

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**RETRO-REFLEKTİF SENSÖR KULLANILARAK TASARLANAN**  
**MOBİL CİHAZ İLE TAKOGRAF CİHAZLARINDAKİ K**  
**PARAMETRESİNİN KALİBRE EDİLMESİ**

**BİLAL ERTEKİN**

**KOCAELİ 2020**

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


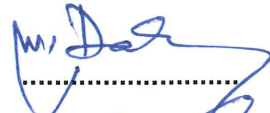

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RETRO-REFLEKTİF SENSÖR KULLANILARAK TASARLANAN  
MOBİL CİHAZ İLE TAKOGRAF CİHAZLARINDAKİ K  
PARAMETRESİNİN KALİBRE EDİLMESİ

BİLAL ERTEKİN

PROF. DR. SARP ERTÜRK  
Danışman, KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
DOC. DR. ÖGR. ÜYESİ MEHMET DAL  
Jüri Üyesi, KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
DR. ÖGR. ÜYESİ BURHAN BARAKLI  
Jüri Üyesi, SAKARYA ÜNİVERSİTESİ

  
.....  
  
.....  
  
.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 20.01.2020

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Karayoluyla yolcu veya eşya taşımacılığı yapan araçların hareketlerini ve sürücülerinin faaliyetlerini kaydetmek ve gerektiğinde göstermek için üretilen takografların yasalarca zorunlu hale getirilmesiyle kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu tezde bahsedilen retro-reflektif sensör kullanılarak tasarlanan mobil cihaz ile takografların K parametresinin kalibre edilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışmamda bana yardımcı olan tüm Pars Arge Limited Şirketi çalışanlarına ve Ayar Takograf Limited Şirketi çalışanlarına teşekkürlerimi sunuyorum. Yüksek lisans eğitim ve tez çalışma sürecim içerisinde yardımlarını esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Sarp ERTÜRK başta olmak üzere tüm hocalarıma ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca hayatım boyunca benden emeğini, güvenini, sevgisini hiç esirgemeyen, eğitim hayatımda hep yanımda olan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Kasım – 2019

Bilal ERTEKİN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
GİRİŞ.....	1
1. TAKOGRAF.....	3
1.1. Takograf Çeşitleri.....	3
1.1.1. Analog takograf.....	4
1.1.2. Elektronik takograf.....	5
1.1.3. Sayısal takograf.....	5
1.1.3.1. Sürücü kartı.....	10
1.1.3.2. Şirket kartı.....	10
1.1.3.3. Denetim kartı.....	10
1.1.3.4. Servis kartı.....	11
1.2. Takograf Çeşitlerinin Karşılaştırılması.....	11
1.3. Takograf İle İlgili Yasal Düzenlemeler ve İlgili Kuruluşlar.....	15
1.3.1. Takograf Cihazları Muayene ve Damgalama Yönetmeliği.....	15
1.3.2. Takograf Cihazları Servis Hizmetleri Hakkında Yönetmelik.....	17
1.3.3. Karayolları Trafik Yönetmeliği.....	18
1.3.4. Takograflar ile ilgili kuruluşlar.....	18
1.3.4.1. Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Metroloji ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü.....	19
1.3.4.2. Sayısal Takograf Araştırma ve Uygulama Merkezi.....	20
1.4. Takograflarda K Parametresi ve K Parametresinin Mevcut Kalibrasyon Yöntemleri.....	20
1.4.1. Takograflarda K parametresi.....	20
1.4.2. Tambur ile K parametresi kalibrasyonu.....	20
1.4.3. Manuel olarak K parametresinin kalibrasyonu.....	21
2. FOTOELEKTRİK SENSÖRLER.....	22
2.1. Retro-Reflektif Sensör.....	23
3. RETRO-REFLEKTİF SENSÖRLER İLE TAKOGRAF CİHAZLARINDAKİ K PARAMETRESİNİN KALİBRASYONU.....	28
3.1. Mobil Cihaz Tasarımı.....	28
3.1.1. Dc-dc yükseltici çevirici devresi.....	30
3.1.1.1. Dc-dc yükseltici çeviricilerin çalışma prensibi.....	30
3.1.1.2. Mobil cihaz için kullanılan dc-dc yükseltici çevirici devresi.....	32
3.1.2. Dc-dc düşürücü çevirici devresi.....	33
3.1.2.1. Mobil cihaz için kullanılan dc-dc düşürücü çevirici devre.....	34
3.1.3. Mikro denetleyici.....	34
3.1.3.1. Mikro denetleyici devresi.....	35
3.1.4. Bluetooth modül.....	36
3.1.5. Sensör devresi.....	36

3.1.6. Sistem yazılımı .....	37
3.1.6.1. STM32CubeMX .....	37
3.1.6.2. SW4STM32 .....	38
3.1.7. Baskılı devre kartı tasarımı .....	40
3.1.8. Mobil cihaz kutusu .....	41
3.2. Sistemin Çalışması .....	42
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	44
KAYNAKLAR .....	48
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	49
ÖZGEÇMİŞ .....	50



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Analog takograf kâğıdı .....	4
Şekil 1.2.	Türkiye'de üretilen elektronik takograflar .....	5
Şekil 1.3.	Takograf bileşenleri .....	6
Şekil 1.4.	Hareket sensörü yerleşim şeması.....	8
Şekil 1.5.	Sürücü kartı .....	10
Şekil 1.6.	Şirket kartı .....	10
Şekil 1.7.	Denetim kartı .....	11
Şekil 1.8.	Servis kartı .....	11
Şekil 1.9.	Takograf servisleri sayısı .....	19
Şekil 1.10.	Takograf servislerinde çalışan teknik personel sayısı .....	20
Şekil 1.11.	Tambur ile K parametresinin kalibrasyonu .....	21
Şekil 1.12.	Manuel K parametresinin kalibrasyonu .....	21
Şekil 2.1.	Düz yüzeylerden yansıyan ışık .....	23
Şekil 2.2.	Mat yüzeyden yansıyan ışık.....	23
Şekil 2.3.	Gelen ışığa dik duran reflektörden yansıyan ışık .....	24
Şekil 2.4.	Gelen ışığa belirsiz bir açı ile duran reflektörden yansıyan ışık.....	24
Şekil 2.5.	Reflektör yüzeylerinden yansıyan ışık .....	24
Şekil 2.6.	Gelen ışığa dik duran aynadan yansıyan ışık .....	25
Şekil 2.7.	Polarize filtreden geçirilmeyen ışık dalgaları .....	25
Şekil 2.8.	Polarize filtreden geçirilmiş ışık dalgaları .....	26
Şekil 2.9.	Polarize filtreden geçirilmiş ışığın düz zeminden yansımaları .....	26
Şekil 2.10.	Polarize filtreden geçirilmiş ışığın reflektörden yansımaları .....	27
Şekil 3.1.	Mobil cihazın elektronik şeması .....	29
Şekil 3.2.	Temel dc-dc yükseltici devresi .....	30
Şekil 3.3.	Transistörün iletimde olduğu durumda çalışan bileşenler.....	31
Şekil 3.4.	Transistörün kesimde olduğu durumda çalışan bileşenler.....	31
Şekil 3.5.	Mobil cihaz için kullanılan dc-dc yükseltici çevirici devre şeması .....	33
Şekil 3.6.	Mobil cihaz için kullanılan dc-dc düşürücü çevirici devre şeması .....	34
Şekil 3.7.	STM32F030K6 mikro denetleyicisine ait blok diyagram .....	35
Şekil 3.8.	Mobil cihaz için kullanılan mikro denetleyici devre şeması .....	36
Şekil 3.9.	Mobil cihaz için kullanılan sensörden gelen işaretin okunabilmesi için gerekli devre .....	37
Şekil 3.10.	CubeMX programında STM32 mikro denetleyicisi için yapılan konfigürasyon ayarları .....	38
Şekil 3.11.	Mobil cihaz akış diyagramı .....	39
Şekil 3.12.	Baskılı devre kartının yerleşim planı .....	40
Şekil 3.13.	Baskılı devre kartına ait çizimler .....	41
Şekil 3.14.	Mobil cihaz kutusu ve baskılı devre kartı çizimleri.....	41
Şekil 3.15.	Sistemin çalışabilmesi için gerekli bileşenler.....	42
Şekil 3.16.	Mobil uygulamadaki K parametresinin kalibrasyonu için gerekli olan sayfa.....	42
Şekil 3.17.	Reflektörlerin yerleşim şeması.....	43
Şekil 4.1.	Bu çalışma kapsamında geliştirilen ilk mobil cihaz.....	44
Şekil 4.2.	Geliştirilen ilk cihaz ile yapılan testler ortamı.....	45
Şekil 4.3.	Bu çalışma kapsamında geliştirilen ikinci mobil cihaz .....	45
Şekil 4.4.	Mobil cihazın araca yerleşimi.....	46

Şekil 4.5. Saha testleri sırasında kalibrasyonu yapılan K parametresinin mobil uygulama sayfasında gösterilmesi .....47



## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Takograf çeşitlerinin karşılaştırılması .....	12
--	----





## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C	: Kondansatör(Coulomb)
°C	: Santigrat
D	: Doluluk oranı
DT	: İletim zamanı
$I_C$	: Kapasite üzerindeki akım(Amper)
$I_L$	: Bobin üzerindeki akım(Amper)
K parametresi	: Takograf cihazı sabiti
km	: Kilometre
km/s	: Kilometre/saat
L	: Bobin(Henry)
m	: Metre
T	: Zaman
$V_g$	: Giriş gerilimi(Volt)
$V_ç$	: Çıkış gerilimi(Volt)
$\Delta I_L$	: Bobin üzerindeki akım değişimi(Amper)
W parametresi	: Araç karakteristik katsayısı

## Kısaltmalar

AES	: Advanced Encryption Standard (Gelişmiş Şifreleme Standardı)
AETR	: European Agreement Concerning the Work of Crews of Vehicles Engaged in International Road Transport (Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Taşıtlarda Çalışan Personelin Çalışmasına Dair Avrupa Antlaşması)
CCM	: Continuous Conduction Mode
DCM	: Discontinuous Conduction Mode
LED	: Lighting Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
PFM	: Pulse Frequency Modulation (Darbe Frekans Modülasyonu)
PWM	: Pulse Width Modulation (Darbe Genişlik Modülasyonu)
STAUM	: Sayısal Takograf Araştırma ve Uygulama Merkezi
TOBB	: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UTC	: Coordinated Universal Time (Koordine Edilmiş Evrensel Zaman)
UART	: Universal Asynchronous Receiver Transmitter (Evrensel Asenkron Alıcı Verici)
VRN	: Vehicle Registration Number (Araç Plaka Numarası)
3-DES	: Triple Data Encryption Standard (Üçlü Veri Şifreleme Standardı)

## **RETRO-REFLEKTİF SENSÖR KULLANILARAK TASARLANAN MOBİL CİHAZ İLE TAKOGRAF CİHAZLARINDAKİ K PARAMETRESİNİN KALİBRE EDİLMESİ**

### **ÖZET**

Karayolu yolcu ve yük taşımacılığı yapan araçlarda takograf cihazının bulunması zorunludur. Takograf; aracın hızını, sürücülerin çalışma ve dinlenme sürelerini ölçen ve bu bilgileri çalışan sürücünün kimlik bilgisi ile kaydeden, istenildiğinde üzerinde bulunan ekran ile veya dâhili yazıcısından detay rapor veya grafik olarak çıktı veren cihazdır. Takograf, karayolu yolcu ve yük taşımacılığı yapan sürücülerin yasalarca müsaade edilen çalışma süresini ve hız sınırlarını geçmemesini sağlayarak karayolunda seyahat eden sürücülerin can ve mal güvenliğini sağlar. Takograflar aracın hızını aracın şaftındaki açısal değişimden hesaplamaktadır. Araç üzerinde bulunan hem elektronik hem de mekanik parçaların çeşitli sebepler ile değişime uğraması sonucunda takograf cihazlarının ölçüm doğruluğu bozulur. Bu sebeple belirli periyotlarda takograf cihazlarının K parametresinin kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Ayrıca takografin ilk kurulumu aşamasında da cihazın kalibre edilmesi gerekmektedir. Takograf cihazları muayene ve damgalama yönetmeliğinde takograf cihazlarının kalibrasyonu ile ilgili hususlar açıkça belirtilmiştir. Retro-reflektif sensörler kızılötesi alıcı ve verici devrelerinden oluşur ve sadece reflektörden yansıyan kızılötesi ışığı algılar. Bu sensörlerin en önemli özelliği dış etkilerden mümkün olduğunca izole olması ve uzun mesafelerde çalışabilmesidir. Bu çalışmada retro-reflektif sensör ile tasarlanan mobil cihazın, takografların K parametresini kalibre etmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kalibrasyon, Retro-reflektif Sensör, Takograf, Yol Güvenliği.

## **CALIBRATION OF K PARAMETER IN TACHOGRAPH DEVICES WITH MOBILE DEVICE DESIGNED BY USING RETRO-REFLECTIVE SENSOR**

### **ABSTRACT**

It is mandatory to have a tachograph device on vehicles carrying road passenger and cargo transportation. Tachographs are devices that measure the speed of the vehicle, the working and rest periods of the drivers, and record this information with the working credential of the driver, and produce a detailed report or graphic output from the internal printer or on the screen. The tachograph ensures that drivers do not exceed the permissible working time and speed limits of the drivers and thus ensure the safety of life and possessions of the drivers. Tachographs calculate the speed of the vehicle from the angular change in the shaft of the vehicle. The measurement accuracy of the tachograph devices is impaired as a result of both electronic and mechanical parts being replaced by various reasons. For this reason, calibration of K parameter in tachograph devices must be calibrated periodically. Also, devices must be calibrated at the initial setup of the tachograph. In the inspection and stamping regulations of the tachographs, the issues related to the calibration of the tachograph devices are clearly specified. Retro-reflective sensors consist of infrared receiver and transmitter circuits and only detect infrared light reflected from the reflector. The most important features of these sensors are that they are isolated from external influences as much as possible and can be operated over long distances. Purpose of this study calibration of K parameter in tachograph devices with mobile device designed by using retro-reflective sensor.

**Keywords:** Calibration, Retro-reflective Sensor, Tachograph, Road Safety.

## GİRİŞ

Türkiye’de takograf cihazı kullanımı 1983 yılında zorunlu hale gelmiş olup mevcut durumda analog, elektronik ve sayısal olmak üzere üç farklı tipte takograf cihazı kullanılmaktadır [1]. Takograf aracın hızını, sürücülerin çalışma ve dinlenme sürelerini ölçerek, bu hususları ihlal eden araç sürücülerinin cezalandırılmasıyla sürücülerin kurallara uygun araç kullanmalarını sağlar. Sürücülerin takograf cihazlarında birtakım sahtekârlıklar yapabilmesi sebebi ile ülkemizin de kabul ettiği “Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Taşıtlarda Çalışan Personelin Çalışmalarına İlişkin Avrupa Anlaşması (AETR)” uyarınca 2010 yılından itibaren ülkemizde taşımacılık yapan araçlarda sayısal takograf kullanımı zorunlu hale gelmiştir.

Sayısal takograflar aracın hızını aracın şaftındaki açısal değişimden hesaplamaktadır. Araç üzerinde bulunan hem mekanik hem de elektronik parçaların değişime uğraması sonucunda sayısal takografların ölçüm doğruluğu bozulur. Ölçüm doğruluğunun sağlanması için takografların K parametresinin kalibre edilmesi gerekmektedir. Ayrıca takografların ilk kurulumu aşamasında da cihazın kalibre edilmesi gerekmektedir. Takograf cihazları muayene ve damgalama yönetmeliğinde takograf cihazlarının kalibrasyonu ile ilgili hususlar açıkça belirtilmiştir.

Bu çalışmada takograf cihazlarının K parametresini kalibre edecek bir cihaz geliştirilmiştir. Cihaz reflektörlerin kızılötesi ışık ile algılanması prensibi ile çalışmaktadır. Takograf kalibrasyonunun bu tez kapsamında geliştirilen, retro-reflektif sensörlü cihazın(bundan sonra ‘mobil cihaz’ olarak ifade edilecektir) yardımı ile yapılması için iki adet reflektör belirli mesafe arayla ve belirli yüksekliğe yerleştirilmelidir. Retro-reflektif sensörün bulunduğu cihaz ise araca yapıştırılmalıdır. Retro-reflektif sensörün reflektörleri algılaması ile K parametresinin kalibrasyonu yapılır. Cihazın mobil bir yapıda olması için pil ve Bluetooth bağlantısı kullanılmıştır. Bölüm 1’de takograf kullanımının zorunlu olduğu durumlardan, takograf çeşitlerinden ve takograf kalibrasyonundan bahsedilmiştir. Bölüm 2’de ise fotoelektrik sensörlerin çalışma yapısından ve çeşitlerinden bahsedilmiştir. Bölüm 2.1’de ise retro-reflektif sensörlerden ve çalışma prensibinden bahsedilmiştir. Bölüm 3’te ise mobil cihazın

donanımsal ve yazılımsal tasarımından bahsedilmiştir. Son bölümde ise yapılan testler, sonuçlar ve önerilerden bahsedilmiştir.



## 1. TAKOGRAF

Takograf (Almanca orijinali-tachograph) adı verilen cihaz, araçlarda kullanılan, bu araçların hareket bilgilerini ve yine bu araçların sürücülerinin çalışma sürelerini gösteren, bu verileri kaydeden elektro-mekanik cihazlar olarak hayatımıza girmiştir. 1983 yılında hem karayollarında güvenliği sağlamak hem de ulaşımda standart sağlamak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır ve zorunlu hale getirilmiştir [1]. Günümüzde ve geçmişte kullanılan yaygın olmayan türleri de dikkate alarak analog, sayısal ve elektronik takograflar olmak üzere gruplandırmak mümkündür.

Takograf cihazları; sürücülerin, sürüş süresi ve hareket bilgilerinin etkili bir şekilde denetim altında tutulması, ihlale varan sürücü hatalarının belirlenmesi, ceza sisteminin etkin uygulanarak caydırıcılık sağlanmasının bir aracı olarak düşünülebilir. Ana esas ve uygulamalar da bu yöndedir. "Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Taşıtlarda Çalışan Personelin Çalışmalarına İlişkin Avrupa Anlaşmasına (AETR)" ülkemiz de 16 Haziran 2010 tarihinde taraf olmuştur. Bu anlaşmadan doğan taraf olma yükümlülüğü neticesinde, araçlarda sayısal takograf kullanımı kademeli olarak zorunlu hale getirilmiştir.

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, bu cihazlar ve kullanımlarıyla alakalı yetkili kurul haline getirilmiş ve bu karar 4 Ocak 2010 tarihli bakanlar kurulu toplantısı ile onaylanmıştır.

