

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TOPLUM TAŞIMA GÜZERGÂH TESPİTİNDE COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ İLE İYİLEŞTİRİLMİŞ DURAK KONUMU
BELİRLEME UYGULAMALARI: SAKARYA ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakan KOCAMAN

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ULAŞTIRMA
Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Hakan ASLAN

Aralık 2018

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPLUM TAŞIMA GÜZERGÂH TESPİTİNDE COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMLERİ İLE İYİLEŞTİRİLMİŞ DURAK KONUMU
BELİRLEME UYGULAMALARI: SAKARYA ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakan KOCAMAN

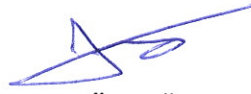
Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ULAŞTIRMA

Bu tez 10.12.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Dr. Öğr. Üyesi
İrfan PAMUK
Jüri Başkanı



Dr. Öğr. Üyesi
Hakan ASLAN
Üye



Dr. Öğr. Üyesi
Mustafa TANIŞ
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.


Hakan KOCAMAN

05.11.2018

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hakan ASLAN'a içtenlikle şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmalarım esnasında yurt içi ve yurt dışı akademik organizasyonlara katılmam noktasında teşvik ve desteklerini esirgemeyen, Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürü Dr. Rüstem KELEŐ ile Kurum yöneticilerine ve gerek yüksek lisans eğitimim gerekse tez çalışmalarım da daima bana pozitif enerji sağlayan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)	2
1.1.1. CBS'nin yapısı	2
1.1.2. CBS'nin fonksiyonları	3
1.1.3. CBS'nin bileşenleri	4
1.1.4. CBS'nin metodolojisi	5
1.1.5. CBS'nin uygulama alanları	6
1.2. Toplum Taşıma	7
1.2.1. Lastik tekerlekli toplum taşıma sistemleri	8
1.2.2. Raylı toplum taşıma sistemleri	8
1.2.3. Deniz yolu toplum taşıma sistemleri	8
1.2.4. Havayolu toplum taşıma sistemleri	8

BÖLÜM 2.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	9
2.1. Toplum Taşımanın Önemi	9

2.2. Toplum Taşıma Optimizasyonuna Genel Bakış	14
BÖLÜM 3.	
ÇALIŞMA ALANI VE MEVCUT DURUM	18
3.1. Çalışma Alanı.....	18
3.2. Nüfus ve Trafığe Kayıtlı Araç Verileri	20
3.3. Mevcut Toplum Taşıma	22
BÖLÜM 4.	
MATERYAL VE YÖNTEM	24
4.1. Materyal	24
4.2. Yöntem	24
4.2.1. Durak erişim analizi	25
4.2.2. Kullanılan araç-gereçler	26
4.3. Veri Temini	28
4.4. Konumsal Veritabanı ve Veri Girişi	29
4.4.1. Konumsal veritabanının oluşturulması	30
4.4.2. Ağ veri kümelerinin oluşturulması	30
4.4.3. Veri girişi ve düzenleme	31
BÖLÜM 5.	
KONUMSAL ANALİZLER	35
5.1. Mevcut Durum	35
5.1.1. Nüfus analizi	35
5.1.2. Güzergâh analizi	44
5.1.3. Durak analizi	48
5.2. Önerilen Model	53
5.2.1. Durak konumu iyileştirmesi	53
5.2.2. Model analizi	53

BÖLÜM 6.	
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	57
6.1. Mevcut Durum Analizi ve Model Durum Analizi Değerlendirmesi	57
6.2. Genel Değerlendirme	62
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ESRI	: Environmental System for Research and Innovation
MAKS	: Mekansal Adres Kayıt Sistemi
NVİ	: Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü
SAKUS	: Sakarya Akıllı Ulaşım Sistemi
SASKİ	: Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
SAÜ	: Sakarya Üniversitesi
SBB	: Sakarya Büyükşehir Belediyesi
TCRP	: Transit Cooperative Research Program
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UAVT	: Ulusal Adres Veritabanı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. CBS'de Grafik ve Grafik Olmayan Bilgilerin Gösterimi	3
Şekil 1.2. Coğrafi bilgi sisteminin temel fonksiyonlar	4
Şekil 2.1. Otomobil, bisiklet ve otobüs ile aynı sayıda yolcunun taşınması için gerekli olan alan miktarı	10
Şekil 2.2. Gelir durumuna göre kent içi toplum taşıma kullanımını	11
Şekil 2.3. TÜİK 2012 - 2017 Türkiye geneli motorlu kara taşıtları ve adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verileri	13
Şekil 2.4. Dünyadaki büyükşehirlerde bir yolculukta günde 12km den fazla yol gidenlerin yüzdesi	14
Şekil 2.5. Otobüs durağı aralığının hizmet kapsama alanına etkisi	16
Şekil 3.1. Çalışma alanı	19
Şekil 3.2. Sakarya 2012 - 2016 yılları arasındaki nüfus ve trafiğe kayıtlı araç sayısındaki artış değerleri	21
Şekil 3.3. Sakarya 2016 yılı trafiğe kayıtlı araç sayısı ve yüzde dağılımını	21
Şekil 3.4. Sakarya toplum taşıma sistemine ait 29 adet güzergâh ve 860 adet durağın coğrafi dağılımını	23
Şekil 4.1. ArcMap ekran görüntüsü	24
Şekil 4.2. Tampon bölge analizi ve servis alanı analizi karşılaştırılması	26
Şekil 4.3. Arcpy kütüphanesi kullanılarak Python yazılım dili ile kodlanan Multiple Select by Location for Feature Count (Obje Adedi için Çoklu Konumsal Seçim) aracının genel görünümü	27
Şekil 4.4. Sakarya Büyükşehir Belediyesi 1/25000 ölçekli nazım imar planı ...	29
Şekil 4.5. Düzenleme ve eklemeler sonucu oluşturulan yol ağı	32
Şekil 4.6. Sakarya Toplum Taşıma Sistemi güzergâh ve durak haritası	34
Şekil 5.1. Mahalle nüfus yoğunluk haritası (Nüfus/Alan (km ²))	36
Şekil 5.2. Konut alanlarına ait nüfus dağılım haritası	43

Şekil 5.3. Güzergâh uzunlukları, ilişkili durak sayıları, geçtikleri mahalle sayıları ve mahalle alan toplamları	46
Şekil 5.4. Sakarya Toplum Taşıma Sistemi güzergâh yoğunluk haritası	47
Şekil 5.5. Sakarya Toplum Taşıma Sistemi durak yoğunluk haritası	50
Şekil 5.6. Mevcut durum durak erişim alanları nüfus analizi	52
Şekil 5.7. Mevcut duraklar ve iyileştirilmiş durakların karşılaştırması	55
Şekil 5.8. Model durum durak erişim alanları nüfus analizi	56
Şekil 6.1. Adapazarı İlçesi'nde bulunan mevcut ve model duruma ait durakların sağladıkları hizmet kapsama alanlarındaki nüfus değişimi	60
Şekil 6.2. Arifiye İlçesi'nde bulunan mevcut ve model duruma ait durakların sağladıkları hizmet kapsama alanlarındaki nüfus değişimi	61
Şekil 6.3. Erenler İlçesi'nde bulunan mevcut ve model duruma ait durakların sağladıkları hizmet kapsama alanlarındaki nüfus değişimi	61
Şekil 6.4. Serdivan İlçesi'nde bulunan mevcut ve model duruma ait durakların sağladıkları hizmet kapsama alanlarındaki nüfus değişimi	62

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Uluslararası literatürde geçerli durak aralıkları	17
Tablo 3.1. Çalışma alanındaki ilçelere ait mahalle sayıları ve yüzölçümleri	20
Tablo 3.2. Çalışma alanı 2012 – 2017 yılları arası nüfus verileri	20
Tablo 3.3. Mevcut durum için ilçe bazında güzergâh ve durak sayıları	22
Tablo 5.1. Çalışma alanı mahalle nüfusları, yaklaşık mahalle alanları ve km ² ye düşen nüfus değerleri	37
Tablo 5.2. İlçe bazında güzergâh sayıları ve dağılım yüzdeleri	44
Tablo 5.3. Çalışma alanı mahallere göre güzergâh dağılımları	44
Tablo 5.4. Güzergâh uzunlukları, ilişkili durak sayıları, geçtikleri mahalle sayıları, mahalle nüfus toplamları ve mahalle alan toplamları	45
Tablo 5.5. İlçe bazında durak sayıları ve dağılım yüzdeleri	48
Tablo 5.6. Çalışma alanı mahallere göre durak dağılımları	48
Tablo 5.7. Mevcut durum için ilçe bazında güzergâh sayıları, en az bir durak ile ilişki durak sayıları ve nüfus analizi	51
Tablo 5.8. Model durum için ilçe bazında güzergâh/durak sayıları ve nüfus analizi	52
Tablo 5.9. İlçe bazında model durum durak sayıları ve dağılım yüzdeleri	54
Tablo 5.10. Çalışma alanı mahallere göre model durum durak dağılımları	54
Tablo 6.1. Her iki durumda ilçelerde bulunan en az 1 güzergâh ile ilişkili durak sayıları karşılaştırması	58
Tablo 6.2. İlçe bazlı mevcut ve model duruma ait hizmet kapsama alanı nüfus yüzdeleri ve yüzde değişimleri	59

ÖZET

Anahtar kelimeler: CBS, kentsel toplum taşıma, otobüs durağı aralığı iyileştirme.

Günümüzde kentleşmenin yaygınlaşması, kent içi nüfus, kişi başına düşen araç sayısı ve trafik yoğunluğunun artmasından dolayı etkin ve verimli toplum taşıma ihtiyacı giderek artmaktadır. Bu sebeple kent içi toplum taşıma sisteminin, kent nüfusuna ve nüfusun zaman içerisindeki hareketliliğine göre planlanması önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Sakarya Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilen toplum taşıma sistemindeki mevcut 29 adet otobüs güzergâhı ve duraklarının, coğrafi bilgi sistemi yazılımı (ArcGIS) kullanılarak konumsal etki alanları, yoğunlukları ve hizmet sağladıkları yaklaşık nüfus değerleri analiz edilmiştir. Mevcut duruma ilişkin yapılan bu analizin ardından, sistemdeki otobüs güzergâhları için seçilen yeni durak konumları belirlenerek, söz konusu analizler tekrar gerçekleştirilmiş ve mevcut durum ile model durum arasındaki değişim gözlemlenerek otobüs durakları için bir iyileştirme çalışması yapılmıştır.

EXTRACTION OF ROUTE OF SAKARYA PUBLIC TRANSPORTATION BY USING GIS AND DETERMINATION OF OPTIMUM ALTERNATIVE ROUTES AND APPLICATIONS

SUMMARY

Keywords: GIS, urban public transportation, bus stop spacing improvement.

Nowadays, due to the widespread urbanization, the increase in urban population, the number of vehicles per capita and traffic density, the need for effective and efficient public transportation is a concern for professionals in transportation planning. For this reason, it is important to plan the urban transportation system according to the requirements of the movement of the population over time. In this study, the existing bus stops in the public transportation system operated by Sakarya Metropolitan Municipality were analysed in terms of their spatial impact areas, density and number of population values serviced through geographical information system software (ArcGIS). Following the analysis of the present situation, new bus stop locations were determined at the improved distance selected for the bus routes and the analysis was again performed so that an example of enhanced bus stops was suggested by observing the change between the current and proposed situation.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ulaştırma; maliyet, planlama ve işletme açısından özellikle gelişmekte olan ülkelerde kentlerin en önemli sorunlarından biridir. Kent içi ulaşım maliyetlerinin düşürülmesi ve erişim ağının genişletilmesi için gerekli olan planlama ve işletme faaliyetleri, özellikle nüfusça kalabalık kentlerde oldukça zordur. Bir ülke için ulaşım; sosyoekonomik faaliyetlere katkı sağlayan, güvenli, çevreye duyarlı, fiziksel ve ekonomik olarak erişilebilir ayrıca hizmet kalitesi yüksek bir planlama ve uygulama sürecini içermelidir.

17 Ağustos 1999 tarihinde Marmara Bölgesi'nde yaşanan depremin ardından Sakarya İl'inin büyükşehirleşme sürecine girmesi ile birlikte, toplum taşıma hizmeti de ilçe belediyelerinden Sakarya Büyükşehir Belediyesi bünyesine geçmiştir. Bu sayede, sunulan hizmet tek merkezden yönetilmeye ve planlanmaya başlanmıştır. Fakat hızlı kentleşmeye bağlı olarak belediye hizmet alanının ve nüfusun artması, toplum taşımada işletme, planlama ve yönetim faaliyetlerinin önemini artırmıştır.

Araç sahiplik değerlerinin her geçen gün artmasından dolayı, kentsel ulaşımın bireysel hareketlilikten ziyade toplum taşıma sistemlerine yöneltilmesi, gerek sunulan ulaşım hizmetinin kalitesi gerekse de kent içi trafiğin rahatlaması açısından oldukça önemlidir.

Sakarya Büyükşehir Belediyesi'ne ait mevcut kent içi toplum taşıma sisteminin iyileştirilmesi için, güzergâh ve duraklar konumsal olarak analiz edilerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve coğrafi bilgi sistemi yaklaşımı kullanılarak sistem iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

1.1. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2009).

