

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**SAKARYA KENTİÇİ ULAŞIM SİSTEMİNDE
SİNYALİZE KAVŞAKLAR İÇİN TRAFİK UYARMALI
BİR KONTROL SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

MURAT PEHLİVAN

İSTANBUL, 2014

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**SAKARYA KENTİÇİ ULAŞIM SİSTEMİNDE
SİNYALİZE KAVŞAKLAR İÇİN TRAFİK
UYARMALI BİR KONTROL SİSTEMİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

MURAT PEHLİVAN

Tez Danışmanı: PROF. DR. AHMET AKBAŞ

İSTANBUL, 2014

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: Sakarya Kentiçi Ulaşım Sisteminde Sinyalize Kavşaklar İçin Trafik Uyarmalı Bir Kontrol Sisteminin Geliştirilmesi
Öğrencinin Adı Soyadı: Murat PEHLİVAN
Tez Savunma Tarihi: 11.04.2014

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

_____ Jüri Üyeleri _____

_____ İmzalar _____

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

Üye
Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Üye
Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN

TEŐEKKÖRLER

Öncelikle tezimin hazırlanmasında bilgi birikimi ve tavsiyeleriyle beni yönlendiren ve büyük özveriyle bana zaman ayıran danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ'a teşekkürlerimi iletmek isterim. Ayrıca, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Bölümü Koordinatörümüz Sayın Prof. Dr. Mustafa Ilıcalı'ya, bu süreçte desteğini esirgemeyen çok değerli mesai arkadaşlarım Orhan NERGİZ, Recep Ali ÇELİK'e ve doğumumdan bugüne kadar üzerimde büyük emekleri olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul, 2014

Murat PEHLİVAN

ÖZET

SAKARYA KENTİÇİ ULAŞIM SİSTEMİNDE SİNYALİZE KAVŞAKLAR İÇİN TRAFİK UYARMALI BİR KONTROL SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Murat PEHLİVAN

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

Mart 2014, 78 sayfa

Akıllı Ulaşım Sistemleri günümüzde ulaşım ve trafik sorunlarının çözümünde çok önemli bir role sahiptir. Bu kapsamda ülkemizdeki sinyalizasyon sistemlerine bakıldığında hala sabit zamanlı sinyalizasyon sistemlerinin yaygın olarak kullanıldığını görmekteyiz. Bu durum, optimal trafik şartlarının oluşturulmasındaki kısıtlar nedeniyle hem ülke ekonomisine hem de içinde bulunduğumuz çevreye olumsuz yönde etki etmektedir. Anılan sorun ülkemizin güzide kentlerinden birisi olan Sakarya'da da kendini hissettirmektedir.

Bu tez çalışmasında, Sakarya ilindeki mevcut kavşak trafik sinyal kontrol sistemleri incelenmiş, Türkiye'nin ve Sakarya ilinin trafik yönetimine ve trafik sinyalizasyon sistemine katkıda bulunabilmesi için yeni bir trafik uyarmalı kontrol sistemi geliştirilmiştir.

Geliştirilen sistem tümüyle bu tez çalışması kapsamında yürütülen bir araştırma-geliştirme sürecinin ürünüdür. Sistemin özgün tasarımı bu tezde kapsamlı olarak anlatılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında ayrıca geliştirilen sistemin performans testleri yapılmış ve yapılan analizler sonucunda geliştirilen Akıllı Kavşak Kontrol Sisteminin, kavşak kapasitesinin kullanımı açısından sabit zamanlı çalışan sinyalizasyon sistemine göre çok daha verimli bir sistem olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Ulaşım Sistemi, Trafik Kontrol, Sinyalizasyon, Sakarya

ABSTRACT

DEVELOPING A TRAFFIC STIMULATED CONTROL SYSTEM FOR SIGNALIZED INTERSECTION IN SAKARYA URBAN TRANSPORTATION SYSTEM

Murat PEHLIVAN

Urban Systems and Transportation Management

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

March 2014, 78 Pages

Intelligent Transportation Systems have very important role in the solution of traffic problems contemporarily. Within this scope when analyzed signalization systems in our country, we observe that fixed time signalization systems stil are being used extensively. This case negatively affects both county economy and our environment because of constraints in the creation of optimum traffic conditions. Mentioned problem makes its presence felt in Sakarya which is one of eminent city too of our country.

In this thesis study, available intersection traffic control systems in Sakarya were analyzed, a new Traffic stimulated control system were developed in order to contribute traffic management and traffic signalization systems of Sakarya and Turkey.

The improved system is entirely a product of research and development process conducted under this thesis study. Orginal design of system were described in this thesis. Within the scope of thesis the performance of improved system were also tested and in consequence of analyzes improved intelligent intersection control system is more efficent than fixed time signalization system in terms of using intersection capacity.

KeyWords: Intelligent Transportation System, Traffic Control Center, Signalization, Sakarya

İÇİNDEKİLER

TABLolar	ix
ŞEKİLLER	x
KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	13
1.1 ÇALIŞMANIN AMACI	2
1.2 ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ VE KAPSAMI	2
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1 AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ	4
2.1.1 Tarihsel Gelişim Süreci	5
2.1.2 Akıllı Ulaşım Sistemlerine Olan İhtiyacın Ortaya Çıkması	7
2.1.3 Akıllı Ulaşım Sistemlerinden Elde Edilebilecek Faydalar	9
2.1.4 Trafik Yönetimi İçin Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Önemi	10
2.1.5 Dünya’da ve Türkiye’de Trafik Sorunu	13
2.1.6 Kentiçi Trafik Yoğunluğu ve Oluşturduğu Çevre Kirliliği	14
2.2 TRAFİK SİNYALİZASYONU	15
2.2.1 Sinyalizasyon Sisteminin Oluşturulması	15
2.2.2 Sinyalizasyonun Avantaj ve Dezavantajları	16
2.2.3 Sinyalize Kavşak Kontrol Teknikleri	17
2.3 PLC HAKKINDA GENEL BİLGİ	19
2.3.1 PLC Tanımı	19
2.3.2 PLC’li Kumanda İle Röleli Kumanda Arasındaki Farklar	20
2.3.3 PLC Seçim Esasları	21
2.3.4 PLC’nin Yapısında Bulunan Birimler ve Fonksiyonları	21
2.3.4.1 Giriş birimi	23

2.3.4.2 Çıkış birimi	23
2.3.4.3 Merkezi işlem birimi (CPU)	24
2.3.4.4 Hafıza	25
2.3.4.5 Güç kaynağı	26
2.3.4.6 Diğer birimler	27
2.3.4.7 Programlayıcı birimi.....	28
2.4 SCADA SİSTEMLERİ VE KONTROL	28
2.4.1 SCADA Sistemi ve Otomasyon Genel Bilgileri	28
2.4.2 SCADA Sistemleri	29
2.4.3 SCADA Sisteminin İncelenmesi.....	29
2.4.4 SCADA Sistemlerinde Kullanılan İletişim Teknikleri	30
2.4.5 Kontrol Üniteleri	31
3. ÇALIŞMA ALANI.....	32
3.1 KENTİN VE İLÇELERİNİN ÖZELLİKLERİ	32
3.2 SOSYAL VE DEMOGRAFİK ÖZELLİKLER	37
3.2.1 Ulusal Veriler (Nüfus Bilgileri).....	37
3.2.2 Uzak Çevre (Nüfus Bilgileri).....	41
3.3 KARAYOLU ULAŞIMI.....	43
3.4 KENTTEKİ MOTOR TAŞIT SAHİPLİLİĞİ	44
3.5 TRAFİK KONTROL VE DENETİM SİSTEMLERİ	48
4. AKILLI KAVŞAK KONTROL SİSTEMİ TASARIMI	50
4.1 AKILLI KAVŞAK SİSTEMİN TANIMI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	50
4.2 SİSTEMİN UYGULAMA ALANI	51
4.3 AKILLI KAVŞAK KONTROL SİSTEMİ MİMARİSİ.....	53
4.4 AKILLI KAVŞAK SİSTEMİ PROGRAM AKIŞ DİYAGRAMI	54
4.5 AKILLI KAVŞAK SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ	56

4.5.1 Kavşak Kontrol Cihazı ve Bileşenleri	56
4.5.1.1 Siemens PLC S7-200	58
4.5.1.2 Opto triyak kartları	59
4.5.1.3 Besleme devresi.....	60
4.5.2 Manyetik Sensörler ve Yaya Butonları.....	62
4.5.2.1 Manyetik araç sensörleri	62
4.5.2.1.1 <i>M-gage Q7M flat-pak manyetik sensörü genel özellikleri</i>	62
4.5.2.1.2 <i>Çalışma teorisi</i>	63
4.5.2.1.3 <i>Manyetik sensörün yola montajı nasıl olmalıdır?</i>	63
4.5.2.2 Yaya butonları.....	66
4.5.3 Yatay ve Düşey İşaretlemeler.....	67
4.5.4 LED’li Geri Bildirim Göstergesi.....	69
4.5.5 SCADA Sistemiyle Uzaktan Anlık İzleme ve Müdahale	70
4.6 AKILLI KAVŞAK KONTROL SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ.....	72
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	77
KAYNAKÇA	79
ÖZGEÇMİŞ.....	83

TABLULAR

Tablo 3.1: Sakarya ili idari sınır bilgileri.....	32
Tablo 3.2: Türkiye-Sakarya 1965-2011 nüfus karşılaştırması.....	38
Tablo 3.3: Sakarya il nüfus bilgileri.....	39
Tablo 3.4: Sakarya çevre illeri nüfusları ve mesafeleri	42
Tablo 3.5: Büyük kentlerde bin kişi başına düşen otomobil sayısı.....	45
Tablo 3.6: Büyük kentlerdeki araç sayıları	46
Tablo 3.7: Kavşaklarda uygulanan kontrol teknikleri ve adetleri	49

ŞEKİLLER

Şekil 2.1: AUS teknolojileri birbirine bağlar	4
Şekil 2.2: AUS haberleşme altyapısı.....	6
Şekil 2.3: Küresel sera gazı salınımları.....	15
Şekil 2.4: Siemens S7-200 PLC cihazının dış yapısı	20
Şekil 2.5: PLC'nin temel yapısı	22
Şekil 2.6: PLC'nin temel bölümleri	22
Şekil 2.7: 220 VAC gerilimle uyarılan bir giriş birimi devresi.....	23
Şekil 2.8: Kontaktör ile sürülen röleli çıkış biriminin bir çıkış devresi	24
Şekil 2.9: Basitleştirilmiş CPU gösterimi	25
Şekil 2.10: PLC cihazının hafıza diyagramı	26
Şekil 2.11: PLC ile giriş çıkış gereçleri arasındaki bağlantı	27
Şekil 2.12: PLC işlem evreleri	28
Şekil 2.13: SCADA yazılımlarının temel bileşenleri.....	30
Şekil 2.14: SCADA sistemlerinin temel yapısı.....	31
Şekil 3.1: Kentin idari sınırları.....	35
Şekil 3.2: Sakarya kent merkezi çeperi	36
Şekil 3.3: Türkiye illeri nüfus yoğunluğu haritası	37
Şekil 3.4: Türkiye-Sakarya kentleşme oranı karşılaştırılması	38
Şekil 3.5: Sakarya ili nüfus yoğunluğunun yıllara göre değişimi	40
Şekil 3.6: Sakarya ili yıllık nüfus artış hızı grafiği	40
Şekil 3.7: Sakarya ilinin nüfus artış hızının Marmara bölgesi ve Türkiye ile karşılaştırılması	41
Şekil 3.8: Sakarya ve çevre iller.....	42
Şekil 3.9: Sakarya il geneli ulaşım ana arterleri.....	43
Şekil 3.10: Mevcut trafik dolaşım şeması (Adapazarı merkezi)	44
Şekil 3.11: Büyük kentlerde otomobil sayısı oranları	45
Şekil 3.12: Otomobil ve motosiklet sayıları karşılaştırması	46
Şekil 3.13: Kamyon ve kamyonet sayıları karşılaştırması	47
Şekil 3.14: Minibüs ve otobüs sayıları karşılaştırması.....	47

Şekil 3.15: Toplam araç sayıları karşılaştırması	48
Şekil 4.1: Sakarya kenti Karaman yolu ardışık 3 kavşağın haritada gösterimi.....	52
Şekil 4.2: Akıllı kavşak sinyal kontrol sistemi mimarisi	53
Şekil 4.3: Karaman yolu hastane kavşağı faz planı.....	54
Şekil 4.4: Akıllı kavşak kontrol sistemi program akış diyagramı	55
Şekil 4.5: Eski KKC sökülürken	57
Şekil 4.6: Geliştirilmiş KKC montajı yapılmış hali	57
Şekil 4.7: Siemens S7-200 PLC cihazı	58
Şekil 4.8: Opto triyak kartı ve devre elemanları	59
Şekil 4.9: Besleme kartı ve devresi	60
Şekil 4.10: KKC panosuna yerleştirilen besleme ve triyak kartı	61
Şekil 4.11: Araç algılamadan öncesi ve sonrası.....	63
Şekil 4.12: Manyetik sensörün asfaltın altına yerleştirilmesi	64
Şekil 4.13: Manyetik sensörün asfaltın altına yerleştirilmesi	64
Şekil 4.14: Manyetik sensörlerin doğru montajı	65
Şekil 4.15: Manyetik sensörlerinin yanlış montajı.....	65
Şekil 4.16: Yaya butonlarının atölyede üretimi	66
Şekil 4.17: Yaya butonlarının sahaya uygulanması	67
Şekil 4.18: Yatay ve düşey işaretlemelerden örnekler	68
Şekil 4.19: Yatay ve düşey işaretlemelerden örnekleri	68
Şekil 4.20: Sistemin aracı algıladığının geri bildirim göstergesinde gösterilmesi.....	69
Şekil 4.21: Kavşağın SCADA sisteminden anlık durum izlemesi.....	71
Şekil 4.22: Karaman yolu hastane kavşağı akıllı kavşak öncesi ve sonrası sinyal dağılımı durumu	73
Şekil 4.23: Bütün sensörlere talep gelirse sinyal döngüsü.....	74
Şekil 4.24: Sadece yaya talebi gelirse sinyal döngüsü.....	74
Şekil 4.25: Sola dönüş ve yanyol 2'ye araç talebi gelirse sinyal döngüsü.....	75
Şekil 4.26: Hiçbir sensöre talep gelmeme durumunda sinyal döngüsü	75
Şekil 4.27: Sadece yanyol 1'e araç talebi gelirse sinyal döngüsü.....	76

KISALTMALAR

SUAP	:	Sakarya Ulaşım Ana Planı
Km	:	Kilometre
Km2	:	Kilometrekare
M	:	Metre
M2	:	Metrekare
TÜİK	:	Türkiye İstatistik Kurumu
PLC	:	Programmable Logic Controller
AC	:	Alternative Current
DC	:	Direct Current
CPU	:	Central Proses Unit
SCADA	:	Süpervisory Control and Data Acquisition
ADC	:	Analog Digital Convertör
DAC	:	Digital Analog Convertör
FBD	:	Function Block Diagram
STL	:	Statement List
LAD	:	Ladder Diagram
RTU	:	Remote Terminal Unite
TOD	:	Time Of Day
YTU	:	Yarı Trafik Uyarmalı
AUS	:	Akıllı Ulaşım Sistemleri
IT	:	Bilgi Teknolojileri
ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
AB	:	Avrupa Birliği
ITS	:	Intelligent Transportation Systems
İTYS	:	İleri Trafik Yönetim Sistemleri
İTKS	:	İleri Taşıt Kontrol Sistemleri
TTU	:	Tam Trafik Uyarmalı
KKC	:	Kavşak Kontrol Cihazı

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu, gün geçtikçe artmaktadır. Mevcut alt yapılar, artan nüfusla ortaya çıkan ihtiyaçları karşılamakta zorlanmaktadır. Karşılanamayan bu ihtiyaçların insan hayatı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için birçok alanda iyileştirmeler yapılması gerekmektedir.

Nüfus artışına paralel olarak trafikteki taşıt sayısı da artmaktadır. Taşıt kullanımının artmasıyla birlikte, özellikle büyük şehirlerde, yoğun trafiğin ortaya çıkardığı birçok sorun, acilen önüne geçilmesi gereken bir hal almıştır. Trafik yoğunluğu, ulaşım süresinin artmasına, fazla yakıt tüketilmesiyle yüksek enerji maliyetlerine ve egzoz gazı salınımıyla çevre kirliliğine sebep olmaktadır.

Bilindiği üzere, ülkemizde trafik ışıkları sadece zaman ayarlı olarak çalışmaktadır. Bu durum;

- a) Araçların trafikte daha uzun kalmasına sebep olarak, trafik yoğunluğunu kabul edilemez hale getirmekte,
- b) Zaman kaybına yol açmakta,
- c) Yakıt tüketimini artırmakta,
- d) Çevre kirliliğine olumsuz yönde etkisi bulunmaktadır.

Günümüzde, tipik bir kent içi ulaşımının taşıt-km birimiyle değerlendirildiğinde üçte ikisi, taşıt-saat birimiyle değerlendirildiğinde üçte ikisinden daha büyük bir oranı, ışıklı işaretler ile kontrol edilen karayolu ağlarında gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, kent içi karayolu ulaşımının performansı büyük ölçüde karayolu trafiğinin kontrolünde elde edilen başarıya, karayolu trafiğinin kontrolündeki başarı ise, trafik ışıklarının kontrolünde sağlanacak kaliteye bağlıdır (Akdoğan ve Akbaş, 2001).

Bu gerekçelerle başlatılan Sakarya ilinde bu tezle beraber yürütülen bir projeyle, trafik ışıklarının, trafiği düzenlemedeki olumlu katkısını arttıran sistemler şehrin önemli noktalarında hayata geçirilmiştir.

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI

Akıllı Ulaşım Sistemleri günümüzde ulaşım ve trafik sorunlarının çözümünde çok önemli bir role sahiptir. Bu kapsamda ülkemizdeki sinyalizasyon sistemlerine bakıldığında hala sabit zamanlı sinyalizasyon sistemlerinin yaygın olarak kullanıldığını görmekteyiz. Bu durum, optimal trafik şartlarının oluşturulmasındaki kısıtlar nedeniyle hem ülke ekonomisine hem de içinde bulunduğumuz çevreye olumsuz yönde etki etmektedir. Anılan sorun ülkemizin güzide kentlerinden birisi olan Sakarya'da da kendini hissettirmektedir.

Bu tez çalışmasında, Sakarya ilindeki mevcut kavşak trafik sinyal kontrol sistemleri incelenmiş olup Türkiye'nin ve Sakarya ilinin trafik yönetimine ve trafik sinyalizasyon sistemine katkıda bulunabilmesi için yeni bir trafik uyarı kontrol sistemi geliştirilmiştir.

Geliştirilen kontrol sisteminde kullanılan yol sensörleri vasıtasıyla araç taleplerini ve sayıları elde etmek mümkün olduğu gibi sinyal ünitelerine ek olarak yerleştirilmiş geri bildirim lambası sayesinde sürücülerin trafikle olan etkileşimini artırmak amaçlanmıştır.

Genel çerçevesi yukarıda belirlenen sistem bu aşamada uygulamaya geçirilmiştir. Ancak uygulamadan alınacak geri bildirimlerle beraber sistemin daha da geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam edecektir. Böylece, ülkemizde trafik teknolojisi ilgili yapılan araştırma-geliştirme çalışmalarına destek sağlayacak olması itibariyle bu çalışma önemli bir görevi yerine getirmiş olacaktır.

1.2 ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ VE KAPSAMI

- i. Giriş bölümünde, ulaşımın genel problemlerinin çözümünde trafik yönetiminin önemine dair genel bir tanımlama yapılmış, çalışmanın amacı, yöntemi ve kapsamı hakkında bilgiler verilmiştir.
- ii. Tezin ikinci bölümünde, AUS ile ilgili genel bilgiler ışığında trafiğin yönetimi için akıllı ulaşım sistemlerinin önemi, trafik sinyalizasyonuna ve trafik kontrolüne dair sistemler ile ilgili genel bilgiler, kentiçi trafik yoğunluğu ve

oluşturduğu çevre kirliliği konularına yer verilmiştir. Ayrıca bu bölümde geliştirilen kontrol sisteminin elemanlarından başlıca, geliştirilmiş kontrol cihazı PLC ve uzaktan yönetim aracı SCADA sistemi hakkında da genel bilgiler verilmiştir.

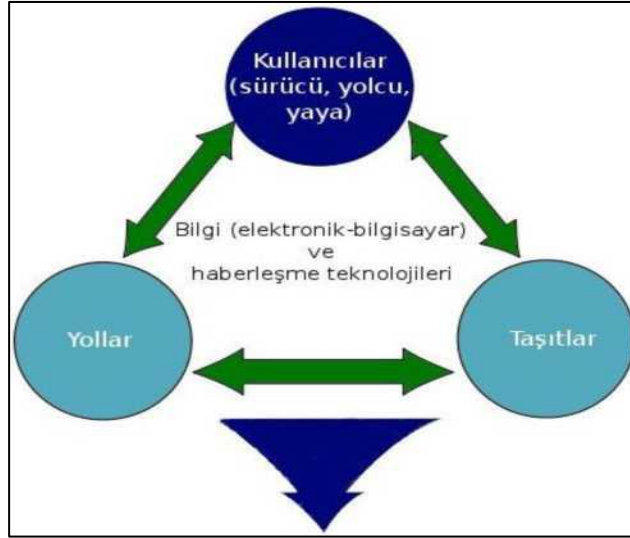
- iii. Tezin üçüncü bölümünde, çalışma alanı olan Sakarya kenti ile ilgili genel bilgiler ve kentin trafik altyapısı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Kentin trafik durumunu ve alt yapısını daha iyi anlama açısından, Sakarya kenti ile Türkiye'nin diğer trafik açısından yoğun olan kentleri kıyaslanmıştır. Bu bölümde sonuç kısmında tartışılması için mevcut altyapının belirtilmesi geliştirilmiş kontrol sisteminin faydasını görmek açısından çok faydalı olmuştur.
- iv. Tezin dördüncü bölümünde, Sakarya kentiçi ulaşım sisteminde kullanılacak olan Akıllı Kavşak Kontrol Sisteminin geliştirilmesi detaylı olarak anlatılmıştır. Öncelikli olarak Akıllı Kavşak Kontrol Sisteminin kurulması, sistemin işleyişi ve geliştirilmesi anlatılmıştır. Bir sonraki alt başlıkta, yapılan araştırma-geliştirme çalışmaları hakkında bilgiler verilmiş ve geliştirilen sistem sonrasındaki durum incelenerek önceki durum ile karşılaştırılmış ve geliştirilen sistemin fayda analizleri yapılmıştır.
- v. Tezin beşinci bölümü; geliştirilen sistemin ortaya çıkardığı veriler ışığında tartışılıp, bir sonucun elde edildiği bölümdür. Bu bölümde, tartışma ve bulgular haricinde çeşitli önerilere de yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ

Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS); trafik kazaları, trafik sıkışıklığı ve çevre kirliliği gibi ulaşım ile ilgili çeşitli sorunlara gelişmiş haberleşme ve kontrol teknolojileri vasıtasıyla çözümler üreten sistemlerdir. Bu sistemler; sürücü, yolcu ve yayaların oluşturduğu 'kullanıcı' birimleri ile 'yol' ve 'taşıt' birimlerini bilgi (enformasyon) teknolojileri vasıtasıyla birbirine bağlar (Şekil 2.1) (Akbaş, 2010).

Şekil 2.1: AUS teknolojileri birbirine bağlar



Kaynak: Akbaş, 2010

AUS uygulamaları ile farklı ulaşım türleri arasında koordinasyon sağlanarak ideal trafik şartları oluşturulabilmekte; yolcu ve yük hareketlerinde hizmet etkinliği artırılabilir, bilgi ve tecrübe kullanımı gelişen durumlara göre adapte edilebilmekte ve ulaşım ile ilgili yeni tecrübeler kazanılabilmektedir. AUS bütün bu avantajları ile gelecekte ortaya çıkabilecek ulaşım ile ilgili sorunları çözmek için bir potansiyel

oluşturarak; güvenli, etkili ve sürdürülebilir bir ulaşım altyapısının kurulmasına imkân sağlamaktadır (Akbaş, 2010).

2.1.1 Tarihsel Gelişim Süreci

1970’li yıllardan itibaren, sanayileşmiş ülkelerin öncülük ettiği çeşitli AUS projeleri geliştirilmeye başlandı. Başlangıçta sinyalizasyon kavşak kontrolü gibi basit ve yerel uygulamalarla başlayan bu projeler, giderek daha karmaşık ve küresel ölçekteki projelere dönüştü. Bu projelerin kapsamı ve boyutu; mikroişlemci, sensör, elektronik ve haberleşme teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak büyüdü. Zamanla AUS kapsamında geliştirilen ürünler ve altyapı hizmetlerindeki çeşitliliğin artmasıyla, 1990’lı yıllardan itibaren AUS ürünleri ve kullanıcı hizmetleri ile ilgili koordinasyon ve standardizasyon ihtiyacı gündeme gelmeye başladı.

Bunun üzerine AUS ile ilgili araştırma ve geliştirme çalışmalarının sonuçlarını değerlendirmek ve uygulamada beklenen faydaları gerçekleştirmek için her yıl Avrupa Birliği, Kuzey Amerika ve Asya-Pasifik ülkelerini temsil eden bölgesel sekretarya kuruluşlarının birlikte organize ettiği ‘AUS Dünya Kongresi (ITS World Congress)’ düzenlenmeye başlandı.¹

Bu kongre her yıl Avrupa, Asya-Pasifik ve Kuzey Amerika bölgesi ülkelerinden birisinde dönüşümlü olarak düzenlenmekte; böylece AUS kavramının gelecekte ulaşım sistemleri için kilit bir rol oynayacağına ilişkin görüşün küresel boyutta bir fikir birliği ile benimsendiğinin de bir göstergesini teşkil etmektedir (Akbaş, 2010).

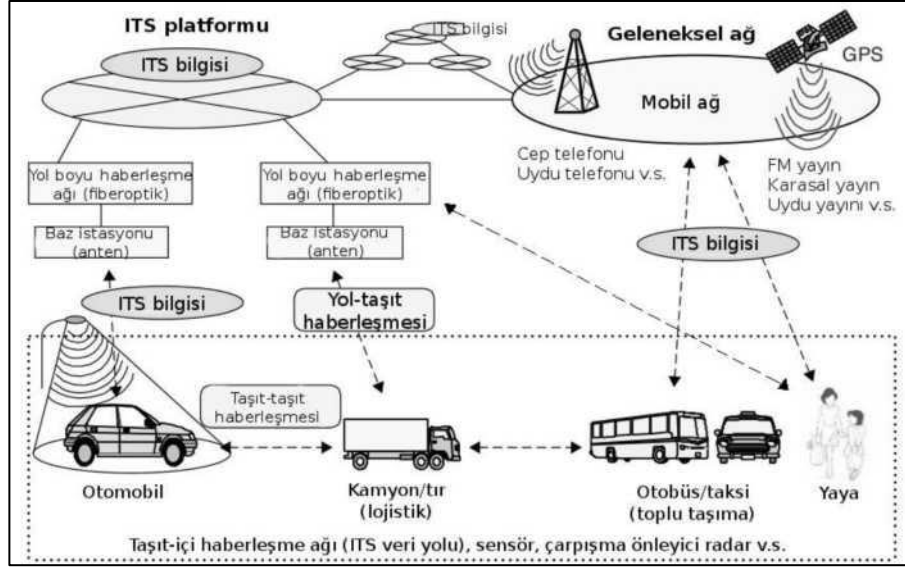
Bu gelişmeler sonucunda AUS hizmetleri, yerel olarak kendi haberleşme altyapısı (ITS bus /CAN bus) üzerinden, küresel olarak da internet üzerinden ulaşılabilen hizmetler olma niteliğine kavuşmuştur (Şekil 2.2).

Günümüzde ulusal düzeydeki AUS çalışmaları 30’dan fazla ülkede ‘ITS America’, ‘ITS Japan’ gibi isimler altında faaliyet gösteren ve kâr amacı gütmeyen kuruluşlar vasıtasıyla koordine edilmektedir. Bu kuruluşlar AUS ile ilgili ulusal araştırma-geliştirme çalışmalarını ve saha uygulamalarını teşvik etmekte, ilgili devlet ve özel

¹ AUS Dünya Kongresi, <http://www.its-jp.org> [ziyaret tarihi 20.07.2013]

sektör kuruluşları ile üniversiteler ve sivil toplum örgütleri arasında koordinasyon sağlamakta, bölgesel sekretarya aracılığıyla 'ITS Dünya Kongresi'ne katkı sağlamaktadır.²

Şekil 2.2: AUS haberleşme altyapısı



Kaynak: Akbaş, 2010

AUS kapsamındaki bu gelişmeler, bir yandan yeni sanayi alanlarının açılması ve yeni pazarların oluşması için büyük bir potansiyel oluştururken; diğer yandan teknolojik altyapısı ile toplumsal yapıyı değiştirebilecek etkinliklerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Sonuç olarak, günümüzde AUS hizmetleri 'Bilgi Toplumu'nun kuruluş ve gelişmesine eşlik eden ve Bilgi Teknolojileri (IT) stratejisine uygun hedefler doğrultusunda gelişen bir çerçeveye oturmuştur.

Öyle ki, gelişmiş ülkelerin hemen hepsi bu yaklaşımı benimsemekte ve AUS uygulamalarını kapsamlı 'AUS strateji planları' doğrultusunda hazırladıkları planlar çerçevesinde hayata geçirmektedirler. Bu planların başarısı ise, AUS ile ilgili 'sektörel alanlar' ve bunlara ilişkin hizmet alanlarının iyi tanımlanmasına bağlıdır.³

Buna göre her ülkenin AUS uygulamaları, bu uygulamaların ülke çapında nasıl yaygınlaştırılacağına ilişkin bir 'AUS Sistem Mimarisi' hazırlanarak hayata geçirilmektedir. Bu planlar çerçevesinde tamamlanan kapsamlı AUS projeleri,

² AUS Dünya Kongresi, <http://www.its-jp.org> [ziyaret tarihi 20.07.2013]

³ AUS Malezya, <http://www.itsmalaysia.com.my> [ziyaret tarihi 23.07.2013]

sürdürülebilir bir ulaşım altyapısının oluşturulmasının yanı sıra, stratejik plan çerçevesinde belirlenen ‘bilgi toplumu’ hedefine ulaşma açısından da önemli bir işlevi yerine getirmektedir.

Bununla beraber, AUS uygulamalarının yaygınlaşması ile gelecekte toplum ve bireysel hayat açısından önem taşıyan temel konulara önemli boyutta katkı sağlanması beklenmektedir. Bu konular, öncelik sırasına göre aşağıdaki 5 madde halinde sıralanabilir:

- a) Karayolu trafiğinde güvenliğin artırılması,
- b) Daha düzgün bir trafik akışı sağlayarak çevre bozucu etkilerin azaltılması,
- c) Bireysel uyumun geliştirilmesi,
- d) Bölgesel ekonomik etkinliğin geliştirilmesi,
- e) Uluslararası standartlar ve küresel teknik düzenlemelerin teşvik edilmesi için ortak bir platform oluşturulması (Delibaşoğlu, 2013).