### 1.1. Takograf Çeşitleri

Takograf cihazları bulunduğu araçlarda, aracın aldığı mesafeyi, sürücünün araç aktivitelerini de kaydeden cihazlardır. Kaydettiği diğer bilgiler ise;

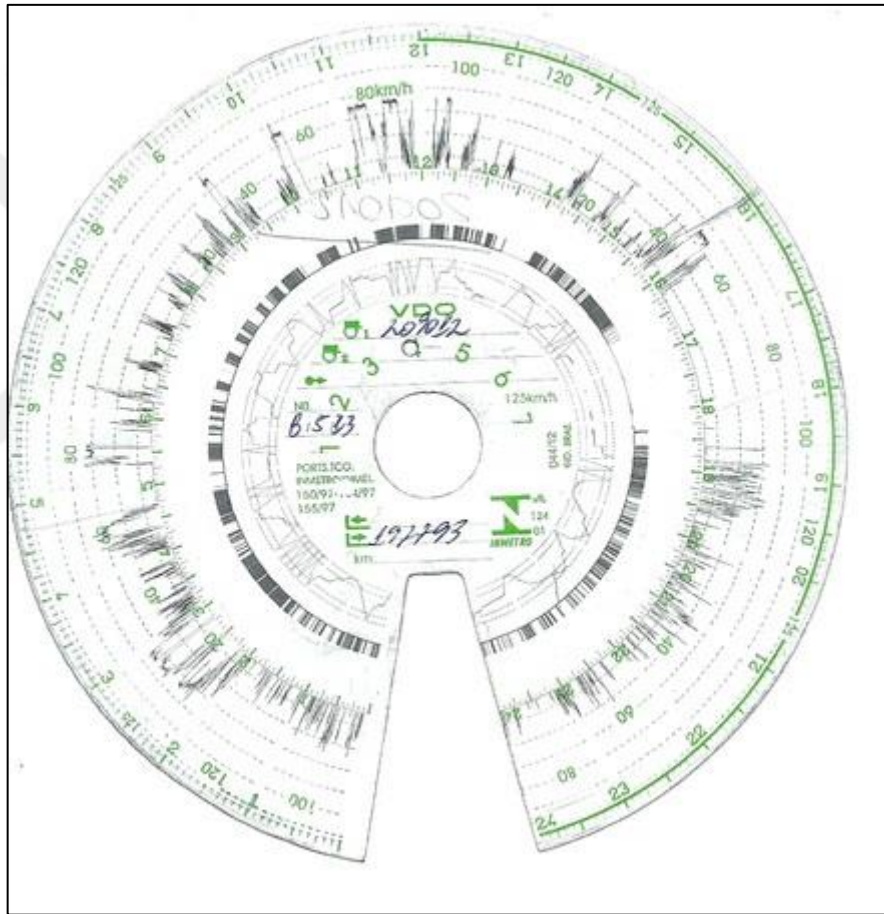
- Hız,
- Aktif sürüş zamanı,
- Diğer çalışma ve hazır bulunma süreleri ve
- Çalışma ve günlük dinlenme süreleri aralıklarıdır.

İlk takograf demir yolları standardizasyonu sağlanması ve takibi amacıyla kullanılmıştır. Sürüş süresi belirleme, sürüş başladıktan sonra hemen devreye girebilmektedir. Ancak dinlenme ve molalar gibi bilgiler özel seçim mod olarak

devreye alınmaktadır. Araçların şaftlarına bir gönderici ünite bağlanır ve verileri bir yazıcı çıktısı veya disk ile alınır.

### 1.1.1. Analog takograf

Mekanik takograf da denilen bu takograf çeşidi kâğıt bir disk üzerine 24 saat grafik çizen bir cihazdır. Şekil 1.1'de analog takograflarda kullanılan kâğıt gösterilmiştir. Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik'inde teknik ayrıntıları verilmiş olan cihaz, kilometre sayacı ile bütün ya da tamamen ayrı cihaz olarak da kullanılabilir.



Şekil 1.1. Analog takograf kâğıdı [2]

Cihaz şanzımana bağlı ya da bağımsız olarak, araç hareket süresince aldığı hareket bilgisini disk üzerine çizer. Burada disk üzerinde okumalar yapılarak aracın hız ve hareket bilgileri elde edilir. Güvenirliği diğer türlere oranla daha düşüktür. Mekanik olması cihazı, üçüncü müdahalelere açık hale getirebilmektedir. Bu takografların ülkemizde kullanılması yasaklanmıştır.

### 1.1.2. Elektronik takograf

Taşımacılıkta kullanılan sayısal ve analog takograflardan farklı olarak bu cihazlarda hareket bilgileri ve sürücüye ait sürüş bilgileri elektronik olarak kaydedilip yazılı çıktı alınabilmektedir. Sürücü belgesine eklenmiş bir yonga ile kullanılmaktadır. Yazıcı göstere, tuş takımları bulunan cihazda TSE standardına uygunluk durumu aranmaktadır. Bu takograf Türkiye'ye özgüdür ve 24 saatlik periyotlar ile çalışır. Bu cihazlar Karayolları Trafik Kanunu 31. maddesinde tanımlı, kayıt cihaz olarak geçmektedir. 1988 yılında kullanımı ülkemizde zorunlu hale getirilmiştir. 2000 yılında ise analog ve elektronikler tercihe göre kullanılabilir hale getirilmiş ve birlikte bulunmalarına karar verilmiştir.

Bu cihazlar uluslararası taşımacılıkta kullanılmayan sadece ülkemizde kullanıma sunulmuş yerli bir üründür. Şekil 1.2'de Türkiye'de üretilen elektronik takograflardan bazıları gösterilmiştir.



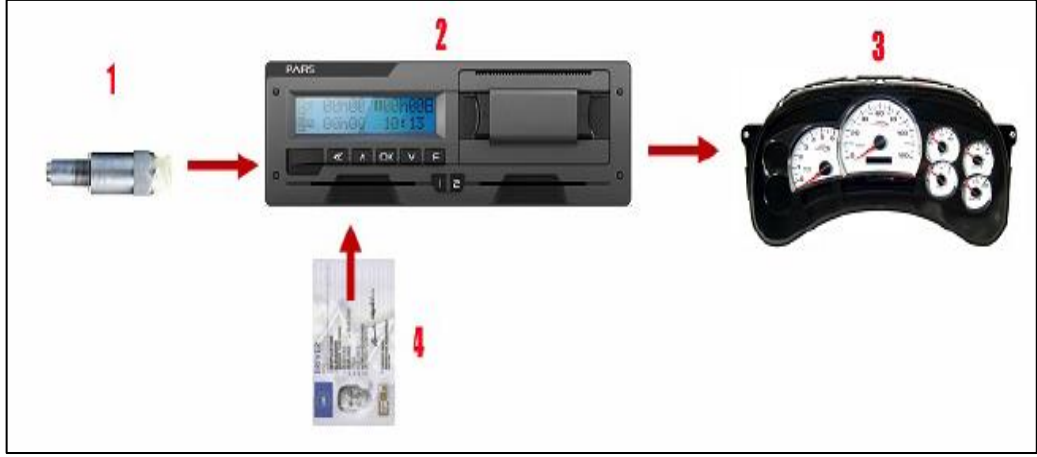
Şekil 1.2. Türkiye'de üretilen elektronik takograflar [3]

### 1.1.3. Sayısal takograf

Sayısal takograf, uluslararası geçerliliği olan ve günümüzde kullanılması zorunlu olan takograf türüdür. Gelişmiş bir elektronik cihazdır. Hız, çalışma süresi, dinlenme süresi gibi veriler sayısal ortamda kayıt altına alınmaktadır. Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik'inde belirtilen uygulama esaslarına göre imal edilmektedir. Bu cihazlar kayıt, depolama ve denetim cihazlarıdır. Yer, olay ve ihlal bilgilerini de tutabilmektedir.

Sayısal takograflar araç şanzımanından aldığı hareket verilerini kaydeder ve akıllı kart ile çalışmaktadır. Cihazların üretimi ile ilgili olarak Avrupa Topluluğu tip onay belgesine ihtiyaç vardır. Sayısal takograflar Şekil 1.3'teki gibi hareket sensörü(1), takograf araç ünitesi(genellikle takografın kendisi olarak adlandırılır)(2) ve sürücü kartından(4) oluşur.





Şekil 1.3. Takograf bileşenleri [4]

Avrupa'da sayısal takograf üreten 4 üretici Actia, Intellic, Stoneridge ve Vdo'dur. Türkiye'de ise 2017 yılından itibaren Aselsan ve Pars Ar-Ge şirketleri takograf üretimi yapmaya başlamışlardır.

Sayısal takografların amacı sürücü faaliyet kaydı, görüntüleme, yazdırma ve kayıt altına almak olarak özetlenebilir. Ticari araç ve yedek sürücülerinin çalışma ve dinlenme sürelerini kaydedip depolayan bir sistemdir. Bunun dışında hız, mesafe gibi bilgileri de içeren kayıtları çıktı olarak verebilmektedir.

Aracın şaftına bağlanan sensör ile alınan mekanik hız verisi elektronik darbe sinyaline çevrilerek ve sensörlerden gelen verilerle birlikte şifrelenerek kaydedilir. Verilen bilgi ise daha sonra cihaz ve sensör karşılaştırması yapılarak teyit edilebilmektedir. Bu şifreleme mantığı sayesinde daha sonra yapılması muhtemel müdahalelerin de önüne geçilmiş olunur ve yapılan doğrulama kontrolü ile de bu bilgilere müdahale yapıp yapılmadığı anlaşılmış olunur. Ana ünite iki adet akıllı kart, tuş takımı, yığın belleği, gerçek zamanlı saat, ikazlar, yazıcı ve çıktı biriminden oluşur. Gerçek zamanlı hız verisine, veri indirme yeteneğine, denetim özelliklerine sahiptir. Tüm veriler 'yığın depolama' denilen hafızaya, sürücüye özel olarak verilen akıllı kartlar üzerinden depolanmaktadır. Sensörlerden alınan hız verileri bu kartlardan gelen veri ile şifrelenerek hafızada tutulmaktadır.

Sürücü kartı, sürücü faaliyetlerini sürücüye özgü kaydeder. Bu sürücü kartları 28 güne kadar, takografin kendisi ise 365 günlük veri kaydına imkân sağlamaktadır. Sürücü kartı takılı olmadan da kayıt faaliyeti yürütüyor olabilmesi kesintisiz veri akışına olanak sağlamaktadır.

Takograf cihazı, farklı bağlantı cihazları ile başka cihazlara bağlantı sağlayabilmektedir. Bu özellik takograf cihazının geliştirilebilirliğini arttırmaktadır. Bu bağlanmış cihazlarda yine takograf sistemlerine uygunluk için test ya da testlerden geçirilmiş olmalıdır. Güvenlik çalışma uygunluğu testleri ilgili mevzuat ve hükümlere tabiidir. Bu yeni eklenecek ürünler için ayrı kullanıcılar olacaksa bu kişiler de kendilerini kart ile tanıtmalıdır. Bu sayede her kullanıcı kendine tanınmış haklar ile sadece ulaşması gereken veriye erişebilecek ve erişmesi uygun olmayan veriye erişemeyecektir.

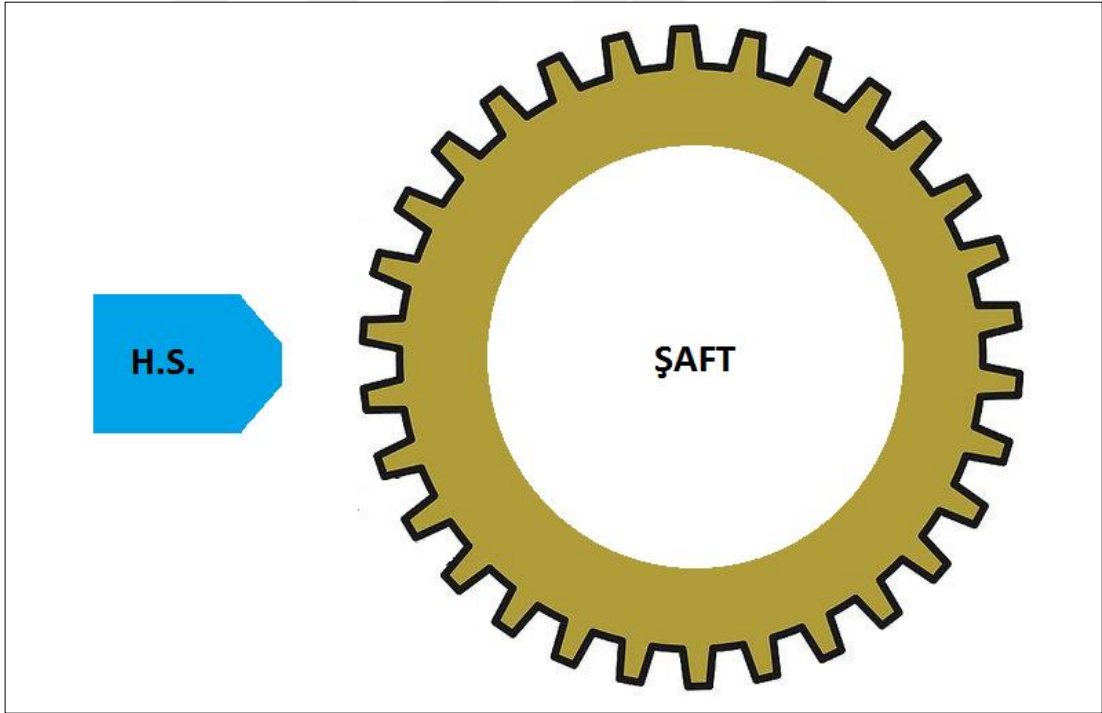
Takograf cihazı aşağıdaki fonksiyonları sağlamalıdır:

- Kartların takılmaları ve çıkarılmalarının izlenmesi,
- Hızın ve mesafenin ölçülmesi,
- Zamanın ölçülmesi,
- Sürücü faaliyetlerinin izlenmesi,
- Sürüş durumunun izlenmesi,
- Sürücülerin manuel olarak girdikleri;
- Günlük çalışma sürelerinin başladığı ve/veya bittiği yerlerin girilmesi,
- Sürücü faaliyetlerinin manuel olarak girilmesi,
- Özel durumların girilmesi,
- Şirket kilitlerinin yönetilmesi,
- Kontrol faaliyetlerinin izlenmesi,
- Olayların ve/veya hataların tespit edilmesi,
- Yerleşik ve öz testler,
- Yiğın belleğinden yapılan okuma,
- Yiğın belleğine kaydetme ve hafızaya alma
- Takograf kartlarından okuma,
- Takograf kartlarına kaydetme ve hafızaya alma,
- Görüntüleme,
- Yazdırma,
- İkaz etme,
- Harici ortama veri indirme,
- İlave harici cihazlara veriyi çıktı olarak gönderme,
- Kalibrasyon,
- Zaman ayarlaması,
- Çalıştırma modları,

- Çalışma modu
- Kontrol modu
- Kalibrasyon modu
- Şirket modu

Sayısal takograflar aynı zamanda güvenlik önlemleri sayesinde kayıt ve veri güvenliğinin üst düzeye çıkarılmasına imkân sağlayan cihazlardır. Bu güvenlik önlemleri aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Araç üniteleri ve kullanıcı kartlar arasında karşılıklı kimlik denetimi,
- Araç ana ünitesi ile sürücü kartlarından elde edilen verilerin bütünlüğü ve birbirini onaylaması ve şifreleme denetimi yapılması,
- Ana ünite harici saklama birimlerine kayıtlı verilerin doğru bütünlüğü ve birbirini onaylamasının yanı sıra diğer güvenlik önlemleri ise bazı bağlantı ve özel donanım teknikleri ile güvence altına alınmışlardır. Hareket sensörü çalışma prensibine yönelik güvenlik önlemleri de alınmıştır.



Şekil 1.4. Hareket sensörü yerleşim şeması

Hareket sensörünün yerleşimi Şekil 1.4'teki gibidir. Bağlantıda takograf, hareket sensörü aracın şanzımanına bağlanan 'hall-effect' mantığı ile çalışmaktadır. Şanzıman dişli dönüşleri ile aracın aldığı yola ilişkin kare dalga formatında işaret dalga modelini kaydeder. Burada sensörden alınan verinin bütünlüğü kayıt sırasında

korunur ve veri kaybı tespit edilecek şekilde kayıt işlemi gerçekleşir. Veri bütünlüğü ve uyumluluğunu koruyacak bir şifreleme sağlanır. Sürüş kartları bu şifrelemede veri kaydını güvenlik altına alır.

Diğer bir güvenlik mekanizması ise verilerin bir kriptografi yapısında tutulması olmuştur. Hareket sensörü ve takograf arasında ilk eşleşme anında bir güvenlik anahtarı oluşturulur. Kriptolama sayesinde bu güvenlik anahtarının karşılıklı doğrulaması ve kaydını sağlanacak şekilde çalışır. Veri bütünlüğü ve karşılıklı kimlik doğrulama sağlanır. Yetkili kişi ve yetkilerinin sınırı yine bu noktada belirtilir. Bu aşamadan sonra sadece hız bilgisini değil, şifrelenmiş olarak da işlenmiş bir hız bilgisini tutabilecektir. 3-DES şifreleme yöntemi ile takograf ve sensör arasındaki veri şifrelenmektedir. 2019 yılı itibariyle bu sisteme AES gibi protokol ve alt yapılar da eklenerek sistem gücü arttırılacaktır. Bu sayede bu takograflara, ilk nesillerinden farklı olarak dış müdahale imkânı hemen hemen ortadan kalkmış olacaktır.

Ayrıca anahtarlama sistemi de mevcuttur. Avrupa seviyesinden üst anahtarlama, üye ülke seviyesinde alt anahtarlama ve üretici, kullanıcı düzeyinde anahtarlama kullanılır.

Takograflardan bilgi alma sıklığı asgari süresi verilerin güvenliğini de sağlayacak şekilde üye ülkeler tarafından belirlenecektir. Alınan kayıtlar 12 ay süre ile saklanacak şekilde veri kaydı oluşturulmalıdır. Araç ve kartlardan alınan veriler doğrudan veya uzaktan veri toplayıcıya iletilebilir olmalıdır. Bu verilerin kâğıt çıktıları talep halinde sürücüye de verilebilmelidir.

Kullanılmasa da analog takograflarda da alınan kayıtlar 12 ay saklanmalıdır. Talep halinde ilgili sürücüye verilmelidir.

Bu cihazların kalibrasyonu alınan verilerin güvenliğinin önemli bir parçası haline gelmiştir. Doğru bir kayıt için cihazın kalibre olması gerekmektedir. Doğru çalışmayan ve güvenli olmayan takometre ile alınan veriler yasal bir yükümlülük taşımaktan uzak olacaktır. Caydırıcılığı ve güvenliği sorgulanabilir olacaktır.