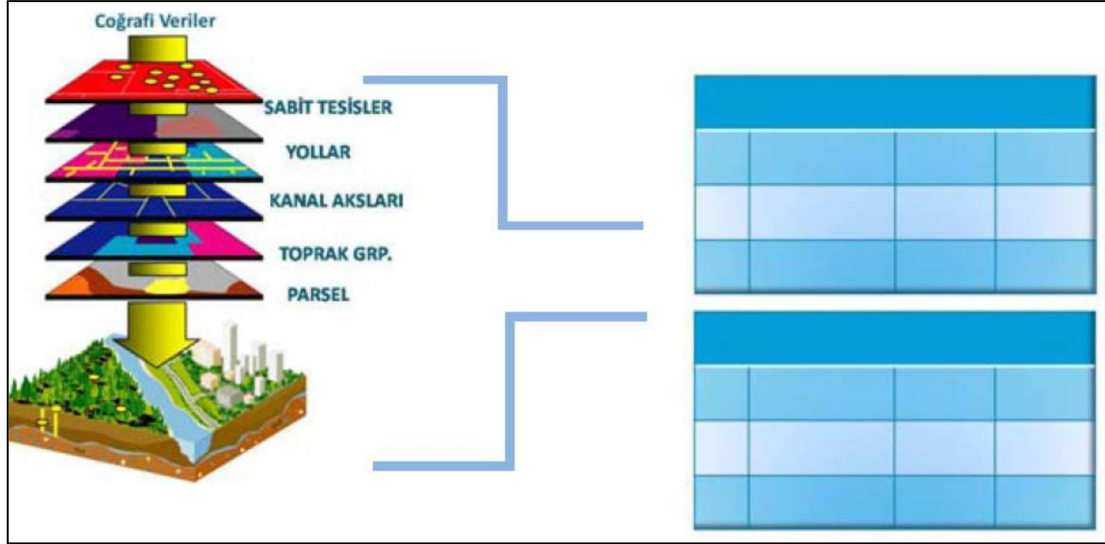
Coğrafi bilgi sistemleri, yeryüzü şekillerini ve yeryüzünde gelişen olayları haritaya dönüştürmek ve bunları analiz etmek için gerekli olan bilgisayar destekli araçlardan oluşan bir sistem olarak algılanmaktadır. CBS teknolojisi ortak veri tabanlarını birleştirme özelliğine sahiptir. Örneğin, haritaların analitik olarak sağladığı görsel ve coğrafi avantajlar, sorgulama ve istatistiksel analizler olarak kullanıcıya sunulabilmektedir. Bu özelliği bakımından, CBS diğer bilgi sistemlerinden farklıdır. Bunun bir sonucu olarak, CBS, hizmet alanındaki olayların tanımlanmasında, gelecek tahminlerinde ve stratejik planların yapılmasında kamu ve özel sektör tarafından oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Her ne kadar harita yapımı ve coğrafi veri analizleri yeni bir işlem değilse de, CBS bu tür işlemleri mevcut yöntemlerden daha etkin ve hızlı yapabilmektedir. Coğrafi bilgi sistemlerindeki teknolojik gelişmelerden önce, sadece belli sayıdaki kişiler karar verme ve problem çözümede coğrafi bilgiyi kullanma ihtiyacı duymuştu. Oysa bugün, CBS bütün dünyada, büyük yatırımlara konu olmakta, yan mesleki kuruluşlarda bilhassa endüstri alanında birçok kişiyi iş sahibi yapmakta; temel eğitim okullarında, üniversite ve özel sektör kuruluşlarında gereğinde özel kurslarla öğretilmektedir. Dolayısıyla konum bilgisi kullanan kişilerin coğrafi bilgiye olan ilgileri ve konumsal verilerle çalışmaları her geçen gün daha fazla olmaktadır (Yomralıoğlu, 2009).

1.1.1. CBS'nin yapısı

CBS'nin kaynağı olan coğrafi veriler, özellikleri itibariyle grafik ve grafik olmayan bilgiler olarak, iki değişik şekilde ifade edilirler. Grafik bilgiler coğrafi varlığın konumu, geometrisi, büyüklüğü ve biçimi hakkında bilgi verirken, grafik olmayan bilgiler ise aynı coğrafi varlığın sahip olduğu diğer yapısal özellikler hakkında bilgi

verir. Bu bakımdan grafik olmayan bilgiler kavramı, bazı kaynaklarda tanımsal bilgiler, metinsel bilgiler veya sözel bilgiler şeklinde de ifade edilmektedir (Yomralıoğlu, 2009). CBS'de grafik ve grafik olmayan bilgilerin gösterimi Şekil 1.1.'de yer almaktadır.

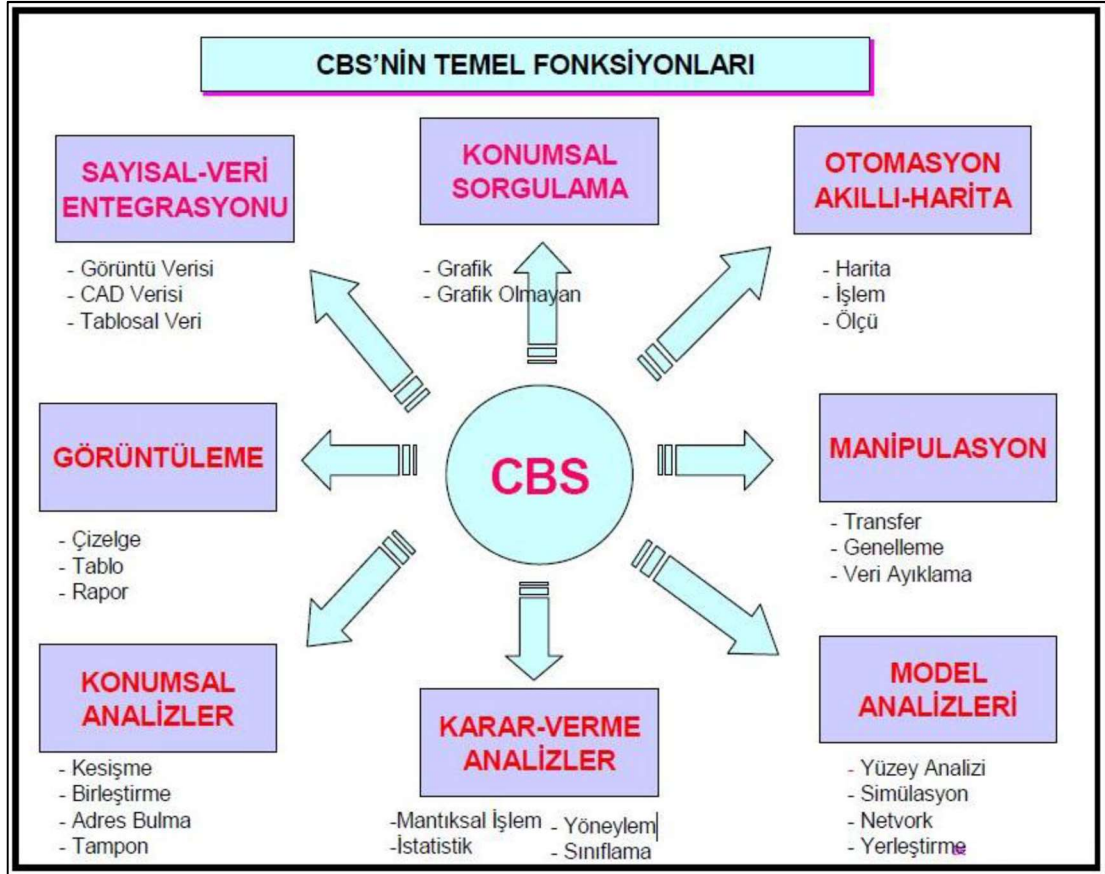


Şekil 1.1. CBS'de grafik ve grafik olmayan bilgilerin gösterimi (Töreay, 2010).

1.1.2. CBS'nin fonksiyonları

CBS kullanıcısı durumunda olan insanlar veya kurumlar; ihtiyaç duydukları haritayı veya tek bir mekânsal altlığı kullanarak konumsal sorgulamalar, akıllı haritalar, model ve karar verme analizleri, görüntüleme ve sayısal veri entegrasyonunu sağlayacak şekilde temel fonksiyonları olan coğrafi bilgi sistemlerini talep eder hale gelmişlerdir. Bu temel fonksiyonlar sayesinde, veriyi-bilgiye ve yarara dönüştüren bir işlem süreci yerine getirilmiş olacaktır (Erdi ve ark., 2004).

Coğrafi bilgi sistemi birçok temel fonksiyonu bünyesinde barındırmaktadır. Şekil 1.2.'de coğrafi bilgi sistemlerinin temel fonksiyonları yer almaktadır.



Şekil 1.2. Coğrafi bilgi sisteminin temel fonksiyonları (Erdi ve ark., 2004).

1.1.3. CBS'nin bileşenleri

CBS; donanım, yazılım, veri, insan ve yöntem olmak üzere beş temel bileşenden oluşmaktadır. Bu beş bileşen bir araya geldiğinde, temel anlamda bir coğrafi bilgi sistemi kurmak mümkün olabilmektedir.

Donanım; CBS'nin işlemlerini ve işletilmesini mümkün kılan bilgisayar ve bilgisayar bileşenlerini (yazıcı, tarayıcı, vb.) kapsamaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte donanım maliyetlerinin düşmüş olması, CBS çalışmaları açısından oldukça faydalı olmuştur. Fakat yine de yapılacak CBS çalışmasının kapsamına göre donanım maliyetleri yüksek meblağlara ulaşabilmektedir.

Yazılım; konumsal olan ve konumsal olmayan verileri depolamak, sorgulamak, analiz etmek ve hesaplamak için yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen

algoritmalarıdır. Günümüzde ticari ve ticari olmayan (serbest erişimli) CBS yazılımları mevcuttur. Bu yazılımlar sundukları imkanlar bakımından farklılıklar gösterebilirler de temelde aynı mantık üzerinde çalışmaktadırlar. Yapılacak coğrafi bilgi sistemi çalışmasının gereksinimlerine göre ticari ya da ticari olmayan yazılımlar tercih edilebilir.

Veri; bir coğrafi bilgi sistemi çalışması için temin edilmesi en güç bileşen olarak nitelendirilebilir. CBS için kullanılacak veriler çoğu zaman, güncel, doğru ve sürekli olmalıdır. Eğer bir coğrafi bilgi sisteminde kullanılan verilerin sürekliliği sağlanamaz ise, sistem bir süre sonra atıl bir hale gelecektir. CBS de veriler, vektör ve raster veriler olmak üzere ikiye ayrılır. Vektör veriler, nokta, çizgi ve alan olarak üçe ayrılır. Bir koordinat nokta, en az iki koordinat çizgi, en az üç koordinat ise alan verisini oluşturabilir. Raster veriler ise hücrelere bağlı olarak temsil edilen konumsal verilerdir. Raster veriler de yer alan her bir hücre bir renk değeri depolar.

İnsan; coğrafi bilgi sisteminin kullanılmasına yönelik ihtiyacın ortaya konması, sistemin kurulması ve işletilmesi noktasındaki temel unsurdur. Her ne kadar günümüzde birçok iş makineler ile yapılabilse de insan olmaksızın bir CBS projesinin devamlılığının sağlanması mümkün değildir.

Yöntem, bir coğrafi bilgi sistemi çalışmasında ihtiyaçların belirlenmesi ve bu ihtiyaçların çözüme kavuşturulması noktasında izlenecek model ve uygulamaların bütünüdür. CBS'den başarılı sonuçlar elde etmek için doğru yöntemleri belirlemek gerekir.

1.1.4. CBS'nin metodolojisi

CBS metodolojisinin uygulanması, belirli bir akış şeması içinde ve aşamalar halinde gerçekleşir. Bu akış şeması standart olmamakla birlikte bir CBS çalışmasının ideal uygulama adımlarını özetler (Turoğlu, 2011).

Veri toplama: Yöntemlerden biri olan saha çalışmaları yapılarak veri toplanabildiği gibi, ilgili kurum ve kuruluşlardan konumsal istatistikî veriler de elde edilebilmektedir (Alpdemir, 2006).

Veri işletimi: Verinin işlenmesi, gereksiz verilerin çıkarılması ve gerekli düzeltmelerin yapıldığı kısmı oluşturmaktadır. Kısacası elde edilen verilerin CBS'ye uygun hale getirilmesi sürecidir (Alpdemir, 2006).

Veri yönetimi: CBS projesine göre uygun veri tabanı yönetim sisteminin seçilmesi aşamasıdır. Veri tabanı yönetim sistemi; bilgisayar içinde bulunan verilerin, veri tabanı yaratılarak en iyi şekilde yönetilmesini sağlayan yazılımlardır. Veritabanı tasarımı, yapılacak sorgulamalara cevap verebilecek nitelikte olmalıdır (Alpdemir, 2006).

1.1.5. CBS'nin uygulama alanları

CBS birçok sektör tarafından kullanılan etkin bir konumsal analiz aracı olarak, günümüzde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Gerek özel sektör kesiminde gerekse akademik araştırmalarda ve kamu kurumlarında oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır. CBS'ye olan bu aşırı ilgi, CBS destekli birçok projenin kısa sürede hayata geçirilmesine neden olmuştur. CBS sahip olduğu özellikleri itibarıyla, konum bilgisiyle alakalı her türlü uygulamanın içerisinde yer almaktadır. Özellikle, kentsel ve bölgesel planlama, kadastro, tarım, orman, peyzaj, jeoloji, savunma, emniyet, turizm, arkeoloji, yerel yönetim, nüfus, eğitim, çevre, sağlık ve benzeri birçok uygulamalı meslek dalında CBS önemli bir ortak kavram olarak kullanılmaya başlanmıştır (Nişancı ve ark., 2010).

CBS; savunma ve istihbarat, sağlık ve insan hizmetleri, haritalama ve grafik, kamu güvenliği, ulaşım, eğitim, doğal kaynaklar ve özel sektör gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu sayede konumsal anlamda çok sayıda analiz ve sorgulama yapılabilmekte ve elde bulunan konumsal veriler, sözel veriler ile ilişkilendirilerek faydalı birçok sonuç üretilebilmektedir.

Özellikle ulaşım alanında, yol ve güzergâh haritalarının çıkarılması, navigasyon, genel toplum taşıma planlaması, güzergâh ve durak optimizasyonu, toplum taşıma odaklı otopark planlaması gibi konularda CBS kullanılarak çözümler üretmek mümkündür. Yine ulaşım ile ilgili olarak, diğer ulaşım sistemlerine entegrasyon, toplu konut alanları, kamu ve eğitim kurumları ile sanayi ve ticaret alanlarına yakınlık, yolculuk talebi, nüfus yoğunluğu gibi konumsal analizler CBS kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir.

1.2. Toplum Taşıma

İnsanlığın ilk çağlarında yaya olarak giderilen ulaşım gereksinimleri zaman ilerledikçe, sanayi ve teknolojik alandaki gelişmeler doğrultusunda şekil değiştirmeye ve modern bir hal almaya başlamıştır. Özellikle son yüz yılda kentleşmenin artması ve büyük kentlerin ortaya çıkması ile birlikte, insanların ve eşyaların bir yerden diğer bir yere hareket etme gereksinimi fazlalaşmıştır. Kişisel araçlar kullanılmaksızın yapılan yolculuklarda kullanılan tüm ulaşım sistemlerine toplum taşıma denmektedir.

Toplum taşıma sistemlerinin kurulmasının ana amacı, bir kamu hizmeti olarak insanların bir noktadan diğer bir noktaya ulaşımını ekonomik olarak sağlamaktır (Ergün, 2010).

Mini otobüs (minibüs) hatları, gayrimenkul geliştiriciler ve emlak yönetim şirketleri tarafından uygun seyahat hizmetleri ile yeni yerleşim birimlerine yerleşke sakinleri sağlamak için açılmıştır. Müteakiben, kademeli olarak kentsel yolcu taşımacılığı sistemini geliştirmek için otobüs hatları geliştirilmiştir (Sutton ve Gillingwater, 1995).