2.1.2 Akıllı Ulaşım Sistemlerine Olan İhtiyacın Ortaya Çıkması

Ulaştırma ağlarına olan talebin artmasına bağlı olarak, mevcut altyapıların bu talebi karşılamakta yetersiz kalması sonucu karayollarındaki trafik sıkışıklığı giderek artmaktadır. Ülkemizde trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıtı sayısı 2005 yılında yaklaşık 11 milyon iken bu sayı 2010 yılında 15 milyonu geçmiştir. Buna karşılık, Karayolları Genel Müdürlüğü verilerine göre, 2004 yılında köy yolları hariç otoyol ile devlet ve il yollarının toplam uzunluğu 63.555 km olup, aynı karayolu ağının toplam uzunluğu 2010 yılı başında 64.319 km’dir. Özetle, trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıtı sayısı 2005-2010 yılları arasında yaklaşık yüzde 36 oranında artmasına rağmen, köy yolları hariç karayolu ağının toplam uzunluğu hemen hemen hiç değişmemiştir (Yılmaz, 2012).

Esasen, karayolu ağının uzunluğunu artırmaya yönelik yatırımlar, yüksek maliyetler, uzun planlama süreci ve özellikle kentlerde inşa için uygun arazinin temin edilmesindeki güçlükler nedeniyle, trafik sıkışıklığı ile erişebilirlik sorunlarını çözmek için uygun yatırım olarak nitelendirilmemektedir. Karayolu uzunluğunu artırmaya yönelik yatırımların yanı sıra bir diğer kapasite artırıcı önlem olan yol genişletme

çalışmaları da trafik sıkışıklığı ve erişebilirlik problemlerini geçici süreyle çözebilen kısa vadeli ve pahalı yatırımlar olarak değerlendirilmektedir (European Commission, 2006).

Özellikle yoğun nüfuslu kentlerin önemli ölçüde etkilendiği bu problemlerle başa çıkabilmek için Avrupa Komisyonu, Avrupa'da kapasite artırıcı altyapı yatırımlarının yerine sürdürülebilir, etkin ve etkili bir hareketliliğin sağlanmasına yönelik yenilikçi yöntemlerin kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Bu bağlamda, bilgi ve iletişim teknolojilerinin diğer alanlarda olduğu gibi ulaştırma alanında da yaygın bir şekilde kullanılabilmesi görüşü kabul görmektedir. Bilindiği üzere, bilgi ve iletişim teknolojileri eğitimden sağlığa kadar pek çok sektörü köklü bir şekilde değiştirmiş, e-devlet kavramı ile vatandaşların devletten aldığı hizmetlere daha kolay erişebilmelerine olanak sağlamıştır. Günümüzde birçok kesim tarafından ulaştırma yatırımları denildiğinde, yeni yolların yapımı ve mevcut eskimiş altyapıların bakımı algılansa da, bu sektörün yatırımları beton ve çeliğin yanı sıra bilgi ve iletişim teknolojilerine de yoğunlaşmaktadır (Ezell, 2013).

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları ile sürücü, araç ve yol arasında iletişim sağlanarak, yolculuğun güvenli, hızlı ve kaliteli gerçekleşmesi için gerekli bilginin paylaşımı mümkün olmaktadır. Zira akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının temelinde yatan amaç, ulaştırma sistem, altyapı ve hizmetlerinin daha etkin ve etkili kullanılması amacıyla bilginin elde edilmesi, işlenmesi ve dağıtılmasıdır (Crainic, 2009).

Trafik kazaları ve sıkışıklığı gibi problemlerin günlük hayattaki etkilerinin ön plana çıktığı ülkelerde bu problemlerin çözümüne yönelik bir araç olarak ortaya çıkan akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının ilk örneklerini ABD, Japonya ve AB ülkelerinde görmek mümkündür (Yılmaz, 2012).

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları, özellikle son yıllarda başta ulaştırma ve otomotiv sektörü ile politika belirleyiciler olmak üzere pek çok kesimin ilgisini çekmeye başlamış olsa da, bunun ilk uygulamaları 1928 yılında kullanılmaya başlanan elektrikli trafik ışıklarıdır. İlk olarak 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanan bilgisayar kontrollü trafik ışıklarına rağmen, gerek bilgi ve iletişim teknolojilerinin yeterince

gelişmemiş olması gerekse yeni yol yapımının akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarını geliştirmekten daha cazip olması sebebiyle 1930 ve 1980 yılları arasında kalan süre, akıllı ulaştırma sistemleri için bir “hazırlık” evresi olarak nitelendirilmektedir. Hazırlık evresinde geliştirilen pek çok fikir ve temel teknolojilerin bir sonucu olarak, 1980’li yıllardan itibaren hükümet ve özel sektör destekli bir dizi akıllı ulaştırma sistemleri programı devreye alınmıştır. Pek çok akıllı ulaştırma sistemleri teknolojisinin geliştirildiği 1980-1995 yılları arasındaki zaman dilimini kapsayan bu dönem, akıllı ulaştırma sistemleri için “fizibilite çalışması” şeklinde nitelendirilmektedir. Yapılabilir ürünlerin üretimine odaklanılan 1995 yılından günümüze kadar olan süre ise, “ürün geliştirme” dönemi olarak nitelendirilmektedir (Figueiredo, 2001).

2.1.3 Akıllı Ulaşım Sistemlerinden Elde Edilebilecek Faydalar

Bu uygulamaların kullanılmasıyla birlikte farklı tip kullanıcıların ve paydaşların değişik faydalar elde etmeleri mümkün olmaktadır:

- a) Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları, ticari araçların yolculuk süresini kısaltmakta ve araçların işletme maliyetlerini düşürmektedir. Bu uygulamaların sağlayacağı yüksek ekonomik tasarruf sayesinde, ticari kullanıcıların akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarını yaygın bir şekilde kullanmaları beklenmektedir. Ayrıca, düşen lojistik maliyetleri ile birlikte, ürünlerin yerel ve dünya pazarlarındaki rekabet edebilirliğinin sürdürülebilirliği ve artırılması da mümkün olacaktır (Transport Canada, 1996).
- b) Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları, “yeşil ulaştırma” yaklaşımının hayata geçirilmesinde çok önemli bir role sahiptir. Bu uygulamaların yaygın bir şekilde kullanılmasıyla birlikte, yakıt tüketimi önemli oranda azaltılabilmekte ve böylece hava kirliliği azalmaktadır. Bilindiği üzere, ağırlıklı olarak fosil yakıtların kullanıldığı ulaştırma sektörü karbondioksit salınımında önemli bir yer tutmaktadır. Artan araç sahipliği ile birlikte ulaştırma sektörünün artarak devam eden hava kirliliğine olan etkisini azaltmak için akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının kullanılması en uygun seçeneklerden birisi olarak ön plana çıkmaktadır (European Commission, 2008).

- c) Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarının toplumun büyük bir kesimini ilgilendiren bir diğer faydası ise, karayolları güvenliğine olan katkısıdır. Araçların güvenliğini artırmaya yönelik sürücüye yardımcı sistemler ile kaza anında sağlık ve güvenlik birimleriyle iletişime geçerek kaza yerinin koordinatlarını ileterek erken müdahaleyi sağlayan e-Çağrı (eCall) gibi sistemler ile birçok kişinin hayatını kurtarmak mümkün olmaktadır. Ayrıca, altyapı üzerine entegre edilecek akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları ile kaza olma riski azaltılarak karayollarının güvenliği artırılabilir (Ezell, 2010).
- d) Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarına olan talebin artmasıyla birlikte, bilgi ve iletişim teknolojileri ile elektronik sektörleri için yeni fırsatların ortaya çıkması beklenmektedir. Her geçen gün önemi artan bu alanda faaliyet gösterecek firmaların artmasıyla birlikte, ekonomik büyüme, istihdam artışı ve diş pazarlara açılma sağlanabilecektir. ABD’de yayımlanan bir rapora göre, 2009 yılı itibarıyla, bu ülkede bulunan araçların yaklaşık yüzde 28’inin çeşitli akıllı ulaştırma sistemleri cihazlarına sahip olduğu belirtilmekte olup, bu oranın 2012 yılında yüzde 40’a ulaşacağı tahmin edilmektedir. 2010 yılı itibarıyla, akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları pazar büyüklüğü 24 milyar ABD Doları’na ulaşmış olup, bu pazarın yıllık ortalama yüzde 22,2 oranında büyüyerek 2015 yılında 65 milyar ABD Doları büyüklüğe ulaşması tahmin edilmektedir. Ayrıca, 2015 yılı için tahmin edilen pazar büyüklüğünün 28 milyar ABD Doları (yüzde 43) tutarındaki bölümü, akıllı ulaştırma sistemlerinde lider konumda bulunan Asya-Pasifik bölgesi kaynaklı olacağı öngörülmektedir (Ezell, 2010).

2.1.4 Trafik Yönetimi İçin Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Önemi

Günümüzde karayollarının birçok kesimlerinde yaşanan trafik sıkışıklıkları, giderek artan ulaşım sorunlarına neden olmaktadır. Özellikle nüfus ve özel taşıt kullanımının hızla artma eğiliminde olduğu kentsel yerleşim bölgelerinde karşılaşılan bu durum, bir yandan yolların hizmet düzeyini azaltırken; diğer yandan trafik kazaları, zaman kaybı ve çevre kirliliği gibi istenmeyen sonuçlara yol açmaktadır (Ünal, 1998).

Bütün bu olumsuz sonuçların nedeni olan trafik sıkışıklıkları, esasen ulaşım talebinin sınırlı yol kapasitelerini aşacak durumlara ulaşmasının doğal bir sonucu olarak gelişmektedir. Yol kapasitelerinin etkin bir şekilde kullanılmasına engel olan ve trafik güvenliğini tehdit eden bu olumsuz sonuçlar, doğal olarak bu sorunlarla karşı karşıya bulunan bütün ülkelerde ‘ulaşımın sürdürülebilirliği’ kavramını temel gündem maddelerinden birisi haline getirmektedir (Sussman, 2005).

Bu durumda, trafik sıkışıklıklarını ve bundan kaynaklanan olumsuz sonuçları azaltmak ve sürdürülebilir bir ulaşım altyapısı oluşturmak için; öncelikle, yapılması gereken işlemleri doğru tespit etmek ve ardından bu tespitler doğrultusunda uygun eylem planlarını hazırlayarak hayata geçirmek gerekir. Bu amaçla trafik sıkışıklığı sorununun çözümü konusunda başarı elde etmiş ülkelerin ulaşım ile ilgili strateji ve eylem planlarını incelemek yeterli bir fikir vermektedir (Akbaş, 2010).

Trafik sıkışıklığı sorununun çözümü için ilk yapılması gereken şey, trafik yönetiminde çok başlı bir yönetim modeli yerine hiyerarşik bir yönetim modelinin benimsenmesi ve bu modelin gerekli yasal düzenlemelerle birlikte hayata geçirilmesidir. İkinci sırada yapılması gereken şey, toplu ulaşım öncelik veren bir ulaşım planlamasının yapılması ve uygulanmasıdır. Bunlardan sonra yapılması gereken şey de, teknolojik bir trafik yönetim ve denetim sisteminin kurulması ve işletilmesidir. Trafik akımlarının dinamiğine etki eden çok sayıda çevresel faktörün oluşturduğu ve çoğu kez önceden tahmin edilemeyecek şekilde gelişen sorunlar, böyle bir trafik yönetim ve denetim sistemini zorunlu kılmaktadır (Sussman, 2005).

Buna göre, trafiğin uygun teknolojik araçlar vasıtasıyla yönetimi ve/veya denetimine ilişkin süreçler, trafik sıkışıklıklarının tıkanma noktasına ulaşmadan önlenmesi için gerekli müdahalelerin zamanında yapılmasına imkân sağlamaktadır. Bu amaçla trafik sıkışıklıklarının önceden tahmin edilmesi de yapılan gerçek zamanlı ölçümler sayesinde mümkün olmaktadır. Dolayısıyla, sürdürülebilir bir ulaşım sisteminin oluşturulabilmesi için, yol kapasitelerinin daha etkin ve daha verimli kullanılmasına imkân sağlayan teknolojik araçların kullanımı vazgeçilmez bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu yolla oluşturulan bir trafik yönetim ve/veya denetim sistemi, düzgün bir trafik akışını sağlayarak yol kapasitelerinin daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasına,

trafik sıkışıklıkları ve bundan kaynaklanan sorunların azaltılmasına önemli boyutlarda katkı sağlayabilmektedir (Gazis, 2002).

Bu kapsamda sunulan teknolojik çözümler, günümüzde gelişmiş ülkelerin başını çektiği birçok ülkede Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS; orijinal ismiyle Intelligent Transportation Systems, ITS) kavramı ile sunulan çeşitli uygulamalarla hayata geçirilmektedir. Bu uygulamalar, kısaca 'bilgi' veya 'bilişim' teknolojileri olarak da bilinen elektronik, bilgisayar ve haberleşme teknolojilerinin gücünden yararlanarak, güvenli ve etkin bir ulaşım altyapısının oluşturulmasına önemli katkılar sağlamaktadır (Çapalı, 2009).

AUS uygulamalarıyla elde edilmek istenen yararlar, esas olarak ulaşım ve/veya trafik bilgilerinin elde edilmesi ve bunların ulaşım sürecinin temel bileşenleri olan kullanıcı (sürücü, yolcu ve yaya), yol ve taşıt birimleri arasında paylaşılması suretiyle gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla kullanılan haberleşme sistemi, günümüzde AUS'a özel veri yolları (CAN bus vb.) üzerinden yerel haberleşme ağlarına, oradan internet omurgasına bağlanan altyapısı ile evrensel bir boyuta ulaşmıştır (Vlacic, 2001).

AUS uygulamaları literatürde genellikle 'ileri (advanced)' nitelemesi ile verilen belirli temel konu başlıkları altındaki fonksiyonları yerine getirirler. Buna göre, AUS uygulamaları esas olarak şu ana başlıklar altında toplanır: İleri Trafik Yönetim Sistemleri (İTYS: Advanced Traffic Management Systems, ATMS), İleri Yolcu/Sürücü Bilgilendirme Sistemleri (İYBS: Advanced Traveller Information Systems, ATMS), İleri Toplu Taşıma Sistemleri (İTTS: Advanced Public Transportation Systems, APTS), Ticari Taşıt Organizasyonları (TTO: Commercial Vehicle Organisations, CVO), İleri Taşıt Kontrol Sistemleri (İTKS: Advanced Vehicle Control Systems, AVCS) (Sussman, 2005).

Temel AUS alanlarından birisi olan İTYS kapsamındaki uygulamalar esas olarak gerçek zamanlı trafik yönetim ve denetim süreçleri ile ilgili fonksiyonları kapsar. Günümüzde yaşanan trafik sıkışıklıklarının gündeme taşıdığı sürdürülebilir ulaşım kavramı, bu süreçlerin artan önemine dikkat çekmektedir. Buna göre; sürdürülebilir bir ulaşım için, trafik akımlarının dinamiğini yansıtan parametrelerin gerçek zamanlı olarak ölçümü ve değerlendirilmesine dayalı teknolojik trafik yönetim ve denetim süreçlerinin yürütülmesi şarttır (Sussman, 2005).

Bu amaçla ulaşım planlama ve trafik güvenliği ile ilgili çalışmalarda temel veri kaynağı olarak kabul edilen makroskopik akım parametreleri kullanılır. Trafik akımlarının dinamiğini yansıtan bu parametrelerin elde edilmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan taşıt ve yolcu sayımlarının insan veya uygun sayıcı araçlar vasıtasıyla elde edilmesi esasına dayanan geleneksel yöntemler; pahalı, zaman alıcı ve özel olarak eğitilmiş personele ihtiyaç duyulan yöntemler olduğundan, gerçek zamanlı uygulamalar için elverişli değildir (Tercan, 2003).

Bu nedenle, günümüzde makroskopik trafik parametrelerinin geleneksel yöntemler yerine gerçek zamanlı ölçümlere dayalı olarak belirlenmesini esas alan yöntemler öne çıkmaktadır. Bu amaçla uygun yöntemlerin belirlenmesi üzerine yapılan araştırma çalışmaları literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Bu kapsamda; kamera, loop dedektör, lazer dedektör, ultrasonik dedektör, infrared dedektör gibi çeşitli sensörler vasıtasıyla elde edilen kayıtların analizi, bunlardan yararlı ulaşım/trafik bilgilerinin (enformasyon) üretilmesi ve değerlendirilmesine ilişkin çok sayıda çalışma vardır (Sussman, 2005).

2.1.5 Dünya’da ve Türkiye’de Trafik Sorunu

Bilinen ilk trafik kazası olan ve 1896 yılında Londra’da bir yayaya aracın çarpması sonucunda ölümü ile neticelenen olaydan bugüne değin sayılamayacak derecede kaza meydana gelmiş ve milyonlarca insan bu kazalarda ölmüş ya da sakatlanmıştır. Bu tabloya göre ülkeler ve toplumlar sosyal, ekonomik ve psikolojik bakımlardan büyük ölçüde zarar görmektedirler (Durna, 2011). Bunda elbette ülkelerin gelişmişlik düzeyi çok temel bir rol oynamaktadır. Trafik kurallarının benimsendiği ve izlendiği ülkelerde zayıf çok daha az olmaktadır.

Günümüzde, artan talebin yanında artık sınırlı ve yetersiz kalmaya başlayan yol kapasitelerinin en etkili şekilde kullanılması, ulaştırma yönetimi ile ilgili birimlerin temel amaçlardan birisi haline gelmiştir. Bu amaçla, trafiğin kontrolüne ilişkin uygulamaların yaygınlaşmasının yanı sıra, ulaşım altyapısının daha etkin kullanımı amacıyla alternatif çözümlerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların da hız kazandığı gözlenmektedir. Özellikle elektronik, bilgisayar ve haberleşme teknolojilerindeki gelişmeler, bu hususta itici bir rol oynamaktadır. Karayolu ulaşımı ile beraber diğer

ulaşım çeşitlerini de ilgilendiren bu olgu, yeni dönemde akıllı sistem çözümlerinin desteğiyle, ulaşım sorunlarına esnek çözümler üretilmesi gayretlerine yeni ufuklar açmaktadır (Akbaş, 2009).

Trafik sorunlarının toplum yaşamında büyük bir karşılığı ve yeri bulunmaktadır. Bu durum sorunların çözümlerinin ve alınacak önlemlerin önemini daha da artırmaktadır.

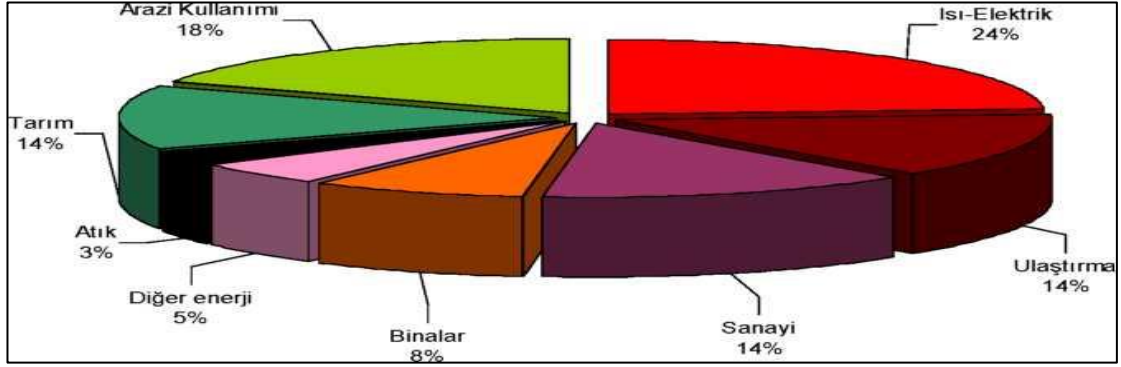
2.1.6 Kentiçi Trafik Yoğunluğu ve Oluşturduğu Çevre Kirliliği

Kentiçi karayolunda trafiğin oluşumu trafik şeridi adı verilen yol kesimleri boyunca oluşturdukları kuyruklar şeklinde-dir. Her trafik şeridi için belirli bir yöne ve yol kullanım şartlarına sahip olan bu görüntüye trafik akımı denir. Her trafik akımı bir arz-talep ilişkisi çerçevesinde şekillenir. Buna göre, bir yoldan birim sürede geçmek isteyen taşıtların sayısı talebi, yoldan birim sürede geçebilecek maksimum taşıt sayısı da kapasiteyi oluşturur. Yol kapasiteleri sınırlı, talepler sürekli artma eğilimindedir (Tektaş, 2002).

Kent içi ulaşım sistemi, bir kent coğrafyasındaki bütün ulaşım imkanlarının entegre edildiği karmaşık bir sistemdir. İşlevi itibariyle, canlı organizmaların dolaşım sistemine benzetilebilir. Dolaşım sistemindeki rahatsızlıkların, bütün vücut organlarının sağlıklı çalışma şartlarını olumsuz yönde etkilemesi gibi; ulaşım sorunları da, kentlerde ekonomik ve sosyal hayatın sağlıklı bir yapıya kavuşmasını olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle, kent içi ulaşım sorunlarının çözümlenmesi ve ulaşımda verimliliğin artırılması öncelikli bir ihtiyaçtır (Tektaş, 2002).

İnsan kaynaklı sera gazı salımında enerji sektörünün, tüm diğer sektörlerden çok daha yüksek bir payı vardır. Toplam sera gazı oluşumunun yaklaşık yüzde 15'inin karayolu ulaştırma sektöründen kaynaklandığı hesaplanmıştır. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan karbondioksit emisyonunda karayolu taşıtlarının payı yüzde 90 civarındadır (Özgür, 2008).

Şekil 2.3: Küresel sera gazı salınımları



Kaynak: Özgür, 2008

2.2 TRAFİK SİNYALİZASYONU

2.2.1 Sinyalizasyon Sisteminin Oluşturulması

Genel olarak sinyalizasyon sistemleri kontrolsüz kavşaklarda kontrolü sağlamak ve aynı zamanda kavşakta meydana gelebilecek kazaları önleyerek, gecikmeleri azaltmak amacı ile kullanılır. Bununla birlikte gerekli kriterlere uyulmadan kurulan bir sinyalizasyon sistemi hem gecikmelerin uzamasına, hem de kaza sayısının artmasına neden olabilir. Fakat bazı durumlarda sinyalizasyon sisteminin yapılmaması daha kötü sonuçlar doğurabilir (Ayfer, 1977).

Bu durumlar şu şekilde sıralanabilir;

- Yan yoldan kavşağa katılmak isteyen araçlar, gerekli zaman boşluklarını bulamamakta, anayoldan gelen araçlar buna izin vermemektedir.
- Kavşaklardaki işaretlemelere rağmen, ulaşım güvenliği sağlanamamakta, sürekli veya birbirine benzer karakteristikte kazalar oluşmaktadır.
- Kavşaklardaki trafik hareketleri beklemelemlere, sıkışıklıklara, tıkanıklıklara ve gecikmelere yol açmakta; dolayısıyla kavşağın ekonomik kullanımı azalmakta, enerji ve zaman kayıpları oluşmaktadır.
- Kavşak kapasitesinden yeterince yararlanamamaktadır.
- Yayalar emniyetle hareket olanağı bulamamaktadır (Ayfer, 1977).

Belirtilen durumlardan biri ya da bir kaç kavşakta gözlenir ise, bu kavşağın sinyalize edilmesi gerekebilir.

Bu sayede aşağıda belirtilen faydalar sağlanabilir;

- a) Ulaşım güvenliği artar.
- b) Kapasite kullanımında artış gözlenir.
- c) Gecikme sürelerinde azalmalar gözlenir.
- d) Yavaşlama ve durmalar sebebi ile meydana gelen karbon monoksit fazlalığı ve gürültünün azalması sebebiyle çevre şartlarının iyileşmesi sağlanmış olur (Ayfer, 1977).

2.2.2 Sinyalizasyonun Avantaj ve Dezavantajları

Sinyalize kavşakların görevi sadece araç kazalarını önlemek ve yayaların kavşaklardan güvenli geçişlerini sağlamak değil aynı zamanda kavşakların kapasitelerinde kullanılmasını da sağlamaktır. Trafik akımlarının düzenini, kapasitesini ve güvenliğini sağlayan sinyalizasyon sistemleri gelişen teknoloji ve ulaşım tercihlerine paralel olarak yenilenmekte ve yeni olanaklar sunmaktadır. Mevcut ve eski kavşakların rehabilitasyonunda geometrik düzenlemelerden sonra en çok kullanılan seçenektir. Bu sistemler hem trafiğin düzenlenmesi hem de yolların kapasitesinde kullanılabilmesi için gereklidir. Fakat bu sistemlerin de çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Özdirim, 1994).

Trafik sinyalizasyon sistemlerinin avantajları;

- a) Taşıtların diğer taşıtlarla veya yaya akımları ile kesiştikleri noktalarda trafiğin güvenli ve düzenli akışını sağlar.
- b) Sinyalizasyonun yeri, konumu ve periyot süreleri trafik koşullarına göre uygun şekilde belirlenirse kavşağın kapasitesi artar
- c) Taşıtların 90 derece ile çarpışmalarını önler ve kaza ihtimalini azaltır.
- d) Zayıf trafikli bir yolun yoğun trafikli bir yolu kesmesi ve emniyetli bir şekilde ana akımın içine girmesi mümkün olur.
- e) Yapılacak katlı kavşaktan daha ekonomiktir (Özdirim, 1994).

Sinyalizasyon sistemlerinin yanlış kullanılması ise çeşitli problemlere sebep olabilir. Sadece yanlış planlaması değil trafik akımlarına ve hacimlerine uymayan sinyalizasyonlar da bu problemleri doğurur.

Bu dezavantajlar;

- a) Yüklü olmayan trafik saatlerinde gereksiz bekleme süreleri olur ve akaryakıt tüketimi artar.
- b) Arkadan çarpma gibi kazalar artabilir.
- c) Gereksiz ve hatalı yapılan sinyalizasyonlar sürücülerin sinyallere uyum sağlamasını güçleştirir. Sürücülerde sabırsızlık ve ihlaller meydana gelir.
- d) Sinyal süreleri uygun ayarlanmamışsa durma sayıları ve gecikme süreleri artar (Özdirim, 1994).

2.2.3 Sinyalize Kavşak Kontrol Teknikleri

Sinyalize kavşaklarda kullanılan kontrol teknikleri, esas olarak sabit zamanlı ve trafik uyarımlı kontrol teknikleri olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Sabit zamanlı kontrol tekniklerinde sinyal çevrim süresi ve yeşil ışık sürelerinin kavşağa yaklaşan akımların doygunluğuna göre önceden belirlendiği sabit sinyal planları kullanılır (Akbaş, 2001).

Bu planlar günün saatlerine bağlı olarak uygulanabildiği gibi (time of day, TOD), trafik şartlarına bağlı olarak da seçilip uygulanabilmektedir (yarı trafik uyarımlı - YTU). Mesela az yoğunluğa sahip trafik akımına sadece talep olduğunda zamanlarda yol verme veya yaya butonlarının kullanılması gibi uygulamalar oldukça kullanışlıdır. Tam trafik uyarımlı kontrol tekniklerinde ise, sinyal çevrim süresi ve yeşil ışık süreleri, trafik akımlarına ilişkin karakteristik bilgilerin ölçülüp değerlendirilmesi suretiyle gerçek zamanlı olarak hesaplanmakta ve uygulamaya konulmaktadır (Alçelik, 2010).

Bir kavşakta kurulacak sinyalizasyon sisteminin öncelikle sabit zamanlı olması düşünülür ve bundan sonra trafik akım özelliklerine göre kavşağın yarı veya tam trafik uyarımlı olarak işletilmesine karar verilir. Kavşağın sabit zamanlı olarak çalıştırılması

için, kent içinde kavşak kollarında toplam trafik yükünün saate minimum 750 taşıt, kent dışında ise minimum 625 taşıt olması gereklidir (Özdirim, 1994).

Kavşaklar arasında bir koordinasyon düşünülüyorsa öncelikle her kavşak izole olarak projelendirilir, daha sonra geometrik özelliklere göre kavşaklar arasında koordinasyon kurulur. Koordinasyon kurulurken bir kavşak diğerine göre daha önemli ise, bu kavşak anahtar kavşak olarak kabul edilir ve diğer kavşaklardaki uygulamalar bu anahtar kavşağa göre ayarlanır (Ayfer, 1977).

Sabit zamanlı kontroller trafik kontrollerinin en basit formudur. Sabit zamanlı olarak trafik akımlarını yönetip, sinyal göstergelerinin dizilimlerini düzenli olarak tekrar ederler. Örneğin bu döngünün bir fazının tamamlanmasında bir kavşak kolunda yeşilin yanması 40 saniye beklenirken, diğer kavşak kolunda 15 saniye beklenir. Her dakika için birçok saniye sarı ışığa veya boşluk-aralık zamana ayrılır. Sinyaller, kontrollerin ayarlamalarına göre belirlenen, belli bir tarzdaki döngüde belirlendiği gibi yönlendirilir. Sabit zamanlı kontroller trafik hacminin önceden tahmin edilebilir stabil ve oldukça kesin olduğu kesişim bölgelerinde kullanıma uygundur. Bunlar ayrıca yaya yoğunluğunun fazla ve trafik akımlarının kesin olduğu yerlerde de tercih edilebilir. Donanımına bağlı olarak birçok zamanlama dizilimleri gün boyu trafik yoğunluklarındaki değişim sebebiyle gecikmelere sebep olabilir. Sabit zamanlı kontroller ile zamanlama trafik sayımları ve görsel gözlemlerle belirlenir. Gözlemler anındaki trafik akımlarını en iyi şekilde yönlendirebilmek için tasarlanırlar. Kavşak kontrol cihazları ile sinyal planları girilerek gerekli düzenlemeler gerçekleştirilir ve manuel değişim yapılana kadar o halde kalır. Ancak bu trafik akımlarının büyük dalgalanmalar gösterdiği durumlarda uygun bir çözüm olmamaktadırlar (Alçelik, 2010).

Sabit zamanlı sistemler gerekli durumlarda birbiriyle koordine çalıştırılarak yeşil dalga uygulanabilir. Buradaki amaç kavşaklardaki gecikmeleri azaltmak ve durma sayısını en aza indirmektir. Genelde anayollar üzerinde yapılan bu uygulama ile mümkün olan en fazla aracın durmadan geçirilmesine çalışılır. Sabit zamanlı kontroller satın almada, kurulumda, bakım ve onarım maliyetinde trafik uyarımlı sinyallerden daha ucuzdur. Komşu sinyallerle koordinasyon sağlayarak, gelişimini tamamlamış bölgelerde akımların kesintisiz devam etmesini sağlayabilirler (Alçelik, 2010).