Sayısal takograflara ait 4 çeşit kart türü vardır. Bunlar sürücü kartı, şirket kartı, denetim kartı ve servis kartıdır.

### 1.1.3.1. Sürücü kartı

Bu kart sürücüye özel olarak verilen karttır. Her sürücüye ait tek bir kart bulunmaktadır. Yedek sürücüler de kendilerine ait ayrı bir kart bulunmalıdır. Verilerin kayıt altına alınması bu kartlardaki özel kodun kayıt altına alınacak koda eklenmesiyle şifrelenir. Hangi sürücünün ne kadar süre kullandığı ve mesafe bilgileri karta özel olarak tutulur. Şekil 1.5'te sürücü kartı örneği verilmiştir.



Şekil 1.5. Sürücü kartı [5]

### 1.1.3.2. Şirket kartı

Takograf cihazının takılı olduğu araç sahibine veya yetkilisine verilen karttır. Sürücü kartından farklı olarak, bu kartta şirket tanıtılır ve şirket tarafından tanıtılan yetkiler açılır ya da kapatılır. Şirket tarafından kısıtlanmayan yetkiler doğrultusunda kayıt ekleme ve kayıtların oluşturulması, görüntülenmesi sağlanır. Şekil 1.6'da şirket kartı örneği verilmiştir.



Şekil 1.6. Şirket kartı [5]

### 1.1.3.3. Denetim kartı

Takograf denetimi için yetkilendirilmiş ulusal yetkili kurum otoritesine verilen karttır. Bu kart cihaz denetim otoritesini tanıtır ve denetim yapanın denetim yetkileri doğrultusunda veri hafızası ve kayıt bilgilerine ulaşır. Denetim yapan kişinin kimliği

de denetim zamanı ile birlikte ayrıca kaydedilebilir. Verileri değiştirme yetkisi bulunmayan denetim kartında sadece izleme yetkileri ve verileri indirebilme yetkileri vardır. Şekil 1.7’de denetim kartı örneği verilmiştir.



Şekil 1.7. Denetim kartı [5]

#### 1.1.3.4. Servis kartı

Takograf cihazların bakım-onarımı, montaj ve değişimleri, genel bakımları, araç üreticisine verilen, yetkilendirme belgesi olmadan kullanılamayan takograf kartıdır. Servis, kart hizmeti verecek kişi ve kuruma ait bilgileri tutar ve sadece yetkili olduğu kısımlara ulaşacak şekilde kısıtlanmış karttır. Şekil 1.8’de servis kartı örneği verilmiştir.



Şekil 1.8. Servis kartı [5]

## 1.2. Takograf Çeşitlerinin Karşılaştırılması

Tablo 1.1’de kullanılan ve kullanılmış üç tip takograf cihazının karşılaştırılması yapılmıştır. Tabloda görüldüğü üzere sayısal takograflar daha güvenlidirler.

Tablo 1.1. Takograf çeşitlerinin karşılaştırılması [1]

Özellik	Elektronik Takograf	Analog Takograf	Sayısal Takograf
Tip Onayı	Tip onayı yok. Teknik Kriter: TSE ÜBM-03-BK-006 Not: 3516 sayılı Ölçü ve Ayar Kanunu ve Mevzuat gereği, tip onaysız ölçü cihazlarının kullanılması yasaktır.	AT Tip Onayı: Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek-1 EC 1360/2002 Yönetmeliği, Ek-1	AT Tip Onayı: Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1B EC 1360/2002 Yönetmeliği, Ek-1B
Araç ünitesi kayıt kapasitesi	24 saat sürücü faaliyet kaydı	24 saat sürücü faaliyet kaydı	365 günlük sürücü faaliyet kaydı
Sürücü kartı arabirimi	Tek sürücü kartı arabirimi	24 saatlik kayıt yapılmasına izin veren diyagram kayıt sayfası	İki adet kriptolu sürücü kartı arabirimi
Sürücü kartı belleği	24 saat kapasiteli	24 saat kapasiteli analog diyagram kayıt sayfası	28 gün kapasiteli
Sürücü kartı güvenlik seviyesi	Yok	--	Yüksek düzeyli sayısal imza ve kriptoloji (SHA-1, 3DES, RSA) Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1B, ilave 2 ve 11.
Araç ünitesi haberleşme/kalibrasyon konnektörü	Yok	Var, uygun kalibrasyon cihazları (sayısal takograf cihazları ile aynı) ile kalibrasyon ara yüzüne erişilebilir. Elektronik takograflar ile karşılaştırıldığında bu açıdan daha güvenlidir.	Zorunlu, yüksek düzeyli sayısal imza korumalı (SHA-1) Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek-1 B, ilave 6.
Araç elektronik sistemleri ile entegrasyon (CANBus)	Yok	Üst model analog takograflarda (Stoneridge TVI 2400, VDO MTCO 1324, VDO FTCO 1319, VDO KTCO 1318) mevcut	Zorunlu. ISO-16844
Besleme, duyurga ve diğer bağlantı konnektörleri	Standart değil ve güvenlik önlemi yok.	Üst model analog takograflar için, ISO 16844 uyumlu	ISO 16844 uyumlu. Yüksek güvenli şifreli haberleşme, sensör eşleştirme zorunlu. Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1B, ilave 10 ve 11.



Tablo 1.1. (Devam) Takograf çeşitlerinin karşılaştırılması [1]

Özellik	Elektronik Takograf	Analog Takograf	Sayısal Takograf
Hareket sensörü	Sadece hareket sinyalinin (pulse) kullanılır. Not: Sinyal hattı manipülasyona açık	Üst model analog takograflar için hareket sinyalinin ek olarak şifreli veri olarak haberleşme bağlantısı. ISO-16844	Hareket sinyalinin ek olarak şifreli veri haberleşme bağlantısı. Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik EkIV.
Bağımsız (doğrulayıcı) hareket kaynağı	Yok	Yok	Yeni jenerasyon sayısal takograf tip onayı gereği zorunlu Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1 B.
Hareket sensörü bağlantısı ve fiziksel şartları	Gösterge grubuna gelen herhangi bir hareket sinyalinden yararlanır. Standart değil, müdahaleye açık tek kablo dahi kullanılmaktadır.	ISO-16844 Standardı gereği aracın şanzımanına direkt monte edilen ağır çevresel şartlara dayanıklı mekanik yapı.	ISO-16844 Standardı gereği aracın şanzımanına direkt monte edilen ağır çevresel şartlara dayanıklı mekanik yapı.
Gösterge	Standart değil	Yuvarlak modellerde standart. Teyp formunda olanlarda standart değil	Standart. Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1 B, ilave 5.
Gösterge mesajları	Standart değil	Standart değil	Standart. Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1B, ilave 3 ve 5.
Yazıcı ve çıktıların formatı	Standart değil	Yazıcı yok. Hız, görev ve mesafe kayıt biçimleri standart	Standart. Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1B, ilave 3 ve 4.
Denetim yöntemi	Standart değil. Muhtelif yazıcı çıktılar ve grafik raporlarla yapılmaktadır.	Standart. Analog kayıt sayfalarının analizi için tarayıcı ve analiz yazılımı gerekebilir.	Veri indirme, analiz yazılımı ve yazıcı çıktılarıyla Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1B, ilave 4, 6 ve 7.



Tablo 1.1. (Devam) Takograf çeşitlerinin karşılaştırılması [1]

Özellik	Elektronik Takograf	Analog Takograf	Sayısal Takograf
Kalibrasyon yöntemi	Tanımlı değil. W sabitinin ölçümüne müsait değil. Ölçüm ve doğrulama imkanları teknik açıdan uygun değil	Standart	Standart. Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1B, ilave 6 ve 8.
Akıllı kart teknolojisi	Yok. Sürücü kartları için güvenlik seviyesi olmayan 256 byte EEPROM kullanılıyor. 1986 teknolojisi ve ürün kodu 93C46 olan elektronik eleman, her türlü müdahaleye açık.	Yok	Standart. Güvenlik RSA, 3-DES ve SHA-1 kriptoloji ve Public Key sayısal imza ile Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1B, ilave 2, 10 ve 11.
Yetkili servis kartı	Standart ve tanımlı değil. Her üretici kendi yöntem ve araçlarını kullanıyor.	Yok	Standart. Kart otoritesi tarafından sağlanıyor ve izleniyor. Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1 B, ilave 2, 8, 10 ve 11. Türkiye Kart Otoritesi, TOBB, STAUM
Sürücü kartı üretim, dağıtım ve izlenebilirliği	Yok. Sürücü belgelerine servisler tarafından düşük güvenli bir elektronik modül monte ediliyor. İzlenebilirlik ve denetim yok. Kopya kart yaygın. Kartın üzerindeki sürücü çalışma süreleri bilgisi manipülasyona açık.	Yok	Standart. Kart otoritesi tarafından sağlanıyor ve izleniyor. Türkiye Kart Otoritesi, TOBB, STAUM Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1 B, ilave 2, 10 ve 11.
Şirket kartı	Yok. Filoların iç denetimi ve denetim otoritesinin veri altyapısı sağlamasına uygun değil.	Yok	Standart. Kart otoritesi tarafından sağlanıyor ve izleniyor. Türkiye Kart Otoritesi, TOBB, STAUM Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1 B, ilave 2, 10 ve 11.

Tablo 1.1. (Devam) Takograf çeşitlerinin karşılaştırılması [1]

Özellik	Elektronik Takograf	Analog Takograf	Sayısal Takograf
Denetim Kartı	Yok. Denetim otoritesinin veri altyapısı sağlmasına uygun değil.	Yok	Standart. Kart otoritesi tarafından sağlanıyor ve izleniyor. Türkiye Kart Otoritesi, TOBB, STAUM Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik Ek1 B, ilave 2, 10 ve 11.

### 1.3. Takograf İle İlgili Yasal Düzenlemeler ve İlgili Kuruluşlar

Türkiye Cumhuriyeti takograflar ile ilgili; “Takograf Cihazları Muayene ve Damgalama Yönetmeliği” ve “Takograf Cihazları Servis Hizmetleri Hakkında Yönetmelik” isimlerinde iki adet yönetmelik yayınlamış ve bu yönetmelikleri uygulamaya koymuştur. Ayrıca sürücüler Karayolları Trafik Yönetmeliği'ne göre sürüş süreleri, mola gereksinimleri ve seyir sürati kurallarına uymak zorundadırlar. Takograftan alınan veriler ile Karayolları Trafik Yönetmeliği kuralları karşılaştırılıp sürücülerin kurallara uyduğu doğrulanır.

#### 1.3.1. Takograf Cihazları Muayene ve Damgalama Yönetmeliği

Takograf Cihazları Muayene ve Damgalama Yönetmeliği 12.01.2012 tarihinde resmi gazetede yayımlanmış ve 12.05.2012, 27.11.2013, 29.04.2015,7.1.2016 ve 16.11.2017 tarihlerinde yönetmelik üzerindeki değişiklikler yayımlanmıştır.

Takograf Cihazları Muayene Ve Damgalama Yönetmeliği; karayolu taşımacılığı yapan araçlarda kullanılması zorunlu olan takograf cihazlarına verilecek servis hizmetleri ile takograf cihazları kullanıcılarının sorumluluklarına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir [6].

Yönetmelik, takograf cihazının serviste yapılan montaj, muayene ve damgalama işlemlerini gereğine uygun olarak yapmaktan; yetkili teknik personeli, servis sorumlusu ve servis sahibini sorumlu tutar [6].

Yönetmelik, takograf cihazlarının iki yılda bir kalibre edilmesi gerektiğini söyler. Ayrıca aşağıdaki maddeler olduğu durumda da cihazın kalibre edilmesi gerektiğini söyler [6].

- a) Araç üreticisi tarafından, aracın teknik belgelerinde tanımlanmış araçta kullanılacak lastik ebadındaki değişiklik, şanzıman onarımı ve şanzımana bağlı hareket sensörü damgasının bozulmasına bağlı olarak meydana gelecek bir değişiklik sonrası aracın karakteristik katsayısı “w” de değişiklik,
- b) Araca iliştilmiş mevcut montaj etiketindeki değerle kıyaslandığında, araç lastiklerinin etkin çevresinde  $\pm\%4$  oranında meydana gelmiş bir değişiklik,
- c) Araç tescilinin yapıldığı plaka numarasında “VRN” değişiklik,
- ç) Dijital takograflar için koordine edilmiş evrensel zamanda “UTC saatinde” yirmi dakikadan daha fazla sapma olması durumunda. [6]

Yönetmelik; dijital takograf cihazlarının ölçüm hassasiyetinin 0.1 km'den daha iyi veya buna eşit bir hassasiyete sahip şekilde ve aşağıdaki toleranslarının ilk muayene ve periyodik muayenede  $\pm\%2$ , kullanımda  $\pm\%4$  dahilinde olması gerektiğini belirtir [6].

Yönetmeliğe göre, takograf cihazının mesafeyi 0 km'den 9999999.9 km'ye kadar ölçmesi gerekir. Ölçüm; aracın hem ileri hem de geri hareketleri toplayacak şekilde veya sadece ileri hareketi dâhil edecek şekilde olması gerekmektedir [6].

Yönetmeliğe göre, takograf cihazı hızı 0 km/s'den 220 km/s'ye kadar ölçmek zorundadır. Takograf cihazı, kullanım sırasında görüntülenen hız için azami  $\pm 6$  km/s'lik bir toleransı sağlamak amacıyla ve aşağıdaki toleransları da dikkate alarak, 20 km/s ile 180 km/s arasındaki hızlar için ve 4000 darbe/km ile 25000 darbe/km arasındaki araç karakteristik katsayıları için hızı, sabit hızda,  $\pm 1$  km/s'lik bir toleransla ve hızın ölçülmesi 1 km/s'ye eşit veya bundan daha iyi bir hassasiyete sahip olacak şekilde, lastik değişiklikleri gibi girdi değişikliklerinde  $\pm 2$  km/s ve ilk muayene ve periyodik muayenede  $\pm 1$  km/s toleranslar dâhilinde olmak zorundadır. Veriyi hafızaya alma için hassasiyet, takograf cihazı tarafından hafızaya alınan hıza ilave  $\pm 0.5$  km/s'lik bir toleransı gerektirir. Hız, normal toleranslar dâhilinde, hızın 2 m/s<sup>2</sup>'ye kadar olan bir oranda değiştiğindeki bir hız değişimi bitiminden itibaren 2 saniye içerisinde doğru bir şekilde ölçülmesi gerekir [6].

Yönetmeliğe göre;

- a) Araç yüksüz, normal çalışır durumda,
- b) Lastik basınçları araç üreticisinin verdiği değerlere uygun,
- c) Lastik aşınması, ilgili mevzuatında müsaade edilen sınırlarda,
- ç) Aracın hareketi; araç, kendi motoru ile tahrik edilerek, 1000 m'lik düzgün bir hat boyunca ve düz bir yüzey üzerinde,  $50\pm 5$  km/s hızla ilerleyerek veya

karşılaştırılabilir doğrulukta olması halinde, uygun yöntemler kullanılarak takograf cihazının kalibrasyonu gerçekleştirilir [6].

Yönetmelik; yurt içinde taşımacılık yapan ve takograf kullanması zorunlu olan 1996 model ve sonrası araçlarda kullanılan analog veya elektronik takograf cihazlarının;

a) 1996-1998 model araçlar, 30/6/2016 tarihine kadar,

b) 1999-2001 model araçlar, 31/12/2016 tarihine kadar,

c) 2002-2004 model araçlar, 31/12/2017 tarihine kadar,

ç) 2005-2007 model araçlar, 31/12/2018 tarihine kadar,

d) 2008 ve sonrası model araçların, 31/12/2019 tarihine kadar takograflarını, dijital takograf ile değiştirilmesinin zorunlu olduğunu belirtir [6].

### **1.3.2. Takograf Cihazları Servis Hizmetleri Hakkında Yönetmelik**

Takograf Cihazları Servis Hizmetleri Hakkında Yönetmelik 14.02.2012 tarihinde resmi gazetede yayımlanmış ve 30.05.2014, 17.11.2015, 14.05.2016, 10.6.2017, 8.11.2018 ve 11.10.2019 tarihlerinde yönetmelik üzerindeki değişiklikler yayımlanmıştır.

Takograf Cihazları Servis Hizmetleri Hakkında Yönetmeliği'nin amacı; karayolu taşımacılığı yapan araçlarda kullanılan takograf cihazlarının montajı, muayenesi, faal hale getirilmesi, kalibrasyonu, tamiri veya gerektiğinde kullanım dışı bırakılması için hizmet verecek servislerin belirlenmesi, bu servislerin denetlenmesi, onaylanması ve serviste görev yapacak teknik personelle birlikte belgelendirilmesinde esas alınacak usul ve esasları belirlemektir [7].

Yönetmeliğe göre, takograf cihazları servisleri, karayolu taşımacılığı yapan araçlarda kullanılan takograf cihazlarının montajı, muayenesi, faal hale getirilmesi, kalibrasyonu, tamiri, gerektiğinde kullanım dışı bırakılması veya veri indirilememe belgesi düzenlenmesi için hizmet vermekle yükümlüdür. Servisler, marka sınırlaması olmaksızın takograf servis hizmetleri onay belgesinde belirtilen takograf türüne tamir dışındaki servis hizmetlerini vermek zorundadır [7].

Yönetmelik, takograf cihazları servislerinin, servis hizmetinin verildiği kapalı alan ile servise gelen taşıtların izlenebileceği kapalı devre kamera sistemini kurar ve faal olarak kullanılmasını zorunlu tutar [7].

### **1.3.3. Karayolları Trafik Yönetmeliği**

Karayolları Trafik Yönetmeliği 18.7.1997 tarihinde resmi gazetede yayımlanmış ve 18.5.2007, 9.6.2008, 21.3.2012, 17.4.2015 ve 24.8.2017 tarihlerinde yönetmelik üzerindeki değişiklikler yayımlanmıştır.