Lastik tekerlekli, raylı, denizyolu ve havayolu toplum taşıma sistemi olarak dört gruba ayrılabilen bu taşıma sistemi, sabit güzergâhlı, sabit ücretli ve sabit zamanlı olmaktadır. Her ne kadar büyük illerde belli bir ölçekte çözülmüş gibi görünse de, ülkemizde uygulanan özel araç kullanımının yaygınlaştırılması ve toplum taşımaya önem verilmemesi politikaları sonucu, toplum taşıma sistemi geri planda kalmıştır (Murat ve Şahin, 2010).

1.2.1. Lastik tekerlekli toplum taşıma sistemleri

Karayolu taşımacılığı olarak da nitelendirilen lastik tekerlekli taşıma, yerleşim yerlerindeki toplum taşıma türleri içerisinde en fazla kullanılan sistem olmaktadır. Bunun başlıca nedeni geçmişten gelen ulaşım politikalarının karayolu ağırlıklı olmasından dolayı, diğer taşıma türlerinin geri plana atılması ve bunlara uygun altyapının karayolu kadar oluşturulamamasıdır (Ağın, 2015).

Birçok kentin toplum taşıma türlerinin dağılımına bakıldığında zaman, otobüs kullanımı diğer taşıt türlerine oranla daha büyük hizmet alanına sahip olmaktadır (Simpson, 2003).

1.2.2. Raylı toplum taşıma sistemleri

Raylı bir hat üzerinde, kılavuzlanmış olarak hareket edebilen araçların oluşturduğu esnek olmayan bir toplum taşıma türüdür. Yolcu taşımacılığının yanı sıra yük taşımacılığında da oldukça fazla önem arz etmektedir.

1.2.3. Deniz yolu toplum taşıma sistemleri

Vapur, feribot gibi araçlardan oluşan bu taşıma sistemleri deniz üzerinde hizmet vermektedir. Bunlar arasında vapur “*su üzerinde çalışan belli büyüklükteki ulaşım aracı*” olarak tanımlanırken, feribot “*daha çok araç taşımacılığında kullanılan deniz ulaşım aracı, arabalı vapur*” olarak tanımlanmaktadır (Kırmızı ve ark., 2012).

1.2.4. Havayolu toplum taşıma sistemleri

Önceleri kentler ve ülkeler arası hizmet veren bu taşıma sistemi son zamanlarda özel şirketlerin yolcularına helikopter v.b. araçlar kiralarak hizmet sunması ile kent içi ulaşımında da kullanılmaya başlanmıştır. Araç maliyetinin çok yüksek olduğu bu sistemde hız diğer taşıma sistemlerine göre oldukça fazladır (Arıç Döner, 2012).

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Toplum Taşımanın Önemi

Bir konumdan başka bir konuma taşınmak bir insan aktivitesidir ve toplum taşıma kullanarak bunu yapmak ana alternatiftir. Toplum taşıma sosyal ekonominin vazgeçilmez bir bileşenidir ve konumlar arası mekânsal ilişkilerde önemli rol oynayarak temel bir hizmeti temsil eder ve çeşitlendirilmiş faaliyetler, ekonomik canlılık, sosyal ve çevresel koşulları sağlayan tüm şehirlerarasında önemli bağlantılar yaratır (Xuebin, 2010).

Ülkemizin 2023 yılı hedefleri doğrultusunda, T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından hazırlanan Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018'de; toplum taşıma araçları ve sinyalizasyon sistemleri gibi alanlarda üretim, ihracat kapasitesinin artırılması, tutarlı ulaşım planlarına dayalı olarak sistemler arası entegrasyon ve uyumun güçlendirilmesi, kentsel altyapının yaya ve toplum taşıma ağırlıklı geliştirilmesi ve dönüştürülmesi, kent içi ulaşımında trafik yönetimi ve toplum taşıma hizmetlerinde bilgi teknolojileri ve akıllı ulaşım sistemlerinden etkin bir şekilde faydalanılması, trafik yoğunluğu ve yolculuk talebindeki gelişmeler dikkate alınarak öncelikli tercih edilecek ulaşım sistemlerinin belirlenmesi, küçük motor hacimli, elektrikli ve hibrit araç kullanımının yaygınlaştırılması, uygun yerleşim yerlerinde akıllı bisiklet şebekeleri kurulması ve trafiğe kapalı yaya yolları oluşturulması konularında önemli hedefler belirlenmiştir (Onuncu Kalkınma Planı, 2013).

Şekil 2.1.'de otomobil, bisiklet ve otobüs ile aynı sayıda yolcu taşımak için gerekli olan alan miktarları görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere, toplum taşıma sistemleri kullanılarak çok sayıda yolcuyu tek bir araç ile taşımak mümkündür. Bu

sayede, trafik yoğunluğu, çevre kirliliği, yakıt kullanımı gibi konularda azalmalar sağlanacaktır.



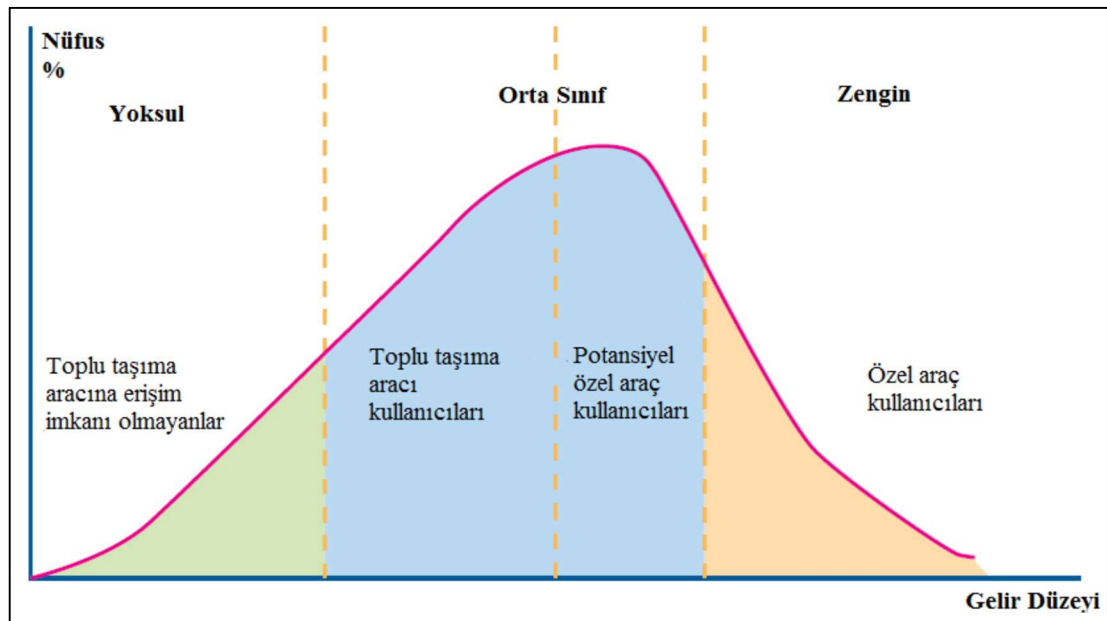
Şekil 2.1. Otomobil, bisiklet ve otobüs ile aynı sayıda yolcunun taşınması için gerekli olan alan miktarı (Wright ve Fjellstrom, 2003).

Toplum taşımada hizmeti sağlayan işletmeler için öncelikli amaç, minimum maliyet ile maksimum kapasitede yolcu taşıyabilmektir. Fakat bunu sağlarken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise toplum taşıma sistemlerini kullanan insanlara verilen hizmetin kalitesidir. Sistem kullanıcıları açısından toplum taşıma hizmetine bakıldığında öncelikli amaç, erişilebilirliğin yüksek ve maliyetlerin düşük olmasıdır. Bu sebeple hem işletmelerin hem de insanların çatışan ihtiyaçlarına cevap verecek bir toplum taşıma sisteminin oluşturulması son derece önemlidir.

Toplum taşımayı planlarken sistem kullanıcılarının ihtiyaçlarını göz önünde bulundurmak için ekonomik, çevresel ve sosyal parametreler dikkate alınmalıdır. Ekonomik parametre; toplum taşıma şirketlerinin daha fazla müşteri elde etmesi, daha fazla bilet satması ve dolayısıyla artacak gelirler arasındaki ilişkilerle ilgili olacaktır. Çevresel parametre; başta büyük şehirlerde olmak üzere bireysel trafiğin miktarını azaltarak kirlilik, gürültü ve tıkanıklık gibi olumsuz etkileri azaltmaktır. Bu, bazen yüksek park ücretleri, ücretli geçişler, arabasız günler veya yolların trafiğe kapatılması yoluyla kısıtlamalar veya kurallar getirilerek gerçekleştirilir. Bu parametrenin olumlu

sonuçlarını elde etmenin diğeri bir yolu ise, insanların (en azından bir kısmının) gönüllü olarak özel araçları yerine toplum taşıma araçlarını kullanmaya karar vermesidir. Sosyal parametre ise; otomobil ile seyahat etme imkânı bulunmayan, örneğin çocuklar, yaşlılar ya da ehliyetsiz vatandaşlar için uygun bir ulaşım türünün, bu kitlenin hareketlilik ihtiyaçlarına cevap vermesini sağlamaktır (Schöbel, 2006).

Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi gelir düzeyinin artmasıyla birlikte özel araç sahipliği de artmaktadır. Özel araç sahipliğinin artması ile toplum taşıma sistemine yönelimde azalmaktadır. Yoksul insanların toplum taşıma hizmetlerinden faydalanabilmesi için toplum taşıma hizmetlerinin erişebilir olması gerekmektedir. Ayrıca toplum taşıma hizmetlerinin hızlı ve konforlu olması özel araç sahipliği etkinliğini de giderek azaltacaktır (CODATU, 2014).

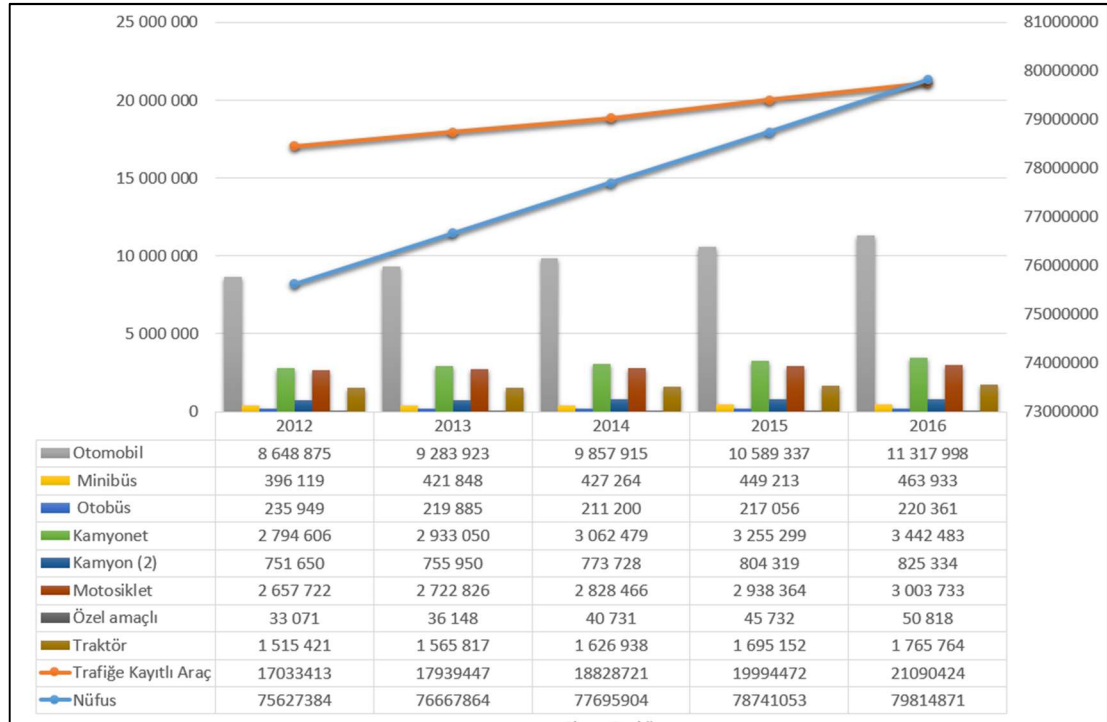


Şekil 2.2. Gelir durumuna göre kent içi toplum taşıma kullanımı (CODATU, 2014).

Toplum taşımada, ülkemizde ve gelişmekte olan birçok ülkede en büyük pay otobüsle bağlantılı ulaşım sistemlerine aittir. Kent içi otobüs taşımacılığına yönelik uygun düzenlemeler, özel araç kullanım oranını azaltarak toplum taşıma talebini ve kentsel yaşam kalitesini artıracaktır. Özel araç kullanım yoğunluğu, birçok şehirde trafik sıkışıklığının ve hava kirliliğinin en önemli sebebi olarak görülmektedir (Uludağ, 2010).

Gelişen teknoloji sayesinde istatistiksel verileri elde etmek her geçen gün daha da kolaylaşmış ve günümüzde istatistiksel verilerden yola çıkarak bir karara varmak yaygın olarak kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Örneğin, cep telefonları üzerinden sağlanan günlük insan aktivitelerine ait konum bilgilerinden elde edilen istatistiksel veriler ışığında, insanların sıklıkla gittikleri mekanların tespit edilerek bölgede açılması planlanan mağaza için en uygun konumun belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Diğer taraftan ulaşım alanında, günün belirli saatlerinde mevcut yollar üzerinden geçen araçlara ait sayımlar yapılmakta ve elde edilen istatistiksel veriler sayesinde ulaşım planlamaları oluşturulmaktadır. Bir başka örnek ise, bir bölgenin yıllara göre nüfus değişimine ait istatistiksel verileri incelenerek, ilerleyen yıllarda bölge nüfusunun ne şekilde değişim göstereceği hesaplanabilmekte ve hesaptan elde edilen sonuç ile bölgeye yapılması öngörülen yatırımların planlaması yapılabilmektedir.

Ülke genelinde resmi istatistiksel çalışmaları yapan ve bunların sonuçlarını yayımlayan Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), her yıl birçok alanda olduğu gibi nüfus ve karayolu istatistik verilerini de yayımlamaktadır. TÜİK tarafından yayınlanan bu veriler ile yapılan hesaplamalar ışığında, geçmişe dönük oldukça fazla bilgi edinildiği gibi ileriye dönük birçok karar da verilebilmektedir. Şekil 2.3.'te, TÜİK tarafından hazırlanan 2012 - 2016 yılları arasındaki motorlu kara taşıtları ve adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verileri incelendiğinde, ülke genelinde trafiğe kayıtlı motorlu taşıt sayısı ve nüfusun artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 2.3. TÜİK 2012 - 2017 Türkiye geneli motorlu kara taşıtları ve adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verileri.