Trafik uyarımlı kontrollerin sinyal göstergeleri sabit zamanlı kontrollerden farklı olarak belli bir uzunlukta değildir; trafik hızı ve trafik seviyesine göre cevap verecek değişiklikler vardır. Trafik uyarımlı kontroller, trafik yoğunluğu değişken olan caddelerde veya trafiğin en yoğun olduğu caddelerde, trafik karışıklıklarını minimize etmek amacı ile kullanılır (Alçelik, 2010).

Uyarımlı kontrolün diğer bir tipi ise kontrolde, işlemlerde ve trafik kontrol sinyal sistemine tavsiyede bilgisayar kontrolünü kullanır. Bilgisayar kontrollü sistemler temel olarak bir merkez bilgisayarının iletişim aracı (kablo, telefon, radyo v.s) ve alan donanımının (lokal kontroller, detektörler, vs.) bir bütünüdür (Morales, 1995).

2.3 PLC HAKKINDA GENEL BİLGİ

2.3.1 PLC Tanımı

Programlanabilir lojik denetleyici (Programmable Logic Controller, PLC) endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçeklemeye uygun yapıda giriş-çıkış birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan bir endüstriyel bilgisayardır (Kurtulan, 1999). Aşağıda Şekil 2.4’de uygulamada kullanılan Siemens S7-200 PLC cihazının dış yapısı görülmektedir.

Şekil 2.4: Siemens S7-200 PLC cihazının dış yapısı



Kaynak: Winlog, 2006

- 1) I/O LED'leri
- 2) Durum LED'leri (Sistem Hatası, Run, Stop)
- 3) Seçime Bağlı Kartuş (EEPROM, Saat, Pil)
- 4) Erişim Kapağı (Konum Şalteri (Run/Stop)), Analog Ayar Potansiyometresi, Genişleme Portu (Çoğu CPU'da)
- 5) İletişim Portu
- 6) Modül ve CPU sökme tırnağı
- 7) Montaj İçin Klips

2.3.2 PLC'li Kumanda İle Röleli Kumanda Arasındaki Farklar

PLC'li kumanda ile röleli kumanda arasındaki farklar (Karabacak, 2005):

- a) Klasik kumanda sistemleri kontaktör, zaman rölesi, sayıcı, koruma röleleri ve çeşitli butonlardan meydana gelmektedir. PLC ile yapılan sistemlerde ise zaman rölesi ve sayıcı gibi elemanlar PLC'nin içinde mevcut olduğundan bu elemanlara gerek yoktur.
- b) Klasik kumanda sistemi ile yapılan bir devrede kullanılan kontaktör ve rölelerin kontak sayıları sınırlıdır. Dolayısı ile yeni yapılacak ilavelerde yeni kontaktörlere ihtiyaç vardır. PLC ile yapılan sistemde ise kontak sayıları sınırsızdır.

- c) Klasik kumanda sistemi ile yapılan bir sistemde yapılacak değişiklik ve ilavelerde: sistem yeniden sökölerek, montaj yapılacağından masraf ve değişiklikler programın değiştirilmesi ile gerçekleştirilebilir.
- d) Klasik kumanda sistemleri ile yapılan devreler karmaşık ve zordur. PLC ile yapılan devreler ise daha basit ve kolaydır. Klasik kumanda sistemleri ile yapılan devreler çok yer kaplamaktadır. PLC ile yapılan sistemler ise daha az yer kaplamaktadır. Dolayısı ile daha estetik görünmektedir.
- e) PLC ile yapılan sistemlerin kuruluş maliyetleri yüksek olmasına rağmen ilerde yapılacak ilaveler de büyük avantajlar sağlamaktadır.

2.3.3 PLC Seçim Esasları

Bir kumanda sistemi için PLC seçiminde göz önüne alınması gereken özellikler şu şekilde sıralanabilir (Aksoy, 2004). İki seviyeli kumanda işaretlerinin bağlandığı ayrık (lojik, dijital) giriş-çıkış noktası sayısı ve elektriksel özellikleri;

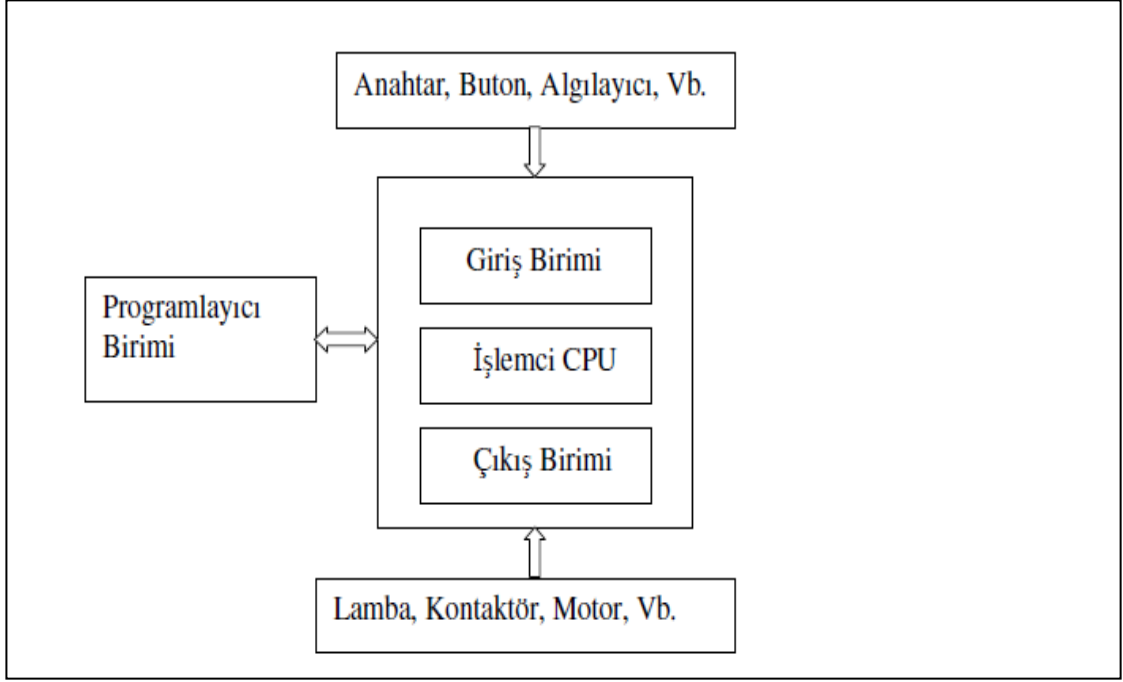
- a) Program ve veri belleği kapasitesi
- b) Komut işleme hızı
- c) Zamanlayıcı, sayıcı sayısı
- d) Gerçek-zaman saati
- e) Kesme işletim yeteneği
- f) İşletim olanakları program yedekleme olanağı
- g) Şifre koruması

PLC'nin geri beslemeli kontrol sistemlerinde kullanımı için ayrıca analog giriş-çıkış sayısı matematik işlem yeteneği ve komutların işleme hızları gibi özellikler aranır (Aksoy, 2004).

2.3.4 PLC'nin Yapısında Bulunan Birimler ve Fonksiyonları

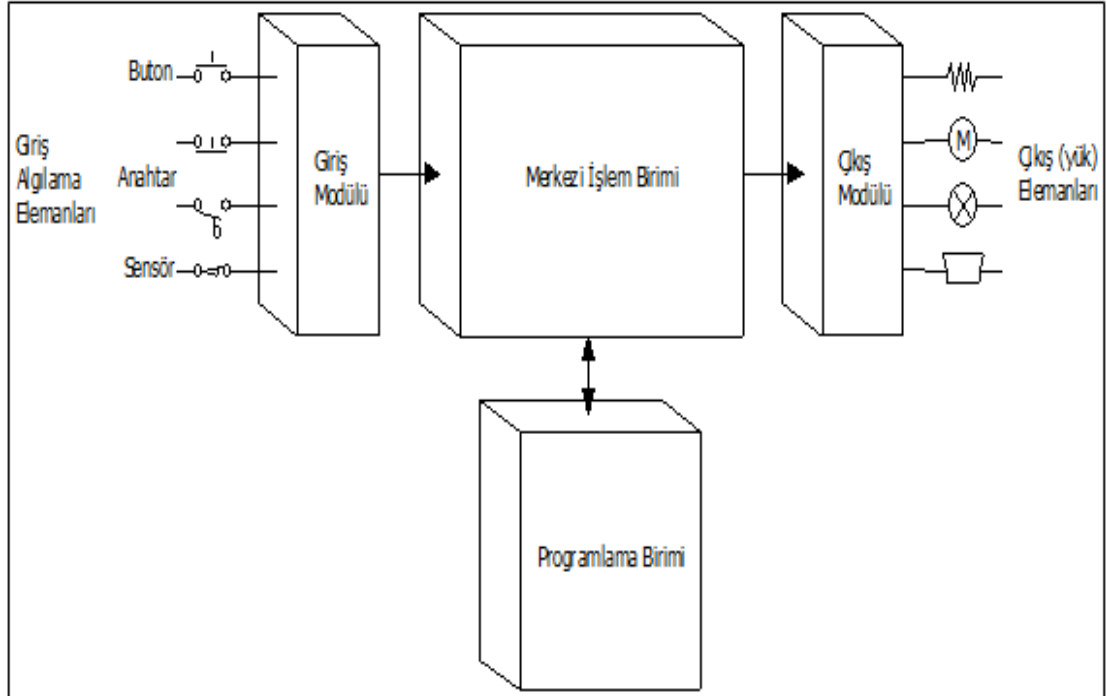
Bir PLC, genel anlamda üç temel birimden oluşur: Giriş birimi, Merkezi işlem birimi ve çıkış birimi. Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da bir PLC'nin içyapısı görölmektedir.

Şekil 2.5: PLC'nin temel yapısı



Kaynak: Özer, 2008

Şekil 2.6: PLC'nin temel bölümleri

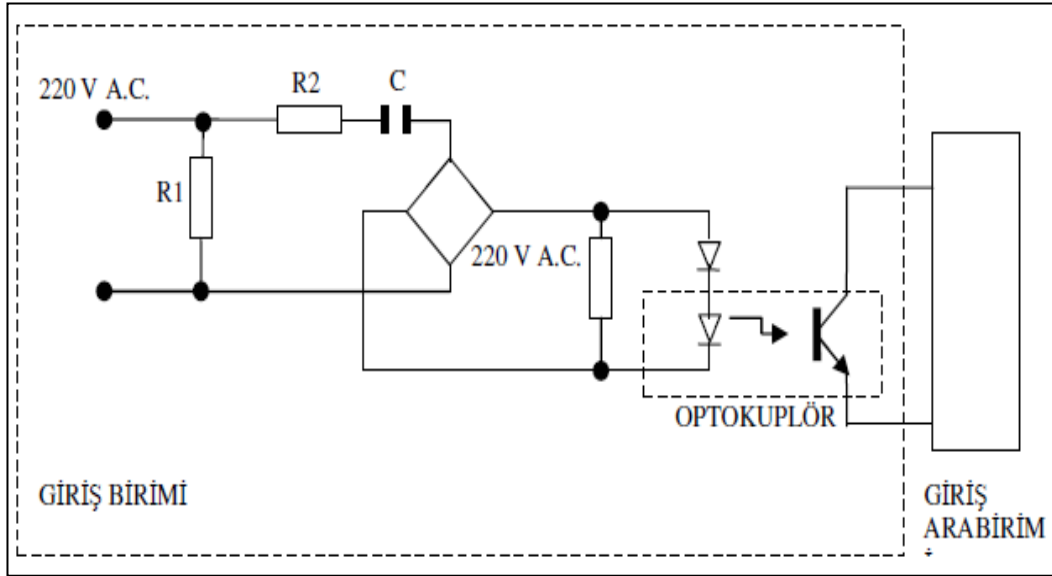


Kaynak: Kurtulan, 1999

2.3.4.1 Giriş birimi

Giriş birimi sensör dediğimiz (butonlar, anahtarlar, termik röle, termistör, yaklaşım sensörleri vb.) anahtarların bağlandığı birimdir. Giriş birimi bu sensörlerden aldığı kumanda işaretlerini lojik gerilim seviyesine dönüştürmeyi sağlar (Çetin, 2005).

Şekil 2.7: 220 VAC gerilimle uyarılan bir giriş birimi devresi



Kaynak: Çetin, 2005

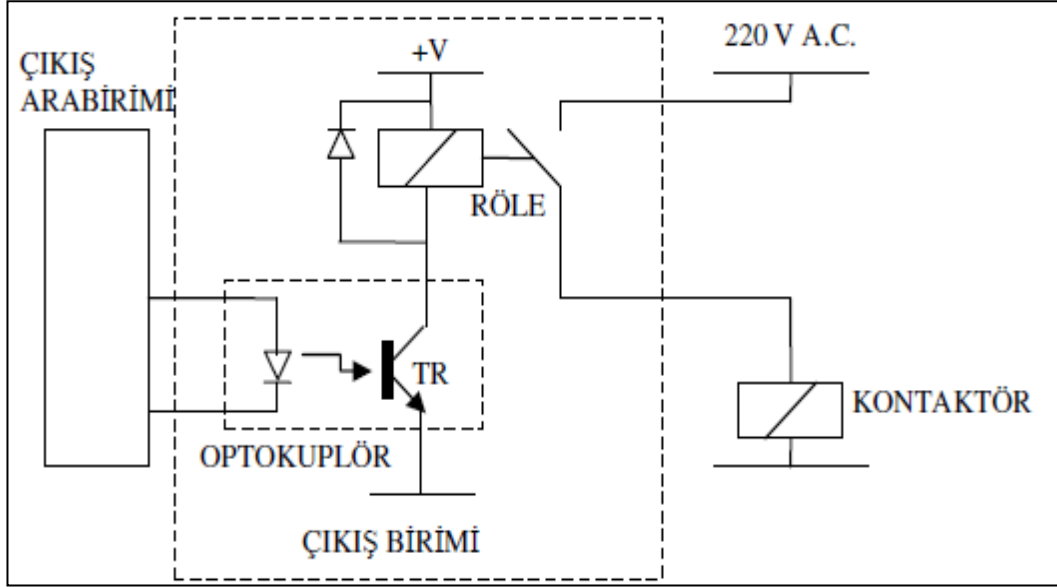
Kontrol edilen sisteme ait, basınç, seviye, sıcaklık, kumanda butonları ve yaklaşım anahtarları gibi elemanlardan gelen iki değerli yani açık-kapalı, 0 veya 1 gibi işaretler bu birimlerden alınır. PLC giriş elemanları kontrol gerilimi genellikle +24 V DC, 100V AC veya 220V AC olabilir. Yani bir giriş sinyalinin lojik 1 olarak algılanması için +24V DC olması gerekmektedir. Bu sinyaller girişteki optokuplörler vasıtasıyla +5V DC'ye dönüştürülür. Çünkü PLC içerisinde kullanılan gerilim daima +5V DC'dir. Farklı giriş ve çıkış gerilimleri için değişecek şey sadece optokuplörler olacaktır (Kurtulan, 2008).

2.3.4.2 Çıkış birimi

PLC'de üretilen lojik gerilim seviyesindeki işaretleri iş elemanlarını (kontaktörler, lambalar, elektrik motorları, selenoid valf vb.) çalıştırmak için uygun gerilim seviyesine

dönüştüren birimdir. Bu kısımda optokuplörler yardımı ile +5V DC gerilim, iş elemanlarının çalışma gerilimi olan +24 DC veya 220V AC gerilimlere dönüştürülür (Çetin, 2005). Kontaktör sürülen kontak çıkışlı (röleli) bir birimin çıkış noktasına ilişkin devre Şekil 2.8’de verilmiştir.

Şekil 2.8: Kontaktör ile sürülen röleli çıkış biriminin bir çıkış devresi

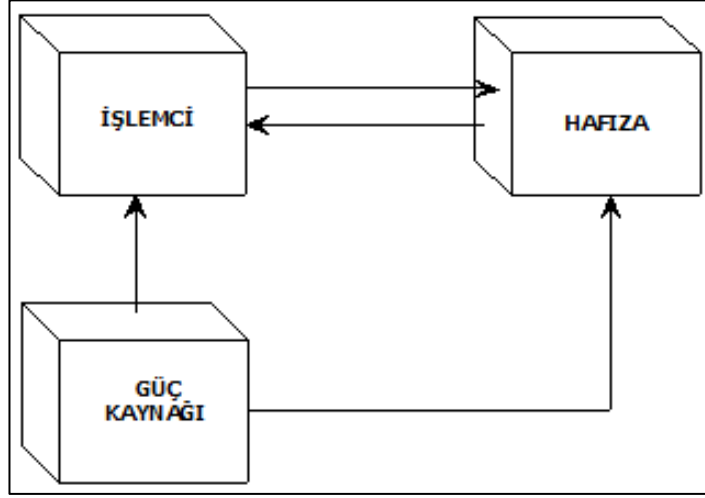


Kaynak: Çetin, 2005

2.3.4.3 Merkezi işlem birimi (CPU)

PLC belleğindeki sistem programına göre çalışmayı düzenleyen ve kullanıcı programını yürüten en önemli birimdir. Bu birim işlemci-bellek parçaları ve güç kaynağı arasındaki haberleşmeyi sağlar. İşlemci, kullanıcı programını yürüten ve PLC'nin çalışmasını düzenleyen en önemli elemandır. CPU'nun büyük bir bölümünü oluşturan işlemci-bellek birimi; mikroişlemci, hafıza üniteleri, hafızadan bilgi isteme ve saklama devreleri ve programlama aygıtlarıyla, işlemcinin ihtiyaç duyduğu haberleşme devrelerinden oluşur (Karabacak, 2005).

Şekil 2.9: Basitleştirilmiş CPU gösterimi

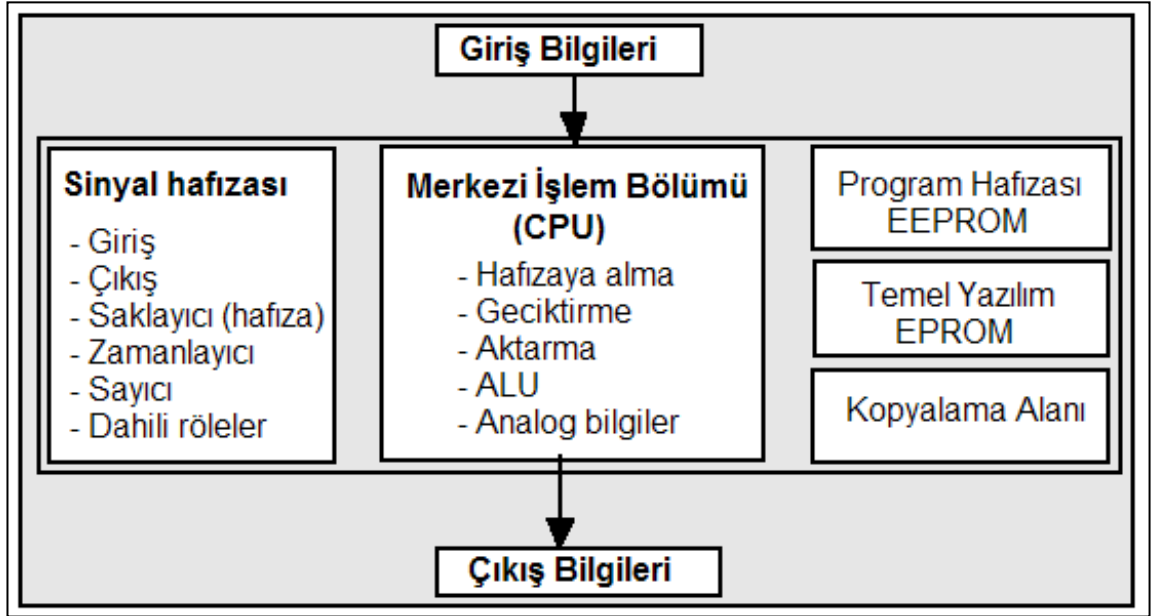


Kaynak: Karabacak, 2005

2.3.4.4 Hafıza

Yazılmış programların depolanıp saklanması amacıyla kullanılan hafızalara bellek denir. Bu bellekler RAM, ROM, EPROM, EEPROM belleklerdir. Bellek; işletim sisteminin bulunduğu program belleği, kullanıcı programının bulunduğu program belleği ve veri belleği gibi bölümlerden oluşur. Sistem belleği ve PLC'ye ait değiştirilemeyen veriler için; salt okunur bellek olan ROM bellek, veri belleği ve program belleği için rastgele erişimli RAM bellek kullanılır. EPROM olarak isimlendirilen, silinebilir, programlanabilir salt okunur bellek, PLC cihazlarında sıkça kullanılan bellek tipidir. Yazılmış olan programlar önce EPROM belleğinde saklanır ve buradan (CPU) merkezi işlem birimine gönderilir. EEPROM hafıza tipi ise EPROM hafızada olduğu gibi enerjinin kesilmesi durumunda bile eldeki bilgiler kaybolmaz. Yazma ve silme işlemlerinde özel araçlar gerekmez. PLC'ye monte edilen EEPROM veya EPROM hafızalar kaset içinde depolanmış bulunan programa göre çalışacaktır. Buna göre ROM kaset değiştirilerek istenilen program çalıştırılabilir (Kurtulan, 1999).

Şekil 2.10: PLC cihazının hafıza diyagramı



Kaynak: Çetin, 2005

Veri belleği, giriş-çıkış işaret durumları, sayıcı ve zamanlayıcı içerikleri, özel amaçlı kaydedici içerikleri, analog işaretlere ait sayısal değerlerin tutulduğu çeşitli bölümlerden oluşur. Sistem belleği, üretici firmanın geliştirdiği PLC işletim programının yüklü olduğu bellektir. Program belleği, kullanıcı tarafından yüklenen programın saklandığı bellektir (Kurtulan, 1999).

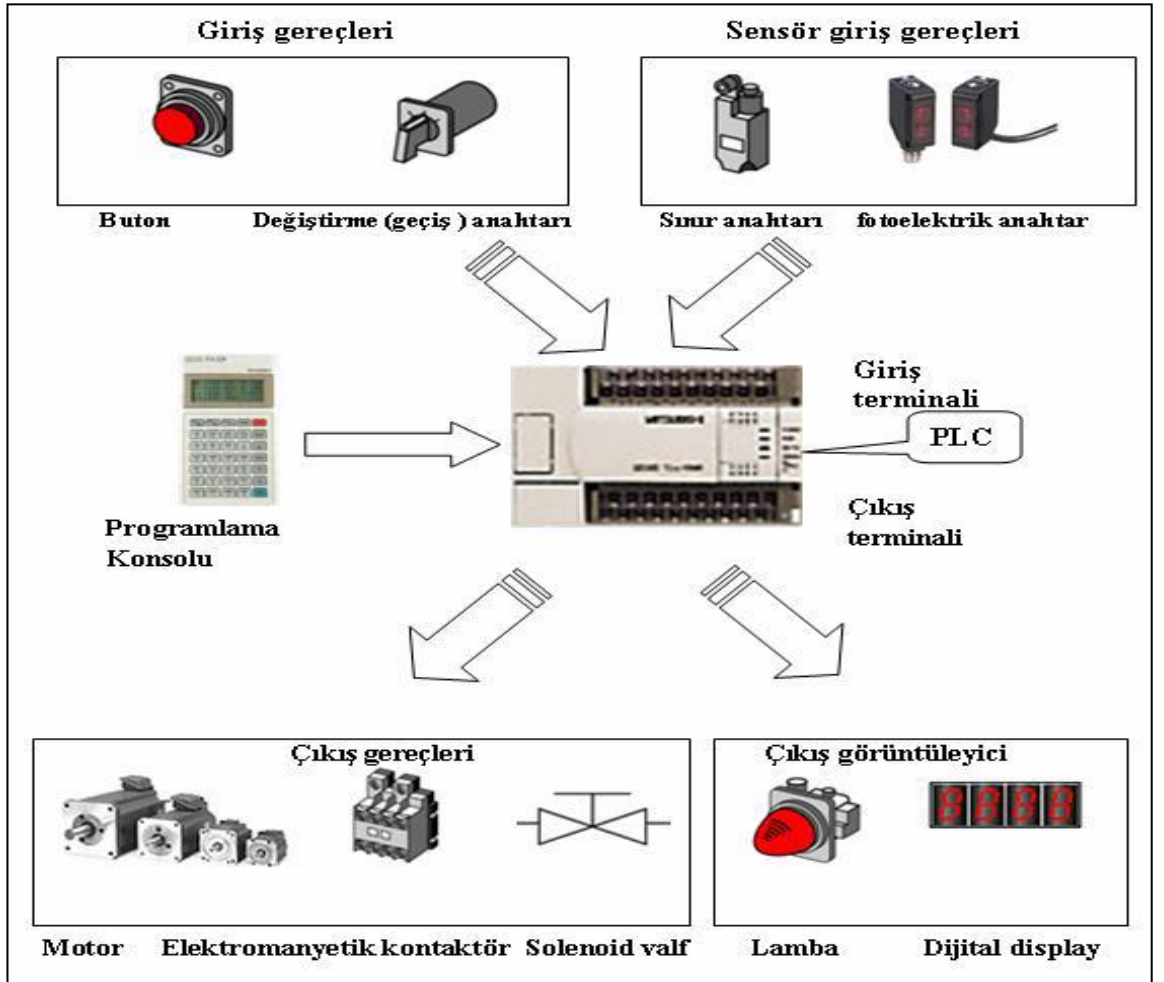
2.3.4.5 Güç kaynağı

Tüm PLC'ler de işlemcinin ve çevre birimlerin çalışmasını sağlayan bir besleme güç kaynağı ve enerji kesilmesi anında PLC'yi besleyen yedek güç kaynağına ihtiyaç vardır. PLC pil veya akü ile dâhili olarak veya şebeke gerilimi ile beslenir. Pil veya akülü besleme kaynağı, sistemin enerjisi kesildiğinde RAM'ların kesintisiz olarak beslenmesini sağlayarak uygulama programının silinmesini önler. PLC şebeke gerilimi ile beslenirse, PLC içinde bulunan güç kaynağı gerekli olan DC ve AC gerilimleri sağlar. Pil ya da akünün değiştirilmesi gerekirse mevcut program bir yere kayıt edilmelidir. Aksi halde program silinir (Karabacak, 2005).

2.3.4.6 Diğer birimler

PLC'lerde giriş ve çıkış birimleri dışında, yüksek hız sayıcısı, kesme işareti girişi, analog giriş (ADC) ve analog çıkış (DAC) gibi giriş-çıkış birimleri bulunur. Yüksek hız sayıcıları ve kesme işareti girişleri, PLC tarama çevrim süresinden daha hızlı değişen işaretlerin algılanıp değerlendirilmesi amacı ile kullanılır. Analog giriş ve çıkış birimleri ise geri beslemeli kontrol sistemlerini gerçekleştirilmesi için gereklidir. Küçük boyutlu PLC'ler de genellikle besleme kaynağı, giriş ve çıkış birimleri, işlemci birimi tümleşik olarak, büyük boyutlu PLC'ler de ise ayrı birimler biçiminde bulunur (Kurtulan, 1999).

Şekil 2.11: PLC ile giriş çıkış gereçleri arasındaki bağlantı

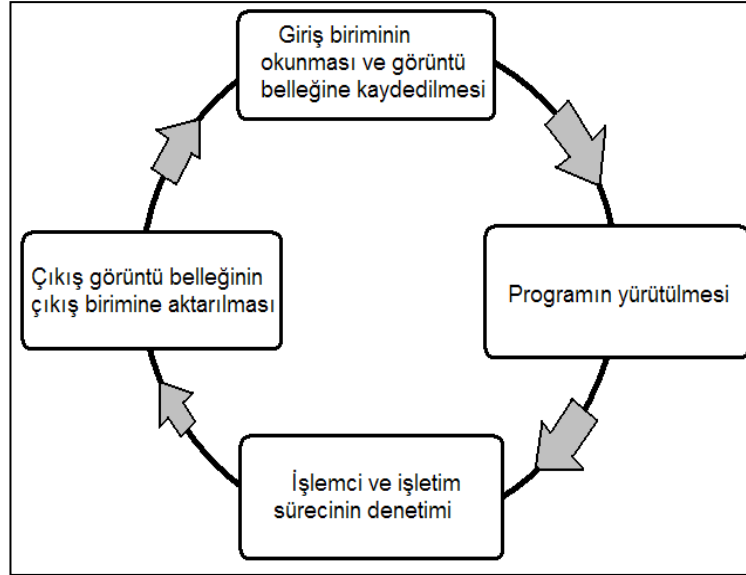


Kaynak: Kurtulan, 2008

2.3.4.7 Programlayıcı birimi

Kumanda ve kontrol amacıyla yazılan bir programın PLC program belleğine yüklenmesi bir programlayıcı birimi ile sağlanır. Programlayıcı birimi mikroişlemci tabanlı özel bir el aygıtı olabileceği gibi genel amaçlı kişisel bir bilgisayara yüklenmiş bir yazılımda olabilir. Bu birim; programın yazılması, PLC'ye aktarılması ve çalışma anında giriş/çıkış veya saklayıcı durumlarının gözlenmesi ya da değiştirilmesi gibi olanakları da sağlar (Kurtulan, 1999).

Şekil 2.12: PLC işlem evreleri



Kaynak: Kurtulan, 2008

2.4 SCADA SİSTEMLERİ VE KONTROL

2.4.1 SCADA Sistemi ve Otomasyon Genel Bilgileri

Otomasyon, en geniş tanımıyla teknik süreçlerin gerçekleştirilmesinde, insanın bizzat üretim yapma görevini, otomatik üretim ve bunu kontrol etme, izleme görevine dönüştüren bir kavram değişimidir. Burada "Kontrol" sözcüğü, teknik bir kavram olarak, kumanda ve ayar gibi anlamları kapsamaktadır. Böyle bir işlem, içinde bilgisayar ihtiva eden endüstriyel otomasyon cihaz ve sistemleri kullanarak otomatik

çalışmayı genellikle üretimi koordine etme ve yönlendirme anlamında kullanılmaktadır. Teknik süreçler, en genel şekilde enerji üretiminden başlayarak, diğer tüm temel endüstrilerdeki üretimler ve endüstrilerde kullanılan makinelerin ve süreçlerin çalışma şekilleridir. Üretim yapma yerine üretimin kontrol edilebilmesinden şu üç ana unsuru anlıyoruz:

- a) Üretimde daha yüksek verimlilik sağlama,
- b) Ekonomik üretim yapabilme ve rekabet ortamına uyum gösterebilme,
- c) İnsanın çalışma ortamında, emniyet ve konforu sağlanmasıdır.