Karayolları Trafik Yönetmeliği'nin amacı can ve mal güvenliği yönünden; karayollarında trafik düzeninin sağlanması ve trafik güvenliğini ilgilendiren hususlarda alınacak tedbirler ile ilgilidir.[8]

Yönetmeliğe göre; sürücüler 4,5 saatlik sürekli kullanım sonunda, 45 dakikalık mola vermek zorundadır. 45 dakikalık mola, her biri en az 15 dakikalık 3 parçaya bölünebilir. Günlük sürüş süresi 9 saati geçemez. [8]

Yönetmeliğe göre; haftalık sürüş süresi en fazla 54 saattir ve 2 haftalık sürüş süresi en fazla 90 saattir. [8]

Yönetmeliğe göre; 24 saatlik periyot içinde bir sürücü en az 11 saat araç dışında dinlenmek zorundadır. Bu süre, biri en az 8 saat kesintisiz olacak en fazla üç ayrı süreye bölünebilir. Bölünme durumunda toplam dinlenme en az 12 saat olacaktır. Bu süre haftada en fazla üç defa kesintisiz 9 saate düşürülebilir. İki şoförle kullanım durumunda her 30 saatlik sürede her bir şoför en az 8 saat kesintisiz dinlenecektir. Aracın feribot veya trenle taşınması durumunda (Takograf cihazının Feribot moduna alınması gerekir) günlük dinlenme süresi bir kez kesintiye uğrayabilir. Kesinti 1 saati aşamaz. Bu durumda günlük dinlenme süresi 2 saat uzatılır. [8]

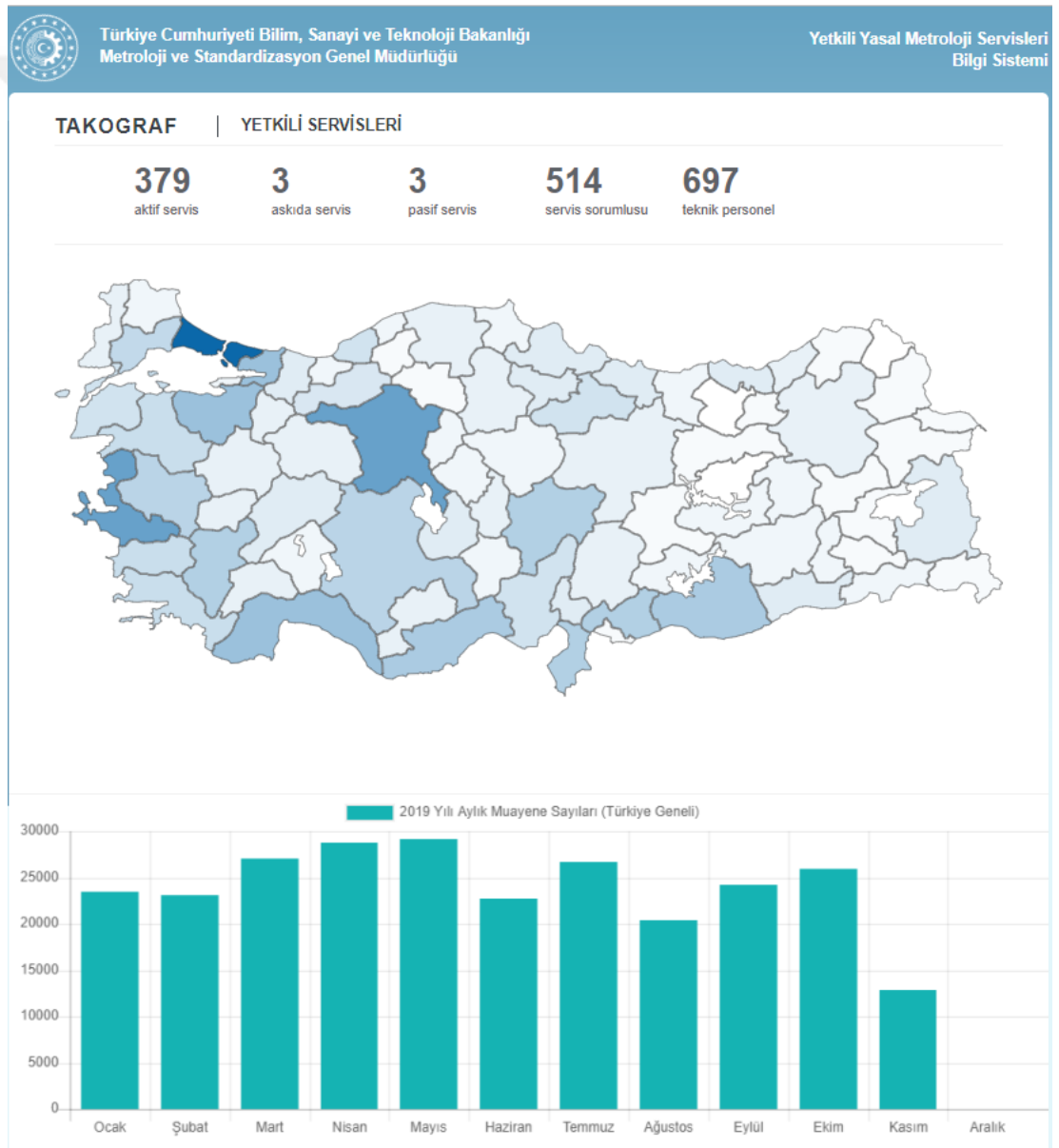
Yönetmeliğe göre; en fazla 6 günlük araç kullanım süresi sonra en az 24 saatlik hafta tatili verilmelidir. Düzenli seferler hariç uluslararası yolcu taşımacılığı söz konusu ise şoförler 12 gün süreyle araç kullanabilir ama bu süreden sonra 2 günlük (48 saat) tatil yapmalıdır.[8]

### **1.3.4. Takograflar ile ilgili kuruluşlar**

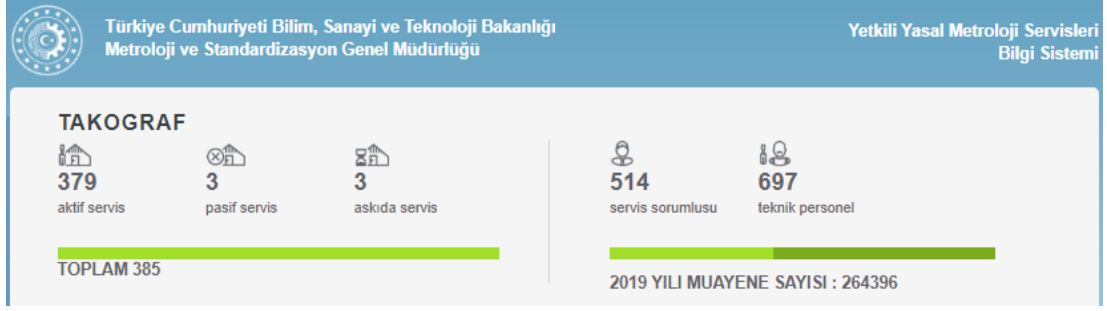
Takograflar ile ilgili ülkemizde Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Metroloji ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü, Sayısal Takograf Araştırma ve Uygulama Merkezi kuruluşları bulunmaktadır.

### 1.3.4.1. Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Metroloji ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü

Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Metroloji ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü, metroloji politikasını belirlemek, ulusal ölçü etalonlarını bulundurmak, standartlara ilişkin düzenleme yapmak gibi görevleri üstlenir [9]. Müdürlüğe ait <https://msurapor.sanayi.gov.tr/> web sitesinden canlı olarak aktif takograf servisleri sayısı ve bu servislerde çalışan personel sayısı izlenebilir. Şekil 1.9 ve Şekil 1.10'da bu tezin yazıldığı tarihe ait takograf servisleri ve çalışan sayısı görülmektedir.



Şekil 1.9. Takograf servisleri sayısı [10]



Şekil 1.10. Takograf servislerinde çalışan teknik personel sayısı [10]

### 1.3.4.2. Sayısal Takograf Araştırma ve Uygulama Merkezi

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı takograf cihazlarında kullanılan kartların üretilmesi ve dağıtılması yetkisini Sayısal Takograf Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne (STAUM) vermiştir. STAUM sürücü kartları, servis kartları, şirket kartları ve denetim kartlarını üretmektedir. Sürücü ve şirket kartları beş sene, denetim kartları iki sene, servis kartları bir sene geçerlidir.

## 1.4. Takograflarda K Parametresi ve K Parametresinin Mevcut Kalibrasyon Yöntemleri

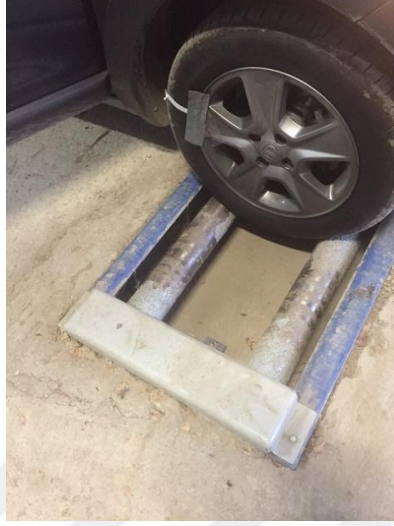
### 1.4.1. Takograflarda K parametresi

Takograflar cihazı sabiti olarak tanımlanan K parametresi katedilen bir kilometrelik mesafeyi göstermek ve kaydetmek için gerekli giriş sinyali değerini veren sayısal karakterdir. Bu sabit, kilometrede devir cinsinden veya kilometrede darbe cinsinden ifade edilmektedir. Araç üzerinde bulunan hem mekanik hem de elektronik parçaların değişime uğraması sonucunda sayısal takografların K parametresinin değeri bozulur. K parametresinin değerinin düzeltilmesi için takografların kalibre edilmesi gerekmektedir. Ayrıca takografların ilk kurulumu aşamasında da cihazın K parametresinin ayarlanabilmesi için takografların kalibre edilmesi gerekmektedir.

### 1.4.2. Tambur ile K parametresi kalibrasyonu

Takografların K parametresinin kalibrasyonun da en çok kullanılan yöntemlerden birisi tambur ile kalibrasyondur. Bu yöntemde araç tambur üzerine çıkartılır ve tekerlek döndürülmeye başlanır. Tamburda hesaplanan mesafe değeri ile takograftaki mesafe değeri karşılaştırılır ve takografların K parametresi bu karşılaştırmaya göre kalibre edilir. Takografların K parametresinin kalibrasyonu için en teknolojik yöntem olarak bu yöntem kabul edilse de hem mali olarak servise maddi

yük getirmesi hem de tamburun hesapladığı mesafe değerinin ölçümündeki bozukluklar sebebi ile güvenli değildir. Şekil 1.1'de tambur ile K parametresinin kalibrasyon yöntemi gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Tambur ile K parametresinin kalibrasyonu [4]

#### 1.4.3. Manuel olarak K parametresinin kalibrasyonu

Takograf kalibrasyonu yapan servislerde tambur yoksa kullanılan yöntemlerden birisi de manuel kalibrasyondur. Bu durumda servis, aracı belli bir mesafede (genellikle bu mesafe 20 metredir) sürmektedir ve takografin ölçtüğü mesafe değerine göre takografin K parametresi kalibre edilir. Manuel olarak K parametresinin kalibrasyonu yapılırken bu yöntemin insana bağımlı olması sebebi ile hataya açıktır ve güvenilir değildir. Şekil 1.12'de manuel olarak K parametresinin kalibrasyonu gösterilmiştir.



Şekil 1.12. Manuel K parametresinin kalibrasyonu [4]



## 2. FOTOELEKTRİK SENSÖRLER

Üretim endüstrisi otomatikleştikçe, endüstriyel sensörler hem üretkenliği hem de güvenliği arttırmak için vazgeçilmez olmuşlardır. Fotoelektrik sensörler temelde nesnelere, ışık yoğunluğunun değişimini algılayan sensörlerdir. Fotoelektrik sensörler, ışık yayan ve ışık algılayan bir alıcı vericiden oluşur. Yayılan ışık bir nesne tarafından kesildiğinde veya geri yansıtıldığında, alıcıya gelen ışık miktarını değiştirir. Alıcı bu değişikliği tespit eder. Fotoelektrik sensörlerin çoğu için ışık kaynağı olarak kızılötesi veya görünür ışık kullanılır.

Fotoelektrik sensörlerin avantajları;

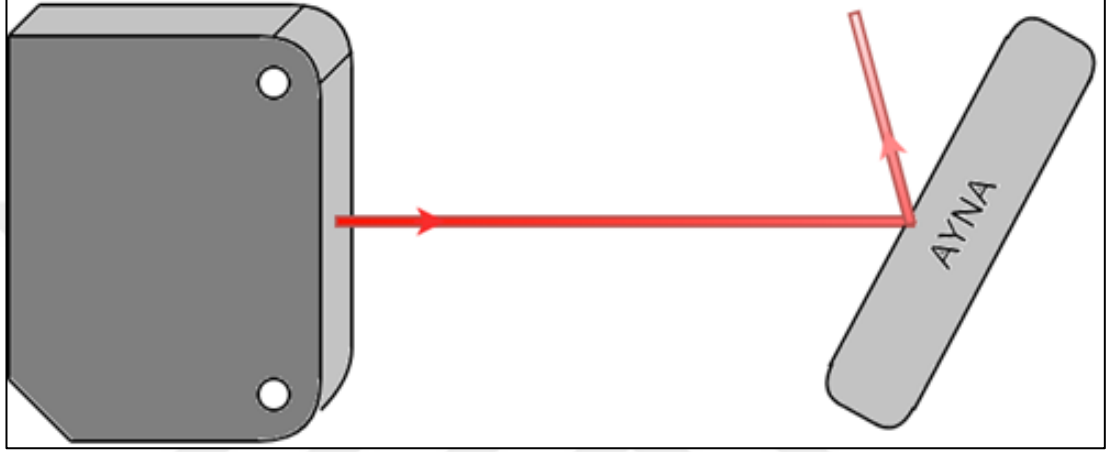
- Cisme temas etmeden algılama,
- Malzemesi fark etmeksizin tüm cisimleri algılayabilme,
- Uzun algılama mesafesi,
- Hızlı cevap süresi,
- Yüksek hassasiyet ve
- Kendi kendine arıza bildirimidir.

Fotoelektrik sensörler hemen hemen tüm otomatik üretim süreçlerinde vazgeçilmez bileşenleridir. Fotoelektrik sensörler parçaların güvenli ve hızlı tespiti, konumlandırılması ve sayımı için kullanılır. Kâğıt endüstrisi, plastik endüstrisi, tekstil endüstrisi, ambalaj endüstrisi, gıda endüstrisi dâhil birçok endüstride retro-reflektif sensörler kullanılır. Fotoelektrik sensörler sadece endüstride değil garaj kapılarının güvenli olarak açılıp kapanmasında, lavabo musluklarının açılmasında, market kapılarını açmada, araba yarışlarında kazanan arabayı belirlemek gibi birçok farklı alanda kullanılırlar.

Karşılıklı, cisimden yansımali ve retro-reflektörlü olarak sınıflandırılırlar. Karşılıklı fotoelektrik sensörler ışık yayan bir kaynak ve ışığı algılayan bir alıcıdan oluşur. Işığın kesilme prensibine göre çalışır. Cisimden yansımali fotoelektrik sensörler tek bir kılıftan oluşur ve geri yansıyan ışığın şiddetine göre algılama yapar. Retro-reflektörlü sensörler ise ışığın reflektörden yansımalarına göre algılama yapar.

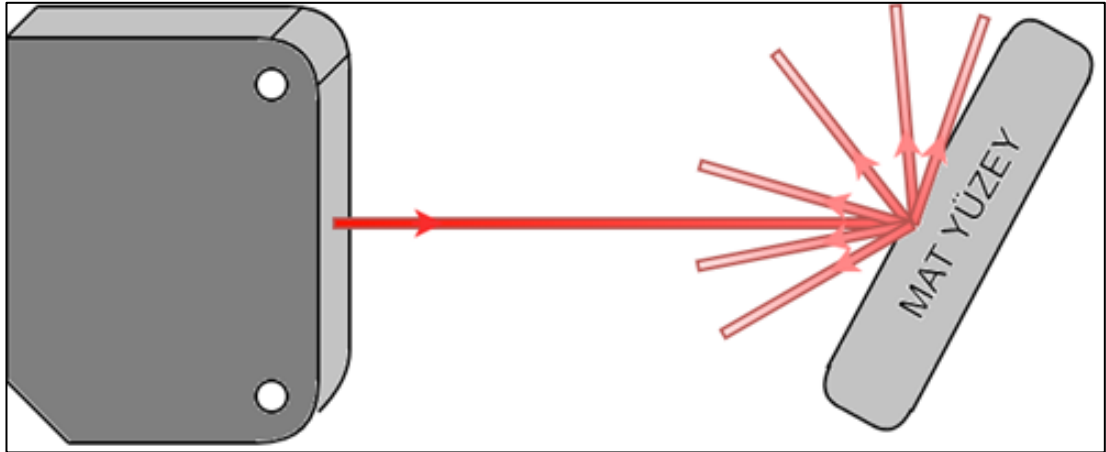
## 2.1. Retro-Reflektif Sensör

Verici tarafından üretilen ışık, bir reflektör aracılığı ile alıcıya geri yansıtılır. Küçük boyutlarda olması nedeni ile tercih edilmektedirler. Dış ışık, araya giren nesnenin yansıtıcı etkisi veya rengi performans kayıpları oluşturmaz. Şekil 2.1'deki gibi cam veya ayna gibi düz bir yüzey, ışığı geliş açısına eşit bir açıyla yansıtır. Bu tür yansımalara düzenli yansıma denir.



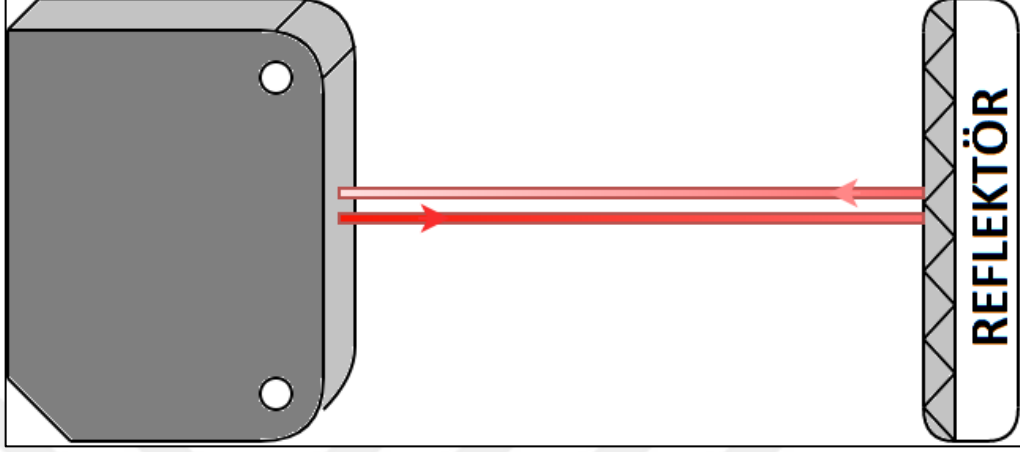
Şekil 2.1. Düz yüzeylerden yansıyan ışık

Şekil 2.2'deki gibi beyaz kâğıt gibi mat yüzeyler ışığı her yöne yansıtır. Işığın bu saçılımına dağınık yansıma denir.