Dünya genelinde yaygın olarak kullanılan toplum taşıma uygulaması Moovit'in 2016 yılında 47 ülkeden 50 milyon kullanıcının verileri ile yapmış olduğu analiz, Avrupa, Amerika ve Asya'daki en uzun ve en kısa yolculuk sürelerini, durakta bekleme sürelerini ve en çok aktarma yapılan şehirleri ortaya koymaktadır. Dünya genelinde birçok büyükşehirde yapılan bu analizlerde ülkemizi İstanbul temsil etmektedir. Şekil 2.4.'te yer alan analiz sonuçlarına bakıldığında, İstanbul'un ortalama 12 km yolculuk mesafesi ile hafta içi günlerde en uzun mesafe yol kat edilen metropol olduğu ve yolculukların %35'inin 12 km'den daha uzun sürdüğü görülmektedir (Moovit, 2016).



Şekil 2.4. Dünyadaki büyükşehirlerde bir yolculukta günde 12km den fazla yol gidenlerin yüzdesi (Moovit, 2016)

Tüm bu istatistiksel verilerin ışığında, ülke genelinde nüfusun artmakta olduğu ve nüfus artışının kentleşmeyi ve ulaşım ihtiyacını da arttırdığı, bu ihtiyaçlar doğrultusunda karayolu taşımacılığının da artış gösterdiği açıkça görülmektedir.

2.2. Toplum Taşıma Optimizasyonuna Genel Bakış

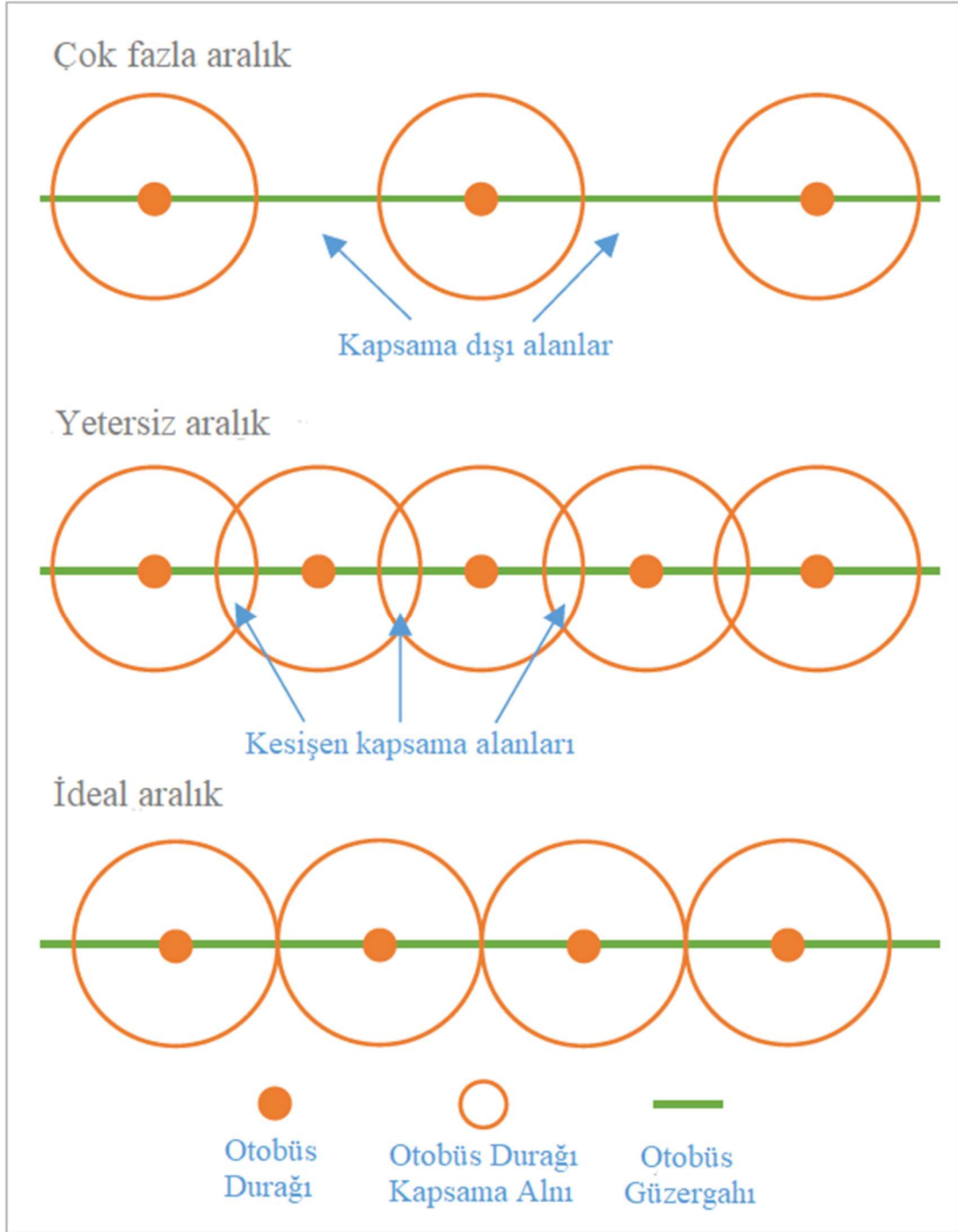
Toplum taşıma optimizasyonu, sistem kullanıcıları ve bu hizmeti sağlayan işletmeler için esastır. Murray, etkili fiyat stratejileri uygulayarak, seyahat konforunu artırarak, uygun ve rahat hizmet kalitesi sunarak, seyahat sürelerini azaltarak ve hizmet erişimini artırarak toplum taşıma sisteminin iyileştirilebileceği sonucuna varmıştır (Murray, 2001).

Toplum taşıma iyileştirme ve optimizasyonunun temel amacı, yüksek hizmet kalitesi sunmak, daha fazla yolcuya hizmet etmek ve işletme maliyetlerini en aza indirmektir. (Guihaire ve Hao, 2008). Bu açıdan bakıldığında mevcut bir toplum taşıma sisteminin şehrin gelişimi ve nüfusun artmasına yönelik olarak zaman içerisinde optimize edilmesi gerekmektedir. Bu sayede sistemin kalitesi, kapasitesi ve ulaşılabilirliği anlamında süreklilik sağlanmış olacaktır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; kentsel toplum taşıma optimizasyonunun genellikle iki başlık altında ele alındığı görülmüştür. Bunlardan ilki otobüs durağı aralığı optimizasyonu, ikincisi ise otobüs güzergâhı optimizasyonudur. Bu tez çalışmasında otobüs durağı konumu iyileştirmesi gerçekleştirilerek, ortaya çıkan durumun konumsal olarak analizi yapılmıştır.

Bir güzergâh boyunca durak sayısı ve yolcular için etkili seyahat süresi arasında bir ilişki vardır; daha yüksek durma frekansına sahip otobüs güzergâhları, yolcuların hızlı bir şekilde duraklara erişimlerine izin verirken, otobüste seyahat süresini uzatır. Çok sık ve birbirine yakın durak konumları, yolcular için taşıt içi yolculuk sürelerini arttırırken, az sayıdaki otobüs durağı, erişim noktasına yürümek için gereken süreyi artırır. Duraklar arası en uygun aralığın belirlenmesi, toplum taşıma sisteminin verimliliğini arttırdığı gibi, yolcuların toplum taşıma sistemine erişimini de dengeler (MTA, 2014).

Şekil 2.5.'te, bir güzergâh üzerinde bulunan durak aralıklarının, kuşbakışı düzlemde dairesel olarak oluşturulan farklı aralıklardaki durak kapsama alanlarına bağlı olarak ortaya çıkan toplam hizmet kapsama alanına etkisi gösterilmektedir. Burada, durak kapsama alanlarının kesiştiği ya da alan bitim noktasından sonra diğer bir alanın başlama noktası ile olan mesafenin çok fazla olduğu durumların ideal aralık olmadığı belirtilmekte ve kapsama alanlarının birbirini bitişik olarak takip etmesi durumu ideal aralık olarak önerilmektedir. Aksi takdirde, yukarıda da belirtildiği üzere; yakın ve uzak durak aralıklarından ötürü sırası ile, yolculuk ve dur-kalk sürelerinin ya da yaya yürüme mesafelerinin artması durumlarının ortaya çıkacağı ifade edilebilir (MTA, 2014).



Şekil 2.5. Otobüs durağı aralığının hizmet kapsama alanına etkisi (MTA, 2014).

Kent içi toplum taşımada etkin ve tercih edilebilir bir sistem tasarımı ve performansı için duraklar arası mesafeler, insanların yürüyerek ulaşabileceği optimum uzaklıkta olmalıdır. Duraklar arası mesafeler, yolcuların duraklara erişim süresini ve araç içerisindeki seyahat sürelerini doğrudan etkilemektedir. Daha sık ve fazla sayıda

durağın olması durumunda yayaların durağa erişim mesafeleri ve süreleri azalmakta, duraklar arası mesafenin fazla olduğu durumlarda ise, yürüme mesafeleri uzarken daha kısa araç içi seyahat süreleri ortaya çıkmaktadır. Otobüs durak mesafelerinin belirlenmesi problemi, yolcular ve işletmecilerin beklentilerini ve isteklerini dengelemeye yönelik bir problem olarak ele alınmalıdır. Yolcuların beklentisi; etkin erişebilirlik ve araç içi seyahat süresi toplamını minimize etmek iken; işletmeler için ise, işletme masrafları, gelirler, güvenilir hizmet ve müşteri memnuniyeti önem kazanmaktadır. Toplum taşıma sistem kullanıcılarının sistemden uzaklaşmayacağı yürüme mesafelerinin sağlanabilmesi, gerek işletmeciler gerekse seyahat eden yolcular için çok uzun araç içi yolculuk sürelerinin ortaya çıkmaması ile yakından ilgilidir (Uludağ, 2010). Transit Cooperative Research Program (TCRP) tarafından yapılan araştırmalar sonucu elde edilen verilere göre uluslararası literatürde geçerli durak aralıkları Tablo 2.1.' de verilmiştir (TCRP, 1996).

Tablo 2.1. Uluslararası literatürde geçerli durak aralıkları.

Bölge	Durak Aralıkları (m)	Genel Uygulama (m)
Ticari Bölgeler	92-305m	183m
Şehir Merkezleri	152-366m	229m
Banliyöler	183-762m	305m
Kırsal Bölgeler	198-805m	381m

Tablo 2.1.'de ifade edildiği üzere, şehir merkezi olarak nitelendirilen kentsel alanlar içerisinde duraklar arası mesafenin 152 metre ile 366 metre arasında olduğu ve genel uygulamada bu mesafenin 229 metre olarak kabul edildiği görülmektedir.

BÖLÜM 3. ÇALIŞMA ALANI VE MEVCUT DURUM

Büyükşehir belediyelerinin ulaşım ile ilgili görev, yetki ve sorumlulukları, 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu'nun Üçüncü Bölümü, 7. Maddesi, (f) fıkrasında, "Büyükşehir ulaşım ana plânını yapmak veya yaptırmak ve uygulamak; ulaşım ve toplu taşıma hizmetlerini plânlamak ve koordinasyonu sağlamak; kara, deniz, su ve demiryolu üzerinde işletilen her türlü servis ve toplu taşıma araçları ile taksi sayılarını, bilet ücret ve tarifelerini, zaman ve güzergâhlarını belirlemek; durak yerleri ile karayolu, yol, cadde, sokak, meydan ve benzeri yerler üzerinde araç park yerlerini tespit etmek ve işletmek, işlettirmek veya kiraya vermek; kanunların belediyelere verdiği trafik düzenlemesinin gerektirdiği bütün işleri yürütmek." şeklinde tanımlanmaktadır.

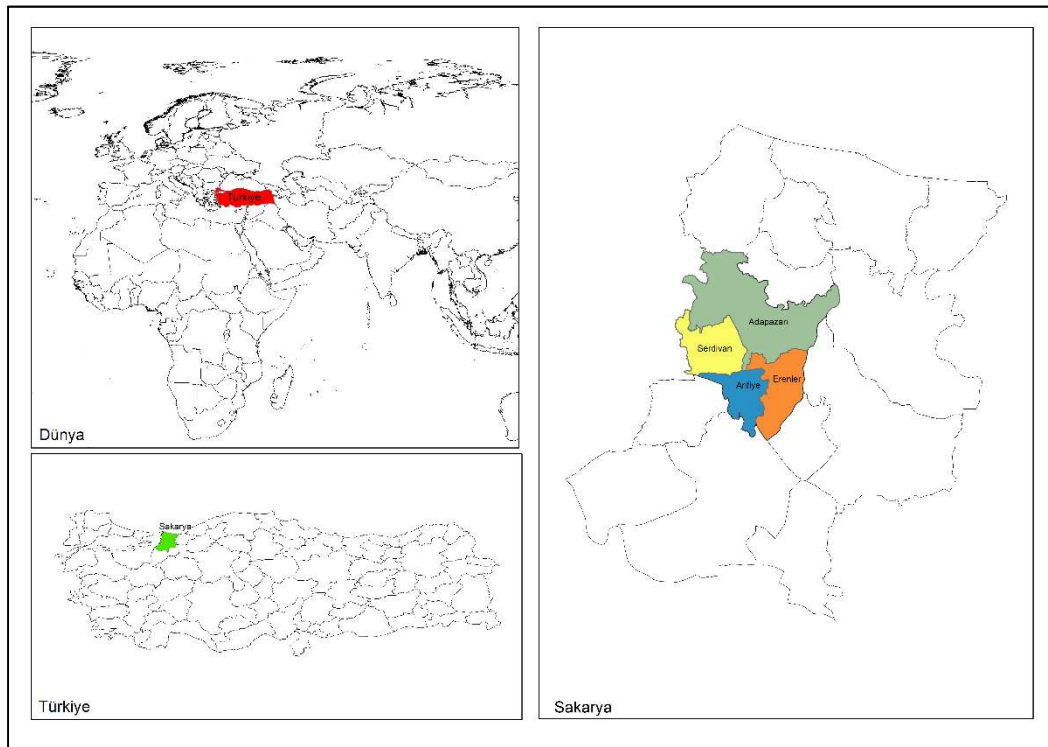
Bu tez çalışmasında, 2016 yılı sonu itibarı ile Sakarya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı Toplu Taşıma Şube Müdürlüğü tarafından 4 büyük ilçede vatandaşların hizmetine sunulan toplum taşıma sistemi, coğrafi bilgi sistemi yazılımı ile konumsal olarak analiz edilerek iyileştirilmiş durak konumları ve güzergâh planları önerilmiştir. Çalışma kapsamında, yalnızca Sakarya Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilmekte olan belediye otobüslerine ait güzergâh ve duraklar ele alınmıştır, ticari hizmet vermekte olan özel halk otobüsleri ve dolmuşlar çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir.