Yirminci yüzyılın başlarında kimya endüstrisindeki baş döndürücü üretimin ana hedefi, otomasyon ile artış sağlamaktı. Burada amaç, yüksek üretim hacmi elde ederken, düşük işletme masrafları ve az yatırım ile bu işi büyük hızda başarmak idi. Diğer bir örnek ise, otomobil sanayisinden verilebilir. Transfer hatlarında üretilen standart otomobiller seri mamul olarak da Pazar tarafından kabul edilip, müşteri buluyordu. Böyle bir imalat şekli ile üretim artırılmıştı; ancak üretimde esneklikten söz edilemezdi. O zamanlar amaç, sadece talebi karşılamaktan ibaretti (Ramadan, 2004).

2.4.2 SCADA Sistemleri

Gelişen teknolojiyle birlikte, günümüz insanı da değişmekte ve bu teknolojiye ayak uydurmaktadır. İşte bu teknolojilerden birisi de sistemlerin otomatik kontrolünü sağlayan SCADA sistemleridir. Bu sistemler günümüzde endüstrinin her dalında ve bina otomasyonunda kullanılabilme özelliklerinden dolayı, büyük ve önemli tesislerin hemen hepsinde bulunmaktadır (McDonald, 1993).

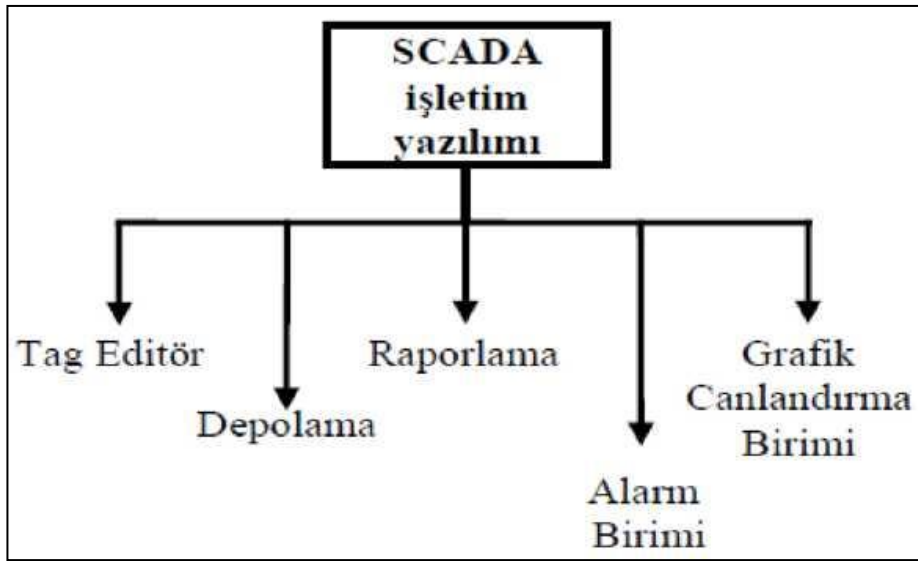
2.4.3 SCADA Sisteminin İncelenmesi

Literatürde "Supervisory Control and Data Acquisition" olarak ifade edilen "SCADA", otomasyon sistemleri tarafından kullanılmak üzere tasarlanmış bir gerçek zamanda

(Real Time'da) gözetleme, çok işlevli merkezi denetim ve bilgi toplama sistemidir. Yani SCADA sistemi geniş bir alana yayılmış cihazların (elektrik makineleri, kesici,

ayrıcı, trafo, vb.) bir merkezden bilgisayar aracılığıyla denetlenmesini, izlenmesini, önceden tasarlanmış bir mantık içinde işletilmesini ve geçmiş zaman birimlerine ait verilerin saklanması sağlayan sistemlere verilen genel bir addır. Aşağıda sistemin şematik yapısı gösterilmiştir. Bu sistem sayesinde, bir tesise veya işletmeye ait tüm elemanların kontrolünden üretim planlanmasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar bütün birimlerin kontrolü ve gözetilmesi sağlanabilir (McDonald, 1993).

Şekil 2.13: SCADA yazılımlarının temel bileşenleri

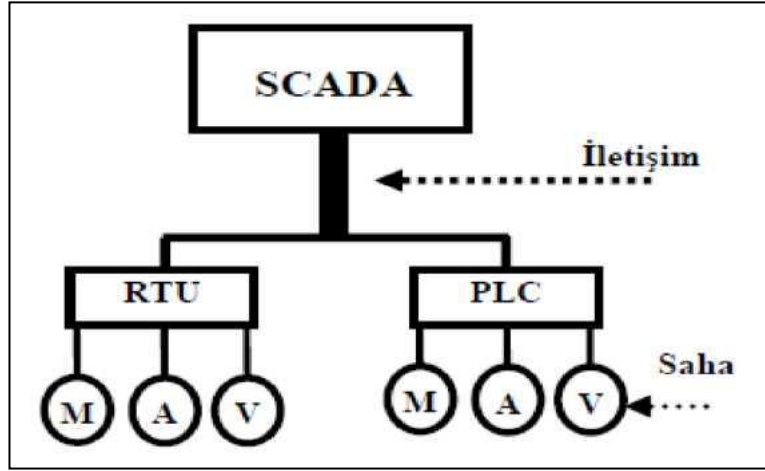


Kaynak: Karaçor, 2007

2.4.4 SCADA Sistemlerinde Kullanılan İletişim Teknikleri

SCADA sistemlerinde ana terminal ile uzak terminal arası haberleşmede iletişim ortamları taşıyan veri üzerinde olumsuz etkiler gösterir ki bunlar iletilen sinyalin bozulmasına neden olabilir. Bu sebeple veri sinyallerinin mümkün olduğunca az bozunuma uğraması için sinyal taşındığı ortama uygun hale getirilmesi (Modüle edilmesi) gerekir. Frekans ve Genlik modülasyonları kullanılan modülasyon tipleridir (McDonald, 1993).

Şekil 2.14: SCADA sistemlerinin temel yapısı



Kaynak: Karaçor, 2007

2.4.5 Kontrol Üniteleri

Kontrol üniteleri, SCADA sistemlerinin diğer önemli birimini oluşturur. Diğer bölümlerde tezde kullanılmış olan Siemens S7-200 PLC kontrol ünitesi hakkında detaylı açıklamalar yapılmıştır. Kontrol üniteleri kontrol odası seviyesinden çeşitli yardımcı işletmelerin kontrol ünitelerinden işletme ve yönetim seviyesine kadar tüm veri ve bilgileri yüksek hızlarda işleyecek bir yapıdadır. Kontrol alt birimlerine, işletme ünitelerine, çalışma sahasına ait donanım ve detektörlere bağlanarak gerekli bilgi ve veri alış verişi sağlanır (McDonald, 1993).

3. ÇALIŞMA ALANI

Arazi kullanım biçimine ve kentin genel yapısına bağlı olarak ortaya çıkacak ulaşım taleplerinin tahmini, ulaşım modelinin kalibre edilmesi ve ulaştırma ağı arasındaki ilişkileri kurabilmek için gerekli olan arazi kullanım yapısı, sosyal ve demografik özellikler ve kentle ilgili genel bilgiler elde edilerek bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Bu bölümde idari yapı, coğrafi yapı, tarihi geçmişe ve kentin trafik altyapısına dair bilgiler yer almaktadır.

3.1 KENTİN VE İLÇELERİNİN ÖZELLİKLERİ

Sakarya il sınırı 4.817 km²'lik bir alana sahiptir. Bu alan içerisinde 16 ilçe bulunmaktadır. Nüfusu 888.556 kişi olup, bu nüfusun yüzde 75'i kent ve ilçe merkezlerinde yaşamaktadır. Nüfus yoğunluğu 2011 yılı verilerine göre km² başına 184 kişidir.

Tablo 3.1: Sakarya ili idari sınır bilgileri

Nüfus (Toplam)	888.556
Şehir Nüfus Oranı (%)	75
Köy Nüfus Oranı (%)	25
Yıllık Nüfus Artış Hızı (Binde)	18
Yüzölçümü (km ²)	4.817
Yüzölçümü bakımından sırası	66
Nüfus Yoğunluğu (km ²) (Türkiye= 96)	184
İlçe Sayısı	16
Belediye Sayısı	29
Köy Sayısı	426

Kaynak: SUAP

ADAPAZARI: Adapazarı ilçesi doğusunda Hendek ve Akyazı ilçeleri, güneyinde ve güneydoğusunda Erenler ilçesi, batısında Kocaeli il sınırı, kuzeyinde Söğütü ve

Kaynarca ilçeleri, güneybatısında ise Serdivan ve Arifiye ilçeleri ile sınırlıdır. İlçenin yüzölçümü 645 km² olup, deniz seviyesinden yüksekliği 31 metredir.

AKYAZI: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Mücavir Alan sınırının güneydoğusunda yer alan ilçenin doğu sınırında Bolu İli, kuzeydoğusunda Hendek ilçesi, güneyinde Bolu İli, güneybatısında Taraklı İlçesi, batısında Karapürçek ve Erenler İlçeleri, kuzeybatısında ise Adapazarı İlçesi bulunmaktadır. İlçenin il merkezine uzaklığı 29 kilometredir. İlçenin yüzölçümü 654 km² olup, deniz seviyesinden 43 metre yükseklikindedir.

ARİFİYE: Arifiye Sapanca Gölünün doğusunda, Adapazarı'nın güneyinde yer almaktadır Arifiye'nin doğusunda Hanlı Beldesi ve Nehirkent Beldesi, batısında Sapanca Gölü ve Sapanca ilçesinin sınırı, kuzeyinde D-100 Karayolu ve Adapazarı, güneyinde Sapanca'ya bağlı Akçay Köyü bulunmaktadır. İlçenin il merkezine uzaklığı 8 kilometredir.

ERENLER: Sakarya İli Erenler ilçesinin doğu sınırında Akyazı İlçesi, güneydoğusunda Karapürçek, batısında Arifiye ve kuzeyinde Adapazarı İlçeleri bulunmaktadır. İl merkezine uzaklığı 1 km'dir.

FERİZLİ: Sakarya İli Ferizli ilçesinin doğusunda Sakarya nehri ile sınırlı Karasu ilçesi, kuzey sınırında Karasu, güneyinde Söğütlü, güneydoğusunda Hendek, batısında ise Kaynarca ilçesi bulunmaktadır. İlçenin il merkezine uzaklığı 22 kilometredir. İlçenin yüzölçümü 160 km² olup, deniz seviyesinden 50 metre yükseklikindedir. İlçe sınırları içindeki en büyük göl Gökent kasabasındaki Akgöl'dür.

GEYVE: Sakarya ili Geyve ilçesi doğusunda Taraklı ilçesi, batısında Pamukova ilçesi güneyinde Bilecik sınırı, kuzeyinde ise Sapanca ve Arifiye ilçeleri yer almaktadır. Yüzölçümü 780 km² olup deniz seviyesinden 124 m yüksekliği vardır.

KAYNARCA: Sakarya ili Kaynarca ilçesi Kocaeli yarımadasının doğu uzantısındadır. Doğusunda Karasu ilçesi, güneyinde Adapazarı ilçesi vardır. Yüzölçümü 360 km² olup deniz seviyesinden 50 m'dir. İlçe merkezine uzaklığı 30 km'dir.

KARASU: Sakarya ili Karasu ilçesi doğusunda Kocaali ilçesi, batısında Kaynarca ilçesi, güneyinde Ferizli ve Hendek ilçeleri, kuzeyinde Karadeniz yer almaktadır. Yüzölçümü 457 km²'dir. İl merkezine uzaklığı 50 km'dir.

KOCAALİ: Sakarya ili Kocaali ilçesi doğusunda Düzce, batısında Karasu ilçesi, güneyinde Hendek ilçesi, kuzeyinde Karadeniz bulunmaktadır. Yüzölçümü 315 km²'dir. İl Merkezine uzaklığı 65 km'dir.

HENDEK: Sakarya İli Hendek ilçesinin doğuda doğal sınırını oluşturan Sakarya Nehri ve Düzce İli, güneyinde ve güneydoğusunda Akyazı İlçesi, batısında Söğütlü, kuzeyinde ise Karasu ilçesi bulunmaktadır. İlçenin il merkezine uzaklığı 32 kilometredir. İlçenin yüzölçümü 581 km² olup, deniz seviyesinden 175 metre yükseklikindedir.

KARAPÜRÇEK: Sakarya İli Karapürçek ilçesinin doğusunda Akyazı İlçesi, güneybatısında Geyve İlçesi, batısında Arifiye ve Erenler ilçeleri bulunmaktadır. İlçenin il merkezine uzaklığı 23 kilometredir. İlçenin yüzölçümü 127 km² olup, deniz seviyesinden 84 metre yükseklikindedir.

SAPANCA: Sakarya İli Sapanca ilçesinin kuzeyinde Sapanca Gölü, doğusunda Arifiye, güneyinde Samanlı Dağları, Geyve ve Pamukova İlçesi, batısında da Kocaeli merkez ilçesi İzmit bulunmaktadır. İlçenin il merkezine uzaklığı 17 kilometredir. İlçenin yüzölçümü 119 km² olup, deniz seviyesinden 30 metre yükseklikindedir.

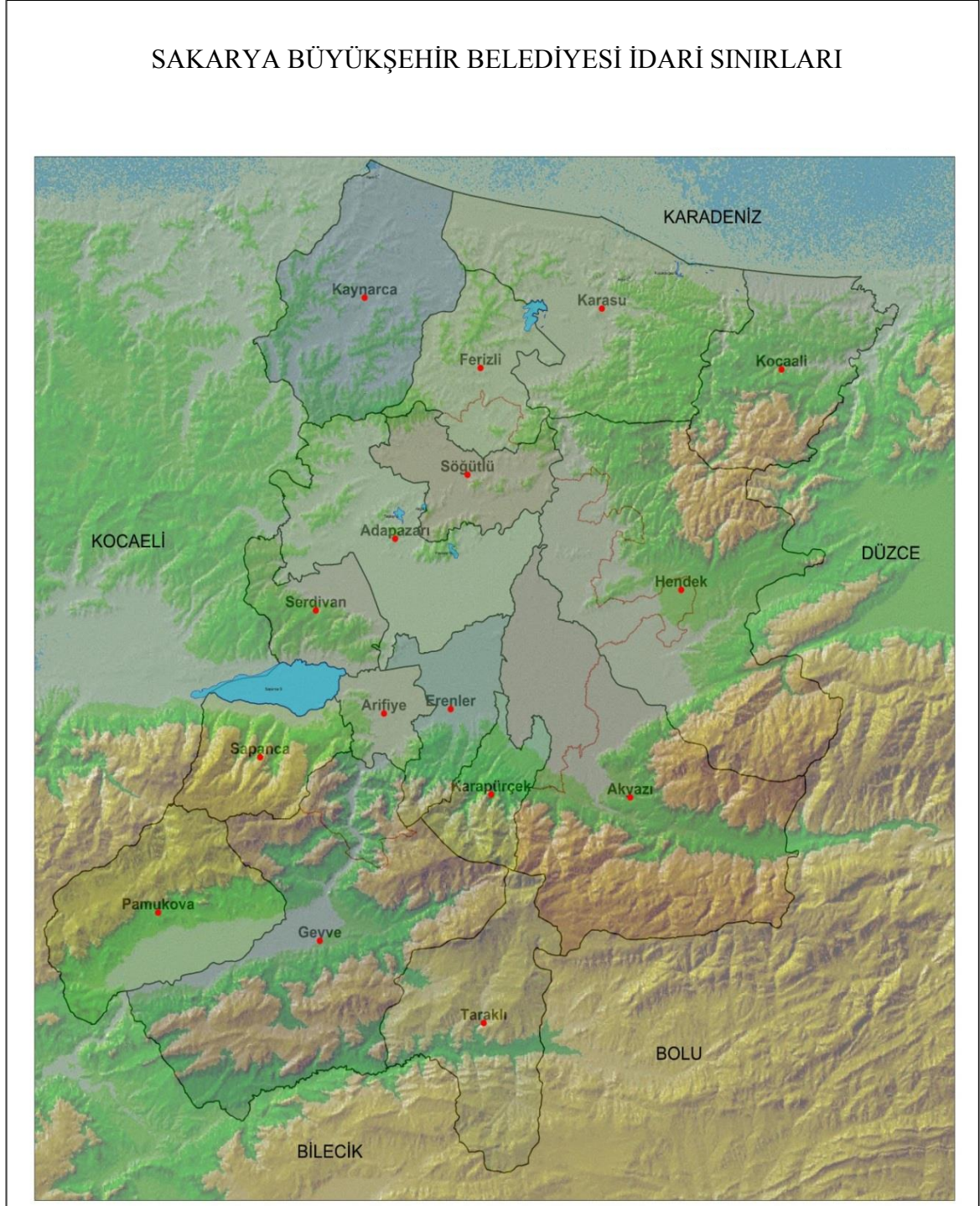
SERDİVAN: Sakarya İli Serdivan ilçesinin doğuda ve kuzeyde Adapazarı İlçesi, güneyinde Arifiye İlçesi ve Sapanca Gölü, batısında Kocaeli İli bulunmaktadır.

SÖĞÜTLÜ: Sakarya İli Söğütlü ilçesinin doğusunda Hendek ilçesi batısında ve güneyinde Adapazarı ilçesi kuzeyinde ise Kaynarca ve Ferizli bulunmaktadır. İlçenin il merkezine uzaklığı 26 kilometredir. İlçenin yüzölçümü 141 km² olup, deniz seviyesinden 31 metre yükseklikindedir.

PAMUKOVA: Sakarya ili Pamukova ilçesi doğusunda Geyve ilçesi, Kocaeli, kuzeyinde Sapanca ve Adapazarı, güneyinde ise Bilecik bulunmaktadır. Yüzölçümü 780 km²'dir.

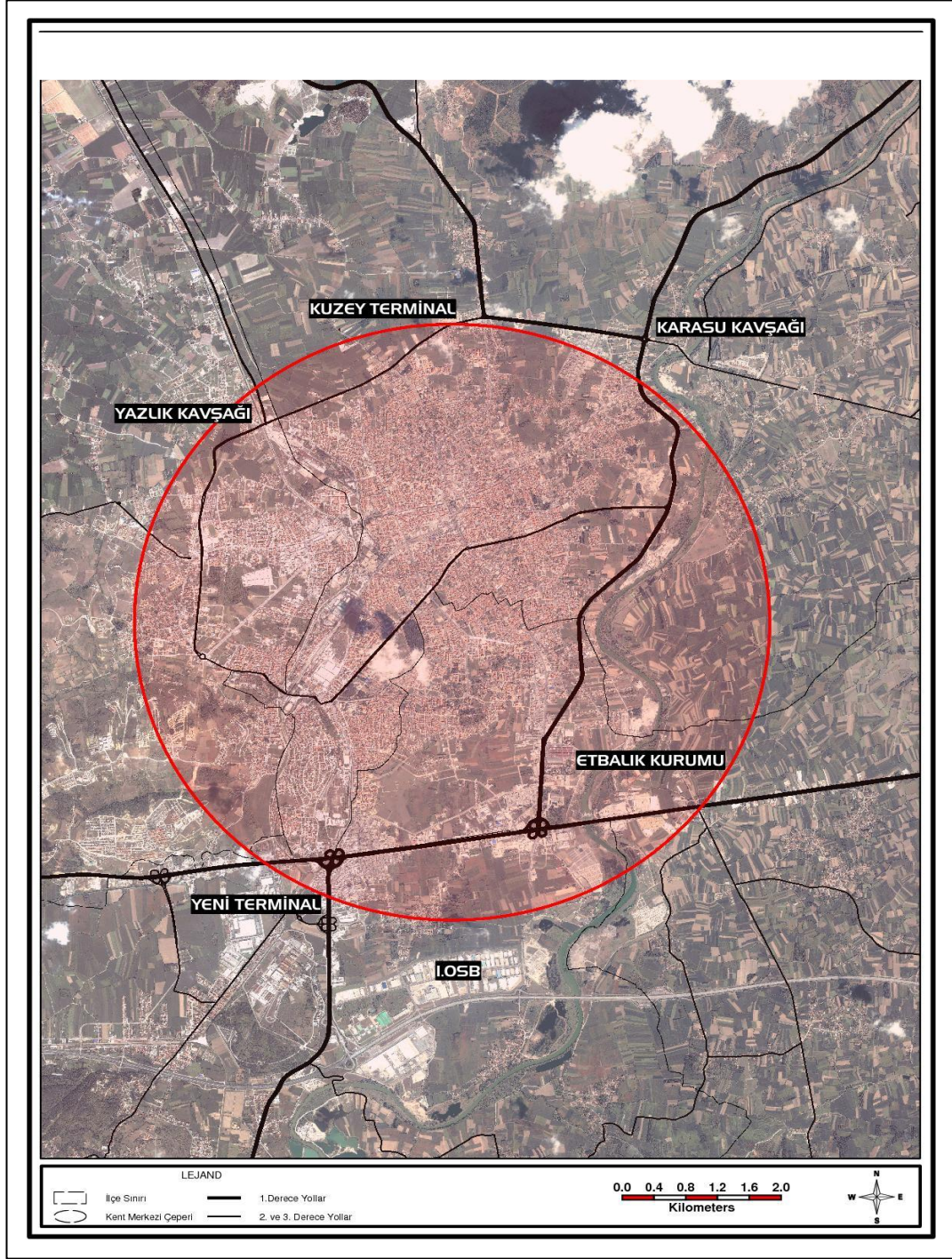
TARAKLI: Sakarya ili Taraklı ilçesi doğusunda Bolu ili, batısında Geyve ilçesi, güneyinde Bilecik kuzeyinde Akyazı ve Karapürçek ilçeleri bulunmaktadır. İl merkezine uzaklığı 65 km'dir.

Şekil 3.1: Kentin idari sınırları



Kaynak: SUAP

Şekil 3.2: Sakarya kent merkezi çeperi



Kaynak: SUAP

Şekil 3.2’de bu bölgeler oluşturulurken mahalle ve köylerin karakteristik özellikleri, nüfusları, konut sayıları öncelikli kriterlerdir. Bölgeler oluşturulurken ilçe, büyükşehir belediye sınırı da göz önüne alınmıştır.

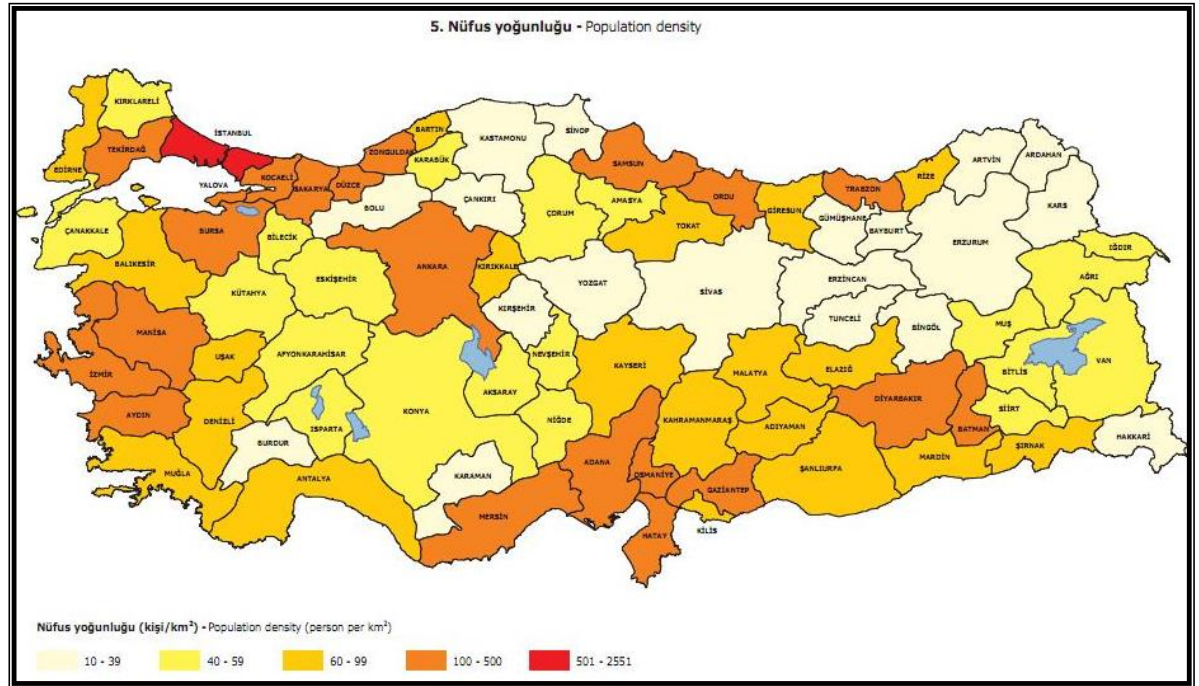
3.2 SOSYAL VE DEMOGRAFİK ÖZELLİKLER

Bu bölümde ulusal nüfus verileri, uzak çevre nüfus bilgileri ve ilçeler bazında yakın çevre nüfus bilgileri yer almaktadır.

3.2.1 Ulusal Veriler (Nüfus Bilgileri)

Sakarya ilinin özellikle il statüsünü kazandığı 1954'ten 2000 yılına kadar geçirdiği dönemde 3 kat nüfus artışı ile nüfus gelişimi oldukça dinamik bir yapı özelliği sergilemektedir. İlin 2011 yılı nüfusu 888.556'dır. Şehir nüfusu 664.813 (yüzde 75), köy nüfusu ise 223.743 (yüzde 25)'dür. Yıllık nüfus artış hızı yüzde 1.8'dir. Nüfus yoğunluğu 184,25 kişi/km² ve yüzölçümü 4817 km²'dir.

Şekil 3.3: Türkiye illeri nüfus yoğunluğu haritası



Kaynak: SUAP

Sakarya ili ile Türkiye genel nüfus karşılaştırıldığında Sakarya'nın Türkiye nüfusu içindeki payının değişiklik gösterdiğini görmekteyiz. Özellikle 1999 Adapazarı depreminden sonra nüfus olarak azalan Sakarya, daha sonraki yıllarda gelişen sanayi sonucu göç almaya devam etmiştir.

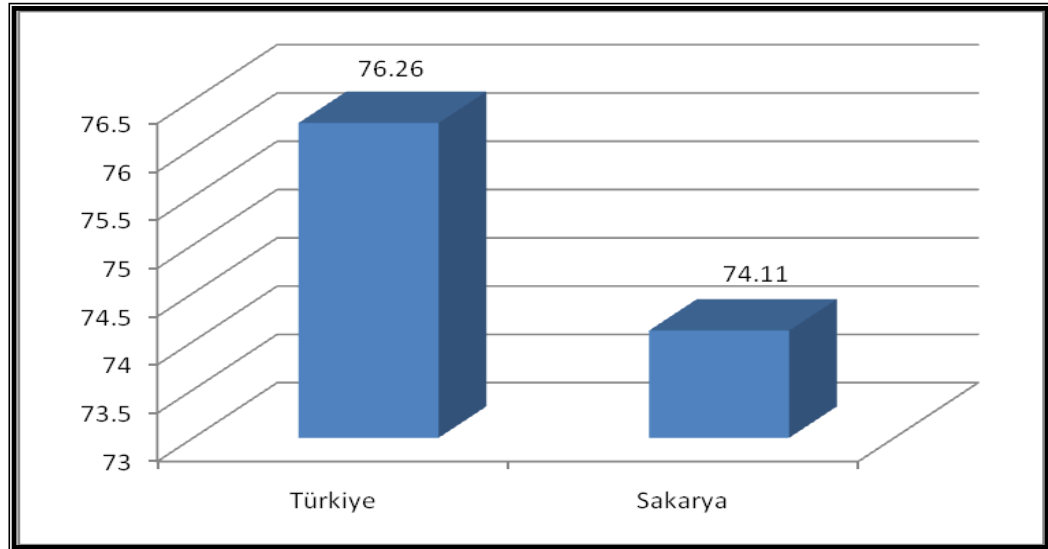
Tablo 3.2: Türkiye-Sakarya 1965-2011 nüfus karşılaştırması

YILLAR	TÜRKİYE NÜFUSU	TÜRKİYE KENTSEL NÜFUSU	SAKARYA NÜFUSU	SAKARYA KENTSEL NÜFUSU	TÜRKİYE'DE KENTSEL NÜFUS ORANI (%)	TÜRKİYE KENTSEL NÜFUSUNDA SAKARYA KENTSEL NÜFUSUNUN PAYI (%)	TÜRKİYE NÜFUSU İÇİNDE SAKARYA'NIN PAYI (%)
1955	24.064.763	6.927.343	297.108	74.277	28.79	1,07	1,23
1960	27.754.820	8.859.731	361.992	111.064	31.92	1,25	1,30
1965	31.391.421	10.805.817	404.078	124.936	34.42	1,15	1,28
1970	35.605.176	13.691.101	459.052	152.277	38.45	1,11	1,29
1975	40.347.719	16.869.068	495.649	172.210	41.81	1,02	1,22
1980	44.736.957	19.645.007	548.747	195.069	43.91	0,99	1,22
1985	50.664.458	28.865.757	610.500	227.625	53.03	0,84	1,20
1990	56.473.035	33.656.275	683.061	297.759	59.50	0,88	1,21
2000	67.8039.27	44.006.274	756.168	459.824	64.90	1,03	1,11
2010	73.722.988	56.222.356	872.872	646.899	76.26	1,15	1,18
2011	74.724.269	57.385.706	888.856	664.813	76,79	1,16	1,19

Kaynak: SUAP

2010 yılı verilerine dayanarak Türkiye genelinde kentleşme oranı 76,26 iken, Sakarya il genelinde bu oran 74,11 oranındadır.

Şekil 3.4: Türkiye-Sakarya kentleşme oranı karşılaştırılması



Kaynak: SUAP

Sakarya ilinde kentsel ve kırsal nüfus ayrımını bakıldığında, Cumhuriyet sonrası yıllarda kırsal nüfusun giderek azaldığını ve köyden kente göçlerin başladığı

görülmektedir. Bu oran 2011 senesinde 3 kata kadar çıkmış, kentsel nüfus giderek artmıştır.