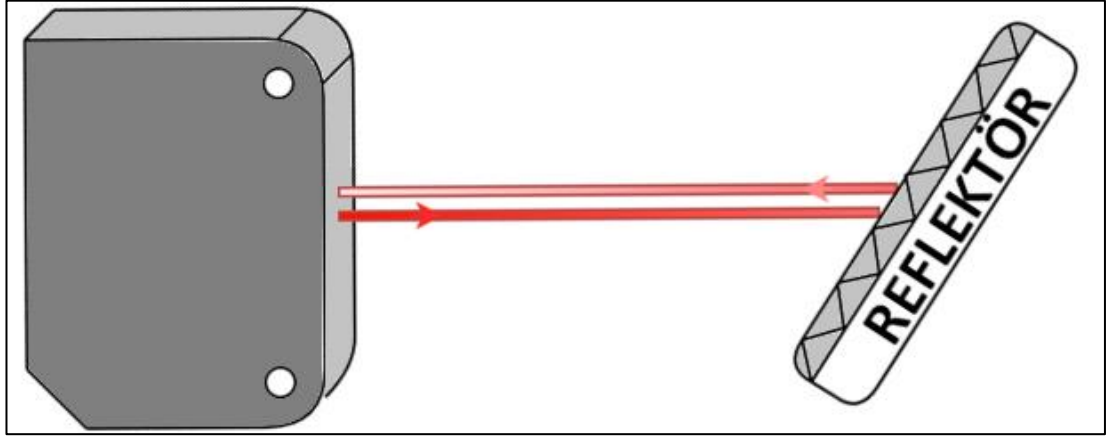


Şekil 2.2. Mat yüzeyden yansıyan ışık

Şekil 2.3'te ve Şekil 2.4'teki gibi yüzeylerden birisine gelen ışık diğer yüzeye yansdıktan sonra aynı doğrultuda ışık kaynağına geri döner. Bu duruma retroreflection denir.

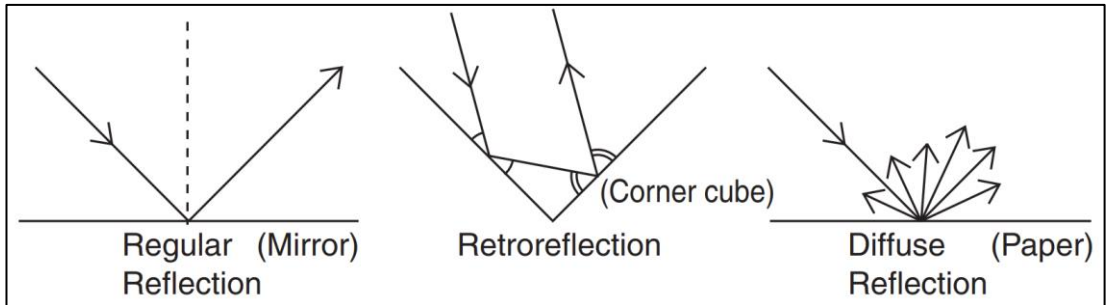


Şekil 2.3. Gelen ışığa dik duran reflektörden yansıyan ışık



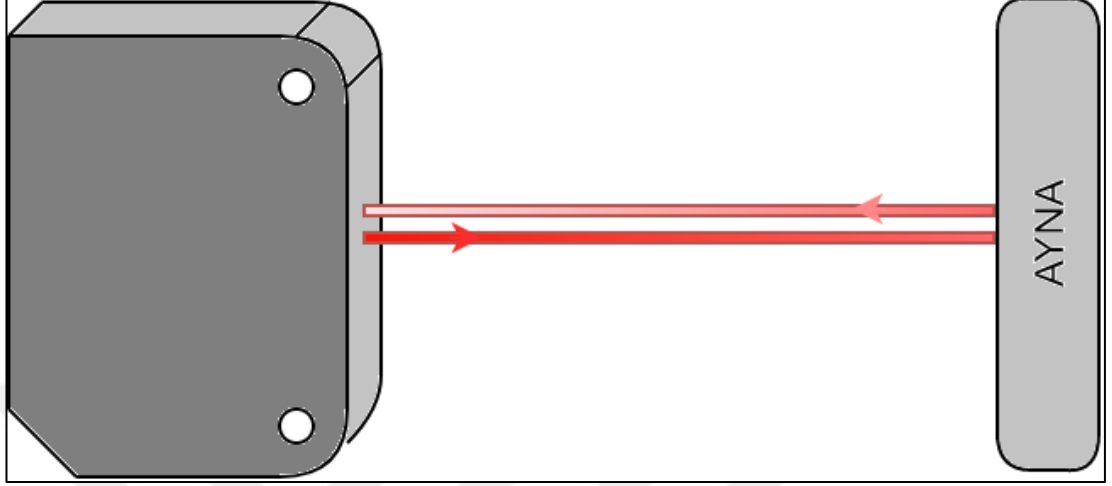
Şekil 2.4. Gelen ışığa belirsiz bir açı ile duran reflektörden yansıyan ışık

Birbirlerine dik olarak yerleştirilmiş yüzeylerden oluşan reflektörler sayesinde retroreflection oluşur. Bu durum Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



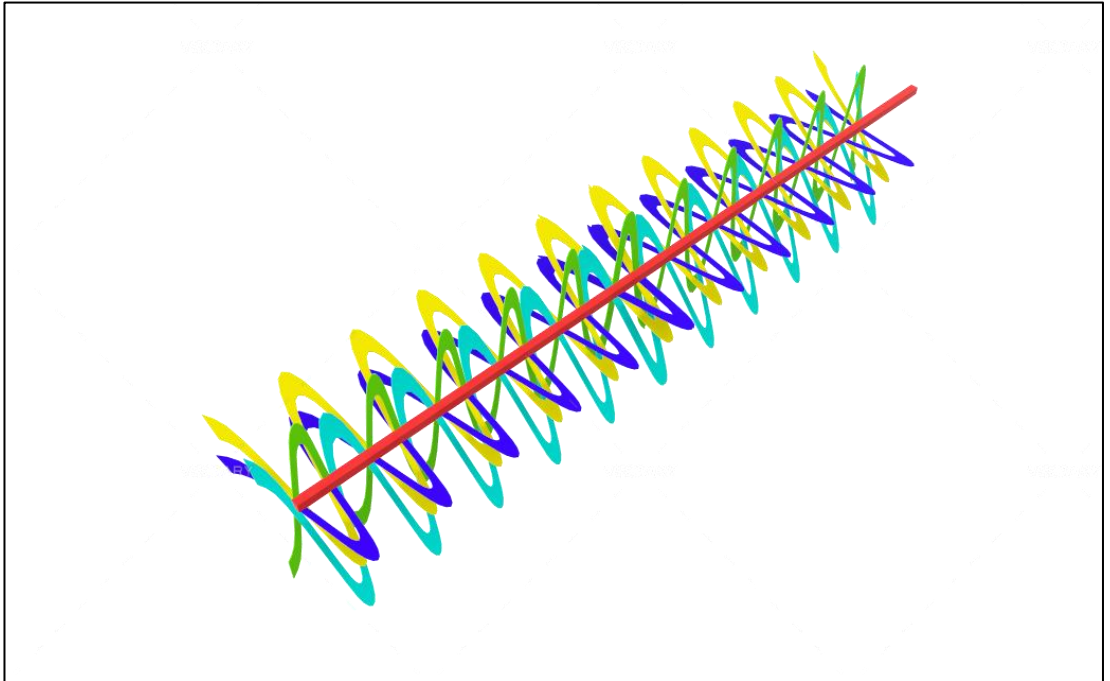
Şekil 2.5. Reflektör yüzeylerinden yansıyan ışık [11]

Şekil 2.6'da gösterildiği gibi ayna veya cam gibi düz yüzeylerden yansıyan ışıkların reflektörden yansımış gibi algılanmaması için retro-reflektif sensörler polarize filtreler ile kullanılır.



Şekil 2.6. Gelen ışığa dik duran aynadan yansıyan ışık

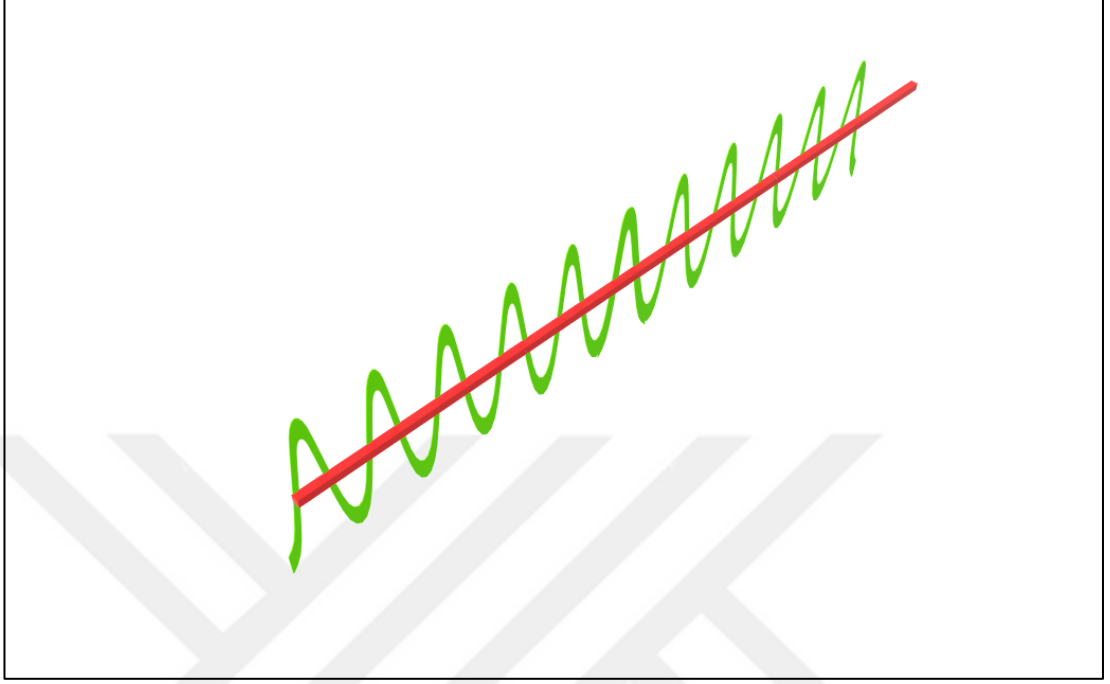
Retro-reflektif sensörlerin neredeyse tamamı ışık kaynağı olarak LED kullanır. LED'lerden yayılan ışık farklı yönlerde salınır ve polarize olmayan ışık olarak adlandırılır. Polarize olmayan ışık Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Polarize filtreden geçirilmeyen ışık dalgaları

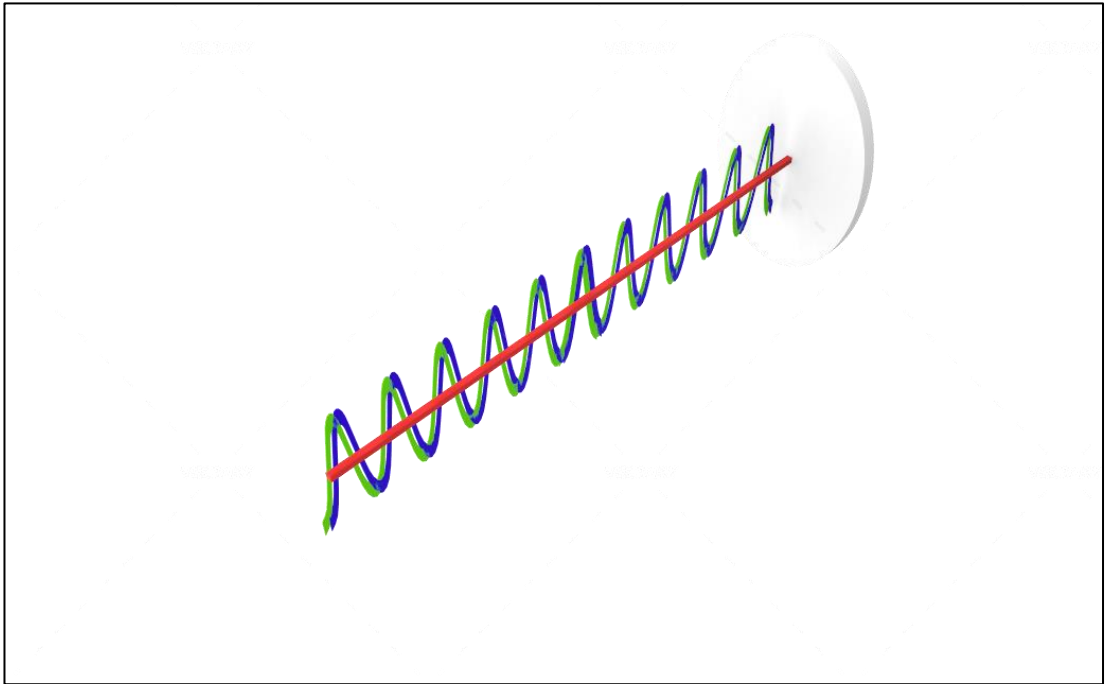
Polarize olmayan ışığın salınımlarını sadece bir yöne sınırlayan optik filtreler vardır. Bunlar polarize filtreler olarak bilinir. Polarize edici filtreden geçen LED'den gelen

ışık sadece bir yönde salınır ve polarize ışık olarak adlandırılır. Polarize filtreden geçen ışık Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



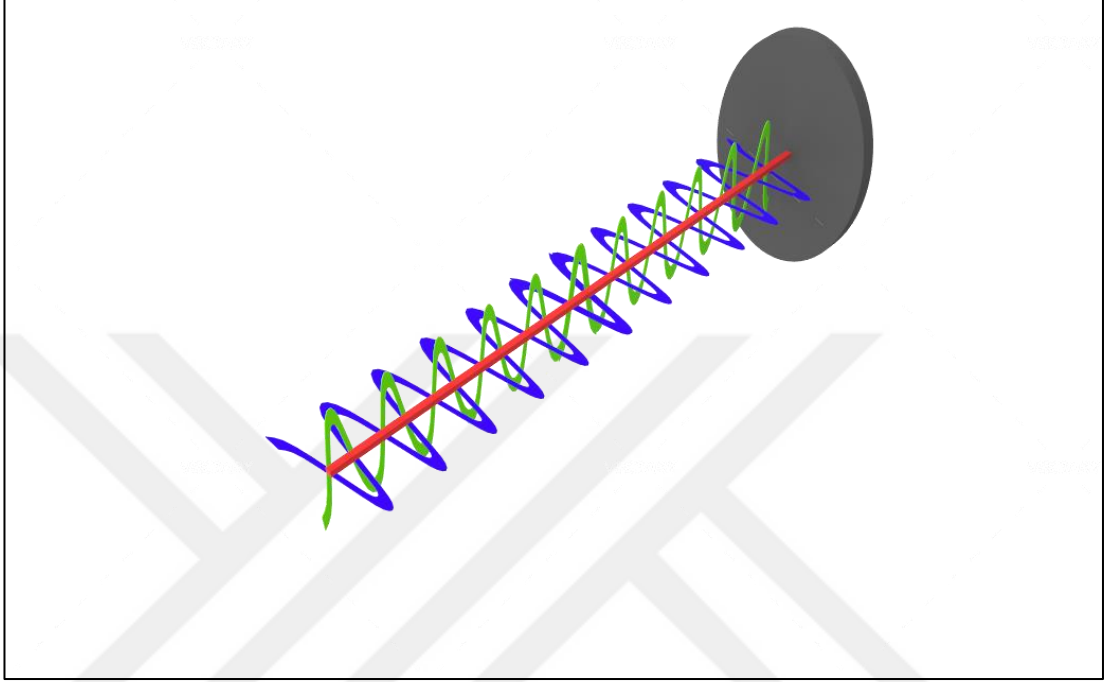
Şekil 2.8. Polarize filtreden geçirilmiş ışık dalgaları

Cam ve ayna gibi düz bir yüzeyden yansıyan ışık Şekil 2.9'daki gibi gelen açı ile aynı açıda yansır.



Şekil 2.9. Polarize filtreden geçirilmiş ışığın düz zeminden yansması

Alıcının önünde de vericinin önündeki polarize filtreye göre dik şekilde yerleştirilmiş polarize filtre bulunmaktadır. Reflektörden yansıyan ışık gelen ışığa Şekil 2.10'da gösterildiği gibi dik olarak yansır. Böylelikle bu sensörler dış etkilere karşı bağışıklı hale getirilmiştir.



Şekil 2.10. Polarize filtreden geçirilmiş ışığın reflektörden yansıması

Reflektör ile sensör arasındaki mesafe arttıkça sensöre gelen parazitik ışıklar da artmaktadır. Bu ışıkların etkisinden kurtulmak için Retro-reflektif sensörlerin çoğunda, sabit aralıklarla yanıp sönen ışık kullanılır. Bu sayede daha uzun mesafelerde çalışması sağlanır.

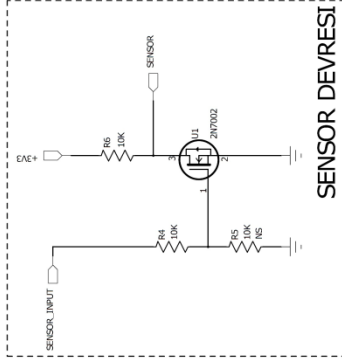
Bu tez kapsamında aracın konumunun algılanması için Baumer firmasının FPDK 14P5101 modeli kullanılmıştır. FPDK 14P5101; 7 metre çalışma menzili, geniş çalışma gerilimi, dış etkilere en az etkilenebilir, (-)25°C ile 65°C derece arasında çalışabilme ve polarize filtresi olması nedenleri ile tercih edilmiştir[12].

### **3. RETRO-REFLEKTİF SENSÖRLER İLE TAKOGRAF CİHAZLARINDAKİ K PARAMETRESİNİN KALİBRASYONU**

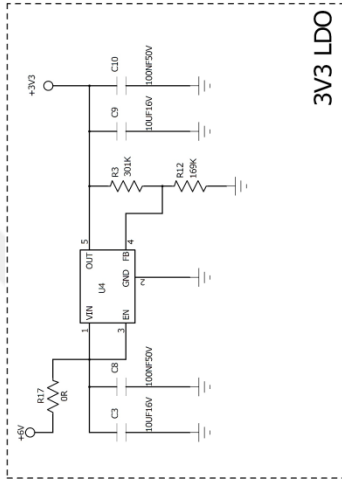
#### **3.1. Mobil Cihaz Tasarımı**

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen mobil (hareketli) cihaz tasarlanırken; sistemin mümkün olduğu kadar düşük maliyetli olması, endüstriyel çalışma şartlarına uygun olması, kullanımının kolay ve hızlı olması, üretiminin basit olması amaçlanmıştır. Ayrıca cihazın tamamen mobil olması için pil ile çalışacak ve bluetooth haberleşmesi kullanacak şekilde tasarlanmıştır.