3.1. Çalışma Alanı

1868 yılında kurulan Adapazarı Belediyesi, 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi'nin ardından, 6 Mart 2000 tarihli Bakanlar Kurulu'nun 593 sayılı Kararnamesi'nin Resmi Gazetede yayımlanması ile Büyükşehir statüsünü kazanmıştır. 06 Aralık 2012 tarih ve

6360 Sayılı Kanunu'nun 30 Mart 2014 tarihinde yürürlüğe girmesiyle de büyükşehir belediyesi sınırları Sakarya İli mülki sınırlarının tamamını kapsamıştır.

Sakarya'nın nüfusu 2016 yılı sonu itibari ile 976948'dir. İl nüfusunun yaklaşık yarısı erkek, yarısı da kadın nüfustan oluşmaktadır. Yıllık nüfus artış hızı binde 24,6, İlin yüzölçümü yaklaşık 4817 km² olup, km²'ye il genelinde 202 kişi düşmektedir. 1954 yılına kadar Kocaeli 'ye bağlı bir ilçe olan Adapazarı, 22 Haziran 1954 tarihinde İl olarak Sakarya adını almıştır. Sakarya, nüfus olarak Türkiye'deki iller arasında 22., yüzölçümü olarak ise 66. sıradadır. Şekil 3.1.'de Sakarya İli ve çalışma alanı olarak belirlenen İl'e ait Adapazarı, Arifiye, Erenler ve Serdivan ilçelerinin coğrafi konumları harita üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı.

2016 yılı sonu itibarı ile Sakarya İli genelinde toplam 665 adet mahalle yer almaktadır. Çalışma alanı içerisinde yer alan ilçelere ait mahalle sayıları ve yaklaşık ilçe yüzölçümü değerleri Tablo 3.1.'de verilmektedir. Tablo 3.1.'de yer alan veriler incelendiğinde, mahalle sayısı ve yüzölçümü olarak en büyük olan ilçenin Adapazarı,

yüzölçümü olarak en küçük ilçenin ise Arifiye olduğu ve 4 ilçede toplam 165 mahallenin yer aldığı görülmektedir. Yine tabloda yer alan dört ilçenin yaklaşık yüzölçümü toplamlarının, yaklaşık il yüzölçümüne oranı %14 civarındadır.

Tablo 3.1. Çalışma alanındaki ilçelere ait mahalle sayıları ve yüzölçümleri.

İlçe	Mahalle Sayısı (adet)	Yaklaşık Yüzölçümü (km ²)
Adapazarı	84	334,95
Arifiye	24	86,29
Erenler	33	120,76
Serdivan	24	119,25

3.2. Nüfus ve Trafik Kayıtlı Araç Verileri

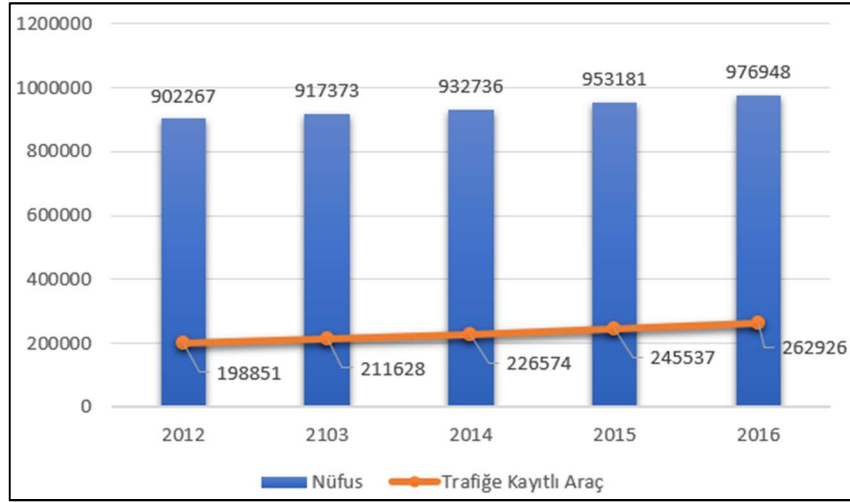
2016 yılı sonu itibarı ile TÜİK tarafından yapılan adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verileri incelendiğinde Sakarya İli nüfusu 976948'dir. Çalışma alanı olarak belirlenen dört ilçe aynı zamanda Sakarya İl'inin nüfus bakımından en yoğun ilçeleridir. Çalışma alanına ait 2012 – 2017 yılları arasındaki nüfus verileri incelendiğinde, nüfusun genel olarak tüm ilçelerde her yıl arttığı yalnız 2017 yılında Adapazarı İlçesi'nin azaldığı gözlemlenmektedir. Oluşan nüfus artışı kentleşmeyi tetiklemekte ve buna bağlı olarak insanların günlük ulaşım ihtiyacı da artış göstermektedir. Adapazarı, Arifiye, Erenler ve Serdivan ilçelerine ait 2012 – 2017 yılları arasındaki nüfus verileri Tablo 3.2.'de verilmiştir. Bu dört ilçenin 2017 yılı sonu itibarı ile toplam nüfuslarının İl nüfusuna yaklaşık olarak oranı %54'dür.

Tablo 3.2. Çalışma alanı 2012 – 2017 yılları arası nüfus verileri (TÜİK).

İlçe	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Adapazarı	257826	259516	263408	269079	274898	272901
Arifiye	38293	38905	39024	39632	40568	43234
Erenler	76090	78094	79934	81660	83984	85649
Serdivan	101248	105775	112611	120731	128121	133477

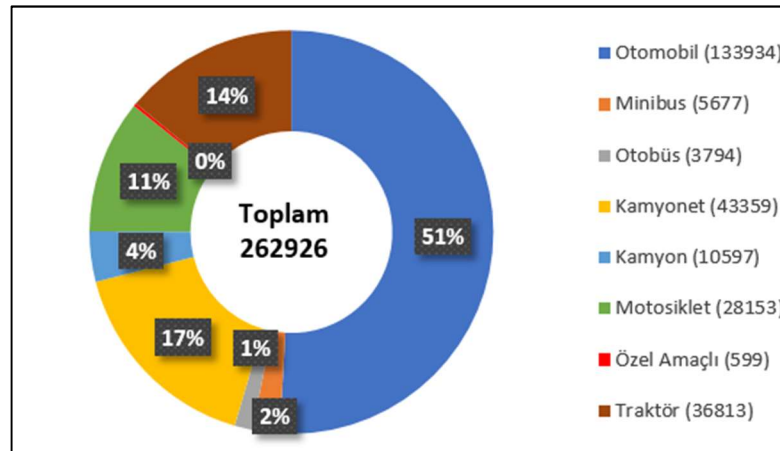
Gerek coğrafi konumundan ötürü İstanbul, Ankara, Bursa, Kocaeli gibi büyük şehirlerin geçiş güzergâhında bulunması, gerekse de sosyo-ekonomik diğer etkenlerden dolayı ilin nüfusu sürekli artış göstermektedir. İl genelinde nüfusun ve

araç sayısının sürekli artış göstermesi, trafik yoğunluğunu artırmakta ve ulaşımın kalitesini giderek düşürmektedir. Son 5 yılın nüfus ve trafiğe kayıtlı motorlu taşıt sayılarına bakıldığında, her ikisinin de artmakta olduğu görülmektedir. Şekil 3.2.'de Sakarya İl'inde 2012 - 2016 yılları arasındaki nüfus ve trafiğe kayıtlı araç sayısındaki artış değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.2. Sakarya 2012 - 2016 yılları arasındaki nüfus ve trafiğe kayıtlı araç sayısındaki artış değerleri.

Şekil 3.3.'te ise Sakarya İl'ine ait 2016 yılı trafiğe kayıtlı araçların yüzde dağılımı yer almaktadır. Bu dağılım incelendiğinde, toplamda 262926 araçtan %51 oranla en yüksek payın otomobil kategorisinde, %1'in aşağısında bir oranla en düşük payın ise özel amaçlı kategorisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 3.3. Sakarya 2016 yılı trafiğe kayıtlı araç sayısı ve yüzde dağılımı.

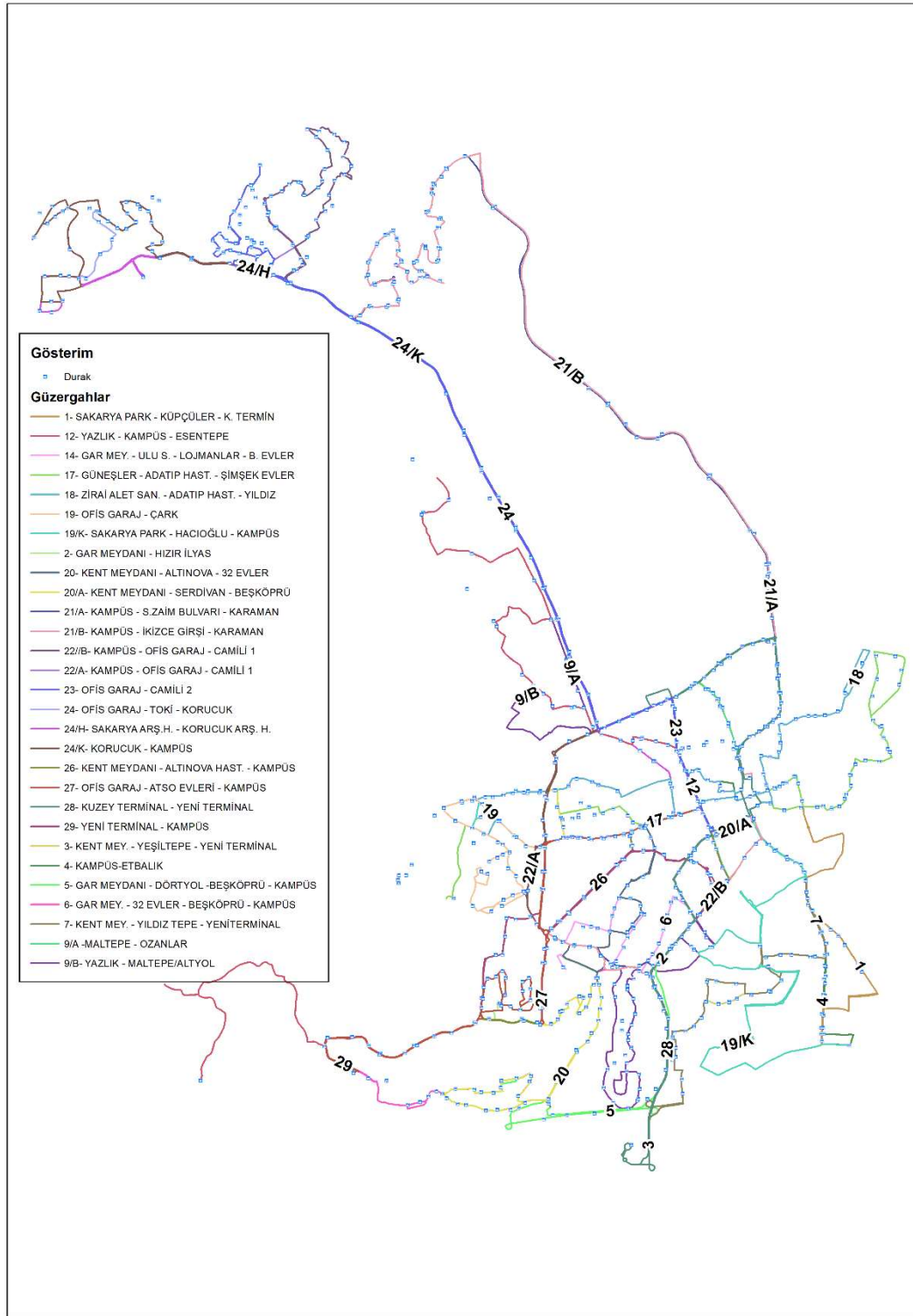
3.3. Mevcut Toplum Taşıma

Sakarya Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilen ve vatandaşların hizmetine sunulan toplum taşıma sisteminde 2016 yılı sonu itibarı ile 30 adet güzergâh ve 860 adet durak bulunmaktadır. Bu güzergâhlardan 1 tanesi (54-K), yılın belirli zamanlarında Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı'nı kullanan vatandaşların, şehir merkezinden havalimanına ve havalimanından şehir merkezine doğrudan ulaşabilmeleri amacı ile haftanın belirli günleri yapılan uçuşlara yönelik olarak düzenlenmiştir. Bu sebeple, söz konusu 54-K güzergâhı, sahip olduğu bu özel durumdan ötürü bu tez çalışması kapsamının dışında tutulmuştur. Şekil 3.4.'te 2016 yılı sonu itibarı ile Sakarya Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilmekte olan toplum taşıma sistemine ait 29 adet güzergâh ve 860 adet durağın harita üzerindeki gösterimi yer almaktadır.

Tablo 3.3.'te çalışma alanı içerisinde yer alan ilçelerdeki nüfus, güzergâh ve durak sayıları yer almaktadır. Söz konusu tablo incelendiğinde en yüksek güzergâh ve durak sayısına Adapazarı İlçesi'nin en düşük güzergâh ve durak sayısına ise Arifiye İlçesi'nin sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 3.3. Mevcut durum için ilçe bazında güzergâh ve durak sayıları.