Tablo 3.3: Sakarya il nüfus bilgileri

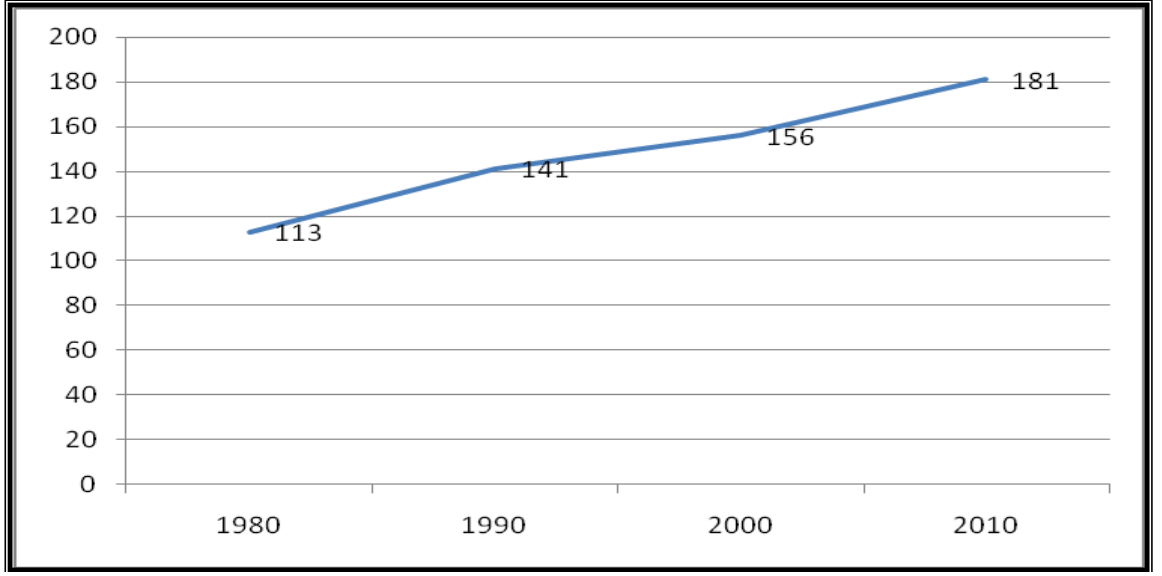
Sakarya il nüfus bilgileri												
Yıl	Toplam	Değişim	Sıra	Yüzde	Kır - Şehir				Erkek - Kadın			
1965 ^[6]	404.078	—	34	%1.29	279.142	%69	%31	124.936	203.896	%50.5	%49.5	200.182
1970 ^[7]	459.052	%14 ▲	32	%1.29	306.775	%67	%33	152.277	228.431	%49.8	%50.2	230.621
1975 ^[8]	495.649	%8 ▲	32	%1.23	323.439	%65	%35	172.210	253.371	%51.1	%48.9	242.278
1980 ^[9]	548.747	%11 ▲	32	%1.23	353.678	%64	%36	195.069	276.046	%50.3	%49.7	272.701
1985 ^[10]	610.500	%11 ▲	31	%1.2	382.875	%63	%37	227.625	307.106	%50.3	%49.7	303.394
1990 ^[11]	683.061	%12 ▲	29	%1.21	385.302	%56	%44	297.759	345.201	%50.5	%49.5	337.860
2000 ^[12]	756.168	%11 ▲	28	%1.12	296.344	%39	%61	459.824	384.140	%50.8	%49.2	372.028
2007 ^[13]	835.222	%10 ▲	22	%1.18	241.108	%29	%71	594.114	416.508	%49.9	%50.1	418.714
2008 ^[14]	851.292	%2 ▲	22	%1.19	229.246	%27	%73	622.046	426.366	%50.1	%49.9	424.926
2009 ^[15]	861.570	%1 ▲	22	%1.19	228.412	%27	%73	633.158	431.261	%50.1	%49.9	430.309
2010 ^[16]	872.872	%1 ▲	22	%1.18	225.973	%26	%74	646.899	436.494	%50	%50	436.378
2011 ^[17]	888.556	%2 ▲	22	%1.19	223.743	%25	%75	664.813	445.863	%50.2	%49.8	442.693

Kaynak: SUAP

Not: Değişim, bir önceki nüfus sayımına göre değişimin yüzde olarak oranıdır. Sıra, Sakarya il nüfusunun Türkiye illeri arasındaki sıralamasıdır. Yüzde, Sakarya il nüfusunun, Türkiye nüfusuna oranıdır.

Sakarya kent bütünü içerisindeki nüfus yoğunluğu yıllara göre ivmeli bir hareket göstererek artmış olup 2011 senesi içinde 184 kişi/ha seviyesine ulaşmıştır. 1980 yılında 113 kişi/ha olan nüfus yoğunluğu ileriki yıllarda artış göstererek 2010 yılında 181 kişi/ha ulaşmıştır.

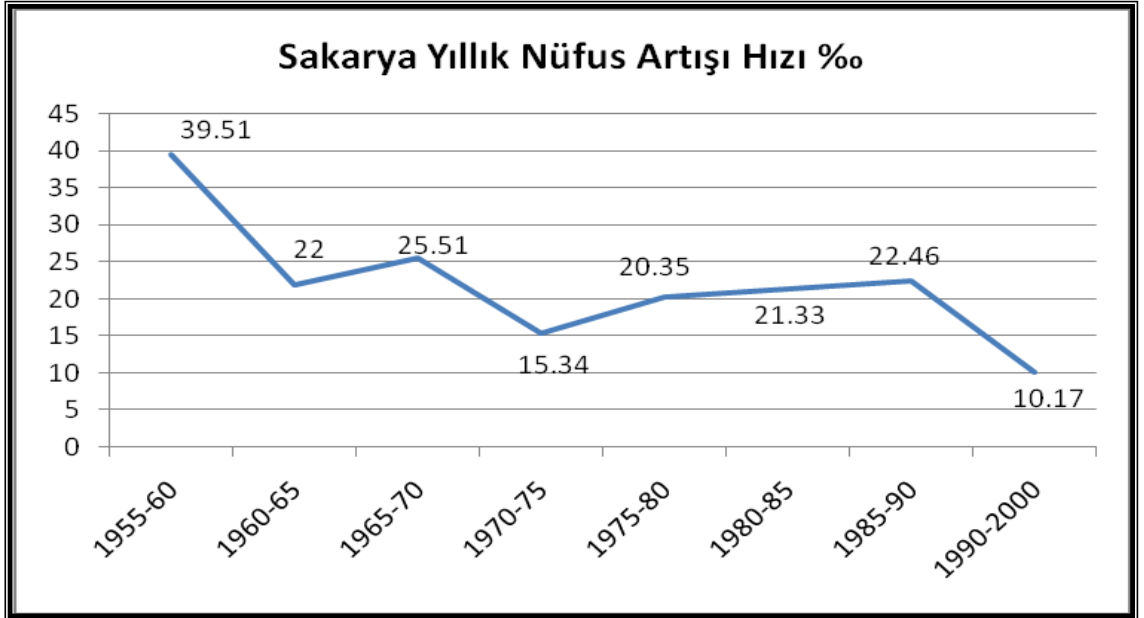
Şekil 3.5: Sakarya ili nüfus yoğunluğunun yıllara göre değişimi



Kaynak: SUAP

Sakarya ilinin yıllık nüfus artış hızında inişli çıkışlı bir grafik gözlenmektedir. 1955-60 yıllarında 39.51 oranında artış söz konusu iken bu oran 1990-2000 yıllarına gelindiğinde 10.17 oranında olduğu görülmüştür.

Şekil 3.6: Sakarya ili yıllık nüfus artış hızı grafiği

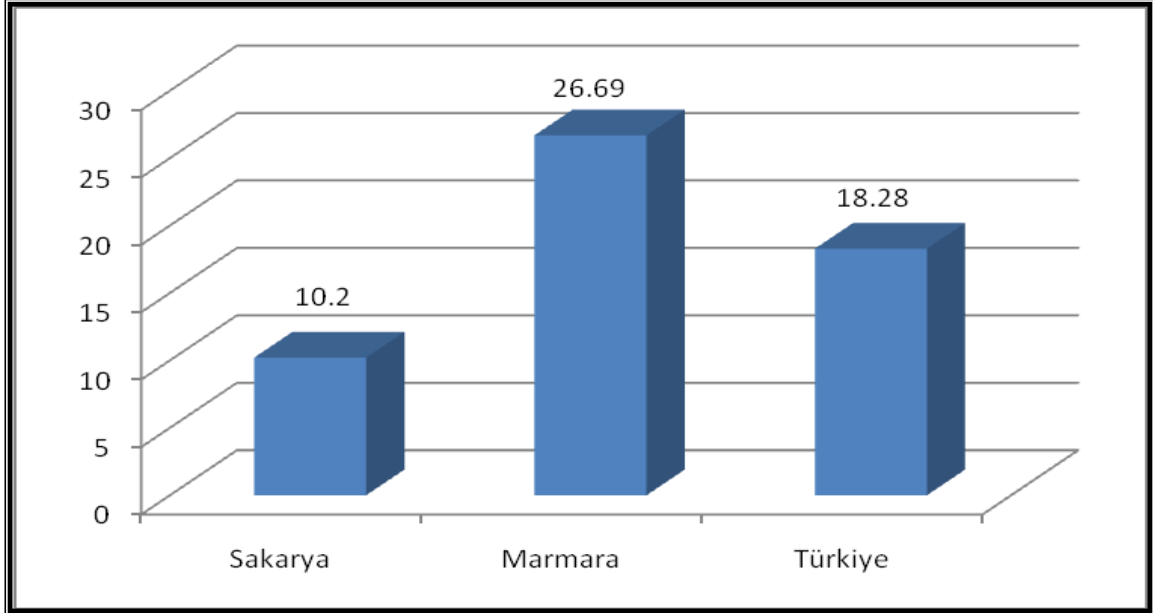


Kaynak: SUAP

Türkiye ve Marmara Bölgesi ile Sakarya ilinin nüfus artış oranının karşılaştırılmasına bakıldığında il verileri ortalamaların altında bulunmaktadır. 2010 yılı verilere göre

Türkiye'nin yıllık nüfus artış hızı 26,69, Marmara Bölgesi'nin 18,28 iken Sakarya'nın 10,2 oranında olduğu görülmektedir.

Şekil 3.7: Sakarya ilinin nüfus artış hızının Marmara bölgesi ve Türkiye ile karşılaştırılması

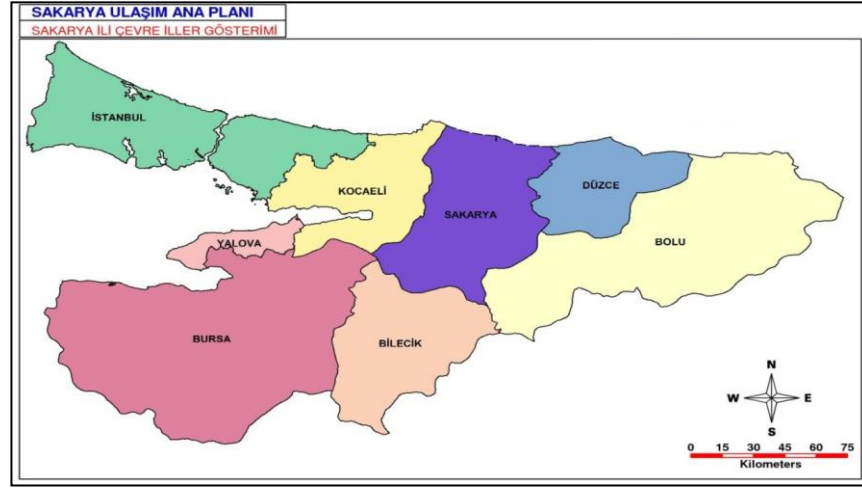


Kaynak: SUAP

3.2.2 Uzak Çevre (Nüfus Bilgileri)

Sakarya ili Marmara Bölgesi'nin Doğu Marmara kısmında yer almakta olup doğusunda Düzce, güneydoğusunda Bolu, güneyinde Bilecik, batısında da Kocaeli ili yer almaktadır.

Şekil 3.8: Sakarya ve çevre iller



Kaynak: SUAP

Sakarya ili komşu ilçeleri arasında km cinsinden en uzak mesafeye sahip olan il 159 km ile Bursa ilidir. En yakın mesafeye sahip il ise 37 km ile Kocaeli ilidir.

Bu komşu iller arasında nüfus karşılaştırmasına bakıldığında Sakarya ili 888.856 nüfusu ile 3.sıradadır. En fazla nüfusa sahip il 2.652.126 ile Bursa, sonrasında ise 1.601.720 kişi ile Kocaeli gelmektedir. En az nüfusa sahip olan il ise 203.849 kişi ile Bilecik ilidir.

Tablo 3.4: Sakarya çevre illeri nüfusları ve mesafeleri

İLLER	TOPLAM NÜFUS	SAKARYA'YA OLAN UZAKLIK (km)
Sakarya	888.556	-
Kocaeli	1.601.720	37
Bolu	276.506	114
Yalova	206.535	102
Bilecik	203.849	99
Bursa	2.652.126	159

Kaynak: SUAP

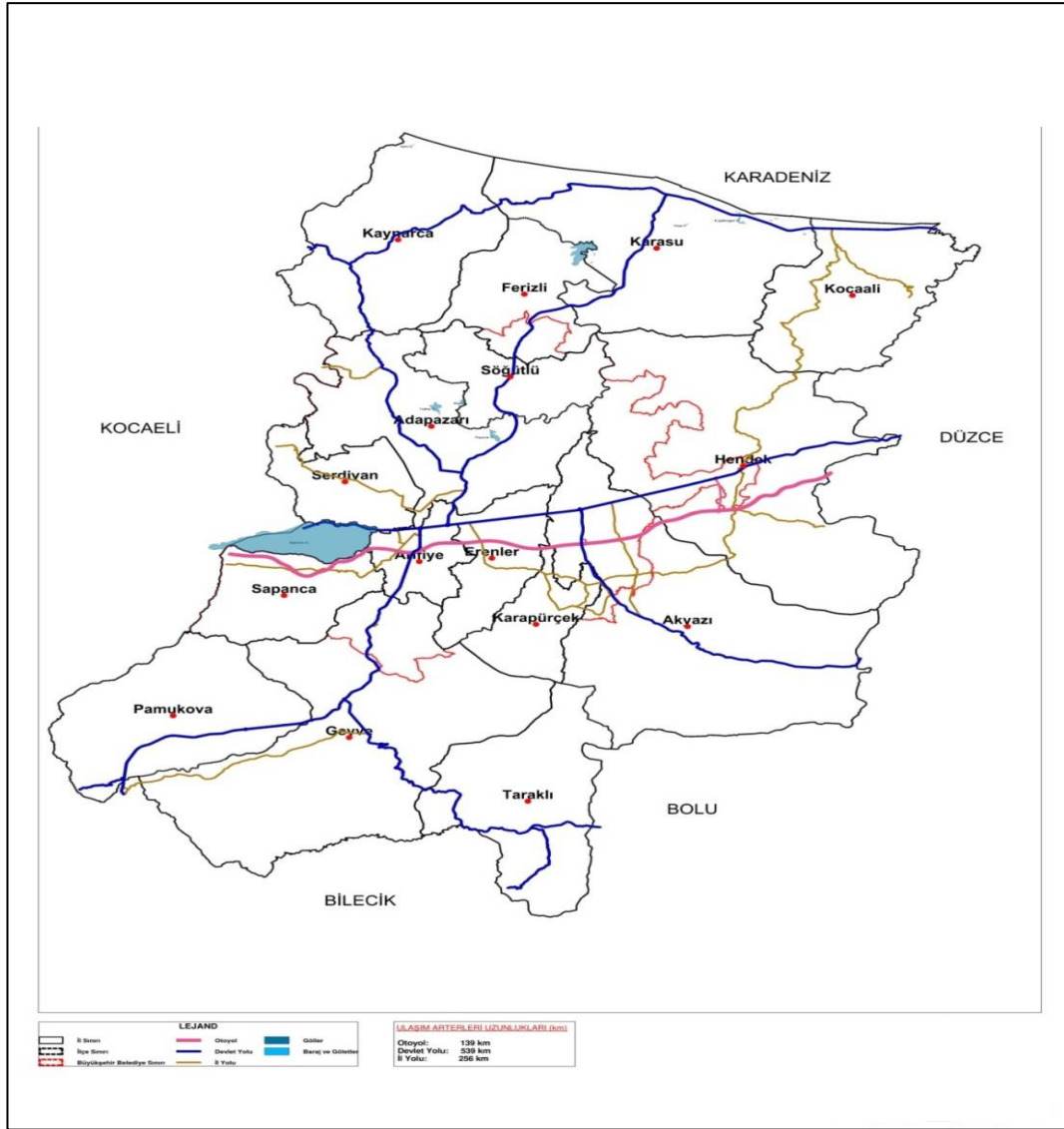
Bilecik İli'nin toplam nüfusu 203,849'dur. Bu il de en fazla nüfusa sahip ilçe 67,524 kişi ile Bozüyük ilçesidir. Bolu ilinin 2011 yılı toplam nüfusu 276,506'dır. En fazla nüfusa sahip ilçe ise 167,343 kişi ile Merkez ilçedir. Düzce ilinin 2011 yılı toplam nüfusu 342,146'dır. Bu ilçede en büyük nüfusa sahip ilçe 203,095 kişi ile Merkez ilçedir.

Kocaeli ili 1.601.720 kişilik nüfusu ile Sakarya ilinin en fazla nüfusa sahip komşu ilidir. İlde en fazla nüfusa 322,588 kişi ile merkez İzmit ilçesi sahiptir.

3.3 KARAYOLU ULAŞIMI

Sakarya il bütününde içerisinde karayolu ulaşım ağı mevcut bilgilere göre 6.013 km asfalt, parke kilit taş, gibi farklı envantere sahip karayol ağı bulunmaktadır. Bu karayol ağı içerisinde Sakarya İli bütününde olan otoyol, devlet yolu, il yolu, sokak, cadde, köy yolu gibi tüm yol tipleri bulunmaktadır.

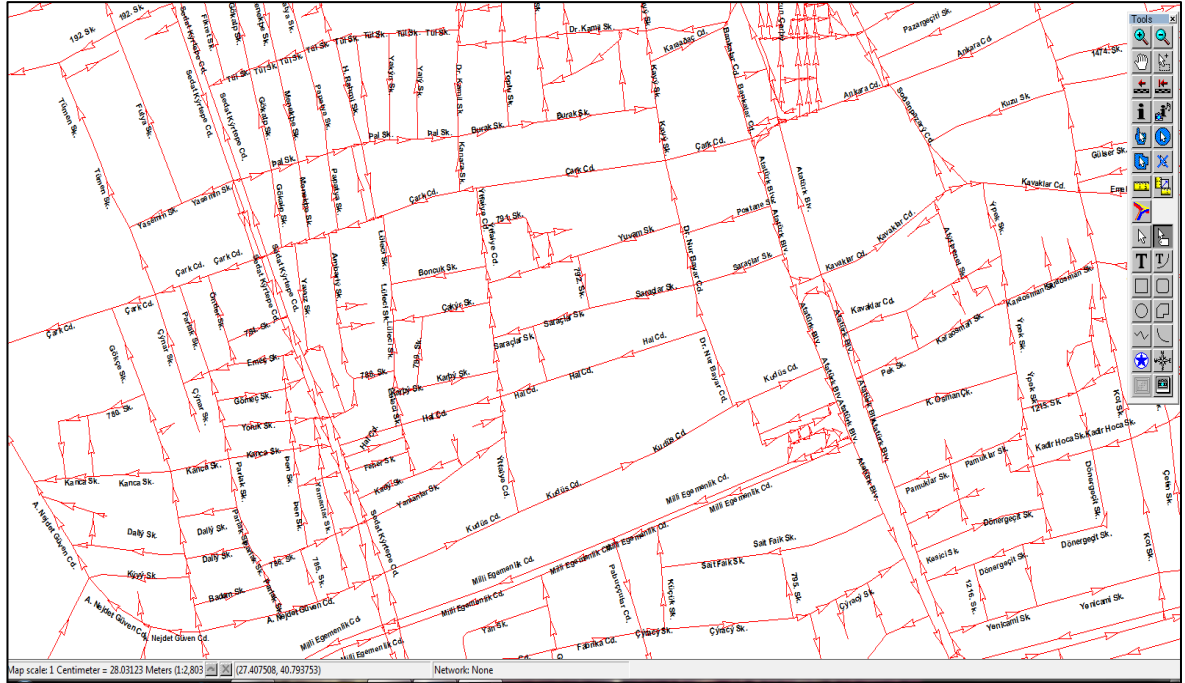
Şekil 3.9: Sakarya il geneli ulaşım ana arterleri



Kaynak: SUAP

Kentin, ülke transit trafiğine hizmet eden en önemli arteri, otoyol sınıfında olan ve ili doğu batı aksında bölen TEM olup, uzunluğu bağlantı yollarıyla birlikte yaklaşık 140 km'dir. Kentin diğer önemli arteri D-100 karayolu devlet yolu statüsünde olup, yaklaşık TEM uzunluğundadır. İlin diğer arter niteliğindeki devlet yolu, kuzeye Karasu ilçesine ve oradan da, Kocaali ve Kaynarca ilçelerine bağlanan ve bölünmüş yol niteliğindeki (D-650) karayolu; ve Pamukova'ya bölünmüş yol olarak bağlanan (D-650) yollardır. Diğer devlet yolları, Geyve, Taraklı ve Akyazı yolları olup, bu yollar bölünmüş değildir.

Şekil 3.10: Mevcut trafik dolaşım şeması (Adapazarı merkezi)



Kaynak: SUAP

Şekil 3.10'de mevcut trafik dolaşım sistemi Adapazarı ilçe merkezinden bir alan alınarak ayrıntılı bir biçimde gösterilmiştir.

3.4 KENTTEKİ MOTOR TAŞIT SAHİPLİLİĞİ

Sakarya kenti bulunduğu konum itibari ve sosyo-ekonomik gelişmişliği neticesinde ulaşım araçları bakımından Türkiye'de belirli bir sıralamaya sahiptir. İstanbul ve

Kocaeli gibi sanayisi gelişmiş kentlere yakın olması neticesinde karayolu ulaşımında kullanılacak her türlü motorlu araçlara sahiptir.

Sakarya kenti bin kişiye düşen 90 otomobil ile ülke genelinden 37. sıradadır. Komşuları Kocaeli 41., Düzce 39., Bolu 11., Yalova ise 40. sıradadır (SUAP, 2013). Otomobil sahipliğinde Türkiye geneli ortalaması bin kişi başına 102'dir.

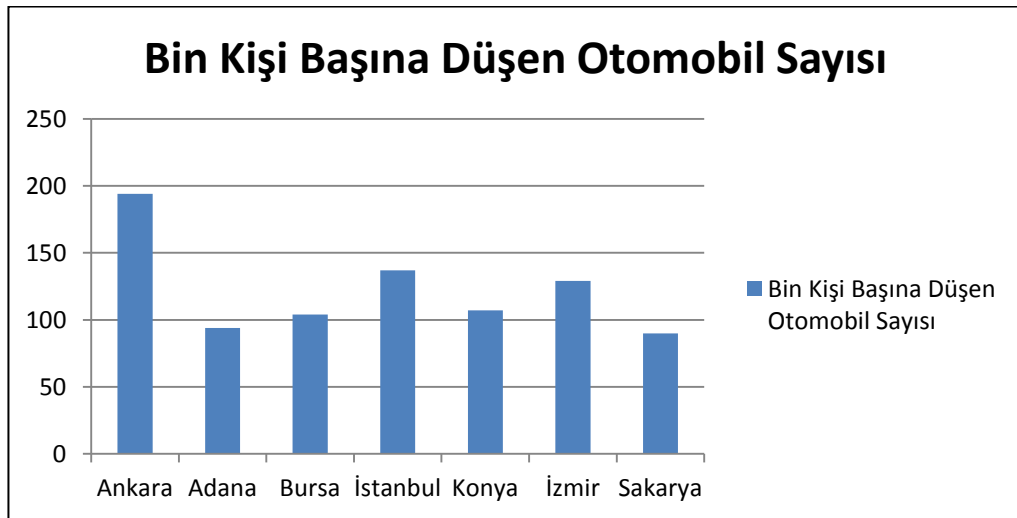
Tablo 3.5: Büyük kentlerde bin kişi başına düşen otomobil sayısı

İller	Bin Kişi Başına Otomobil Sayısı
Ankara	194
Adana	94
Bursa	104
İstanbul	137
Konya	107
İzmir	129
Sakarya	90

Kaynak: SUAP

Bin kişiye düşen otomobil sayılarını karşılaştırdığımızda Sakarya'nın 90 otomobil ile büyük kentlerin altında bir orana sahip olduğunu görmekteyiz. Bu sıralamada Ankara ve İstanbul 194 ile 137 otomobil ile ilk iki sıradadır.

Şekil 3.11: Büyük kentlerde otomobil sayısı oranları



Kaynak: SUAP

Büyük kentlerde ve Sakarya'daki araç sayısı aşağıda belirtilmiştir.

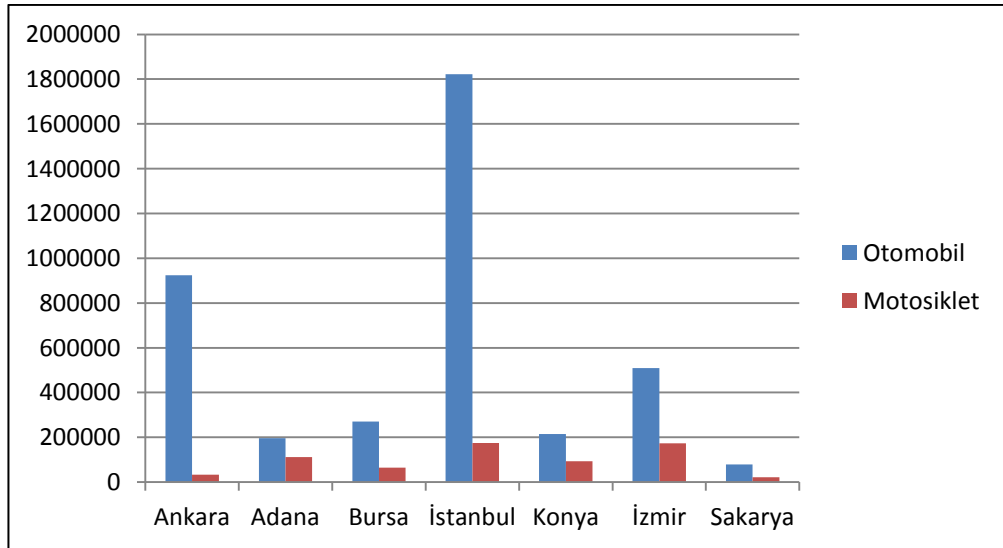
Tablo 3.6: Büyük kentlerdeki araç sayıları

İller	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon	Motosiklet	Özel amaçlı taşıtlar	Traktör	TOPLAM
Ankara	924.360	24.718	16.979	179.160	62.098	32.841	3.520	41.985	1.285.661
Adana	196.083	8.673	4.577	68.304	16.905	112.221	805	40.785	448.353
Bursa	271.160	8.314	10.528	110.284	22.342	63.979	972	51.019	538.598
İstanbul	1.821.694	58.982	53.444	530.105	125.197	175.089	6.408	23.317	2.794.236
Konya	214.970	9.603	4.153	69.042	32.491	92.712	1.029	64.626	488.626
İzmir	509.117	14.114	15.783	172.686	35.816	172.716	1.794	49.340	971.366
Sakarya	78.654	4.190	3.027	28.769	9.917	21.353	495	29.064	175.469

Kaynak: SUAP

Büyük kentler ve Sakarya arasında yapılan kıyaslamada, Sakarya 78.654 otomobil varlığı ile son sırada yer almaktadır. İstanbul ve Ankara otomobil ve toplam araç sayıları bakımından Türkiye'de başta gelen kentler konumundadır.

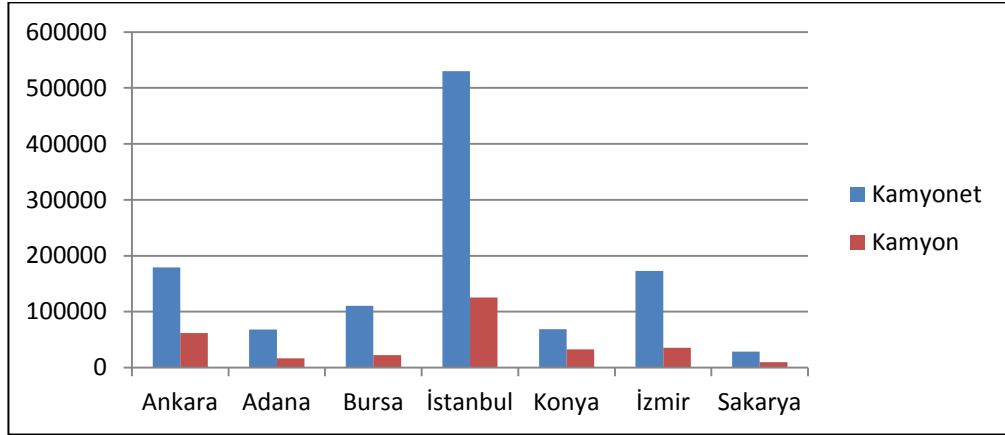
Şekil 3.12: Otomobil ve motosiklet sayıları karşılaştırması



Kaynak: SUAP

Sakarya il geneli toplamında 28.796 adet kamyonet, 9.917 adet kamyon bulunmaktadır. Bu sayılar büyük kentler ile kıyaslandığında arada çok büyük bir farkın olduğu ortaya çıkıyor.

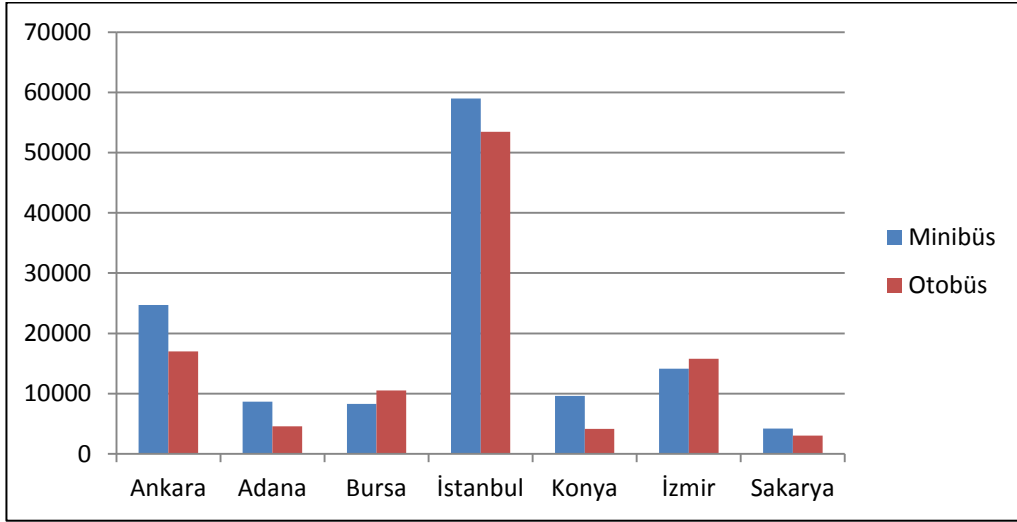
Şekil 3.13: Kamyon ve kamyonet sayıları karşılaştırması



Kaynak: SUAP

Minibüs ve otobüs sayılarına bakıldığında Sakarya’da 4.190 adet minibüs, 3.027 adet otobüs bulunmaktadır.

