? Direnç Renk Kodları, Hesaplama ve Çeşitleri*. <https://maker.robotistan.com/direnc/> (06 Şubat 2019).
- 24) “Direnç örnekleri”. [Görsel].
<https://www.exportersindia.com/cermetresistronics/metal-oxide-resistors-pune-india-127716.htm> (10 Şubat 2019).

- 25) Robotistan. (2018). *Diyot Nedir? Ne İşe Yarar? Diyot Çeşitleri ve Kullanım Alanları*. <https://maker.robotistan.com/diyot-nedir/> (13 Şubat 2019).
- 26) “Diyot sembolü”. (2018). [Görsel]. <https://maker.robotistan.com/diyot-nedir/> (21 Şubat 2019).
- 27) “Farklı yapılardaki diyotların akım-gerilim grafikleri”. [Görsel]. <http://hcgurlek.tripod.com/ana2.htm> (24 Şubat 2019).
- 28) “Örnek bir güneş paneli”. [Görsel]. <https://solarevi.com/gunes-paneli> (02.03.2019).
- 29) “Örnek bir işlemci”. [Görsel]. <https://teknolojiProjeleri.com/teknik/islemci-nedir-nasil-calisir-ne-ise-yarar> (07 Mart 2019).
- 30) *İşlemci (CPU) Nedir? Nasıl Çalışır? Ne İşe Yarar?* (t.y.) <https://teknolojiProjeleri.com/teknik/islemci-nedir-nasil-calisir-ne-ise-yarar> (12 Mart 2019).
- 31) “Sistemin kurulabileceği bir otopark alanı”. [Görsel]. <https://ispark.istanbul/ispark-otoparklari-yenileniyor/> (17 Mart 2019).
- 32) “PCB’nin Katman Yapısı”. (2018). [Görsel]. <https://www.engineeringexchange.com/profiles/blogs/via-pcb-valuable-introducing-it-s-here-helpful> (21 Mart 2019).
- 33) *İllere Ait Mevsim Normalleri*. (t.y.) <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL> (24 Mart 2019).
- 34) *Türkiye Yağış*. (t.y.) <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Yagis.pdf> (30 Mart 2019).
- 35) *Türkiye Ortalama Nem*. (t.y.) <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Ortalama-Nem.pdf> (03 Nisan 2019).
- 36) *Seat Leon Teknik Özellikler*. (t.y.) <https://www.seat.com.tr/modeller/leon/leon> (07 Nisan 2019).
- 37) *Mercedes Vito Teknik Değerler*. (t.y.) <https://www.mercedes-benz.com.tr/vans/tr/vito/tourer-select/technical-data> (16 Nisan 2019).
- 38) *Volkswagen Tiguan Teknik Bilgiler*. (t.y.) <https://binekarac.vw.com.tr/tr/modeller/tiguan.html> (27 Nisan 2019).
- 39) *Honda Civic Teknik Özellikler*. (t.y.) <https://honda.com.tr/civic-sedan/teknik-ozellikler> (02 Mayıs 2019).
- 40) Opet Petrolcülük A.Ş.. (2019). *İstanbul Akaryakıt Fiyatları*. <https://www.opet.com.tr/istanbul-akaryakit-fiyatlari> (17 Mayıs 2019).
- 41) *Coplanar Waveguide Analysis/Synthesis Calculator*. (t.y.) <http://wcalc.sourceforge.net/cgi-bin/coplanar.cgi> (22 Mart 2019).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Ahmet Faruk KARAKEBELİOĞLU

Uyruğu: T.C.

Doğum Tarihi ve Yeri: 28 Kasım 1993, İstanbul

Elektronik Posta: ahmetfaruk_afk@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	İÜ, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü	2015

İŞ TECRÜBESİ

Tarih	Kurum	Görev
2017-...	İSBAK A.Ş.	Arge Mühendisi

YABANCI DİLLER

İleri düzeyde İngilizce.

HOBİLER

Teknolojik gelişmeleri takip etme, yüzme, kitap okuma.