İlçe	2016 Nüfusu	Geçen Güzergâh Sayısı	Durak Sayısı
Adapazarı	274898	29	510
Arifiye	40568	5	2
Erenler	83984	14	62
Serdivan	128121	22	286

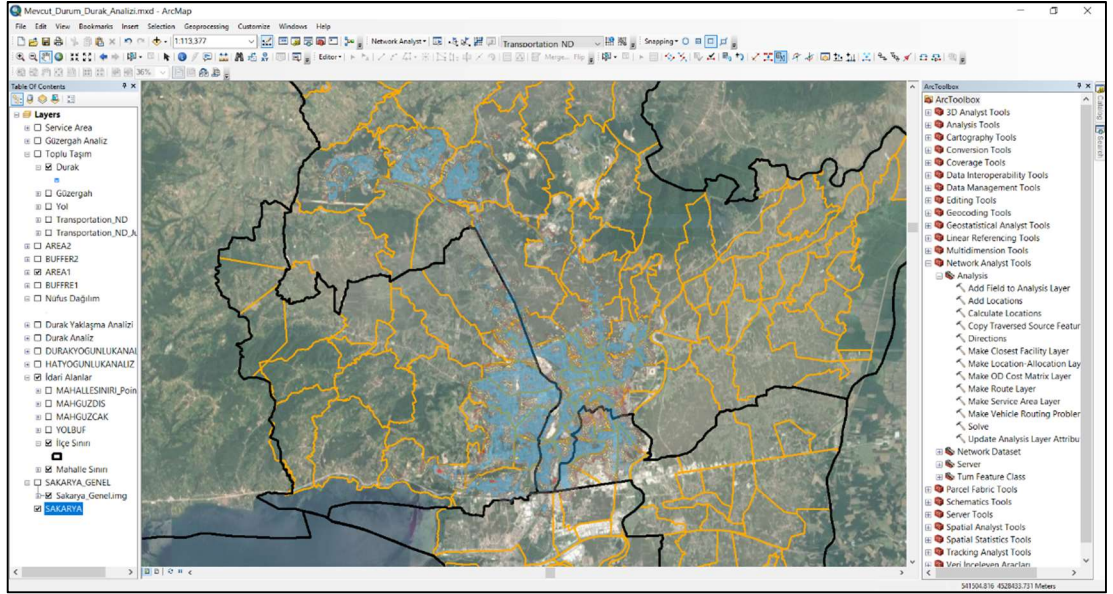


Şekil 3.4. Sakarya toplum taşıma sistemine ait 29 adet güzergâh ve 860 adet durağın coğrafi dağılımı.

BÖLÜM 4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Çalışmada kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı, Environmental System for Research and Innovation (ESRI) firması tarafından üretilen ve dünya genelinde ticari olarak kullanılan ArcGIS yazılımıdır. Yazılım, firmanın resmi internet sitesinde sağlanan deneme lisansı ile temin edilmiştir. Şekil 4.1.'de ArcGIS'in masaüstü coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcMap'in ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.1. ArcMap ekran görüntüsü.

4.2. Yöntem

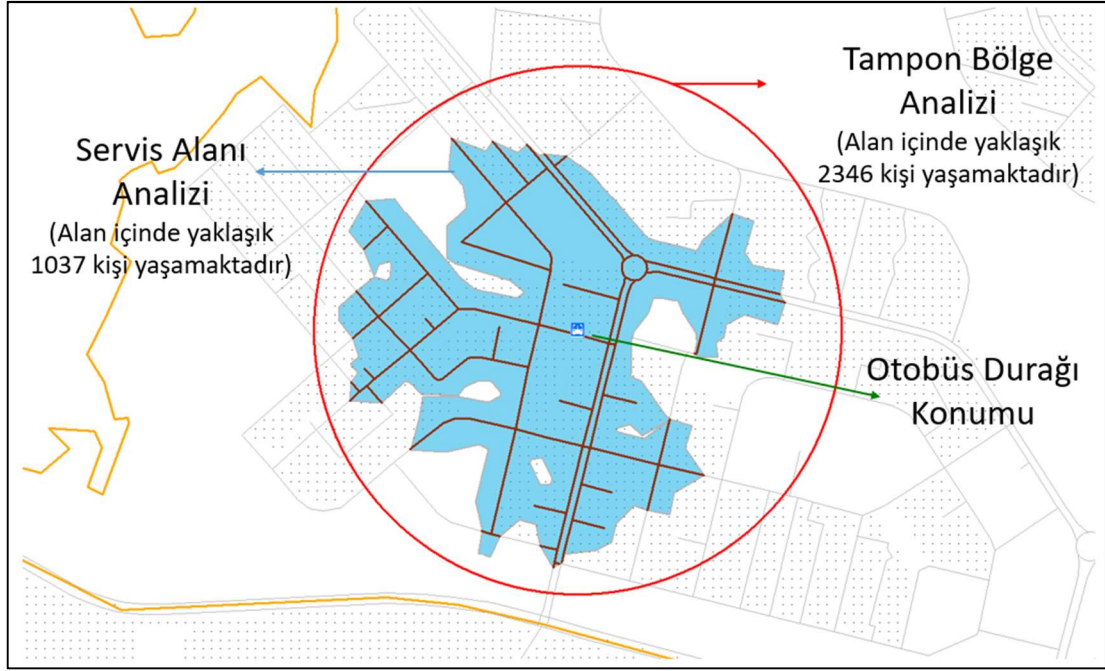
Çalışmanın büyük bir bölümü, coğrafi bilgi sisteminin konumsal analiz yaklaşımı ele alınarak yürütülmüştür. Temin edilen, ilçe/mahalle sınırları, ilçe/mahalle nüfus verileri, toplum taşımaya ait güzergâh ve durak konumları, yolu temsil eden orta eksen

çizimleri ArcGIS yazılımı kullanılarak coğrafi veritabanında konumsal ve sözel olarak bir araya getirilmiş, gerekli ağ veri kümeleri oluşturulmuş daha sonra bu veriler kullanılarak konumsal sorgu ve analizler yapılmıştır. Mevcut duruma ait sorgu ve analizlerden elde edilen sonuçlar ile durak konmlarının iyileştirmesi sonucu oluşturulan model duruma ait sorgu ve analizlerden elde edilen sözel ve konumsal sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.2.1. Durak erişim analizi

Durakların erişim mesafesi ve hizmet alanlarının hesaplanmasında kullanılan metot son derece önemlidir. Durak hizmet alanlarının hesaplanmasında kullanılan tampon bölge analizi, durağın bulunduğu noktayı merkez alacak şekilde oluşturulan dairesel alanı ifade ederken, servis alanı analizi ise durak etrafında bulunan yol ağı kullanılarak oluşturulan alanı ifade etmektedir. Bu durumda yapılan her iki analiz sonucu karşılaştırıldığında, her ne kadar tampon bölge analizinde durak erişim mesafesi alanı daha büyük ve içerisinde kalan nüfus sayısı daha fazla çıksa da servis alanı analizinden elde edilen sonuç gerçeğe daha yakındır (Foda ve Osman 2010).

Çalışmada, nüfusun konumsal olarak duraklara erişim sayısının belirlenmesi için tampon bölge analizi (buffer area analysis) yerine, servis alanı analizinin (service area analysis) kullanılmasının daha doğru sonuçlar ortaya koyacağı göz önüne alınmıştır. Şekil 4.2.'de tampon bölge analizi ve servis alanı analizi karşılaştırılması görülmektedir. Şekilde yer alan otobüs durağı için yapılan tampon bölge analizi işleminin, daha fazla alanı ve dolayısıyla da daha fazla nüfusu kapsadığı görünse de insanların doğrudan kuşbakışı yürüme mesafesinde otobüs durağına erişemeyeceği gerçeği göz önüne alındığında bu analizin çok da sağlıklı bir sonuç sunmadığı ortadadır. Bu sebeple insanların otobüs durağına erişmek için mevcut yolları kullanacağı durumundan yola çıkarak yapılan servis alanı analizi ile daha sağlıklı bir sonuca ulaşılması hedeflenmiştir.



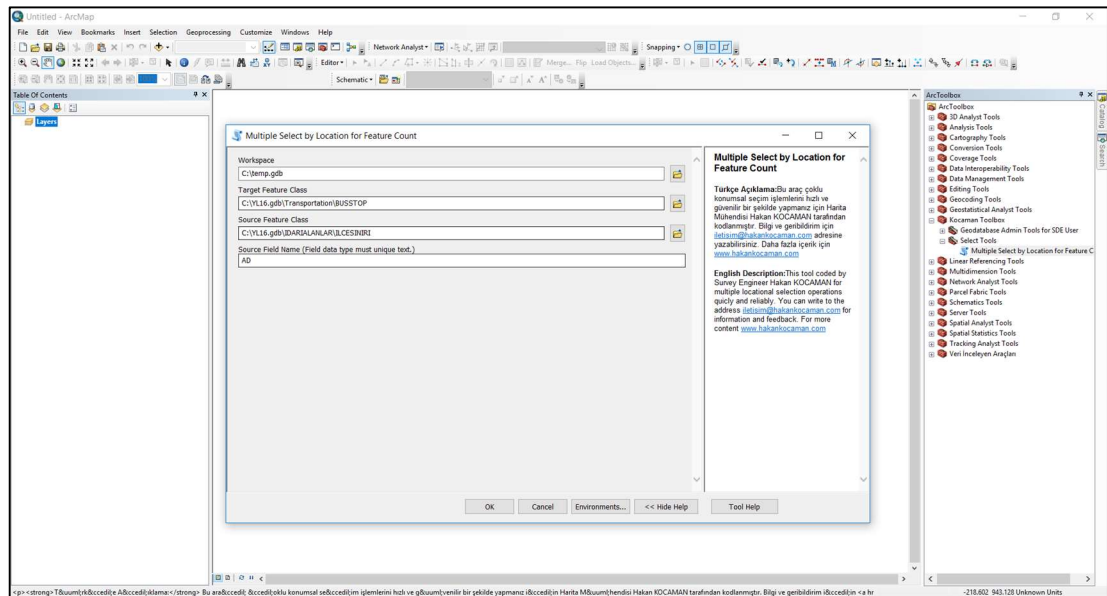
Şekil 4.2. Tampon bölge analizi ve servis alanı analizi karşılaştırılması.

4.2.2. Kullanılan araç-gereçler

Çalışmada kullanılan ArcGIS yazılımının sağlamış olduğu konumsal analiz araçları, geniş bir yelpazede güçlü mekansal modelleme ve analiz özellikleri sunmaktadır. CBS kullanıcıları bu araçları kullanarak hücre tabanlı tarama verileri oluşturabilir, sorgulayabilir, haritalayabilir, analiz edebilir; entegre raster / vektör analizi yapabilir, arazi analizi, mekansal ilişkiler, uygun yerler gibi coğrafi veriler hakkında bilgi elde edebilir. Mevcut verilerden yeni bilgiler elde edebilme, çoklu veri katmanları arasında sorgulama yapabilme ve hücre tabanlı raster verilerini geleneksel vektör veri kaynakları ile tam olarak entegre edebilme imkanı sağlamaktadır. Ayrıca karmaşık problemleri çözmeye yardımcı olmak için konumsal ortamdaki yükseklik gibi gerçek dünya değişkenlerini bütünleştirebilmektedir. (ESRI, 2001).

Fakat bazı durumlarda, karşılaşılan durumların çözümü için ArcGIS içerisinde doğrudan yer almayan farklı araçlara ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu noktada ihtiyaç duyulan aracı geliştirebilmek için ArcGIS yazılımı tarafından desteklenen Python yazılım dili kullanılarak yine ArcGIS tarafından sunulan ArcPy obje kütüphanesi ile yazılım üzerinde kodlama yaparak çeşitli araçlar geliştirmek mümkündür.

Normalde ArcMap yazılımında herhangi bir alansal obje içerisinde kalan ya da bu obje ile konumsal olarak kesişen diğer objelerin hangileri ve kaç adet olduklarını sorgulamak için, Select By Location aracı kullanılmaktadır. Örneğin bu çalışmada, her bir ilçe/mahalle içerisinde kalan mevcut durak sayısını ya da her bir ilçe/mahalle içerisinde geçen güzergâh sayısını tespit edebilmek adına, her bir ilçe/mahalle için ayrı ayrı Select By Location aracını kullanarak konumsal sorgu yapmak gerekmektedir. Fakat çalışma alanında yer alan 4 ilçe ve 165 mahalle dikkate alındığında, bu işlemin oldukça fazla zaman alacağı görülmüştür. Bu sebeple, uygulama boyunca yapılan konumsal kesişim analizlerinde, ArcGIS yazılımının Python yazılım dili ortamında sağlamış olduğu Arcpy obje kütüphanesi kullanılarak bir adet konumsal çoklu seçim aracı geliştirilmiştir. Bu sayede çalışma alanındaki alansal katmanlar (ilçe ve mahalle) içerisinde kalan ya da bu alanlar ile kesişen güzergâh, durak ve nüfus katmanlarına ait sayısal değerlerin hızlı bir biçimde hesaplanması sağlanmıştır. ArcMap içerisinde doğrudan çalışacak şekilde hazırlanan araca dair genel görünüm Şekil 4.3.'te yer almaktadır.



Şekil 4.3. Arcpy kütüphanesi kullanılarak Python yazılım dili ile kodlanan Multiple Select by Location for Feature Count (Obje Adedi için Çoklu Konumsal Seçim) aracının genel görünümü.

Arcpy kütüphanesi kullanılarak Python yazılım dili ile kodlanan bu araca Multiple Select by Location for Feature Count (Obje Adedi için Çoklu Konumsal Seçim) adı verilmiştir. Araç sayesinde, konumsal analizlerin hızlı bir şekilde yapılması

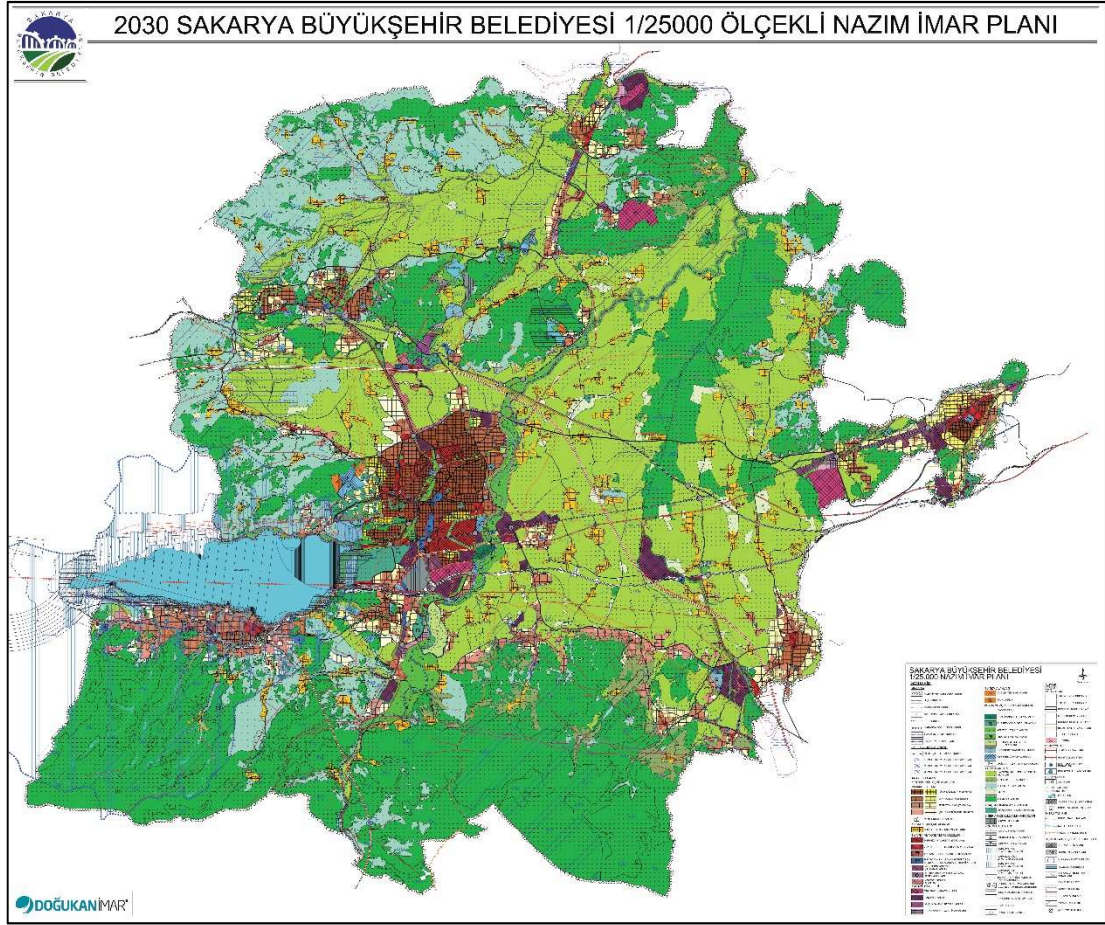
sağlanmıştır. Ayrıca hazırlanan bu araç, ArcMap ortamında genel anlamda kullanılabilir şekilde düzenlenerek bir modül haline getirilmiş ve ArcMap yazılımına herkesin kullanılabileceği yeni bir işlevsellik kazandırılmıştır.