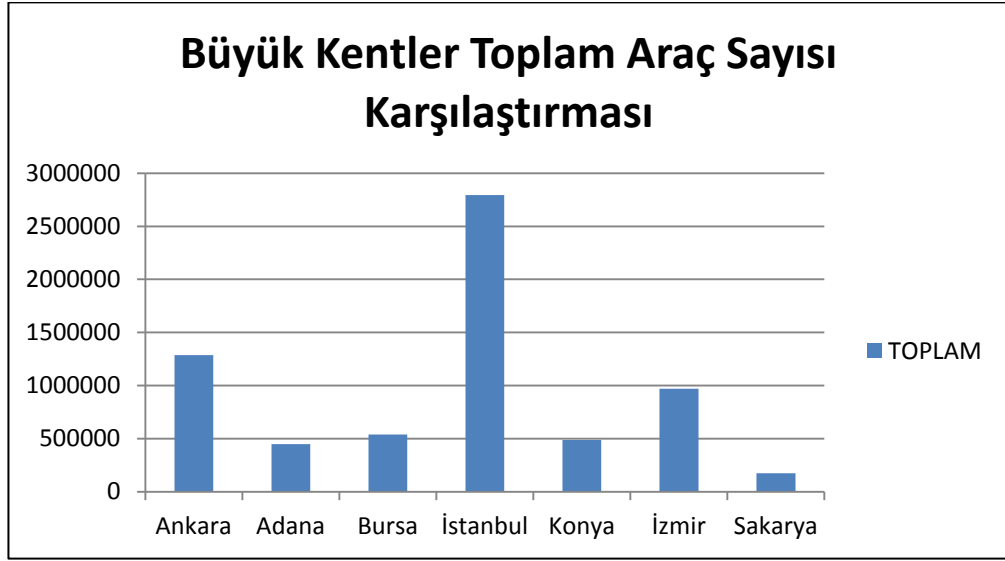
Şekil 3.14: Minibüs ve otobüs sayıları karşılaştırması



Kaynak: SUAP

Toplam araç sayısında ise Sakarya’nın il genelinde 175.469 adet araç bulunmaktadır. En fazla araç 2.794.236 adet ile İstanbul ilinde bulunmaktadır.

Şekil 3.15: Toplam araç sayıları karşılaştırması



Kaynak: SUAP

3.5 TRAFİK KONTROL VE DENETİM SİSTEMLERİ

Günümüzde kavşakların en yüksek kapasitede sürekli kullanılabilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bunun sonucu olarak kavşak tasarımları ve sinyalizasyon tipleri gün geçtikçe daha karmaşık bir yapı almakta; çeşitli uygulamalar ve denetim sistemleri ile birlikte geliştirilerek kullanılmaktadır. Denetim sistemleri ve uygulamalarının ise zamanla değişen şartlar ve trafik akımları sonucu belirli aralıklarla kontrol edilerek yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Flaş uyarılı kavşaklardan başlayarak akıllı kavşaklara uzanan bu teknikler ihtiyaç görülen noktalar tespit edilerek uygulanmaktadır. Aşağıda Tablo 3.7’de bu teknikler ve uygulanan kavşak sayıları verilmiştir.

Tablo 3.7: Kavşaklarda uygulanan kontrol teknikleri ve adetleri

Akıllı Kavşak	11	Adet
Sinyalize Programlı Kavşak	46	Adet
Özel Flaş Uyarılı - Giriş Çıkış Saatlerinde Program Modunda Çalışan Kavşak	5	Adet
Flaşta Çalıştırılan Sinyalize Programlı Kavşak	2	Adet
Flaş Uyarılı Kavşak	14	Adet
Yaklaşım Flaşı	25	Adet
Altayapısı Hazır - Direkleri Hazır - Lambaları Hazır Kavşak	1	Adet
Altayapısı Hazır	2	Adet
Sadece Altyapı Boruları Döşenmiş Kavşak	9	Adet

Kent içi karayolu ulaşımının performansı büyük ölçüde karayolu trafiğinin kontrolünde elde edilen başarıya, karayolu trafiğinin kontrolündeki başarı ise, trafik ışıklarının kontrolünde sağlanacak kaliteye bağlıdır. Işıklı işaretler ile kontrol edilen birimlerin en önemlisi sinyalize kavşakların kontrolüdür. Günümüzde kavşak kontrolünde iki önemli teknik mevcuttur: sabit zamanlı kontrol ve trafik uyarımlı kontrol. Yapılan çalışmalar trafik uyarımlı kontrol tekniklerinin, sabit zamanlı kontrol tekniklerine göre, performansta büyük artışlar sağladığını göstermiştir.

4. AKILLI KAVŞAK KONTROL SİSTEMİ TASARIMI

Akıllı Kavşak Kontrol Sistemi birçok sistemin birleşmesinden doğan bir sistemler bütünüdür. Sahada elde edilen tecrübeler ve gelişen teknolojilerden ilham alınarak sistemler birleştirilmiş ve ortaya hali hazırda kullanılan özgün bir tasarım olan Akıllı Kavşak Kontrol Sistemi çıkmıştır.

Bu ana başlık altında sistemin çalışma prensibi, mimarisi ve programın akış diyagramına ilişkin bilgiler verilecek ve sistemde kullanılan ekipmanların tasarımı konusuna da değinilecektir.

4.1 AKILLI KAVŞAK SİSTEMİN TANIMI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Araç trafiği akışının yönlendirildiği kavşaklardaki sinyalizasyon kavşak yapılarına göre değişkenlik gösterir.

Akıllı Kavşak Sistemleri; ana yollarda akan trafiğin hızlı bir biçimde akmasına yardımcı olmak için geliştirilmiştir. Akıllı kavşak sisteminin kullanılmadığı trafik sinyalizasyonlarında ana yola bağlantısı olan ve trafik ışığı ile kontrol edilen tali yollarda araç bulunsun ya da bulunmasın trafik sinyalizasyon sistemi ana yoldaki trafik akışını keserek tali yola geçiş izni verir. Ana yol üzerinde yapılandırılmış tali yollara veya karşı güzergâhlara geçmeyi sağlayan sinyalizasyon sistemi de aynı sistemsel yapılanma ile işler, sistem söz konusu noktalarda araç bulunsun veya bulunmasın belirli yönlerin geçiş iznini keser ve bu noktalara geçiş izni verir.

Akıllı Kavşak Sistemlerinde, anayola bağlantısı olan tali yollar ve anayol içerisinde sağa sola karşı güzergâhlara geçiş, araç algılama sistemi ve bu sistemin sinyalizasyon düzenleme yöntemi ile kontrol edilir. Anayol veya anayola bağlı tali yol üzerlerine yerleştirilmiş araç algılama sensörleri yaklaşan veya üzerinden geçen bir araç algıladığında sisteme bu veriyi iletir, sistem akıllı kavşak sensörleri yönünde araç olduğunu algılar, anayoldaki trafik akışını tali yoldaki aracın geçiş yapacağı yöne geçiş

izni verecek biçimde yapılandırır. Geçiş izni sinyalizasyon süresi geldiğinde akıllı kavşak sistemi tarafından algılanan araca geçiş yönünde trafik lambaları yeşil yakılır araç geçiş yapar. Sistem akıllı kavşak sensörleri tarafından bir araç algılamıyorsa ana yol üzerindeki trafiği tali yollara geçiş izni vermeden doğru hat üzerinde yönlendirir. Bu çalışma biçimi ile ana yol üzerinde akan trafik tali yollar veya içerden dışarı dönüşler için gereksiz akış kesintisine uğratılmaz.

Yaya geçişlerinin güvenliği için ise yaya bas-geç butonları kullanılır. Bu şekilde çalışan kavşak yan yollarda ve sola dönüşlerde araç yok ise ya da yaya geçişlerinde bas- geç butonlarına basıp bekleyen yaya yok ise bu yollara yeşil ışık yakmayarak ana yolun yeşil ışık süresini uzatır.

Sisteme ayrıca sürücülerin kendilerini trafiğin bir parçası olarak gördüğü bir geri bildirim göstergesi eklenmiştir. Bu geri bildirim sayesinde, sürücülerin Akıllı Kavşak uygulamasının bulunduğu noktalarda geçiş için izin bekleyen araç kullanıcılarının sistemin çalıştığını ve geçiş için işlem başlatıldığını anlamaları sağlanır.

4.2 SİSTEMİN UYGULAMA ALANI

Akıllı Kavşak Sinyalizasyon Sistemi, Yarı Trafik Uyarmalı kavşak sistemine en yakın onun biraz daha geliştirilmiş hali olan sistemdir. Akıllı Kavşak Sistemine göre en makul seçilmesi gereken kavşak tipi, Ana yollarında trafik akımının yüksek olduğu ve tali yollarında fazla trafik akımının olmadığı kavşak tipidir.

Akıllı Kavşak Sistemini, Sakarya Kentinde uygulanabilecek en makul kavşakların araştırılması yapıldı ve 1999 Depreminden sonra şehir merkezinden 15 km uzaklıkta kurulan kalıcı konutlara giden bir bağlantı yolunda ki kavşaklar sistemin en iyi uygulanabileceği kavşaklar olarak seçildi. Bu kavşakların seçilmesinde ki en büyük etken tali yollarda çok az ve aksine ana yolda ciddi bir trafik talebinin olmasıdır. Akıllı Kavşak Sinyalizasyon Sistemindeki amacımız ana yollarda ki yeşil ışık süresini maksimum noktada tutmaktır.

Seçilen kavşaklar bu yol üzerinde sırasıyla; Karaman Kavşağı, Hastane Kavşağı ve Evrenköy Kavşağı Şekil 4.1’de haritada gösterilmiştir.

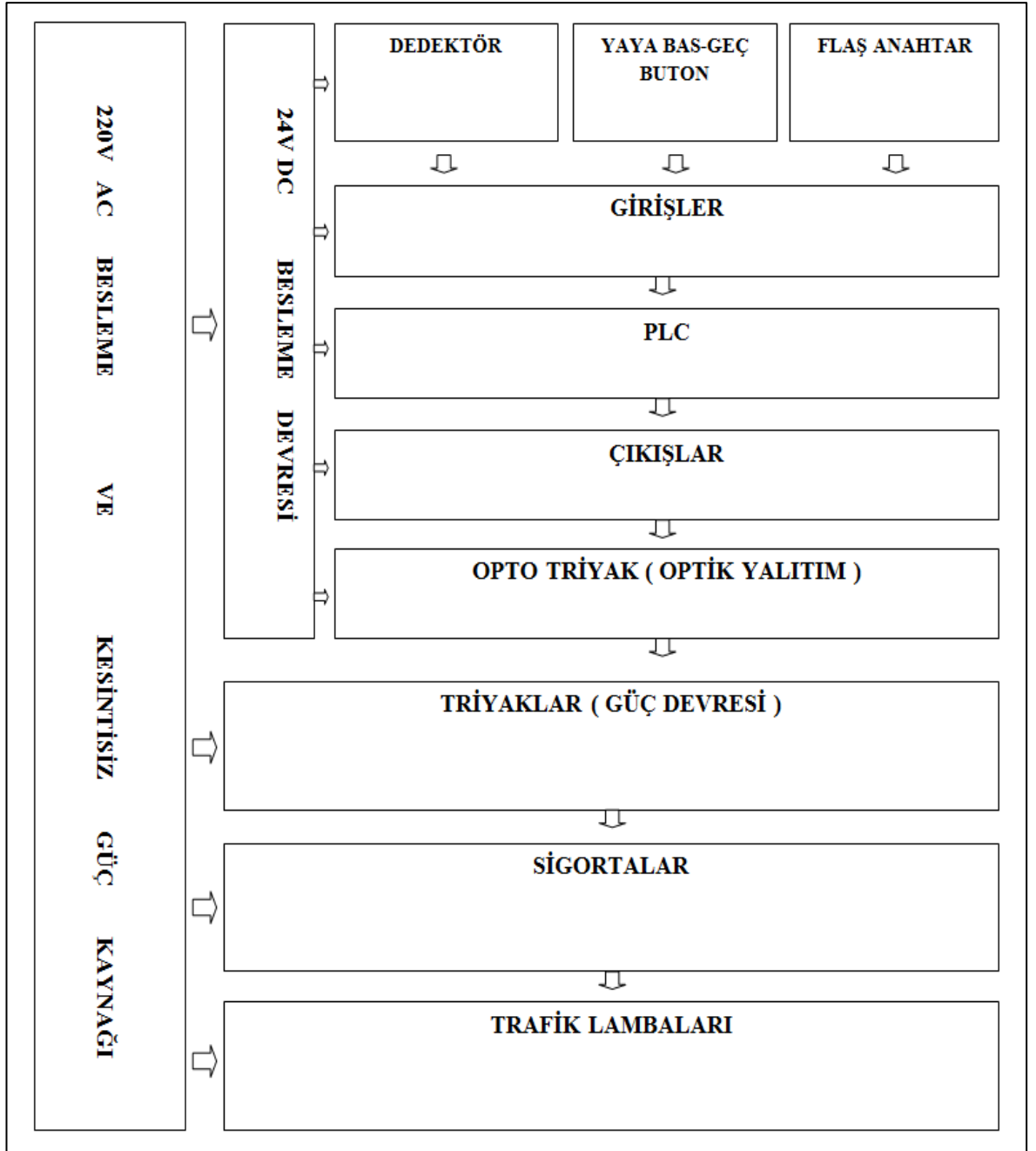
Şekil 4.1: Sakarya kenti Karaman yolu ardışık 3 kavşağın haritada gösterimi



4.3 AKILLI KAVŞAK KONTROL SİSTEMİ MİMARİSİ

Bir sistem tasarlanırken en başta oluşturulması gereken unsur o sistemin mimarisidir. Mimari oluştuktan sonra sistemi tasarlamak taşları yerine oturtmak çok daha hızlı ve kolay olacaktır. Şekil 4.2’de Akıllı Kavşak Kontrol Sisteminin mimarisi verilmiştir.

Şekil 4.2: Akıllı kavşak sinyal kontrol sistemi mimarisi

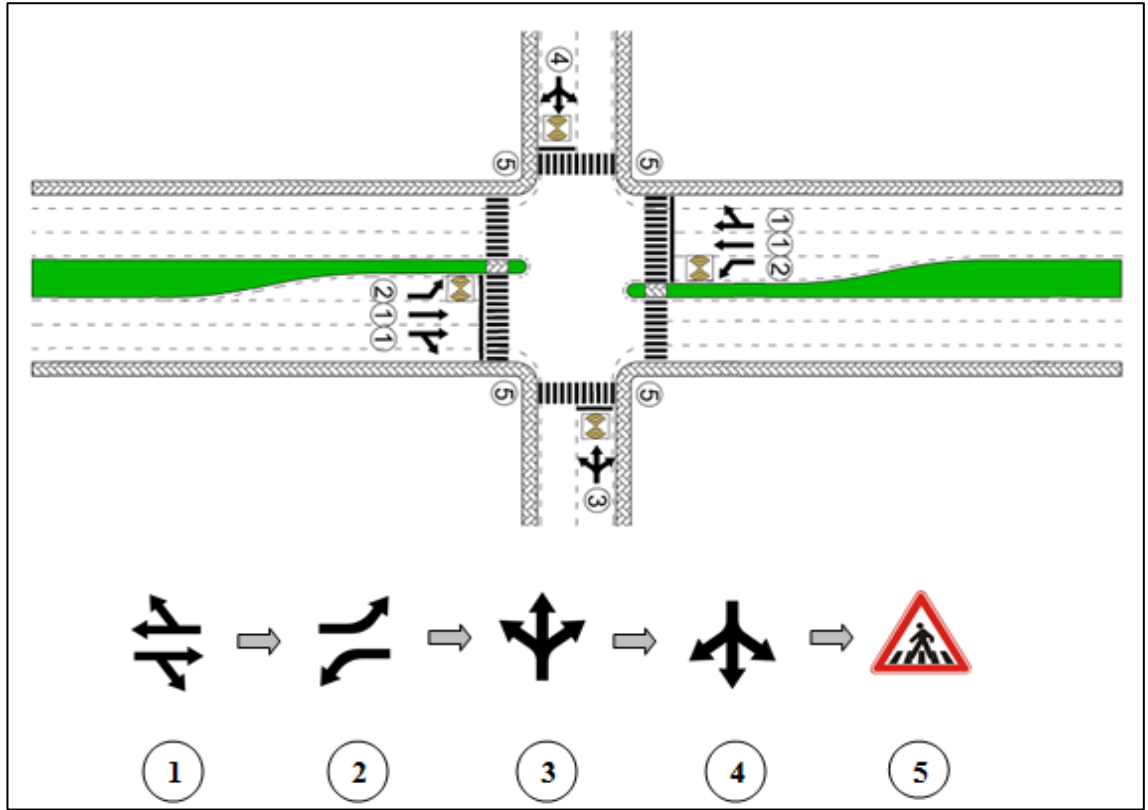


4.4 AKILLI KAVŞAK SİSTEMİ PROGRAM AKIŞ DİYAGRAMI

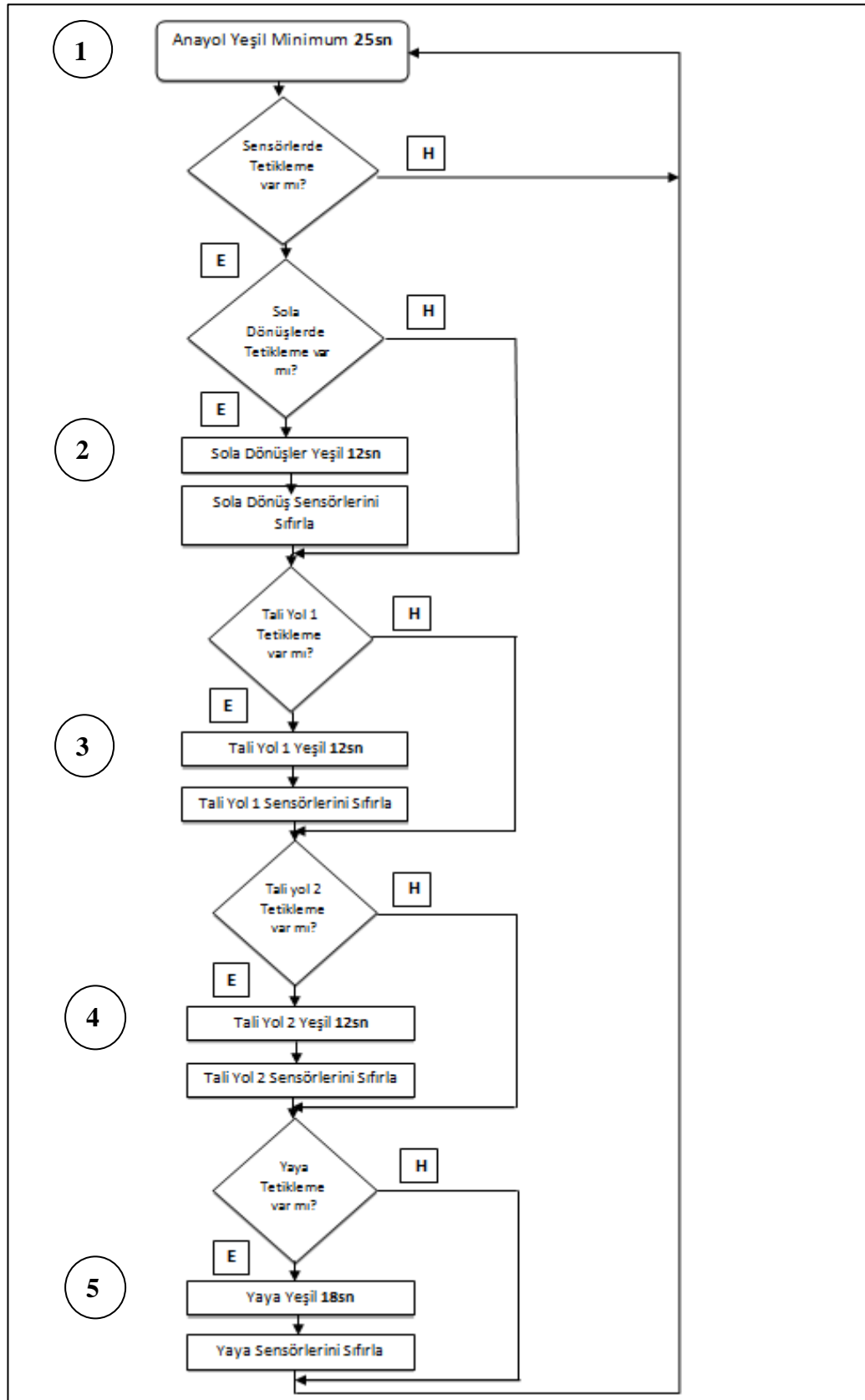
Akıllı Kavşak Kontrol Sistemi'nin kontrol işlevini sağlayan en önemli mekanizması programlanabilir bir kontrol cihazı olan PLC'dir. PLC içinde sistemi kontrol eden bir yazılım bulunmaktadır. Bu kontrol yazılımı tasarımcılar tarafından yazılırken öncelikle sistemin çok iyi analizinin yapılması gerekmektedir. Yapılmak istenen durumlar tespit edilir ve kontrol sistemine yazılım vasıtasıyla aktarılır.

Kontrol yazılımı olabildiğince kullanıcı dostu, kolay anlaşılabilir olmalı ve sistemden istenen durumlara eksiksiz cevap vermelidir. Bu şartların sağlanması için öncelikle kontrol sisteminin yazılımının akış diyagramı çıkartılması gerekmektedir. Akış diyagramının sade ve sistemin nasıl çalıştığını anlatan bir nitelikte olması gerekmektedir. Şekil 4.4'de Akıllı Kavşak Kontrol Sistemi'nin program akış diyagramı verilmiştir.

Şekil 4.3: Karaman yolu hastane kavşağı faz planı



Şekil 4.4: Akıllı kavşak kontrol sistemi program akış diyagramı



4.5 AKILLI KAVŞAK SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ

Akıllı Kavşak Sistemi başlıca 5 bölümden oluşur bu bölümler;

- a) Kavşak Kontrol Cihazı ve Bileşenleri,
- b) Manyetik Sensörler ve Yaya Butonları,
- c) Yatay ve düşey işaretlemeler,
- d) LED’li Geri Bildirim Göstergesi,
- e) SCADA ile uzaktan anlık izleme ve müdahale.

Bu ana başlık altında bu 5 bölüm daha detaylı anlatılacaktır.

4.5.1 Kavşak Kontrol Cihazı ve Bileşenleri

Kavşak Kontrol Cihazı (KKC), sistemin kontrol bileşenlerinin neredeyse tamamını içinde bulunduran bir cihazdır. Bu cihaz olumsuz dış etkenlerden yalıtılmış korunaklı bir pano içine yerleştirilmiştir. Kavşakta sinyalizasyon alt yapısı yapıp sinyal direkleri dikildikten sonra kavşakta uygun bir yere montajı yapılır. Sinyal lambalarına giden yer altı kabloları ve manyetik araç sensörlerine ait kablolar KKC panosunda ilgili kısımlarda sonlandırılması yapılır. Kavşak Kontrol Cihazları’nın gelişen teknolojiyle birlikte ve oluşan ihtiyaçlar neticesinde yenilenmesi gerekmektedir. Yapılan araştırma-geliştirme faaliyetleri doğrultusunda ihtiyaca cevap veremeyen eski cihazlar geliştirilmiş en son KKC ile değiştirilmiştir. Şekil 4.5’de ihtiyaca cevap vermeyen eski bir KKC’nin sökülüp, yerine geliştirilmiş bir KKC yerleştirilmiştir. Şekil 4.6’da geliştirilmiş KKC’nin son halini görmemiz mümkündür.

Şekil 4.5: Eski KKC sökülürken



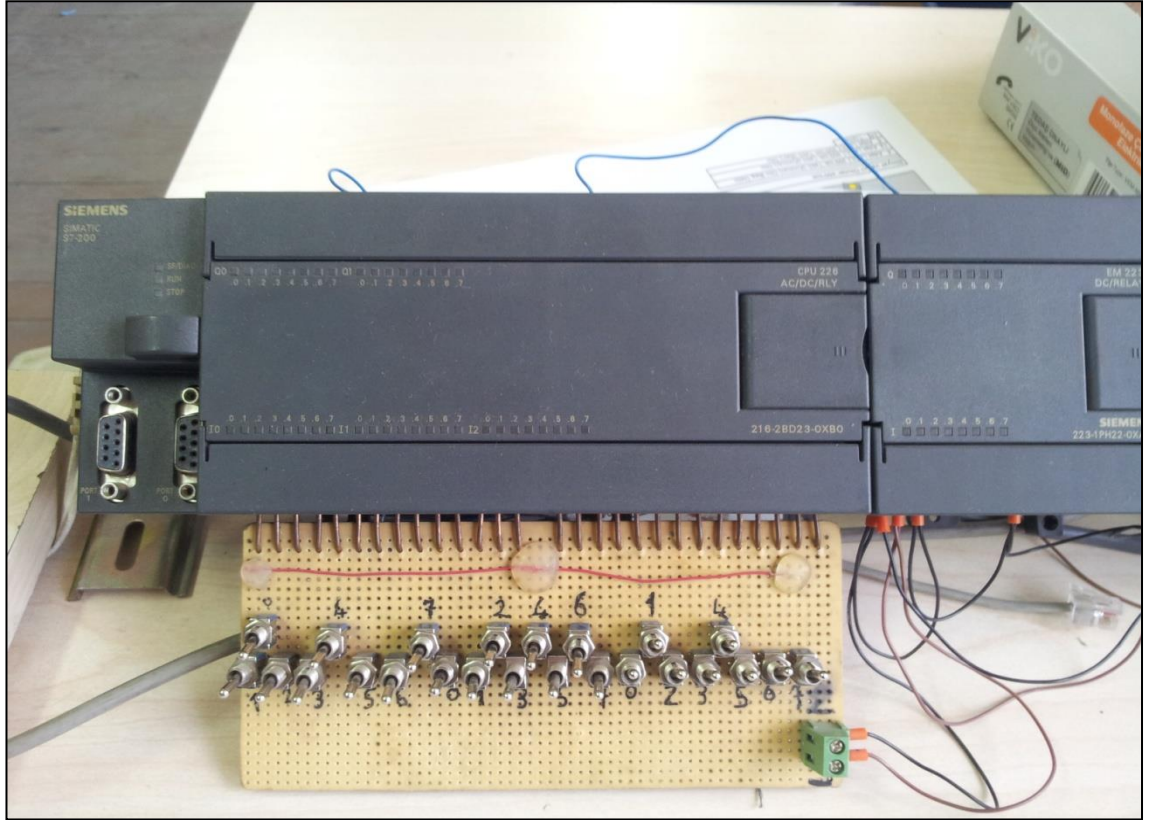
Şekil 4.6: Geliştirilmiş KKC montajı yapılmış hali



4.5.1.1 Siemens PLC S7-200

Araştırma-geliştirilmesi yapılan sistemimiz bir kontrol sistemi olduğundan bir kontrol cihazına ihtiyaç duyulmuştur. Duyulan ihtiyaç doğrultusunda gerekli araştırmalar sonucu piyasada geçerliliği bulunan, dayanıklı, kolay kurulabilen, eğitimi kolaylıkla alınabilen, sistemimizin istediklerine cevap verebilen bir kontrol cihazı olan Siemens PLC S7-200 modeli kullanılmıştır. Tezin 2. Bölümünde PLC ile ilgili detaylı açıklama yapılmıştır. Kavşak Kontrol Cihazı'nın en önemli ve pahalı bileşeni PLC'dir. Kavşak Kontrol Cihazını tasarlarken PLC'yi olası olumsuzluklara karşı korumak için tedbirler alınmıştır. Bu tedbirler sayesinde sistemin en pahalı ve önemli cihazı PLC daha korunaklı hale gelecek ve ekonomik açıdan da sistem daha verimli hale getirilmiş olacaktır. Çeşitli program denemelerinde ve geliştirmelerinde kullandığım PLC cihazım Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

Şekil 4.7: Siemens S7-200 PLC cihazı



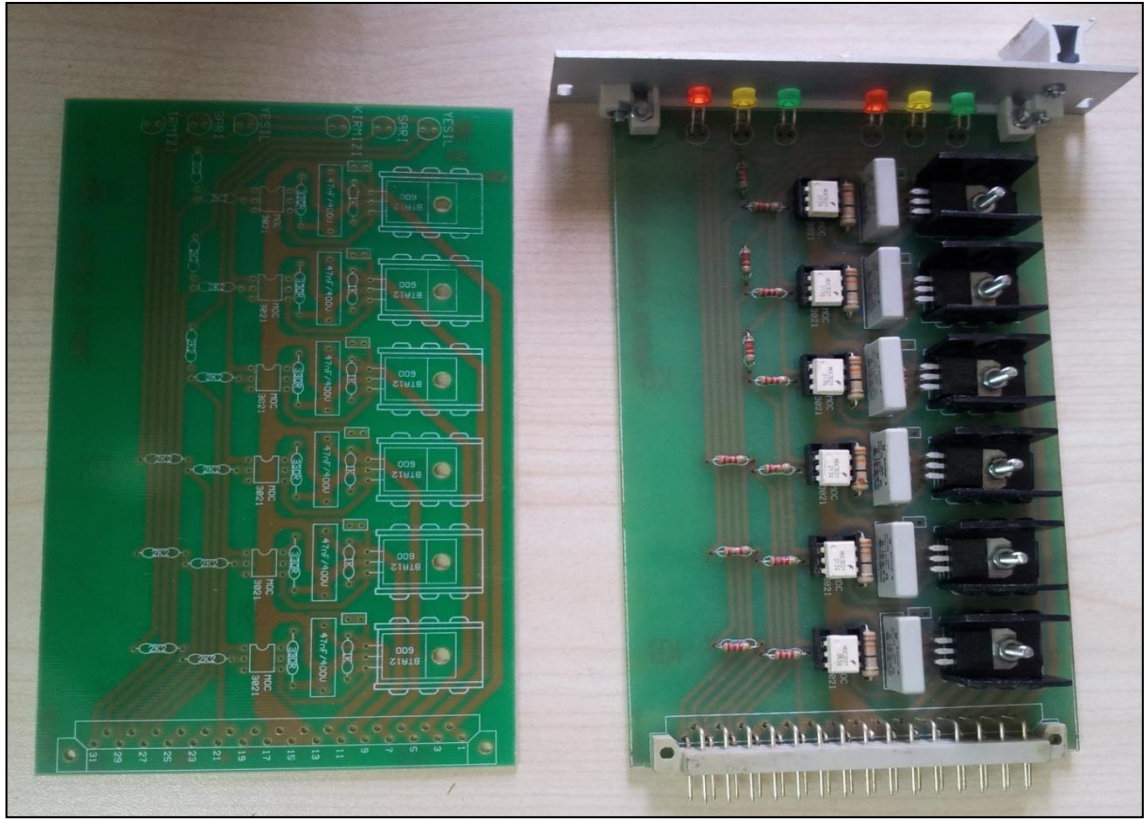
4.5.1.2 Opto triyak kartları

Opto triyak kartları tasarım olarak baskı devre kartı ve üzerine yerleştirilen elektronik elemanlardan oluşmaktadır. Opto triyak kartı, sistemin çoğu bileşeninde olduğu gibi tamamen özgün bir tasarımıdır.