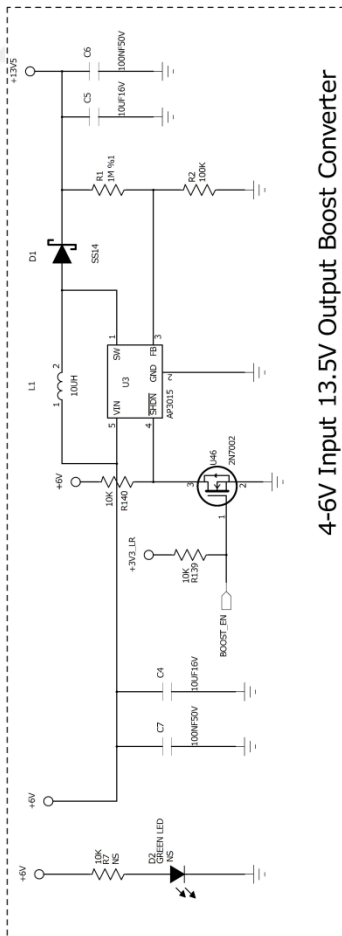
Cihazın pil ömrünün uzun olması için mümkün olduğu kadar düşük güç tüketmesi amaçlanmıştır. Cihazda kullanılan retro-reflektif sensörün çalışma gerilimi pil geriliminden daha yüksek olduğu için dc-dc yükseltici çevirici kullanılmış ve aynı zamanda sensörden gelen bilginin işlemci tarafından algılanabilmesi için sensör devresi kullanılmıştır. Cihazın içerisindeki işlemlerin gerçekleştirilmesi için ST Microelectronics firmasının STM32 ailesinden bir mikro denetleyici kullanılmıştır. Mikro denetleyicinin beslenmesi için ise dc-dc düşürücü çevirici kullanılmıştır. Şekil 3.1'de mobil cihazın genel elektronik şeması gösterilmiştir. Mobil cihazın elektronik şemaları Mentor Graphics firmasının Pads programı ile çizilmiştir.



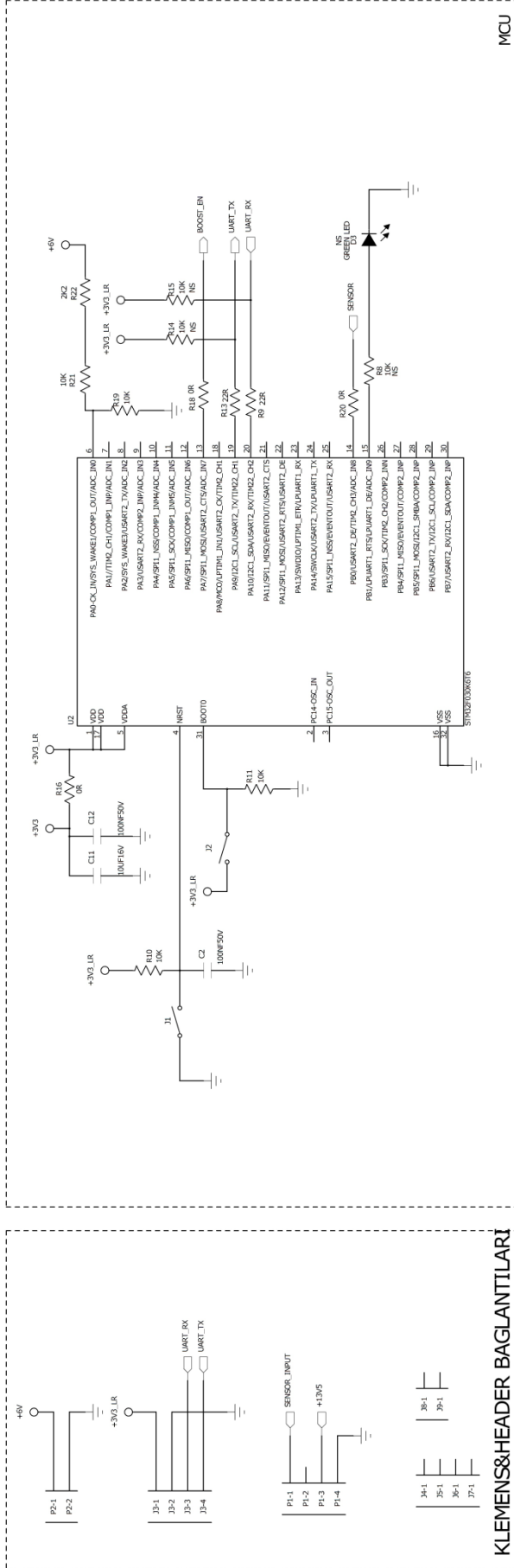
**SENSOR DEVRESI**



**3V3 LDO**



**4-6V Input 13.5V Output Boost Converter**



**MCU**

**KLEMENS&HEADER BAĞLANTILARI**

**Şekil 3.1. Mobil cihazın elektronik şeması**

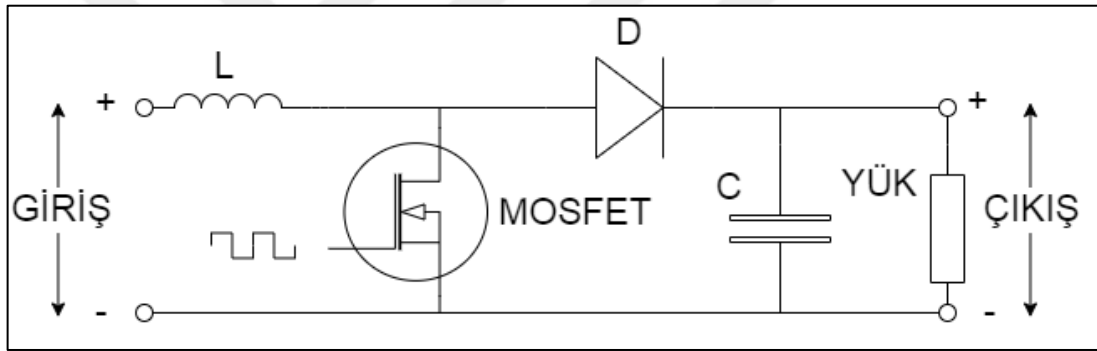


### 3.1.1. Dc-dc yükseltici çevirici devresi

Dc-dc yükselticiler, bir giriş gerilimini yükselterek sabit çıkış gerilimi üreten sistemlerdir. Dc-dc çeviriciler elektronik cihazlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle dc-dc yükseltici devrelerinde anahtarlama çeviriciler kullanılır. Anahtarlama çeviriciler %65 - %85 verimlilikle çalışırlar. Az ve küçük bileşenler ile tasarlanabildiği için tasarımı kolay ve az yer kaplamaktadır. Dc-dc çeviriciler geri beslemeli sistemlerdir ve çıkıştan çekilen akım değişse bile çıkış gerilimi değişmemektedir.

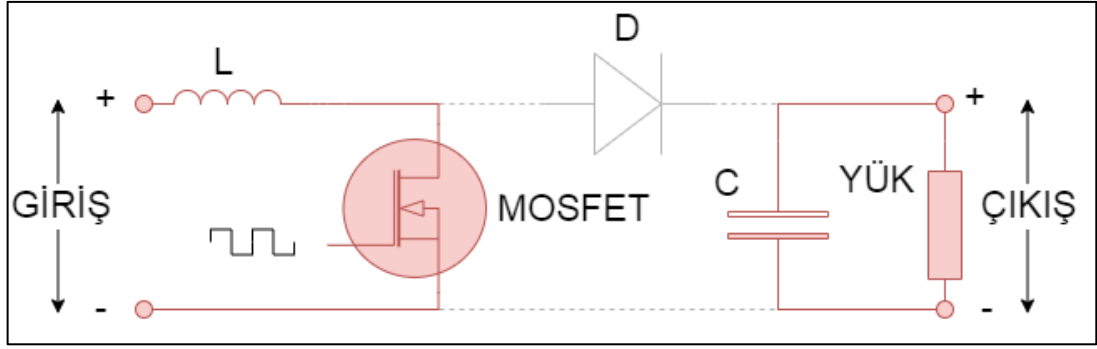
#### 3.1.1.1. Dc-dc yükseltici çeviricilerin çalışma prensibi

Dc-dc yükselticiler temel olarak bir transistör bir diyot bir bobin ve bir kapasiteden oluşur. Şekil 3.2'de temel bir anahtarlama dc-dc yükseltici devresi gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Temel dc-dc yükseltici devresi

Çıkış gerilim seviyesi ile istenilen gerilim seviyesi karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucuna göre mosfet darbe frekans modülasyonu(PFM- Pulse Frequency Modulation) veya darbe genişlik modülasyonu(PWM-Pulse Width Modulation) ile sürülür. Dc-dc yükselticiler transistörün iletimde(CCM-Continuous Conduction Mode) ve kesimde(DCM-Discontinuous Conduction Mode) olmasına göre iki moda çalışırlar. Transistörün iletimde olduğu durumda Şekil 3.3'te görüldüğü gibi giriş akımı, bobin ve transistör üzerinden akar. Bu durumda bobin üzerinde enerji depolanır. Diyot üzerinden herhangi bir akım akmaz. Daha önceden enerji depolanmış kondansatör ise çıkışı besler.



Şekil 3.3. Transistörün iletimde olduğu durumda çalışan bileşenler

Bobin akımı, giriş gerilimine ( $V_g$ ) ve bobin değerine göre aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$L \frac{di_L}{dt} = V_g(t) \quad (3.1)$$

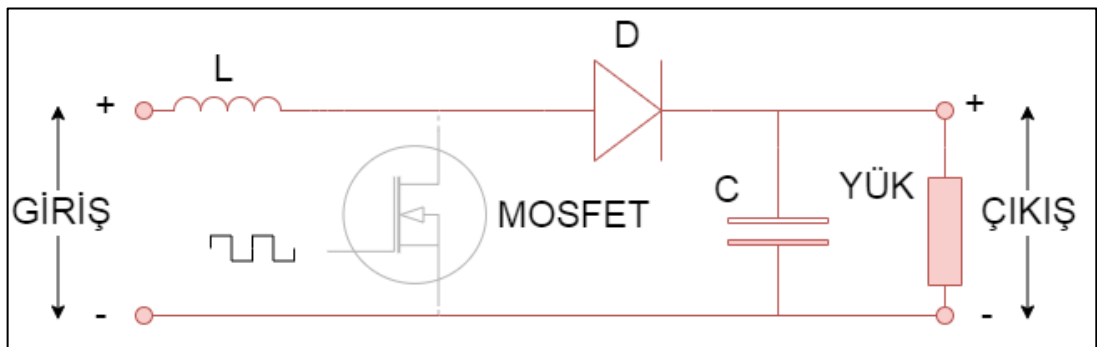
Transistör, bir periyodun  $DT$  zamanı kadar iletimde kalır. Transistörün iletimde olduğu durumda toplam bobin akımı;

$$\Delta I_L = \frac{V_g}{L} (DT) \quad (3.2)$$

şeklinde hesaplanır. Kapasitenin boşalma akımı ise;

$$I_C = -V/R \quad (3.3)$$

şeklinde hesaplanır. Transistörün kesimde olduğu durumda Şekil 3.4'te görüldüğü gibi bobin üzerinde depolanmış enerji kapasite ve yüke boşaltılır. Transistörün iletimde olduğu durumda boşalan kapasite bu şekilde doldurulmuş olur.



Şekil 3.4. Transistörün kesimde olduğu durumda çalışan bileşenler

Bobin üzerinden geçen akım aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_g - V_c}{L} \quad (3.4)$$

Transistör bir periyodun  $(1-D)T$  zamanı kadar kesimde kalır. Transistörün kesimde olduğu durumda toplam bobin akımı  $\Delta I_L$ ;

$$\Delta I_L = \frac{V_g - V_c}{L} (1 - D)T \quad (3.5)$$

şeklinde hesaplanır. Bir periyottaki akımın değişimi sıfır olması gerektiği için eşitlik 3.2 ve eşitlik 3.5'in birbirine eşit olması gerekmektedir. Buna göre denklem aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\frac{V_g}{L} DT + \frac{V_g - V_c}{L} (1 - D)T = 0 \quad (3.6)$$

Denklem 3.6 sadeleştirildiğinde;

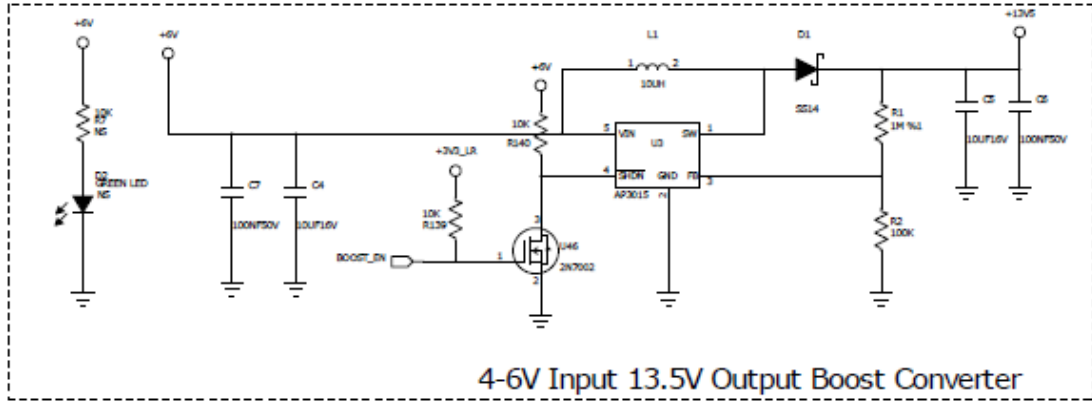
$$V_c = \frac{V_s}{1-D} \quad (3.7)$$

eşitliği bulunur. D değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Eşitlikte görüldüğü üzere çıkış gerilimi giriş gerilimine büyük ve eşit olmaktadır.

Transistör, kondansatörün ve bobinin tamamen boşalmasını önleyecek kadar hızlı açılmalıdır. Böylece çıkış gerilimi her zaman giriş geriliminden daha büyük olacaktır.

### 3.1.1.2. Mobil cihaz için kullanılan dc-dc yükseltici çevirici devresi

Cihazın düşük güç tüketimine sahip olması istenildiğinden dc-dc yükseltici çevirici yüksek verimli olarak ve işlemci tarafından açılıp kapatılacak bir şekilde kullanılmıştır. Bu tez kapsamında dc-dc yükseltici devresi için Diodes firmasının AP3015 modeli kullanılmıştır. AP3015 modeli ülkemizden kolay temin edilmesi, küçük pakete sahip olması, endüstriyel standartlarda çalışabilmesi ve yüksek frekanslarda çalışabilmesi için tercih edilmiştir[13]. Dc-dc yükseltici çevirici devresi Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Mobil cihaz için kullanılan dc-dc yükseltici çevirici devre şeması

Pilden gelen 4 ile 6.5V arasında değişen gerilimi retro-reflektif sensörün ihtiyaç duyduğu 13.5 V sabit gerilime yükseltecek şekilde kullanılmıştır. Seçilen bileşenler (-)40°C ile 85°C derece arasında çalışabildiği için sistemin bu kısmı endüstriyel sıcaklık limitlerini desteklemektedir[13].

### 3.1.2. Dc-dc düşürücü çevirici devresi

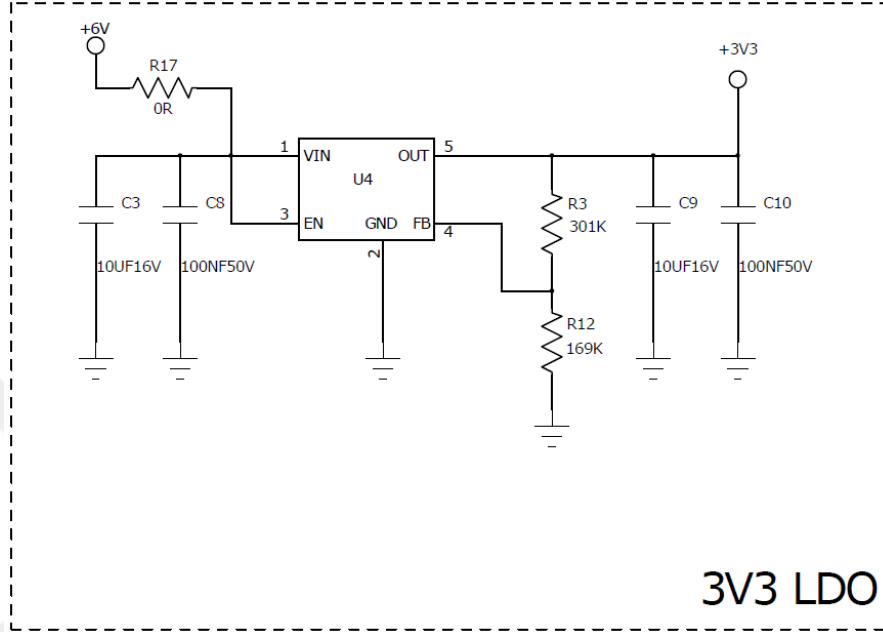
Dc-dc yükselticiler bir giriş gerilimini düşürüp sabit çıkış gerilimi üreten sistemlerdir. Dc-dc alçaltıcı devreler genel olarak lineer veya anahtarlama çevirici yöntemlerini kullanır. Anahtarlama çeviriciler %65 - %85 arası verimlilikle çalışırken lineer çeviriciler %30 - %80 verimlilikle çalışabilirler. Lineer çeviriciler az bileşen kullandığı için anahtarlama çeviricilere göre avantajlıdır fakat giriş akımının çıkış akımına eşit olması sebebi ile giriş ile çıkış arası gerilim farkının çok olduğu veya yüksek güçlü devrelerde verimleri düşük olmaktadır. Lineer çeviricilerin anahtarlama çeviricilere göre bir avantajı da giriş ile çıkış arasındaki gerilim farkının çok düşük olabilmesidir. Bu tez kapsamında giriş gerilimi ile mikroişlemcinin çalışma gerilimi arasında az fark olduğu için mikroişlemci besleme gerilimini sağlamak amacı ile lineer dc-dc çevirici kullanılmıştır.

Lineer dc-dc çeviriciler temel olarak çıkış gerilimini regüle eden gerilim bölücü sistemlerdir. Çıkış gerilimi ve akımlarına göre sınıflandırılırlar.