4.3. Veri Temini

2016 yılı sonu itibarı ile SBB tarafından işletilen 29 adet güzergâh ve ilgili 860 adet durağa ait konumsal ve sözel veriler, <http://sakus.sakarya.bel.tr> adresinde yer alan Sakarya Akıllı Ulaşım Sistemi de (SAKUS) dikkate alınarak, konumsal olarak bir araya getirilmiştir.

Çalışmada kullanılan il, ilçe ve mahallelere ait nüfus verileri, her yıl Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü'ne (NVI) ait Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verileri baz alınarak hazırlanan 2016 yılı veri tabanından elde edilmiştir. Ayrıca Sakarya İli için son 5 yıla ait motorlu taşıt sayıları TÜİK ve Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) tarafından hazırlanan motorlu kara taşıtları raporlarından alınmıştır.

İlçe ve mahallelere ait yaklaşık sınırlar ve yol eksen hatları, SASKİ Genel Müdürlüğü Bilgi İşlem Daire Başkanlığı Yazılım ve CBS Şube Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Ayrıca SBB tarafından hazırlanmış olan ve Şekil 4.4.'te de görseli yer alan 1/25000'lik imar planı da nüfus verilerinin konut alanlarına dağıtılmasında kullanılmıştır.



Şekil 4.4. Sakarya Büyükşehir Belediyesi 1/25000 ölçekli nazım imar planı (SBB, 2013).

4.4. Konumsal Veritabanı ve Veri Girişi

Konumsal veritabanı, yeryüzünde bulunan konuma dayalı verilerin bir arada tutulduğu ve tekil ya da çoğul kullanıcı topluluklarının aynı anda ve ayrı mekanlarda birlikte çalışmalarına olanak sağlayan bir veritabanıdır. Coğrafi bilgi sisteminde konumsal veritabanı kullanımı, sözel ve vektörel veriler üzerinde birçok çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Konumsal veritabanının önemli rollerinden biri, büyük bir kullanıcı topluluğu arasında ortak veri paylaşımıdır. Ayrıca konumsal verilerin nasıl davranacağı konusunda kurallar oluşturulmasına da olanak sağlamaktadır. Konumsal veritabanında bulunan verilerin kolaylıkla diğer dosya sistemlerine de (*.shp, *.dwg, vb.) aktarılması mümkündür (Cioban ve ark., 2011).

Çeşitli kaynaklardan temin edilen veriler, ArcGIS programı ile bilgisayar üzerinde oluşturulan veritabanına aktarılmıştır. Bu aktarım işlemi esnasında ArcGIS programına ait ArcCatalog ve ArcMap uygulamaları kullanılmıştır.

4.4.1. Konumsal veritabanının oluşturulması

ArcGIS programına ait ArcCatalog yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamında *.gdb uzantılı konumsal veritabanı, ardından bu veritabanı içerisinde de ulaşım, nüfus, idari alanlar (ilçe ve mahalle sınırları) ve toplum taşımaya ait konumsal ve sözel verilerin yer alacağı veritabanı tabloları oluşturulmuş, oluşturulan her bir tabloya ilgili veri ile ilgili öznitelik alanları eklenmiştir.

Diğer yandan yapılacak çalışmalarda verilerin kaynağı da dikkate alınarak, hesaplamalardan metrik anlamda sonuçlar elde edebilmek amacı ile konumsal veri tabanının projeksiyon ve koordinat sistemi, çalışma alanını da içine alan TUREF / TM30 olarak belirlenmiştir (TUREF: Turkish National Reference Frame).

4.4.2. Ağ veri kümelerinin oluşturulması

Ağ veri kümeleri (network dataset), ArcGIS üzerinde ağ analizleri gerçekleştirmek için oluşturulan veri kümeleridir. Ağ veri kümeleri, yol ağı oluşturulması ve oluşturulan yol ağı üzerinden ağ analizlerinin yapılabilmesi için gereklidir. Bu sayede ArcMap yazılımı kullanarak rota planı, en yakın tesis, hizmet alanı veya kaynak-hedef maliyet matrisleri oluşturmak mümkün olmaktadır (Xiaotang, 2009).

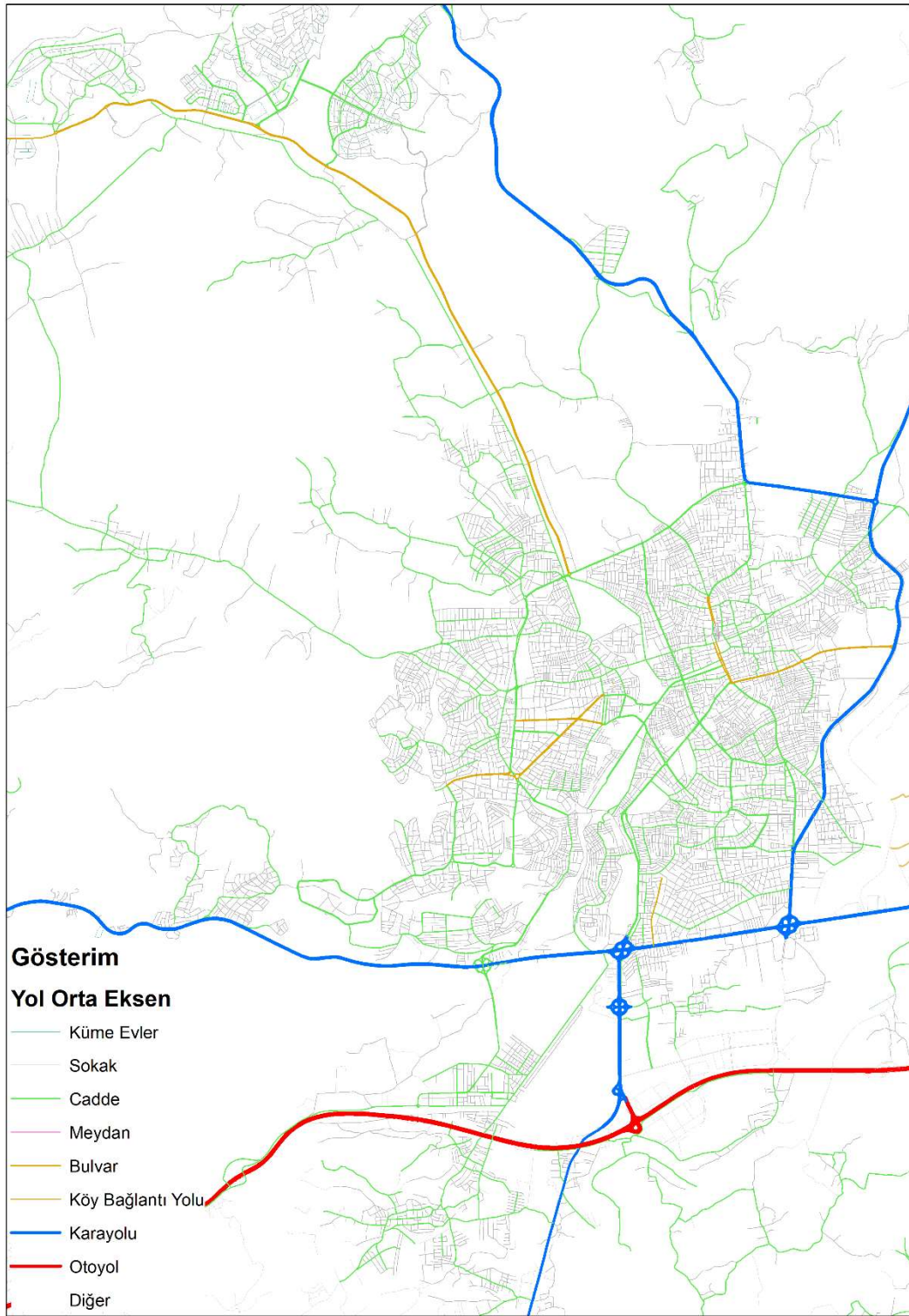
Ağ veri kümesi, çoklu taşımacılık ağları gibi karmaşık senaryoları temsil edebilen gelişmiş bir bağlantı modelini içermektedir. Bu, kullanıcıların farklı ulaşım biçimleri arasındaki bağlantıları oluşturan demiryolu istasyonları veya otobüs durakları gibi tesadüfi noktaları kullanarak tek bir veri kümesinde birden fazla ulaşım türünün verimli bir şekilde modellenebilmelerine olanak tanır. Gezi planlayıcılarının geliştirilmesi veya demiryolu ve otobüs gibi çeşitli ulaşım biçimlerinin birleştirilmesi çoklu ağ veri kümesi örneği olarak verilebilir (Martí, 2013).

ArcCatalog yazılımı kullanılarak mevcut veritabanı üzerinde, yol ağına ait gidiş dönüş-yönleri, hiyerarşik yapı, yol bağlantılarında dönüş yönleri, U dönüşü bilgileri, hız sınırları ve araç trafiğine açıklık durumuna ilişkin ağ veri kümesi oluşturulmuştur. Bu sayede özellikle yol ağı üzerinden durak erişim analizi için yapılacak çalışmalarda gerekli olan en önemli altlık üretilmiştir.

4.4.3. Veri girişi ve düzenleme

Temin edilen verilerin, hazırlanan konumsal veritabanı tablolarına aktarılması ve düzenlenmesi için ArcMap yazılımı kullanılmıştır.

İlk olarak, ilçe ve mahalle sınırlarına ait konumsal veriler veritabanına aktararak, öznitelik bilgileri ilgili tablolara yazılmıştır. Ardından cadde, sokak, bulvar verileri yapılacak ağ analizlerinde kullanılacak şekilde düzenlenmiş, var olan topolojik hatalar giderilerek kurulacak ulaşım ağı için uygun hale getirilmiştir. Özellikle birbirinden kopuk olan yollar uç uca birleştirilmiş, ayrılmış yollar ve kavşaklar tekrar çizilmiş, tek yön yollara ait yön bilgileri ağ analizinde doğru sonuçlar alınabilmesi için ilgili veritabanı tablolarına girilmiştir. Ayrıca ortaya çıkan yol ağının şebeke analizinde kullanılabilmesi için yol eksen hatlarına ait eksik ve hatalı çizimler, çeşitli hava/uydu fotoğrafları da altlık olarak kullanılarak düzenlenmiştir. Düzenleme ve eklemeler sonucu oluşturulan yol ağı Şekil 4.5.'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Düzenleme ve eklemeler sonucu oluşturulan yol ağı.

Sakarya Büyükşehir Belediyesi'nin <http://sakus.sakarya.bel.tr> adresinden kamuya açık olarak yayın yapmakta olan SAKUS uygulaması üzerinden temin edilen otobüs

güzergâhlarına ait kaba konumsal veriler, hazırlanan yol orta eksenleri ile çakışacak şekilde tekrar çizilerek, her bir hattın öznitelik bilgileri veritabanındaki ilgili tabloya girilmiştir. Ayrıca mevcut 860 adet durak, noktasal olarak veritabanındaki ilgili tabloya aktarılmıştır. Bu işlemler neticesinde oluşturulan güzergâh ve duraklara ait harita Şekil 4.6.'da gösterilmektedir.