Opto triyak kartlarının sistemde kullanılmasında ki amaç sisteme optik bir yalıtım sağlamaktır. Bu sağlanan optik yalıtım sayesinde, olası bir kısa devre ya da başka bir gerilim ile ilgili olumsuzlukla karşılaşılması durumunda, PLC cihazımız bu olumsuzluklardan korunmuş olacaktır.

Şekil 4.8'deki şekilde de gösterildiği gibi ışık ile tetiklenen opto triyak PLC'nin çıkışlarından tetiklenmekte ve sonrasında ana triyak tetiklenmektedir. Bu sayede 220V AC gerilimin oluşturduğu akım ana triyaktan akacaktır. PLC cihazımız bu sayede optik bir yalıtım sağlayarak kendini olumsuz etkilerden korumuş olacaktır.

Şekil 4.8: Opto triyak kartı ve devre elemanları



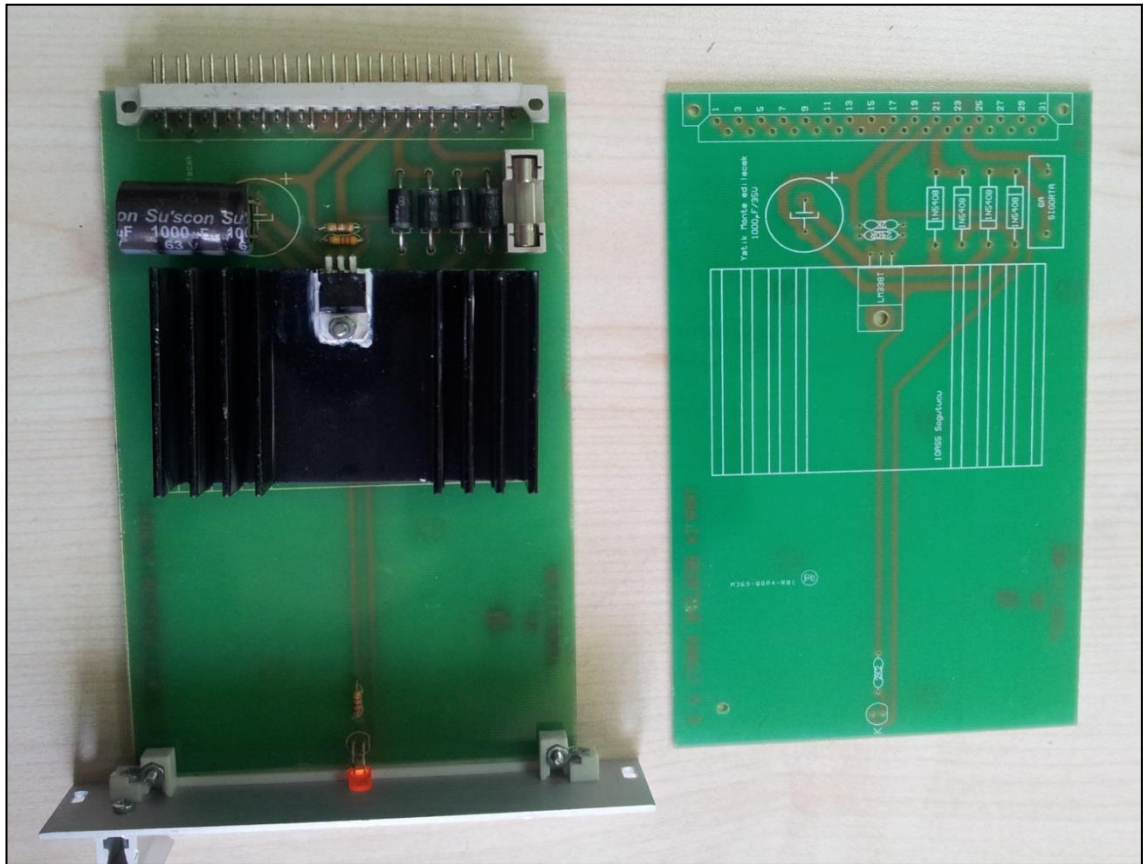
4.5.1.3 Besleme devresi

Akıllı Kavşak Kontrol Sisteminde kullanılan elemanların bir kısmı şehir şebekesi (220V AC) gerilim ile bir kısmı ise 24V DC gerilim ile çalışmaktadır. Şehir şebekesini dağıtım şirketi KKC panonuzda kadar getirmektedir fakat sistemde çalışması gereken elemanların hepsi şehir şebekesiyle çalışamayacağından ayrıca bir besleme devresi tasarlanması gerekmektedir.

Şekil 4.9'da gösterilen, sistemin 24V DC gerilim ile çalışan elemanları için şehir şebekesi (220V AC) gerilimini 24V DC gerilimine dönüştüren devre tasarımı yapılmıştır.

Besleme devresinin sistemde beslediği elemanlar, Şekil 4.9'da sistem mimarisinde gösterilmiştir.

Şekil 4.9: Besleme kartı ve devresi



Besleme Devresi ve Triyak Ana kartının Kavşak Kontrol Cihazına entegre olması için panoda ayrı bir bölme oluşturulmuştur. Bu bölmeye kartların düzgün yerleşip erkek pinlerin dişi pinlere tam oturtulması için yuvalar yapılmıştır. Şekil 4.10'da KKC panosuna yerleştirilen besleme devresi kartı ile triyak ana kartı gösterilmiştir.

Şekil 4.10: KKC panosuna yerleştirilen besleme ve triyak kartı



4.5.2 Manyetik Sensörler ve Yaya Butonları

Bir kontrol sisteminde, elde edilen veriler olmazsa olmazlardandır. Bu veriler oluşturulan senaryoya işlenerek kontrol cihazı marifetiyle istenilen çıkışlar elde edilir. Veriler bazen manuel bazen ise otomatik olarak elde edilmektedir. Kontrol sistemine veri akışı sağlayacak elemanlar, araç algılamada kullanılan manyetik sensörler ve yaya taleplerini algılamada kullanılan yaya butonlarıdır.

4.5.2.1 Manyetik araç sensörleri

Günümüzde birçok sensör çeşidi vardır. Bu çeşitlilik arasından sensör seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlar sensörün nerede nasıl kullanılacağını bilmek ve sensörden istenilen bilgilere sensörün cevap verebilmesidir.

Akıllı Kavşak Sistemi'nde kullanılan sensörler yapılan uzun araştırmalar sonucu tespit edilmiş ve sisteme entegrasyonu sağlanmıştır.

4.5.2.1.1 *M-gage Q7M flat-pak manyetik sensörü genel özellikleri*

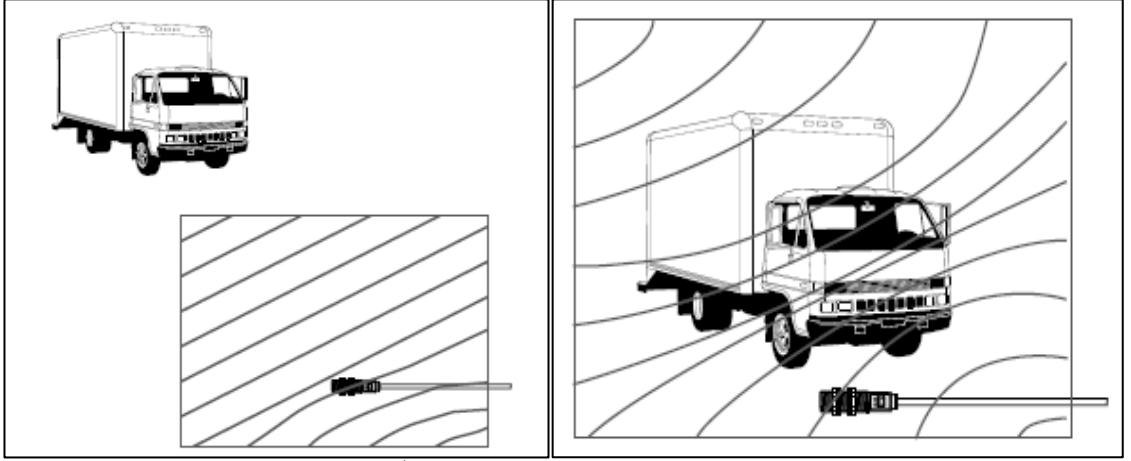
- a) Sensörün manyetik alanına giren duran araçları saptayabilen,
- b) 3 eksenli manyetik direnç-tabanlı teknoloji, demir nesnelerin varlığı nedeniyle Dünya'nın manyetik alanında 3 boyutlu değişiklikleri algılayabilen,
- c) Montajı çok kolay yapılabilen,
- d) Manyetik alan hassasiyeti ayarlanabilen,
- e) Hiçbir dış denetçi olmaksızın çalışabilen kompakt, dayanıklı tek parça kendi kendine yeten,
- f) Sıcaklık dalgalanmaları ve istikrar bozucu manyetik alanların etkilerini en aza indirmek için tasarımı yapılan,

Geliştirilmiş bir manyetik sensördür.

4.5.2.1.2 Çalışma teorisi

Sensör karşılıklı üç dikey manyetik direnç transduserleri kullanır. Her dönüştürücü bir eksen boyunca manyetik alan değişiklikleri algılar. Üç algılama elemanlarının birleşmesiyle en fazla sensör hassasiyeti elde edilir. Sensöre ortamın manyetik alanı öğretilir ve bu başlangıç durumu kabul edilir. Bir demir nesne, nesneyi çevreleyen yerel (ortam) manyetik alan çizgilerini değiştirebilir. Aşağıda görüldüğü üzere Bir demir nesne, boyutu ve şekli ile orantılı olarak Şekil 4.11'deki manyetik alan çizgilerinin değişimi gösterilmiştir.

Şekil 4.11: Araç algılamadan öncesi ve sonrası



Kaynak: Banner manyetik sensörleri ⁴

4.5.2.1.3 Manyetik sensörün yola montajı nasıl olmalıdır?

Manyetik sensör, araç algılamada kullanılacaksa doğru verilerin elde edilebilmesi için doğru montajın yapılması şarttır. Manyetik sensör, ortamın manyetik alanını öğrenecek ve sonrasında araç geçişiyle öğrendiği o manyetik alan çizgilerinin değişmesiyle birlikte aracı algıladığına dair çıkış bilgisi üretecektir. Bu sebeple araçla ve trafik durumu ile ilgili bilgilerin doğru olmasını istiyorsak manyetik sensörün yola doğru montajını mutlaka doğru yapmalıyız.

⁴ Banner manyetik sensörleri, <http://www.bannerengineering.com/en-US/products/8/Sensors/44/Vehicle-Detection/195/M-Gage-Q7LMEB-Flat-Pak-Sensor>, [ziyaret tarihi 15.12.2013]

Şekil 4.12: Manyetik sensörün asfaltın altına yerleştirilmesi

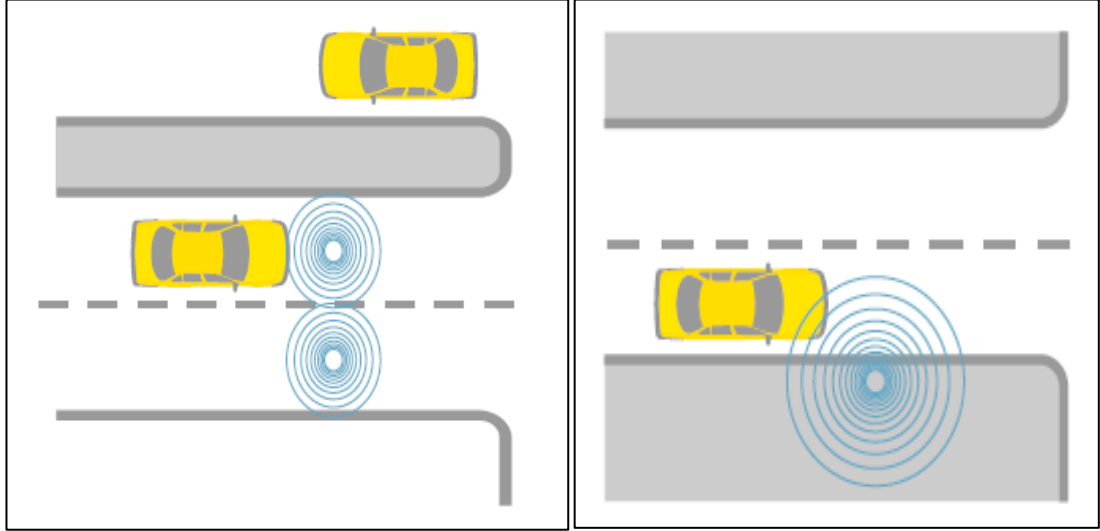


Şekil 4.13: Manyetik sensörün asfaltın altına yerleştirilmesi



Şekil 4.14’de manyetik sensörlerin yola doğru yapılmış montajları görülmektedir.

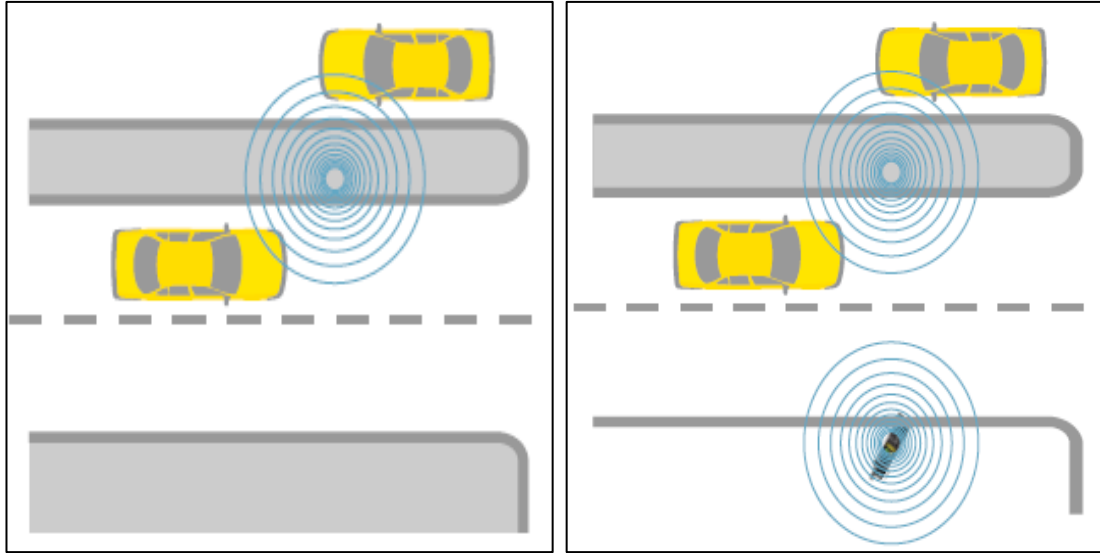
Şekil 4.14: Manyetik sensörlerin doğru montajı



Kaynak: Banner manyetik sensörleri⁵

Şekil 4.15’de manyetik sensörlerin yola yanlış yapılmış montajları görülmektedir.

Şekil 4.15: Manyetik sensörlerinin yanlış montajı



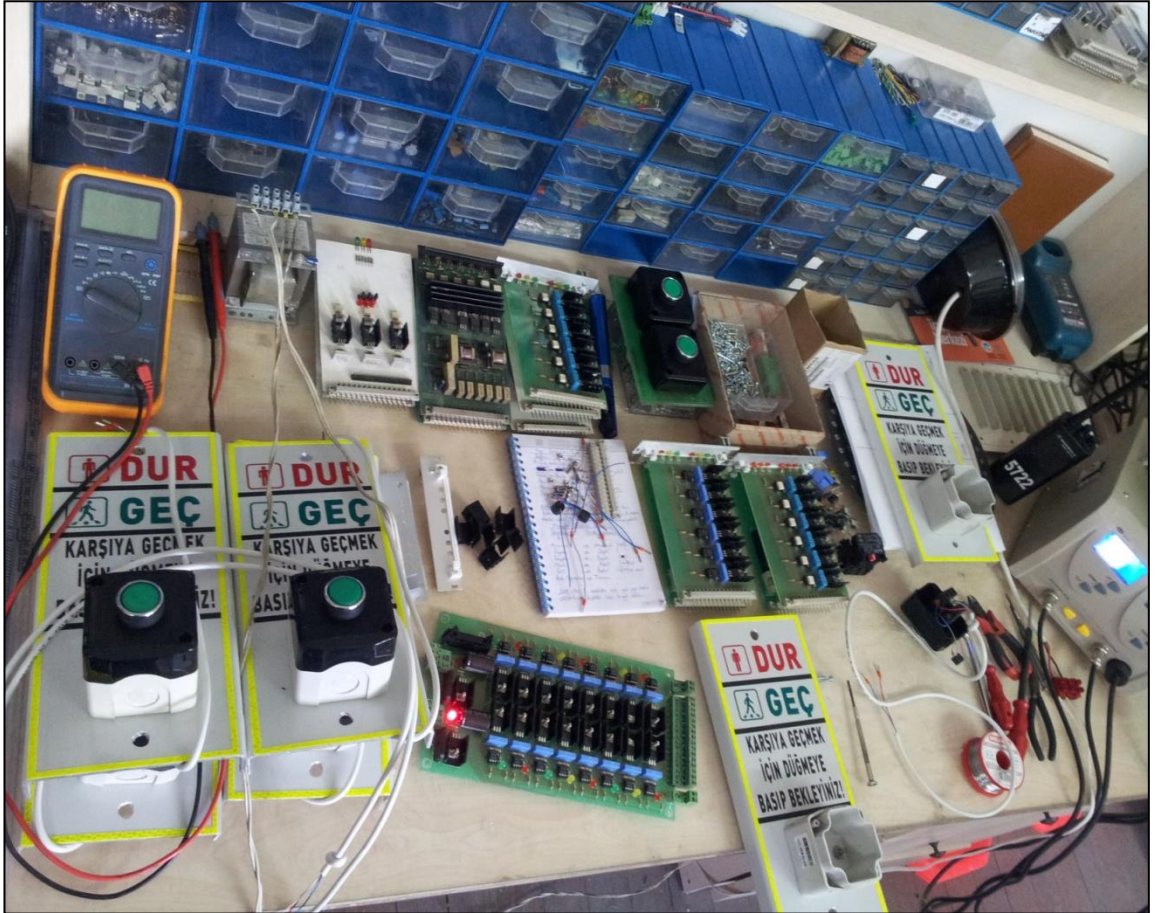
⁵ Banner manyetik sensörleri, <http://www.bannerengineering.com/en-US/products/8/Sensors/44/Vehicle-Detection/195/M-Gage-Q7LMEB-Flat-Pak-Sensor>, [ziyaret tarihi 15.12.2013]

4.5.2.2 Yaya butonları

Sürdürülebilir bir ulaşım sisteminde gözetilen en önemli unsur yayalardır. Araç odaklı değil insan odaklı sistemler sürdürülebilir ulaşımın asıl gayesidir. Akıllı Kavşak Sistemi sürdürülebilir bir akıllı ulaşım sistemidir. Akıllı Kavşak Kontrol Sistemine entegre edilen yaya butonları sayesinde yayaların güvenli geçişi sağlanmış ve sürekli dönen sinyal döngüsündeki yaya süresi gerektiğinde sinyal devresine dahil olmaktadır.

Yaya butonları tasarlanarak atölyede üretimi yapılır ve sahada sinyal direklerinin üzerine monte edilir. Şekil 4.16'da yaya butonlarının üretimi ve Şekil 4.17'de yaya butonlarının sahaya montajı gösterilmiştir.

Şekil 4.16: Yaya butonlarının atölyede üretimi



Şekil 4.17: Yaya butonlarının sahaya uygulanması



4.5.3 Yatay ve Düşey İşaretlemeler

Karayollarında trafiğin akışını sağlamak, düzenlemek ve denetim altına almak için kullanılan bir yöntem olan yatay ve düşey işaretleme yöntemi, Akıllı Kavşak Sistemi için de çok önem arz etmektedir.

Sürücü ve yayaların trafikte bilgilendirilmesi hem güvenlik açısından hem de sistemin verimli çalışması açısından çok önemlidir. Yatay ve düşey işaretlemeler Akıllı Kavşak Sisteminde yaya ve sürücüleri uyararak ve onlara sistem hakkında bilgi vermek için kullanılır. Bu sayede sistemimiz sürücü ve yayalar tarafından anlaşılır hale gelmektedir.

Sistemin, Sakarya kentine yeni kurulan bir sistem olduğundan yaya ve sürücüler tarafından en kısa sürede anlaşılması istenmiştir. Tasarlanan tabelalar ve asfalt üzerine yerleştirilmiş yatay işaretlemeler sayesinde sistem Sakarya halkı tarafından çok kısa bir sürede anlaşılabilir ve hala kullanılmaktadır.

Aşağıda Akıllı Kavşak Sisteminde kullanılan işaretlemelerin sahada uygulama örnekleri birkaç şekil ile gösterilmiştir.

Şekil 4.18: Yatay ve düşey işaretlemelerden örnekler



Şekil 4.19: Yatay ve düşey işaretlemelerden örnekleri



4.5.4 LED'li Geri Bildirim Göstergesi

Trafikte en çok karşılan sorunlardan birisi de sürücü ve yayaların trafiğe olan aidiyet eksikliğidir. Bu geri bildirim göstergesi sayesinde, tali yollarda veya ana yol üzerinde (Sola dönüşlerde) akıllı kavşak manyetik sensörü üzerinden geçen ve üzerinde duran aracın kullanıcısı, sistemin devrede olduğunu ve sistemin kendi aracını fark ettiğini anlayabilmektedir.

Akıllı Kavşak Sisteminde manyetik sensörler tarafından araç algılandığında, lamba içerisinde yer alan Akıllı Kavşak Sistemi lambası aktif hale gelir, bu sayede sürücü kendini sistemin bir parçası gibi görür ve daha etkin, kullanıcı dostu bir sistem ortaya çıkmış olur.

Şekil 4.20'de Akıllı Kavşak Sistemi manyetik sensörünü vasıtasıyla aracı algıladığı ve geri bildirim göstergesini aktif hale getirdiği gözlemlenmektedir. Geri bildirim göstergesi sadece kırmızı ışık lambasıyla birlikte aynı anda yanar yeşil ışık ve sarı ışık ile birlikte asla aynı anda yanmaz, aracın bulunduğu yöne yeşil ışık yanmasıyla araç sensörleri sıfırlanır ve gösterge lambası söner.

Şekil 4.20: Sistemin aracı algıladığının geri bildirim göstergesinde gösterilmesi



4.5.5 SCADA Sistemiyle Uzaktan Anlık İzleme ve Müdahale

Gelişen teknoloji ışığında sahaya kurulan birbirinden uzak sistemlerin tek merkezden yönetilmesi ve müdahalesi kolaylaşmıştır. Uzaktan Kontrol mekanizması sayesinde kontrol sistemlerine uzaktan müdahale edip istediğimiz değişiklikleri yapabilmemiz mümkündür. SCADA sistemi, PLC cihazlarıyla birlikte kullanılabilirdiğinden sistem mimarimize uyum sağlamıştır.

Kavşaklar şehrin farklı noktalarında olduğundan sistemin tek bir merkezden izlenmesi ve yönetilmesi Sakarya kentine ve trafiğine çok ciddi fayda sağlamıştır.

Geliştirilen Uzaktan bağlantı yazılımı ile;

- a) Sinyal sürelerini değiştirebilmek,
- b) Sinyal planlarını yükleyebilmek,
- c) Faz diyagramlarını değiştirebilmek,
- d) Sistemde ki hataları saniye saniye raporlayabilmek,
- e) Kavşağın anlık sinyal durumunu izleyebilmek mümkündür.

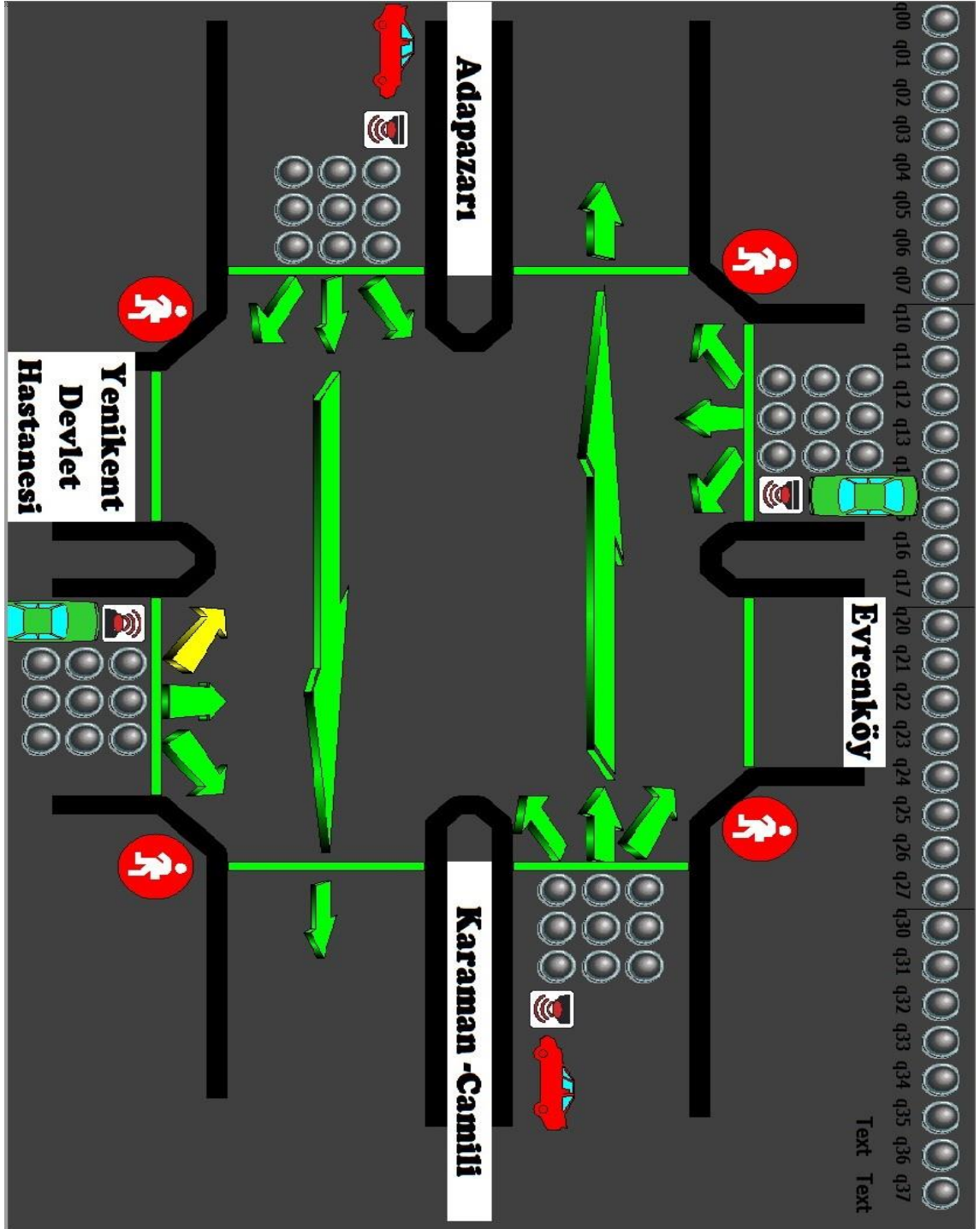
SCADA sistemi ile ilgili detaylı bilgi 2. Bölümde verilmiştir.

Sisteme uzaktan müdahale için gerekli ekipmanlar arasında;

- a) Siemens S7-200 PLC cihazı ve Ethernet modülü,
- b) OPC Server yazılımı,
- c) SCADA yazılımı,
- d) Kavşak Kontrol Cihazı Panosu ile Kontrol Merkezi arasında haberleşmek için modem v.s gibi ekipmanlar vardır.

Şekil 4.21'de Sakarya ili Yenikent Hastanesi Kavşağındaki sinyal durumunun SCADA sistemi ile merkezden anlık olarak izlenmesi görüntüsü verilmiştir.

Şekil 4.21: Kavşağın SCADA sisteminden anlık durum izlemesi



4.6 AKILLI KAVŞAK KONTROL SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ

Günümüzde hala sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu durum Türkiye için birçok olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Sinyalizasyon sistemlerinin günümüz teknolojinin uyarlanması artık çağımızın gereksinimleri arasına çoktan girmiştir. Kentleşme arttıkça trafik yoğunluğu da artmakta ve bu trafik yoğunluğu yaşam kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Yapılan araştırma-geliştirme faaliyetleri sonucu ortaya çıkan Akıllı Kavşak Sistemi ile Sakarya kentinin belli bölgelerinde ki trafik akışı, eskiden kullanılan sabit zamanlı sinyalizasyon sistemine göre çok daha verimli hale gelmiştir.

Bu başlık altında Akıllı Kavşak Sistemi Öncesi sinyal süreleri ve Akıllı Kavşak Sistemi sonrası ortaya çıkan sinyal süreleri üzerinden sistemin performans analizi yapılmıştır.

Akıllı Kavşak Sistemi trafik uyarımlı sistemler arasında en yakın olduğu sistem yarı trafik uyarımlı sistemdir. Sistemin asıl amacı ana yol akımını mümkün olduğunca kesmemektir.

Bu bilgiler ışığında sistemin kurulacağı yer seçilirken sistemin verimli olabilmesi için ana yol akımının kuvvetli fakat tali yollar ve ana yoldan sola dönüş akımlarının kuvvetsiz olduğu yerler seçilmelidir. Yaya trafiğinin çok olmadığı yerlere yaya butonları koymak suretiyle sürekli sinyal döngüsünde yer işgal eden yaya fazını en aza indirmek mümkündür.