Standart lineer çeviriciler: Bulunması çok kolay ve ucuz olan çeviricilerdir. Çalışabilmesi için çıkış gerilimi ile giriş gerilimi arasındaki farkın yüksek olması gerekmektedir.

Low dropout çeviriciler(LDO): Çıkış gerilimi ile giriş gerilimi arasındaki fark az olsa bile çalışabilirler. Genellikle pil ile çalışan devrelerde veya başka bir dc-dc dönüştürücü ile beraber kullanılırlar.

### 3.1.2.1. Mobil cihaz için kullanılan dc-dc düşürücü çevirici devre



Şekil 3.6. Mobil cihaz için kullanılan dc-dc düşürücü çevirici devre şeması

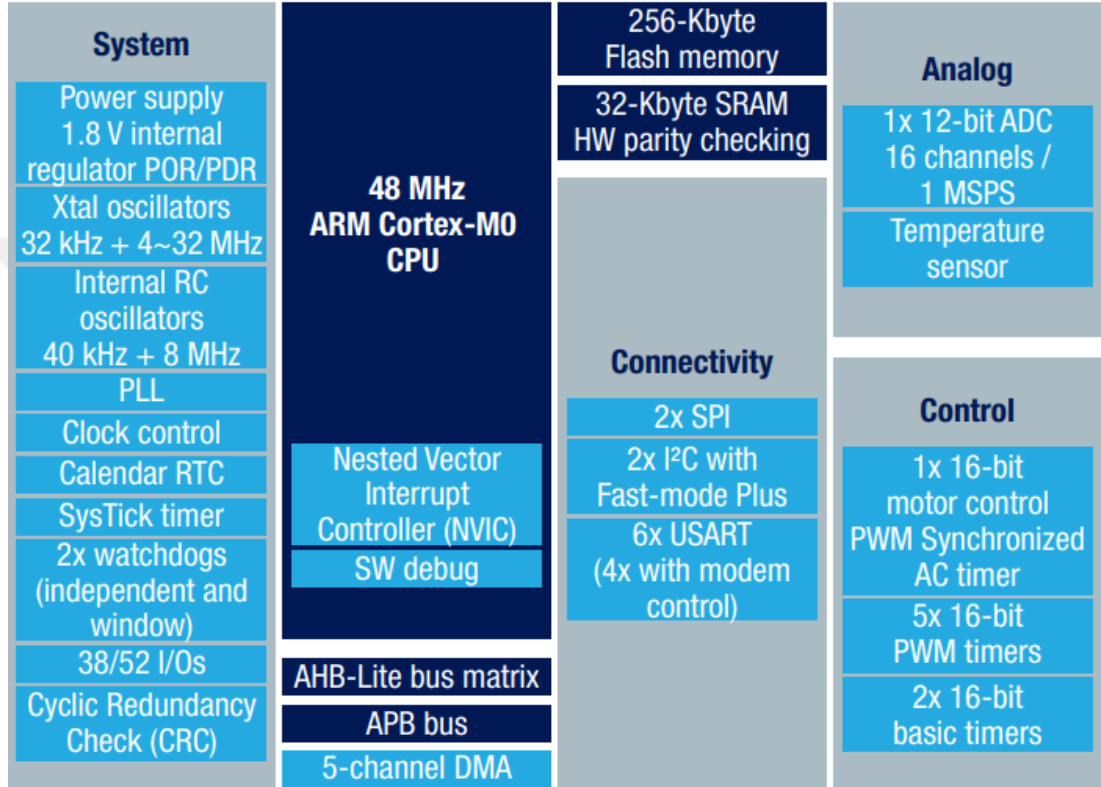
Bu tez kapsamında Texas Instruments firmasının TPS76333 lineer voltaj regülatörü kullanılmıştır. TPS76333 ülkemizde kolay temin edilebilmesi, küçük pakete sahip olması, endüstriyel standartlarda çalışabildiği için tercih edilmiştir. Dc-dc düşürücü çevirici devresi Şekil 3.6'da verilmiştir. Regülatörün çalışabilmesi için katalog bilgilerine göre girişi ile çıkışı arasındaki 300mV fark yeterlidir[14]. Seçilen bileşenler (-)40°C ile 125°C derece arasında çalışabildiği için sistemin bu kısmı endüstriyel sıcaklık limitlerini desteklemektedir.

### 3.1.3. Mikro denetleyici

Mikro denetleyiciler içerisinde mikroişlemci, hafıza birimleri, çevre birimleri, analog-dijital çevirici ve bazı özel birimleri içeren ve tek bir yonganın içerisinde bulunan sistemlerdir.

ST Mikroelektronik firmasının üretmiş olduğu STM32 serisi işlemciler ARM Cortex mimarisini temel alır. STM32 serisi mikro denetleyiciler ARM Cortex M0, M3, M4, M33 ve M7 çekirdeklerinden birine veya birkaçına sahip, en az 14, en fazla 448 adet

bacak sayısına ulaşan, 650Mhz hızında çalışabilen çok sayıda üyesi bulunan bir ailedir. Bu tez kapsamında STM32F030K6T6 modeli kullanılmıştır. STM32F030K6T6, 32 bit 48Mhz hızında çalışabilen, 32 KB kalıcı hafızası, 4KB ram bulunan, 12 bit analog-dijital çeviricisi bulunan, 2.4-3.6V gerilim aralığında çalışabilen (-)40°C - 85°C çalışabilen LQFP32 paketine sahip bir mikroişlemcidir. Şekil 3.7’de STM32F030K6 mikroişlemcisine ait blok diyagram görülmektedir.

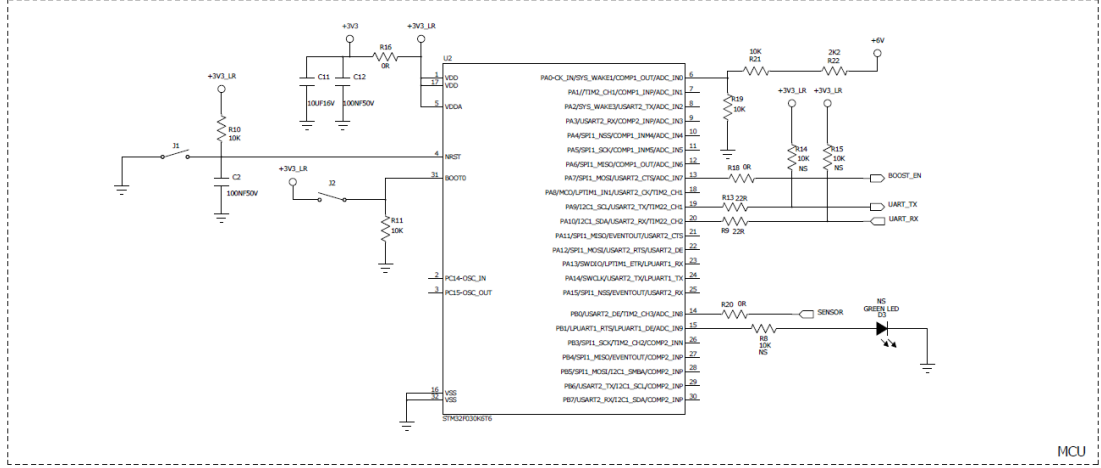


Şekil 3.7. STM32F030K6 mikro denetleyicisine ait blok diyagram [15]

STM32F030K6T6 mikroişlemcisi düşük maliyetli, endüstriyel sıcaklıklarda çalışabilme, esnek yazılım ortamlarında programlanabilme, piyasadan kolay temin edilebilme ve güvenilir olması nedeni ile tercih edilmiştir.

### 3.1.3.1. Mikro denetleyici devresi

Tasarlanan cihaz içerisindeki bluetooth modül UART haberleşmesini kullandığı için mikroişlemciden UART haberleşmesi pinleri çıkmıştır. Mikro denetleyicinin programlanması yine aynı UART üzerinden olmaktadır fakat mikro denetleyiciyi programlamak için boot pini high yapılmalıdır. Bu sebeple mikro denetleyicinin boot pinine buton bağlanmıştır. Çeşitli hata ayıklama işlemlerinin yapılabilmesi için mikroişlemcinin bir çıkışına da bir LED bağlanmıştır. Şekil 3.8’de mikro denetleyici devresi gösterilmiştir.



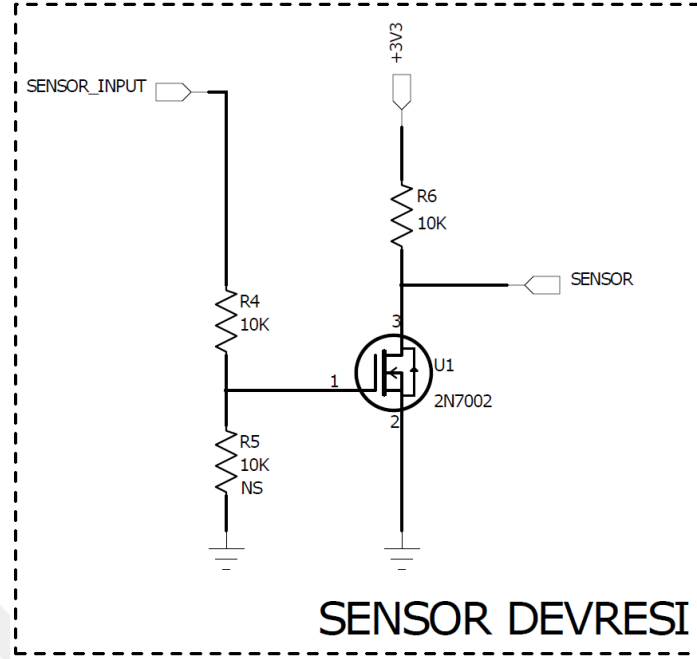
Şekil 3.8. Mobil cihaz için kullanılan mikro denetleyici devre şeması

### 3.1.4. Bluetooth modül

Farklı cihazların kendi aralarında kablosuz olarak haberleşmesi için kullanılan yöntemlerden bir tanesi de bluetooth teknolojisidir. Bu tez kapsamında bluetooth haberleşmesi için HC-06 modülü kullanılmıştır. HC-06 UART haberleşmesi ile aldığı bilgileri bluetooth ile göndermeye yarayan bir bluetooth modüldür. 3,3-6V aralığındaki gerilimlerde çalışır. HC-06 düşük maliyetli, kullanımı pratik, piyasadan kolay temin edilebildiği için kullanılmıştır.

### 3.1.5. Sensör devresi

Retro-reflektif sensörün çıkışının lojik seviyesi besleme gerilimi seviyesindedir. Mikro işlemcinin bacakları ise kendi besleme seviyesindedir. Sensör devresi 13,5 volt ile mikro işlemci ise 3,3 volt ile beslendiği için aralarında lojik uyumsuzluk vardır. Bu lojik uyumsuzluğu gidermek ve istenmeyen elektriksel sinyallerin mikro işlemcinin çalışmasını olumsuz etkilememesi için Şekil 3.9'daki devre kullanılmıştır. Bu devrede sensörden gelen işaret ters lojik yapıлып işlemciye verilmektedir.



Şekil 3.9. Mobil cihaz için kullanılan sensörden gelen işaretin okunabilmesi için gerekli devre

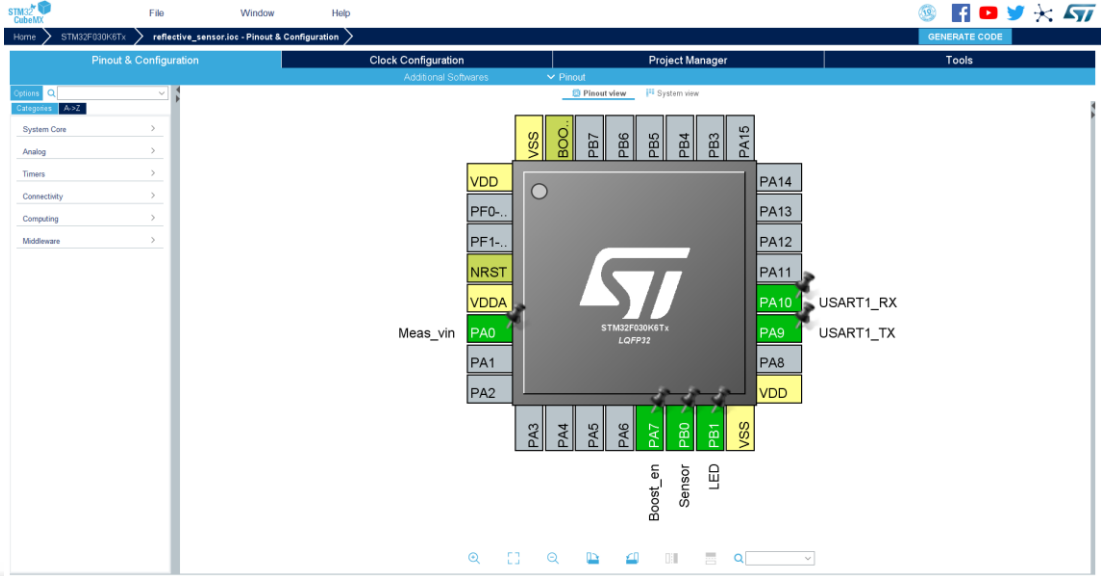
### 3.1.6. Sistem yazılımı

Mobil cihazın yazılımı geliştirilirken CubeMX ve SW4STM32 isimli iki farklı bilgisayar programından yararlanılmıştır.

#### 3.1.6.1. STM32CubeMX

STM32CubeMX, ST Microelectronics firması tarafından üretilmiş STM32 mikro denetleyicilerin kolay bir şekilde yapılandırılmasını sağlayan grafiksel bir araçtır. STM32CubeMX, STM32 mikro denetleyicilerinin öncül C kodlarının aşamalı bir şekilde üretilmesini sağlar. Kullanılan mikro işlemci seçildikten sonra saat ayarları, çevre birimlerinin yapılandırılması, haberleşme bacalarının belirlenmesi gibi ayarlamalar yapılabilir. Şekil 3.10'da bu tez kapsamında STM32CubeMX programında yapılan konfigürasyon ayarları gösterilmiştir.



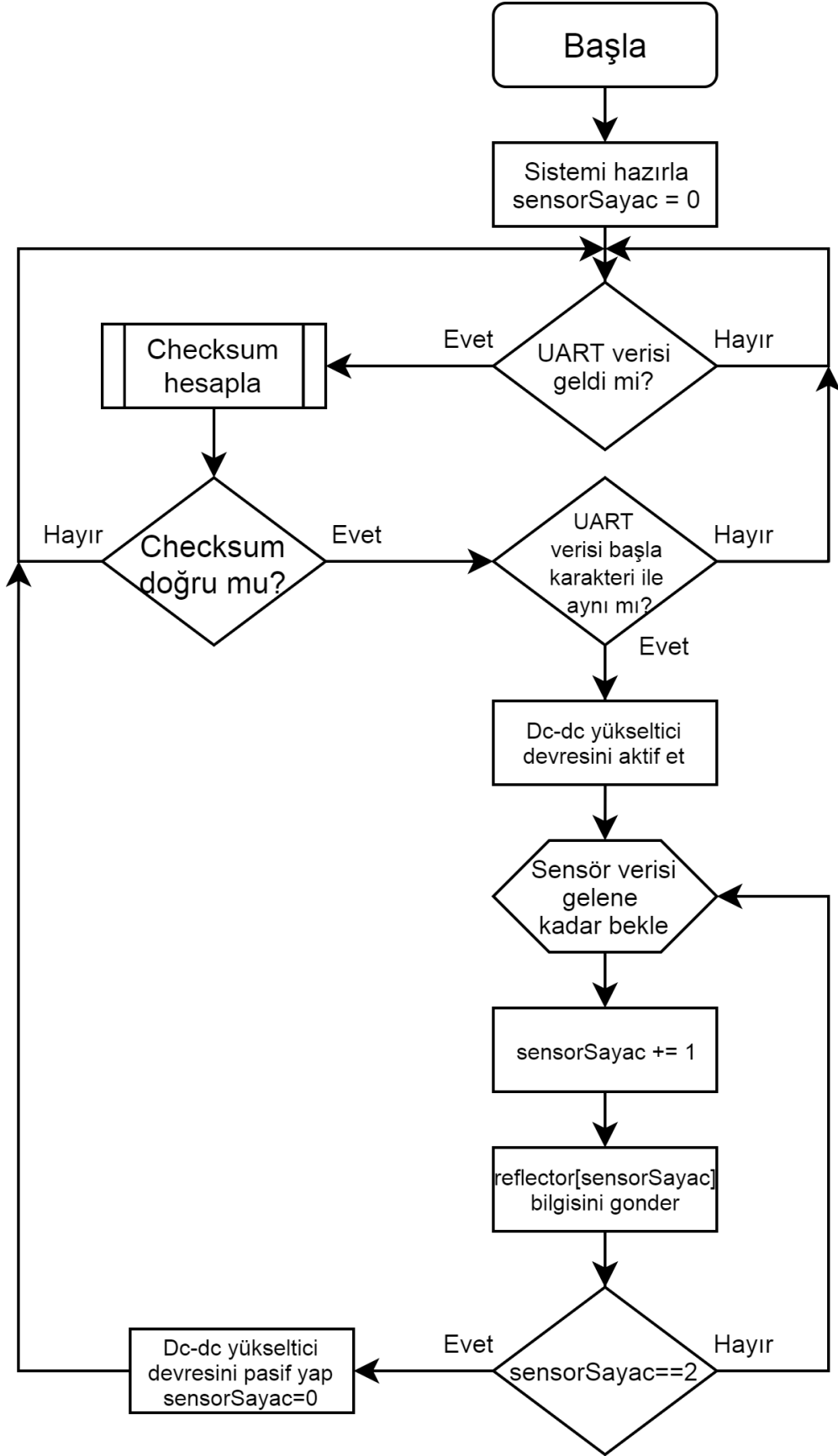


Şekil 3.10. CubeMX programında STM32 mikro denetleyicisi için yapılan konfigürasyon ayarları

### 3.1.6.2. SW4STM32

SW4STM32, tüm STM32 mikro denetleyicilerini ve destekleyen Eclipse tabanlı ücretsiz yazılım geliştirme ortamıdır. AC6 firması tarafından geliştirilmektedir. Mobil cihaz için yazılan fonksiyonlar bu platformda geliştirilmiş ve derlenmiştir.