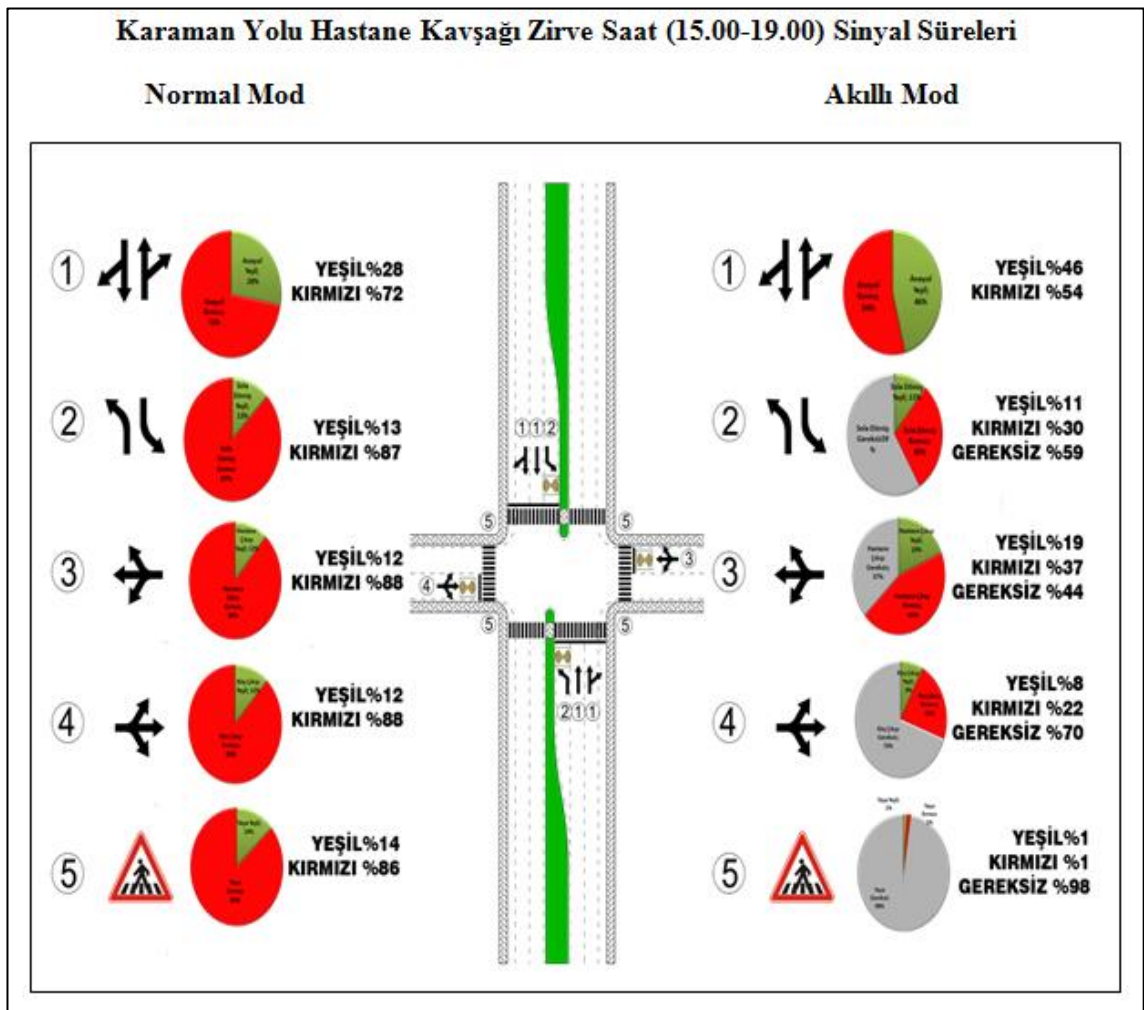
17 Ağustos 1999 tarihli gerçekleşen depremden sonra şehir merkezine 15 km uzaklıkta şuan itibarıyla 75.000 kişinin yaşadığı yerleşim yerleri inşa edildi. Sonrasında bunun doğal sonucu olarak yeni yerleşim yerlerini merkeze bağlayan bir bağlantı yolu yapıldı. Yapılan gözlem ve sayımlar sonucunda bu bağlantı yolu üzerinde ki ana yol akımının çok kuvvetli aksine tali yollarda ki trafik akımının ise çok zayıf olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan tespit sonucu Akıllı Kavşak Sistemi ilk olarak Şekil 4.1'de harita üzerinde gösterilen kavşaklara uygulanmıştır.

Yapılan analiz ve kıyaslarda Sakarya Kenti Karaman yolu üzerindeki Hastane kavşağı ele alınmıştır. Hastane kavşağının sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi ile çalıştığı zaman ki sinyal süreleri ile Akıllı Kavşak Sistemi kurulduktan sonra ki sinyal süreleri kıyaslanarak geliştirilen sistemin ne kadar verimli olduğu gösterilmek istenmiştir.

Şekil 4.22’de Karaman yolu Hastane kavşağının zirve saat aralığında ki Akıllı Kavşak öncesi ve sonrası sinyal sürelerinin dağılımı durumu gösterilmiştir.

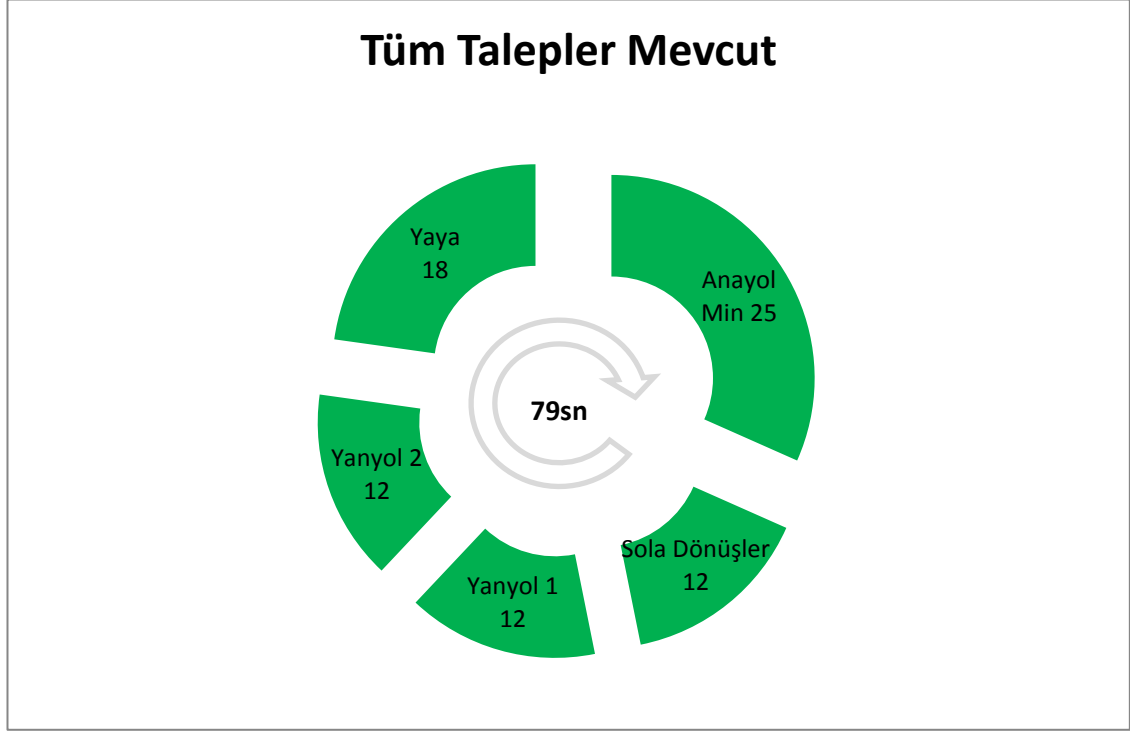
Şekil 4.22: Karaman yolu hastane kavşağı akıllı kavşak öncesi ve sonrası sinyal dağılımı durumu



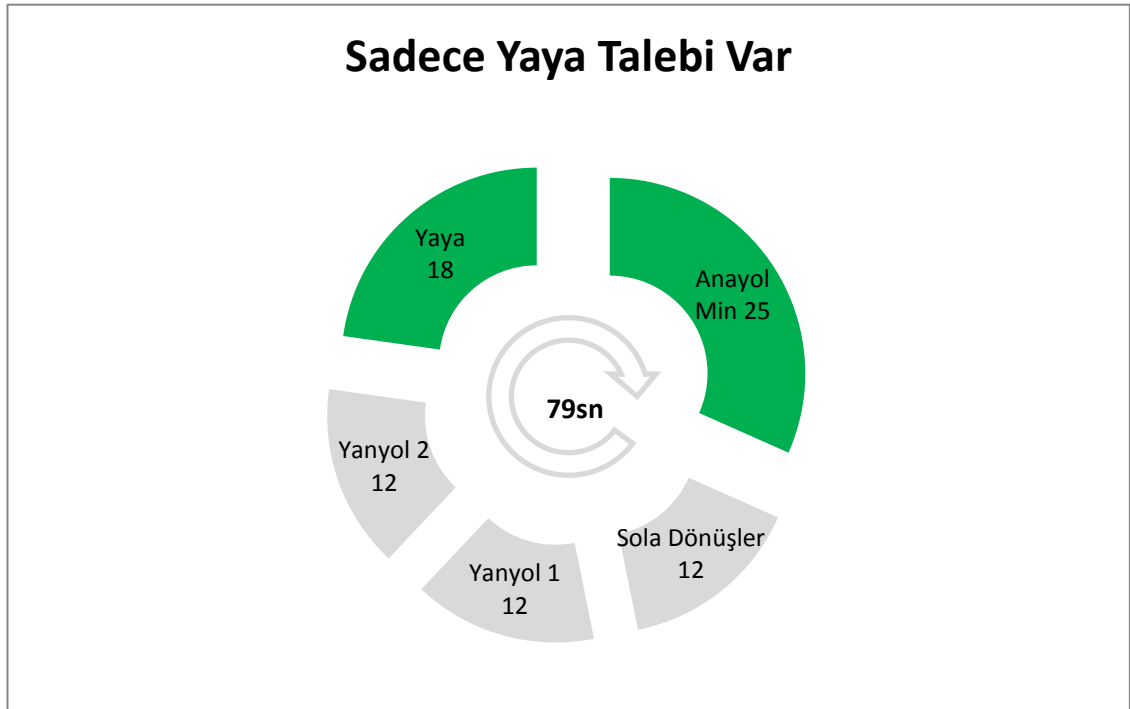
Akıllı Kavşak Sisteminin sinyal akışı ve sağladığı faydayı daha iyi anlatmak için aşağıda ki şekiller verilmiştir.

Aşağıdaki şekillerde Akıllı Kavşak Sistemine gelen talepler doğrultusunda sistemin nasıl çalıştığı açıklanmıştır.

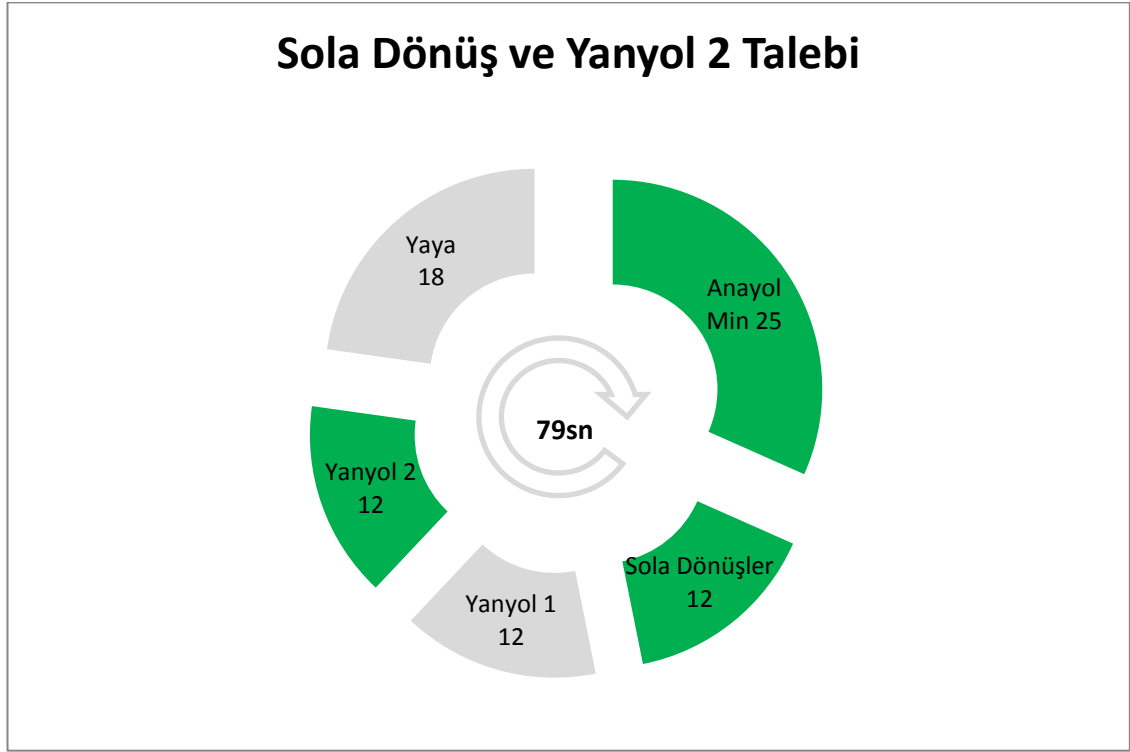
Şekil 4.23: Bütün sensörlere talep gelirse sinyal döngüsü



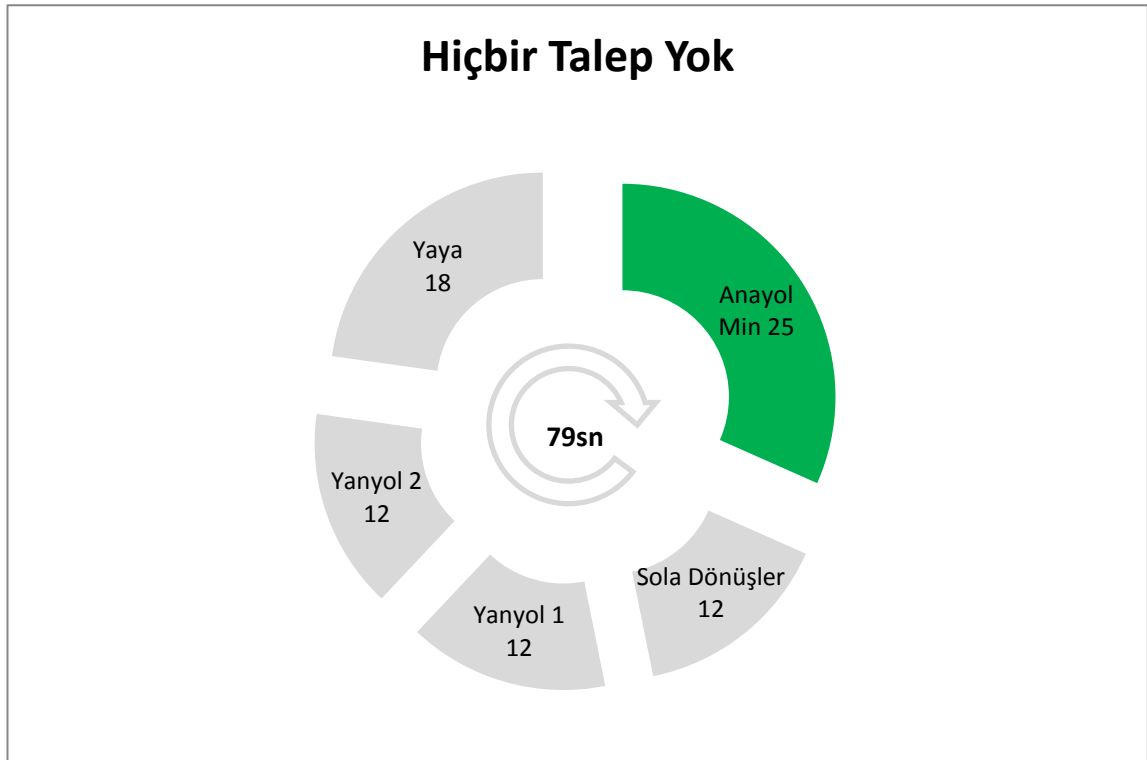
Şekil 4.24: Sadece yaya talebi gelirse sinyal döngüsü



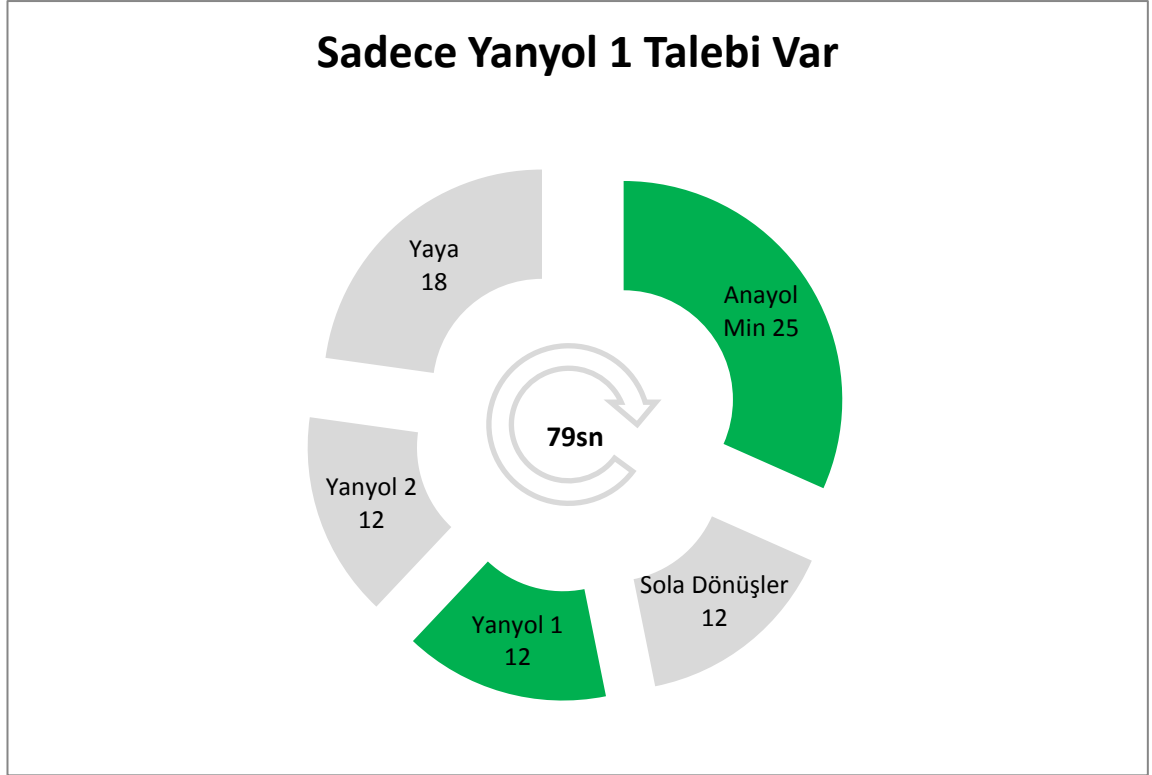
Şekil 4.25: Sola dönüş ve yanyol 2'ye araç talebi gelirse sinyal döngüsü



Şekil 4.26: Hiçbir sensöre talep gelmemesi durumunda sinyal döngüsü



Şekil 4.27: Sadece yanyol 1'e araç talebi gelirse sinyal döngüsü



Yukarıdaki şekillerden de anlaşılacağı üzere 79 sn olan toplam döngü süresi tali yollardan gelen araç durumuna göre ve yaya durumuna göre değişkenlik göstermiştir.

Akıllı Kavşak Kontrol Sistemi şekillere bakıldığında ana yol süresini sabit tutmuştur. Tali yollara araç geldiğinde ve yaya talebi olduğunda anayol 25 sn'den geri sayar ve sonrasında talebin doğrultusunda hareket eder.

Performans analizleri, sistemin kurulduğu kavşaklardan en çok optimizasyon ihtiyacının olduğu Hastane kavşağı için yapılmıştır. Buna göre bu kavşakta zirve saatler (15.00-19.00) arası süreleri kapsayan performans verileri Şekil 4.22'de toplu olarak verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde sistemin ana yol ortalama yeşil sürelerini yüzde 28'den yüzde 46'ya çıkardığı görülmektedir. Bu önceki duruma göre yüzde 64'lük bir iyileşme anlamına gelmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tezin ilk bölümlerinde Akıllı Ulaşım Sistemleri hakkında genel bilgiler verilmiş ve trafik yönetimi açısından önemi vurgulanmıştır. Daha sonra kavşak sinyalizasyon sistemleri ile ilgili teknolojik bilgiler verilmiştir.

Buna göre Sakarya kentiçi ulaşım bilgileri dikkate alındığında, araç sahipliliğindeki artış hızı korunduğu takdirde 2023 yılında Sakarya’da her 1000 kişilik nüfus başına 167 otomobil düşecek ve otomobil sayısı yüzde 59 artarak 87 binden 138 bine yükselecektir. Mevcut göstergeler önümüzdeki 10 yılda araç sahipliliğindeki artış hızının korunarak devam edeceğini göstermektedir. Sakarya’da gelecek yıllarda daha da artacak olan trafik yoğunluğu, mevcut sabit zamanlı çalışan sinyalizasyon sisteminin sürdürülebilir olmadığını göstermektedir.

Etkin trafik yönetiminin uygulamada başarılı olabilmesinin yolu ise uygun maliyetli ve uygulanabilir sistemler geliştirilmesidir. Bu tez çalışmasında, geliştirilen Akıllı Kavşak Kontrol Sisteminin Sakarya’da mevcut sistem olan sabit zamanlı sinyal kontrol sistemine kıyasla çok daha verimli olduğu yapılan testlerle gösterilmiştir. Bu kapsamda elde edilen performans verileri 4. Bölümde detaylı olarak verilmiştir.

Akıllı trafik sistemleri günümüzde artık Türkiye’nin birçok yerinde uygulanmaya başlamıştır. Maalesef Türkiye’de uygulanan bu sistemlerin çoğu yabancı yatırımcıların ürünleridir. Bu durum ülke ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu tez çalışmasında geliştirilen Akıllı Kavşak Kontrol Sistemi, şimdilik en azından Sakarya ilinde kullanıma sunulmuş olsa da yerli bir üretim ve mühendislik faaliyetinin eseri olması dolayısıyla ülke kaynaklarının kullanımına önemli bir katkı sağlamıştır.

Akıllı Kavşak Kontrol Sistemini diğer akıllı sistemlerden ayıran en önemli unsurların başında, kurulum maliyetinin düşük olması ve geri bildirim göstergesi sayesinde kullanıcı dostu olması yer almaktadır. Sakarya’da mevcut sabit zamanlı çalışan sinyal kontrol sistemine ilaveten manyetik araç sensörleri ekleyerek ve kontrol cihazında yazılım çalışması yaparak maliyeti düşük ve uygulanabilir bir akıllı trafik sistemi

oluşturulmuştur. Sistemdeki geri bildirim göstergesi sayesinde, sürücüler kendilerini trafiğin bir parçası olarak görmekte ve araç sensörlerinin olası arıza durumlarında geri bildirim kolaylığı sağlanmaktadır. Bu durum, kavşak sinyal kontrol süreçleri için ilk kez denenmiş bir uygulamayı yansıtmaya itibariyle bir yenilik olarak değerlendirilebilir.

Ülkemizde trafik sinyalizasyon sistemleri arasında sabit zamanlı kontrol sistemi hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler teknolojinin imkânları doğrultusunda yenilenmesi ve akıllı sistemlere yerini bırakması gerekmektedir. Bu sayede kazanan ülke ekonomisi olacaktır. Bu tez çalışmasında geliştirilen, Sakarya'da kendi imkânlarıyla kurulan Akıllı Kavşak Kontrol Sistemi diğer kamu kurumlarına ve hatta özel sektöre örnek teşkil edecektir.

Akıllı trafik sistemleri kurmak Belediyelerin ve Karayolları Genel Müdürlüğü'nün görevleri arasında yer almaktadır. Sakarya Büyükşehir Belediyesi trafik sistemlerini kendi bünyesinde kuran bir kamu kurumudur. Akıllı Kavşak Sisteminin ortaya çıkmasında, idarecilerin personeline sağladığı eğitim imkânı ve araştırma-geliştirme faaliyetlerine sağladığı ortam çok önemli olmuştur. Kamu kurumlarının personellerini eğitime teşvik etmeleri ve sistemleri geliştirebilecekleri uygun ortamlar sağlamaları bu tür çalışmaların çoğalması için gerekli unsurlar arasındadır.

Sonuç olarak; Trafik yönetiminin bir aracı olarak kullanılan Akıllı trafik sinyalizasyon sistemlerinin ülke genelinde yaygınlaştırılması ve özellikle AUS kapsamında nitelikli eleman yetiştirecek kurumların sayısının artırılması gerekmektedir. Bu tez çalışması, anılan ihtiyacın karşılanması amacıyla gerçekleştirilmesi gereken araştırma-geliştirme çalışmaları kapsamında bir örnek teşkil etmesi itibariyle de anlam kazanmaktadır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Aksoy, S., 2004. *Programlanabilir Lojik Denetleyiciler ve Mühendisi*. İstanbul: Değişim Yayınları, ss. 7-18.
- Ayfer, M.Ö., 1977. *Trafik Sinyalizasyonu*. Ankara: Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası.
- Çetin, R., 2005. *S7-200 PLC'lerle Otomasyon*. Ankara: Doğuşum Matbaacılık, ss. 2-218.
- Karabacak, M., 2005. *İleri Kumanda Teknikleri*. İskenderun, ss. 96-106.
- Kurtulan, S., 2008. *PLC ile Endüstriyel Otomasyon*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Kurtulan, S., 1999. *PLC ile Endüstriyel Otomasyon*. İstanbul: Birsen Yayınevi, ss. 1-13.
- Özdirim, M., 1994. *Trafik Mühendisliği I ve II*. Ankara: Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası.
- Sakarya Ulaşım Ana Planı (SUAP), 2013.
- Ünal, L., 1998. *21. Yüzyılda Ulaştırma ve Akıllı Ulaşım Sistemleri*. Denizli: 4. Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı, ss. 321-333.

Sürekli Yayınlar

- Crainic, T.G., Gendreau M. and Potvin J., 2009. Intelligent Freight Transportation Systems: Assessment and the Contribution of Operations Research. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol.-17, No. 6.
- Durna, T., 2011. Karayolu Trafik Güvenliğine Sistem Yaklaşımı: İsveç'in "Vizyon Sıfır" Politikası. *Polis Bilimleri Dergisi*. ss. 13.
- European Commission, 2001. Communication from the commission to the council and the European Parliament Keep Europe Moving-Sustainable Mobility for our Continent Mid-term Review of the European Commission's. *Transport White Paper*.
- Tercan, Ş.H., 2003. Karma Trafik Akım Hızının Modellenmesi: Konya Örneği. *İTÜ Fen Bilimleri Dergisi*.
- Varol, A., Şengür, A. ve Avcı, E., 2003. CG 100 PLC İle Kontrol ve Otomasyon. *Aylık Elektrik-Elektronik, Makine, Bilgisayar Dergisi*. Sayı: 2003/07.

Diğer Yayınlar

- Akbaş, A., 2010. Güvenli ve Sürdürülebilir bir Hareketlilik İçin Akıllı Ulaşım Sistemleri; Japonya Örneği. *Ulaşım Sempozyumu*. İstanbul.
- Akbaş, A., 2009. Toplu Ulaşımda Akıllı Sistem Çözümleri, *Toplu Ulaşımda Akıllı Sistemler ve Uygulamaları Akyolbil Sistemi Paneli*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi.
- Akbaş, A., 2001. Kent İçi Trafik Sinyal Sisteminin Optimal Kontrolü; Trafik Optimizasyonu. *Doktora Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi FBE.
- Akbaş, A. ve Akdoğan, E., 2001. İstanbul Kent İçi Trafik Kontrol Sistemi Üzerine Bir Durum Değerlendirmesi. *İstanbul Kentiçi Ulaşım Sempozyumu*. İstanbul, ss. 31-38.
- Alçelik, N., 2010. Kentiçi Sinyalize ve Dönel Kavşakların Kapasite Açısından Karşılaştırılması Ümraniye İlçesi Örneğinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*.
- AUS Dünya Kongresi, <http://www.its-jp.org> [ziyaret tarihi 20.07.2013].
- AUS Malezya, <http://www.itsmalaysia.com.my> [ziyaret tarihi 23.07.2013].
- Banner manyetik araç algılama sensörleri, 2013. <http://www.bannerengineering.com/en-US/products/8/Sensors/44/Vehicle-Detection/195/M-Gage-Q7LMEB-Flat-Pak-Sensor>, [ziyaret tarihi 15.12.2013].
- BCC Research, 2010. *Intelligent Transportation Systems Review*.
- Çapalı, B., Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Türkiye'deki Uygulamaları, *Yüksek Lisans Tezi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi.
- Delibaşoğlu, İ., 2013. GMR Sensörler ile Trafik Verilerinin Elde Edilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*.
- European Commission, 2008. Communication from the commission-Action plan for the deployment of Intelligent Transport Systems in Europe.
- Ezell, S., 2010. Intelligent Transportation Systems. *The Study Report*. Information Technology and Innovation Foundation (ITIF).
- Figueiredo, L., 2001. Towards the Development of Intelligent Transportation Systems. *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings*. USA: Oakland.
- Gazis, D.C., 2002. Traffic Theory; Kluwer Academic Publishers. *eBook*. ISBN: 1-4020-7095-0.

- Karaçor, M. ve Keleş, K., 2007. Otomasyon Sistemlerinin Bileşenleri. *IV. Otomasyon Sempozyumu*. Samsun.
- Mc.Donald, J.D., 1993. Developing and Defining Basic SCADA System Concepts. *Rural Electric Power Conference-3*. Pp. 25-70.
- Morales J.M., 1995. Improving Traffic Signal Operations. Federal Highway Administration. ABD: U.S. Department Of Transportation.
- Özer, H.T., 2008. Doğalgaz İstasyonlarında Akış Sınırlayıcısının PLC İle Kontrolü, *Yüksek Lisans Tezi*.
- Özgür, N., 2008. Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliği. *Bildirisi*.
- Ramadhan, A.F., 2004. Development&Implementation of a SCADA System. *A.N.F. Press*. Dhahran, pp. 56-90.
- Sussman, J.M., 2005. Perspectives on Intelligent Transportation Systems. England: Oxford, Inc.; ISBN: 0-387-23257-5.
- Tektaş, N., 2002. Kentiçi Transit Yollarda Trafiğin Optimizasyonu-İstanbul İçin Bir Uygulama. *Doktora Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi SBE.
- Transport Canada, 1996. Benefit Cost Assessment of Intelligent Transportation Systems (ITS). Implementation in Canada.
- Winlog Yardım Menüsü, 2006.
- Vlacic, L., Intelligent Vehicle Technologies, Theory and Applications; Butterworth Heinemann; ISBN: 0-7506-5093, Oxford, 2001.
- Yılmaz, Ö., 2012. Karayolu Ulaşım Sisteminde Akıllı Ulaşım Sistemleri. *Uzmanlık Tezi*. Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : Murat PEHLİVAN
- Sürekli Adresi** : Camili Mah. 1647 Ada F15A D-7 Adapazarı/ SAKARYA
- Doğum Yeri ve Yılı** : Trabzon 1987
- Yabancı Dili** : İngilizce
- İlk Öğretim** : Erenler İlköğretim Okulu 2001
- Orta Öğretim** : Ali Dilmen Lisesi 2004
- Lisans** : Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü 2009
- Yüksek Lisans** : Bahçeşehir Üniversitesi
- Enstitü Adı** : Fen Bilimleri Enstitüsü
- Program Adı** : Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi
- Çalışma Hayatı** : Sakarya Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı, Trafik Şube Müdürlüğü, Trafik Kontrol Merkezi (2009- devam ediyor)