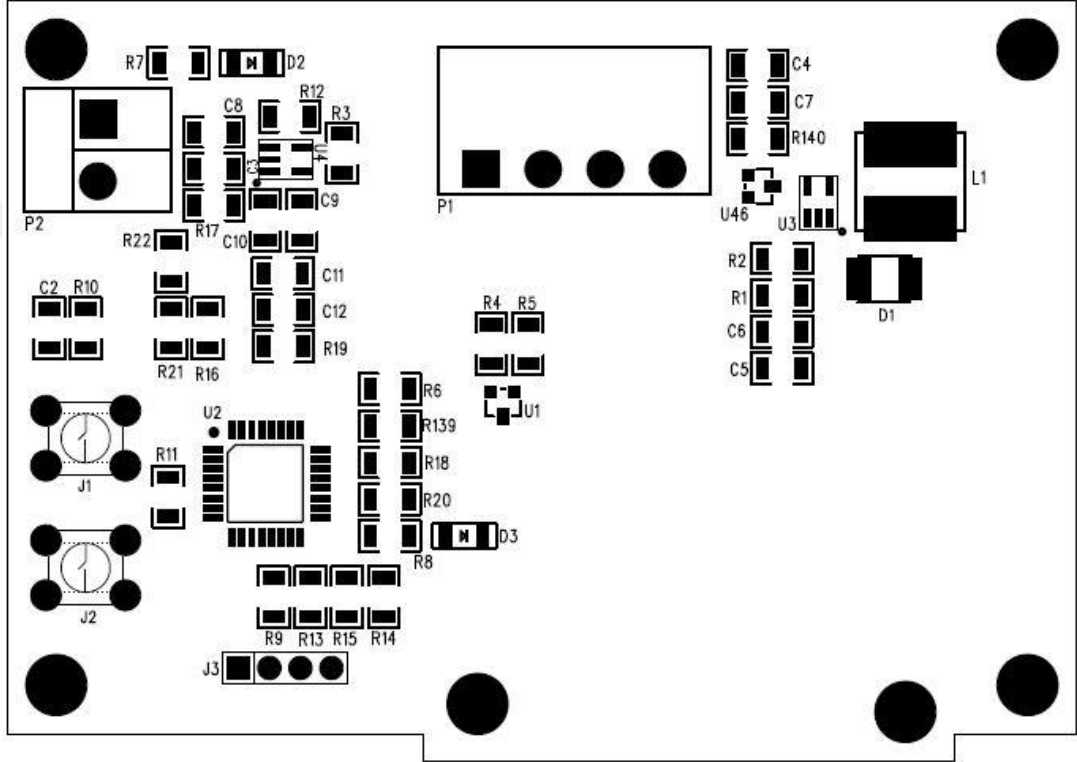
Mobil cihazın yazılımı başlangıç ayarları yapıldıktan sonra sonsuz döngüde çalışacak şekilde yazılmıştır. UART(bluetooth modül) haberleşmesinden gelen veri checksum doğrulaması yapıldıktan sonra işleme alınır. Gelen veri protokolda belirlenen 'başla' verisi ile eşleşiyorsa operasyona başlanır. Dc-dc yükseltici devresi aktif edildikten sonra sensörden veri gelmesi beklenir. Sensör veri gönderdikten sonra mikro denetleyici UART haberleşmesi ile 'reflector1' verisini gönderir. Sensör tekrar veri gönderdikten sonra mikro denetleyici UART haberleşmesi ile 'reflector2' verisini gönderir. Dc-dc yükseltici devresi pasif yapıldıktan sonra operasyon sonlanır ve yeni 'başla' verisi beklenir. Mobil cihazın yazılımına ait akış diyagramı Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Ayrıca cihaz yazılımı Ek-A kısmında verilmiştir.



Şekil 3.11. Mobil cihaz akış diyagramı

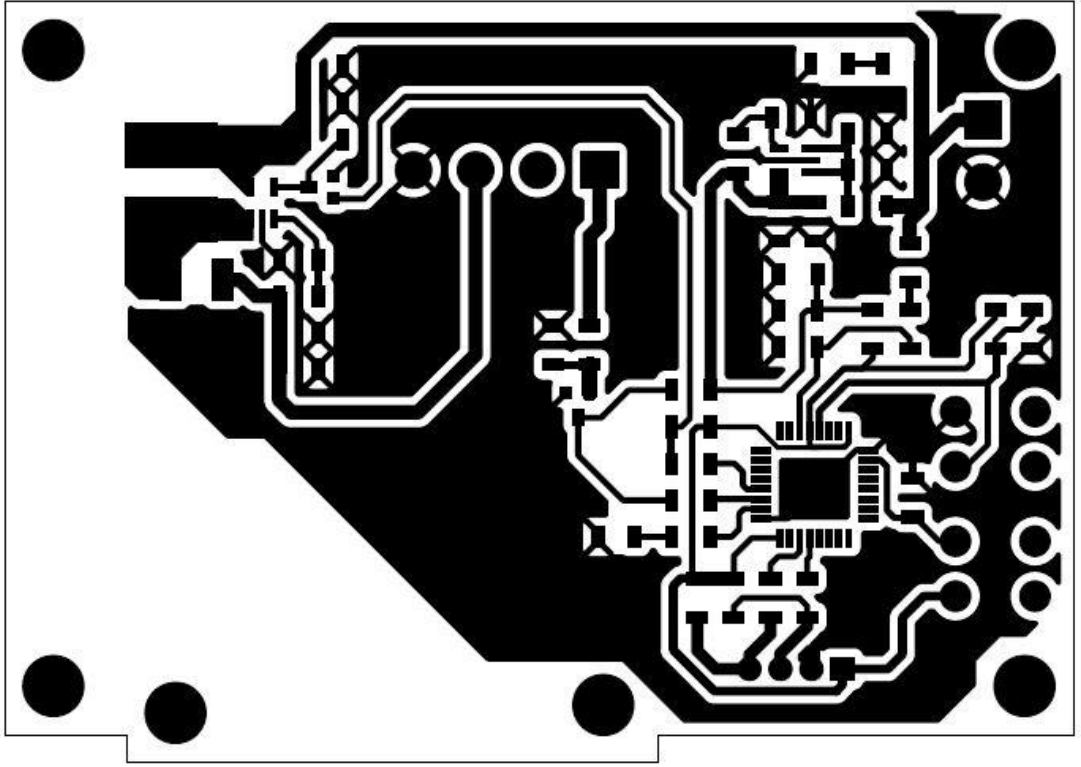
### 3.1.7. Baskılı devre kartı tasarımı

Tasarlanan elektronik şemanın gerçekleştirilmesi için baskılı devre kartı tasarımı yapılmıştır. Mobil cihazın baskılı devre kartı Mentor Graphics firmasının Pads programı ile çizilmiştir. Şekil 3.12'de baskılı devre kartının yerleşim planı gösterilmiştir. Baskılı devre kartı tasarlanırken kullanılan bileşenlerin dokümanlarındaki tavsiyelere uyulmuştur.



Şekil 3.12. Baskılı devre kartının yerleşim planı

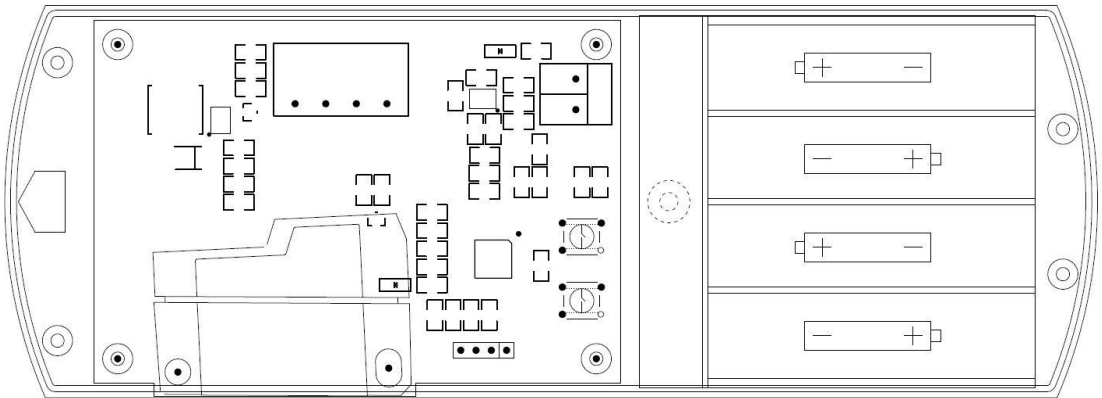
Şekil 3.13'te baskılı devre kartına ait yolların ve bakır alanların çizimleri gösterilmiştir. Baskılı devre kartındaki yol kalınlıkları, yollardan geçen akım ve yollardaki hızlar dikkate alınarak çizilmiştir.



Şekil 3.13. Baskılı devre kartına ait çizimler

### 3.1.8. Mobil cihaz kutusu

Mobil cihaz, 1978 yılında kurulan Altinkaya firmasına ait HH-087 modelli kumanda kutusu içerisine sığacak şekilde tasarlanmıştır. HH-087 kutusu içerisinde 4 adet pil bulundurması, yerli üretimi sebebi ile ülkemizden kolay temini ve maliyet avantajı oluşturduğu için tercih edilmiştir. Şekil 3.14'te mobil cihazın kutusu ve içerisindeki baskılı devre kartına ait çizimler gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Mobil cihaz kutusu ve baskılı devre kartı çizimleri

### 3.2. Sistemin Çalışması

Sistem, Pars Ar-Ge şirketi tarafından yazılmış olan, takograflarda standart olarak bulunan servis arayüzüne bağlanabilen mobil uygulamaya entegre edilerek çalıştırılmıştır. Şekil 3.15'te sistemin çalışabilmesi için gerekli bileşenler görülmektedir.



Şekil 3.15. Sistemin çalışabilmesi için gerekli bileşenler

Mobil uygulama takografın yer değiştirme bilgisini, çeşitli parametreleri ve takografın saat bilgisini alabilecek özelliğe sahiptir. Geliştirilen mobil cihaz mobil uygulama ile bluetooth üzerinden haberleşmektedir. Şekil 3.16'da mobil uygulamanın K parametresinin kalibrasyonu için gerekli sayfası gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Mobil uygulamadaki K parametresinin kalibrasyonu için gerekli olan sayfa

Mobil uygulamada bulunan "reflektör hazırla" butonuna basıldığında mobil cihaza 'başla' komutu göndermek için mobil uygulama kalibrasyon mobil cihazı ile takografa bağlanınca tüm sistemler hazırlanmış olur. Reflektörler Şekil 3.17'de gösterildiği gibi belirli bir aralıkla yerleştirilir. Reflektörler arasındaki mesafenin 20 metre olması tavsiye edilir.



Şekil 3.17. Reflektörlerin yerleşim şeması

Araç ilk reflektörden geçtiği zaman geliştirilen mobil cihaz, mobil uygulamaya 'reflector1' verisini gönderir. Mobil uygulama ise takograf ile haberleşerek, takografin, aracın şaftındaki değişimi açısal olarak saymaya başlar. Araç ikinci reflektörden geçtiği zaman mobil cihaz, mobil uygulamaya 'reflector2' verisini gönderir. Takograf tarafından sayılan şaftın açısal değişimi iki reflektör arasındaki mesafeye bölünür ve olması gereken K değeri hesaplanır. Hesaplanan K değeri ile takografin K değeri karşılaştırılır, eğer iki K değeri farklı ise hesaplanan K değeri takografa aktararak takograf kalibre edilir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Karayolu taşımacılığı yapan araçların artması ve bu araçlarda kullanılan takografların yasalarca iki senede bir kalibre edilme gerekliliği sebebiyle takograf kalibrasyonuna daha fazla ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Takograf kalibrasyonunun daha hızlı ve güvenilir yapılabilmesi için bu çalışma yapılmıştır.

Bu çalışma yapılırken takografların K parametresini kalibre edecek iki adet cihaz yapılmıştır. Cihazlar tasarlanırken kullanılan bileşenlerin ülkemizde rahat temin edilmesi, endüstriyel standartlarda çalışabilmesi, mümkün olduğunca mobil olması, pil ömrünün uzun olması, mümkün olduğunca düşük maliyetlerle üretilmesi amaçlanmıştır.

İlk geliştirilen cihaz Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Bu cihazla laboratuvar ortamında geliştirilme testleri yapılmıştır.



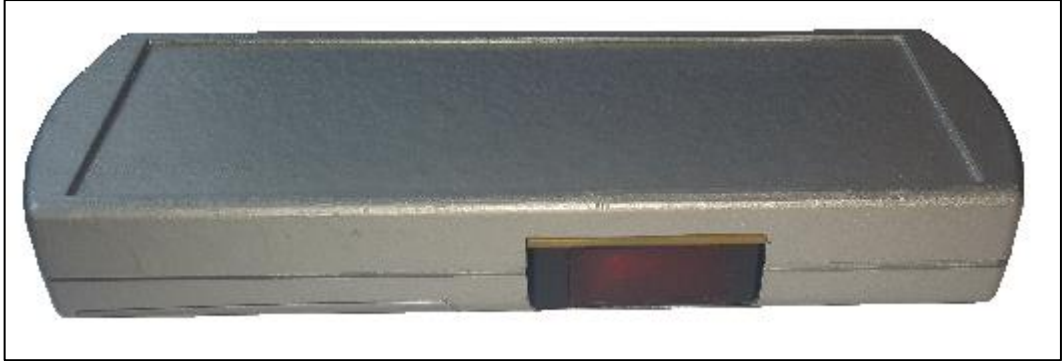
Şekil 4.1. Bu çalışma kapsamında geliştirilen ilk mobil cihaz

Şekil 4.2'de ilk cihazın geliştirilmesi amacıyla yapılan testlerden bir görsel gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Geliştirilen ilk cihaz ile yapılan testler ortamı

İkinci geliştirilen cihaz Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Bu çalışma kapsamında geliştirilen ikinci mobil cihaz

Bu cihaz ilk cihaza göre bazı mekaniksel hatalardan arındırılıp daha uzun pil ömürlü olacak şekilde üretilmiştir. Ayrıca bu cihazla saha testleri gerçekleştirilmiştir.

Saha testleri Gebze/Kocaeli'de bulunan Ayar Takograf Servisi'nde yapılmıştır. Şekil 4.4'te cihazın araca yerleşimi gösterilmiştir.





Şekil 4.4. Mobil cihazın araca yerleşimi

İlk olarak takograf servisinin uyguladığı manuel kalibrasyon ile K parametresi 4600 olarak bulunmuştur. Daha sonra bu çalışma kapsamında üretilen cihaz ile K parametresi kalibrasyonu yapılmış ve K parametresi 4450 bulunmuştur. Şekil 4.5'te mobil uygulama yazılımının K parametresiyle ilgili ekranı gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Saha testleri sırasında kalibrasyonu yapılan K parametresinin mobil uygulama sayfasında gösterilmesi

Sadece bu test kapsamında manuel kalibrasyon ile bu çalışmada yapılan cihazla yapılan kalibrasyonların K parametreleri arasında %3.2lik fark görülmüştür. Bu değer manuel kalibrasyondaki hata olarak yorumlanabilir.

Bu çalışma, retro-reflektif sensör kullanılarak tasarlanan mobil cihaz ile takograf cihazlarındaki K parametresinin kalibre edilmesini sağlamıştır. İleriki çalışmalarda bu cihazın daha küçük olması ve pil ömrünün daha uzun olması amacıyla yeni bir cihaz geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Ertan F., Türkiye’de Sayısal Takograf Sistemi ve Yeni Nesil Akıllı Takograf Sistemine Geçiş Süreci, Ulaştırma Ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı, Karayolu Düzenleme Genel Müdürlüğü, Ankara, 2018.
- [2] <https://praianocentercar.com.br/tacografo-em-guaruja/> (Ziyaret tarihi: 8 Ekim 2019).
- [3] OYPG, Türkiye’de Dijital Takograf Uygulaması: Tespitler ve Öneriler, OYPG(Otomotiv Yenileme Pazarı Geliştirme Derneği) Dijital Takograf Komitesi, 2016.
- [4] Erturk S, Eyigel L, Celik C, Sahinoglu M, Ay S, Kaya Y, Kaya H, Evaluation of Manual and Automatic Calibration Methods for Digital Tachographs, ICAMET 2017: International Conference on Automotive Manufacturing Engineering and Technology, İstanbul, Türkiye,21-22 Aralık 2017.
- [5] <https://staum.tobb.org.tr/kartlar.jsp> (Ziyaret tarihi: 9 Kasım 2019).
- [6] Takograf Cihazları Muayene Ve Damgalama Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, 28171, 12 Ocak 2012.
- [7] Takograf Cihazları Servis Hizmetleri Hakkında Yönetmelik, T.C. Resmi Gazete, 27587, 21 Mayıs 2010.
- [8] Karayolları Trafik Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, 23053, 18 Temmuz 1997.
- [9] Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığının Teşkilat Ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname, T.C. Resmi Gazete, KHK 635, 08 Haziran 2011.
- [10] <https://msurapor.sanayi.gov.tr/> (Ziyaret tarihi: 9 Kasım 2019).
- [11] [http://www.ia.omron.com/data\\_pdf/guide/43/photoelectric\\_tg\\_e\\_8\\_4.pdf](http://www.ia.omron.com/data_pdf/guide/43/photoelectric_tg_e_8_4.pdf) (Ziyaret tarihi: 9 Kasım 2019).
- [12] [https://www.baumer.com/asset/medias/\\_\\_secure\\_\\_/FPDK\\_14P5101\\_S35A\\_web\\_EN.pdf?mediaPK=8800179519518](https://www.baumer.com/asset/medias/__secure__/FPDK_14P5101_S35A_web_EN.pdf?mediaPK=8800179519518) (Ziyaret tarihi: 19 Haziran 2019).
- [13] [https://www.diodes.com/assets/Datasheets/AP3015\\_A.pdf](https://www.diodes.com/assets/Datasheets/AP3015_A.pdf) (Ziyaret tarihi: 22 Haziran 2019).
- [14] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps763-q1.pdf> (Ziyaret tarihi: 30 Haziran 2019).
- [15] [https://www.st.com/content/ccc/resource/sales\\_and\\_marketing/promotional\\_material/brochure/0f/e0/12/6f/fe/20/44/5a/brstm32f0.pdf/files/brstm32f0.pdf/jcr:content/translations/en.brstm32f0.pdf](https://www.st.com/content/ccc/resource/sales_and_marketing/promotional_material/brochure/0f/e0/12/6f/fe/20/44/5a/brstm32f0.pdf/files/brstm32f0.pdf/jcr:content/translations/en.brstm32f0.pdf) (Ziyaret tarihi: 10 Mayıs 2019).

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Ertekin B.**, Ertürk S., Retro-Reflektif Sensörler İle Takograf Kalibrasyonu, Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, Kocaeli, 26-28 Nisan 2019.



## **ÖZGEÇMİŞ**

Bilal Ertekin 1994 yılında Ankara’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara’da tamamladı. 2012 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü’nden 2017 yılında mezun oldu. Aynı yıl içinde Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.