BÖLÜM 5. KONUMSAL ANALİZLER

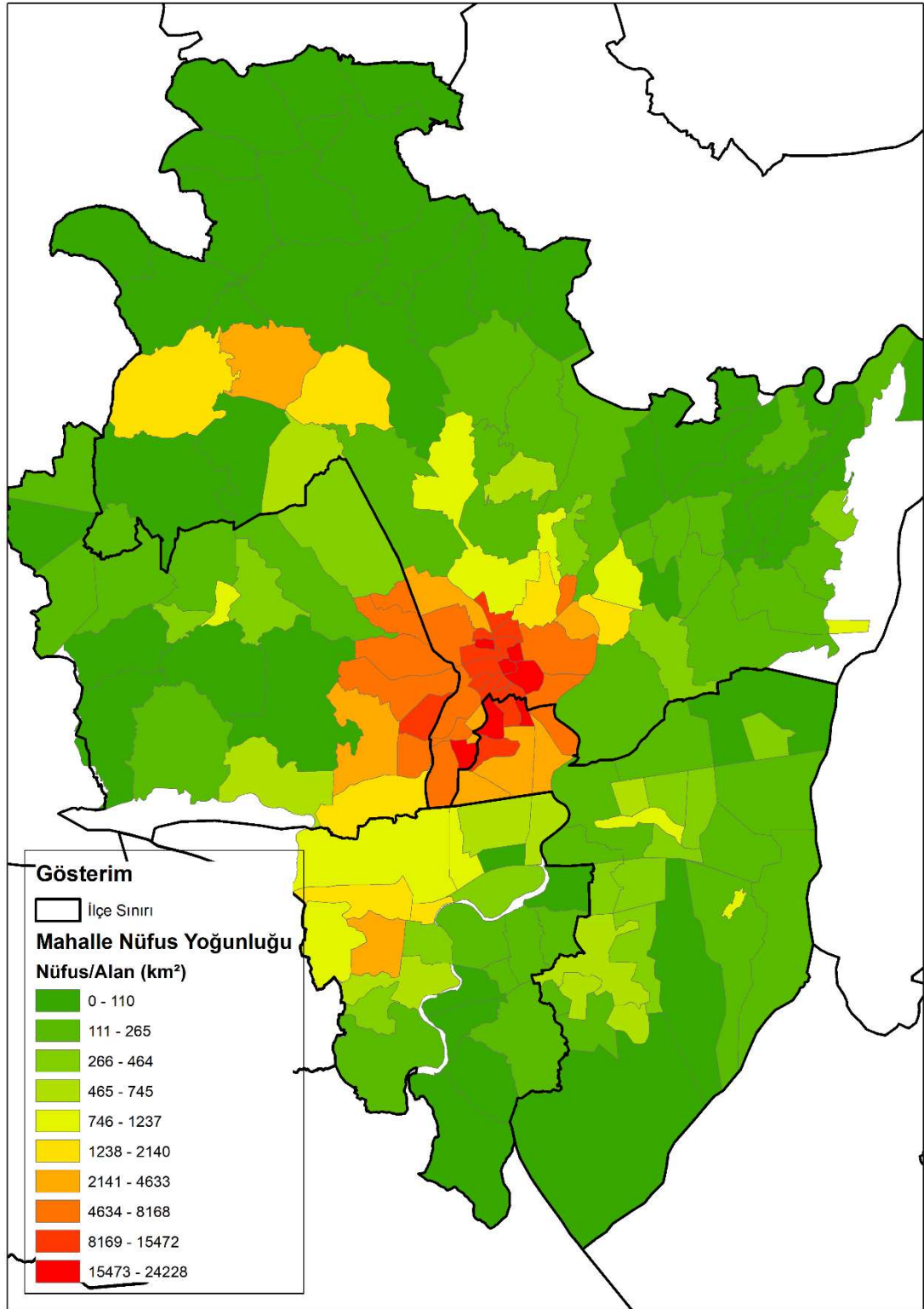
5.1. Mevcut Durum

Konumsal analiz; haritaların ve görüntülerin basit görsel analizini, coğrafi desenlerin sayısal analizini, en uygun rotaları, yer seçimini ve gelişmiş öngörücü modellemeyi içeren kapsamlı bir analizdir. Karmaşık konumsal problemleri çözme becerimiz; küresel konumlandırma sistemleri, gerçek zamanlı sensörler, navigasyon sistemleri ve en önemlisi CBS içeren teknolojilerle son kırk yılda katlanarak büyümüştür (Cappelli, 2013).

Bu bölümde, ArcGIS yazılımının sahip olduğu çeşitli konumsal analiz fonksiyonları ile elde bulunan konumsal ve sözel veriler kullanılarak Sakarya Büyükşehir Belediyesi tarafından sunulmakta olan toplum taşıma sisteminin mevcut durumuna ilişkin nüfus, durak ve güzergâh verilerine ait konumsal analizler yapılmıştır.

5.1.1. Nüfus Analizi

İlk olarak ArcGIS uygulamasında, idari alanlar olan ilçe/mahallelerin 2016 yılı sonuna ait nüfus verileri ilgili ilçe/mahalle tablolarının içerisine eklenmiştir. Daha sonra harita üzerinde gerekli ayarlamalar yapılarak mahalle bazında nüfus yoğunluğu (her bir mahallede km² ye düşen nüfus) yeşilden kırmızıya doğru artacak şekilde harita üzerinde görselleştirilmiştir. Böylece mahallelere ait nüfus yoğunluk haritaları çıkarılmıştır. Şekil 5.1.'de mahalle nüfus yoğunluk haritası yer almaktadır.



Şekil 5.1. Mahalle nüfus yoğunluk haritası (Nüfus/Alan (km²))

Tablo 5.1.'de, çalışma alanında yer alan 165 adet mahalleye ait nüfus bilgileri ile yaklaşık olarak alan değerleri ve bu iki verinin karşılaştırılması sonucu elde edilen mahalle bazındaki km² ye düşen nüfus değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.1. Çalışma alanı mahalle nüfusları, yaklaşık mahalle alanları ve km² ye düşen nüfus değerleri

İlçe	Mahalle	2016 Nüfusu	Yaklaşık Alan (km ²)	Nüfus/Alan (km ²)
Adapazarı	Hacıramazanlar	327	2,18	150
Adapazarı	Karaköy	2354	1,56	1513
Adapazarı	Ozanlar	6736	2,29	2943
Adapazarı	Harmantepe	220	5,65	39
Adapazarı	Dağdibi	1553	6,18	251
Adapazarı	Bağlar	1066	1,08	988
Adapazarı	Poyrazlar	320	5,34	60
Adapazarı	İstiklal	2681	0,19	14336
Adapazarı	Tığcılar	4457	0,22	20504
Adapazarı	Doğancılar	242	3,91	62
Adapazarı	Evrenköy	2616	4,81	544
Adapazarı	Şeker	17502	2,17	8071
Adapazarı	Tekeler	9808	8,59	1142
Adapazarı	Tepekum	9349	1,14	8168
Adapazarı	Çaltıcak	427	5,20	82
Adapazarı	Çamyolu	1603	2,40	669
Adapazarı	Mahmudiye	379	2,12	179
Adapazarı	Güneşler Merkez	4206	1,07	3926
Adapazarı	Kayrancı	838	10,18	82
Adapazarı	Işıklar	137	3,32	41
Adapazarı	Göktepe	988	6,00	165
Adapazarı	Tuzla	3849	1,98	1939
Adapazarı	Yağcılar	17575	3,04	5785
Adapazarı	Kışla	95	1,29	74
Adapazarı	Budaklar	1331	7,86	169
Adapazarı	Karaosman	4166	0,41	10088
Adapazarı	Çökekler	1303	3,95	330
Adapazarı	Alandüzü	860	11,20	77
Adapazarı	Mithatpaşa	9537	1,54	6179
Adapazarı	Yenidoğan	3483	0,25	13774

Tablo 5.1. (Devamı)

İlçe	Mahalle	2016	Yaklaşık	Nüfus /
		Nüfusu	Alan (km ²)	Alan (km ²)
Adapazarı	Yahyalar	5710	0,24	24228
Adapazarı	Küçükhataplı	156	4,40	35
Adapazarı	Solaklar	458	4,84	95
Adapazarı	Bileciler	390	4,45	88
Adapazarı	Kömürlük	263	3,98	66
Adapazarı	Kurtuluş	4013	0,18	21878
Adapazarı	Cumhuriyet	8041	0,54	15027
Adapazarı	Yenigün	14787	0,84	17506
Adapazarı	Hızırtepe	10757	0,58	18463
Adapazarı	İkizce Müslim	540	6,12	88
Adapazarı	Acıelmalık	527	5,35	99
Adapazarı	Aşırlar	418	7,47	56
Adapazarı	Nasuhlar	139	1,86	75
Adapazarı	Örentepe	377	7,18	53
Adapazarı	Karadere	660	9,44	70
Adapazarı	Hacılar	494	2,40	206
Adapazarı	Camili	18068	6,19	2917
Adapazarı	Kurtbeyler	338	1,93	175
Adapazarı	Taşlık	1284	9,30	138
Adapazarı	Şirinevler	2901	0,47	6212
Adapazarı	Güllük	2056	0,44	4633
Adapazarı	Karakamış	1396	9,54	146
Adapazarı	Taşkısığı	1311	7,56	173
Adapazarı	Semerciler	7062	0,52	13700
Adapazarı	Büyükhataplı	388	8,31	47
Adapazarı	Elmalı	263	5,15	51
Adapazarı	Çağlayan	181	3,67	49
Adapazarı	Yeşilyurt	430	1,50	287
Adapazarı	İlyaslar	383	3,50	109
Adapazarı	Abalı	777	4,81	162
Adapazarı	Karaman	13282	6,21	2140
Adapazarı	Sakarya	6236	0,47	13132
Adapazarı	Çelebiler	135	1,11	122
Adapazarı	Güneşler Yeni	3295	0,52	6298
Adapazarı	Korucuk	20331	9,91	2051

Tablo 5.1. (Devamı)

İlçe	Mahalle	2016	Yaklaşık	Nüfus /
		Nüfusu	Alan (km ²)	Alan (km ²)
Adapazarı	Süleymanbey	763	1,78	429
Adapazarı	İkizce Osmaniye	483	9,00	54
Adapazarı	Karapınar	417	6,85	61
Adapazarı	Karadavutlu	174	5,21	33
Adapazarı	Kavaklıorman	472	2,32	203
Adapazarı	Demirbey	143	1,61	89
Adapazarı	Papuççular	3439	0,27	12508
Adapazarı	Rüstemler	1823	2,27	804
Adapazarı	Çerçiler	204	1,86	110
Adapazarı	Çukurahmediye	2517	0,19	13313
Adapazarı	Orta	4715	0,31	15045
Adapazarı	Maltepe	13979	1,77	7919
Adapazarı	Kasımlar	312	2,04	153
Adapazarı	Akıncılar	3083	0,21	14952
Adapazarı	Köprübaşı	1209	9,62	126
Adapazarı	Salmanlı	369	6,49	57
Adapazarı	Yenicami	1858	0,13	14272
Adapazarı	Turnadere	436	3,15	139
Adapazarı	Bayraktar	647	0,52	1237
Arifiye	Çınardibi	297	3,95	75
Arifiye	Cumhuriyet	3319	3,87	857
Arifiye	Sakarya I. Organize Sanayi Bölgesi	0	0,96	0
Arifiye	Semerciler	202	1,86	109
Arifiye	Arifbey	9557	10,43	916
Arifiye	Karaaptılar	1022	2,82	363
Arifiye	Ahmediye	577	1,63	353
Arifiye	Kirazca	605	1,74	348
Arifiye	Hanlıköy	1561	1,50	1042
Arifiye	Mollaköy	416	3,28	127
Arifiye	Çaybaşı Fuadiye	513	1,94	265
Arifiye	Fatih	4821	2,96	1626
Arifiye	Hanlı Merkez	2002	3,37	595
Arifiye	Kumbaşı	148	1,94	76
Arifiye	Kışlaçay	224	8,73	26
Arifiye	Neviye	7687	2,83	2716

Tablo 5.1. (Devamı)

İlçe	Mahalle	2016	Yaklaşık	Nüfus /
		Nüfusu	Alan (km ²)	Alan (km ²)
Arifiye	Adliye	909	7,45	122
Arifiye	Türkçaybaşı	240	2,24	107
Arifiye	Yukarıkirazca	2416	3,24	745
Arifiye	Hacıköy	578	2,39	242
Arifiye	Hanlı Sakarya	1003	1,88	535
Arifiye	Aşağı Kirazca	1107	0,64	1725
Arifiye	Karaçomaklar	177	0,72	245
Arifiye	Kemaliye	1013	6,32	160
Erenler	Nakışlar	543	1,68	323
Erenler	Küçükesence	841	9,06	93
Erenler	Yeşiltepe	3504	1,27	2768
Erenler	Büyükesence	1014	4,67	217
Erenler	Hacıoğlu	7991	0,52	15472
Erenler	Sarıcalar	619	2,05	302
Erenler	Kamışlı	867	2,34	370
Erenler	Kayalarreşitbey	936	2,92	320
Erenler	Çaybaşıyeniköy	2759	4,58	603
Erenler	Tabakhane	6118	0,30	20493
Erenler	Emirler	450	1,37	328
Erenler	Yeni	4966	1,55	3195
Erenler	Dilmen	12566	0,74	16957
Erenler	Bağlar	10522	0,87	12086
Erenler	Şeyhköy	478	3,83	125
Erenler	Yazılı	1426	8,30	172
Erenler	Şükriye	117	0,67	174
Erenler	Horozlar	300	0,30	988
Erenler	Çaykışla	1341	6,77	198
Erenler	Pirahmetler	713	1,08	659
Erenler	Küpçüler	6220	1,14	5477
Erenler	Hasanbey	675	1,63	415
Erenler	Tuapsalar	598	1,18	507
Erenler	Alancuma	288	2,17	132
Erenler	Kozluk	709	5,15	138
Erenler	Bekirpaşa	945	1,19	794
Erenler	Hürriyet	671	1,23	544

Tablo 5.1. (Devamı)

İlçe	Mahalle	2016	Yaklaşık	Nüfus /
		Nüfusu	Alan (km ²)	Alan (km ²)
Erenler	Değirmendere	1344	26,22	51
Erenler	Tepe	452	2,37	191
Erenler	Epçeller	482	1,10	438
Erenler	Erenler	10694	2,48	4313
Erenler	Ekinli	1776	9,94	179
Erenler	Kayalarmemduhiye	1059	10,39	102
Serdivan	Kazımpaşa	1031	4,95	208
Serdivan	Aralık	1590	6,98	228
Serdivan	Dağyoncalı	406	5,29	77
Serdivan	Kızılcıklı	304	4,16	73
Serdivan	Aşağıdereköy	1187	9,46	125
Serdivan	Çubuklu	749	7,07	106
Serdivan	Otuziki Evler	7424	1,30	5701
Serdivan	Reşadiye	552	1,20	461
Serdivan	Hamitabat	701	0,81	868
Serdivan	Esentepe	3410	5,56	613
Serdivan	Yukarıdereköy	505	6,84	74
Serdivan	Arabacıalanı	21162	2,89	7335
Serdivan	Orta	4386	9,45	464
Serdivan	Kemalpaşa	21501	4,96	4339
Serdivan	Bahçelievler	14376	1,33	10838
Serdivan	Kuruçeşme	1406	4,25	331
Serdivan	Selahiye	1105	11,67	95
Serdivan	İstiklal	20929	3,56	5883
Serdivan	Köprübaşı	9065	1,60	5671
Serdivan	Beşkörü	9374	4,44	2111
Serdivan	Vatan	4764	0,85	5596
Serdivan	Uzunköy	739	5,15	143
Serdivan	Meşeli	825	4,89	169
Serdivan	Beşevler	630	4,40	143

Tablo 5.1.'de yer alan veriler incelendiğinde; en çok nüfusa sahip mahallenin 21501 kişi ile Serdivan İlçesi Kemalpaşa Mahallesi, en çok alana sahip mahallenin yaklaşık 26,22km² ile Erenler İlçesi Değirmendere Mahallesi ve km² başına en çok nüfusun

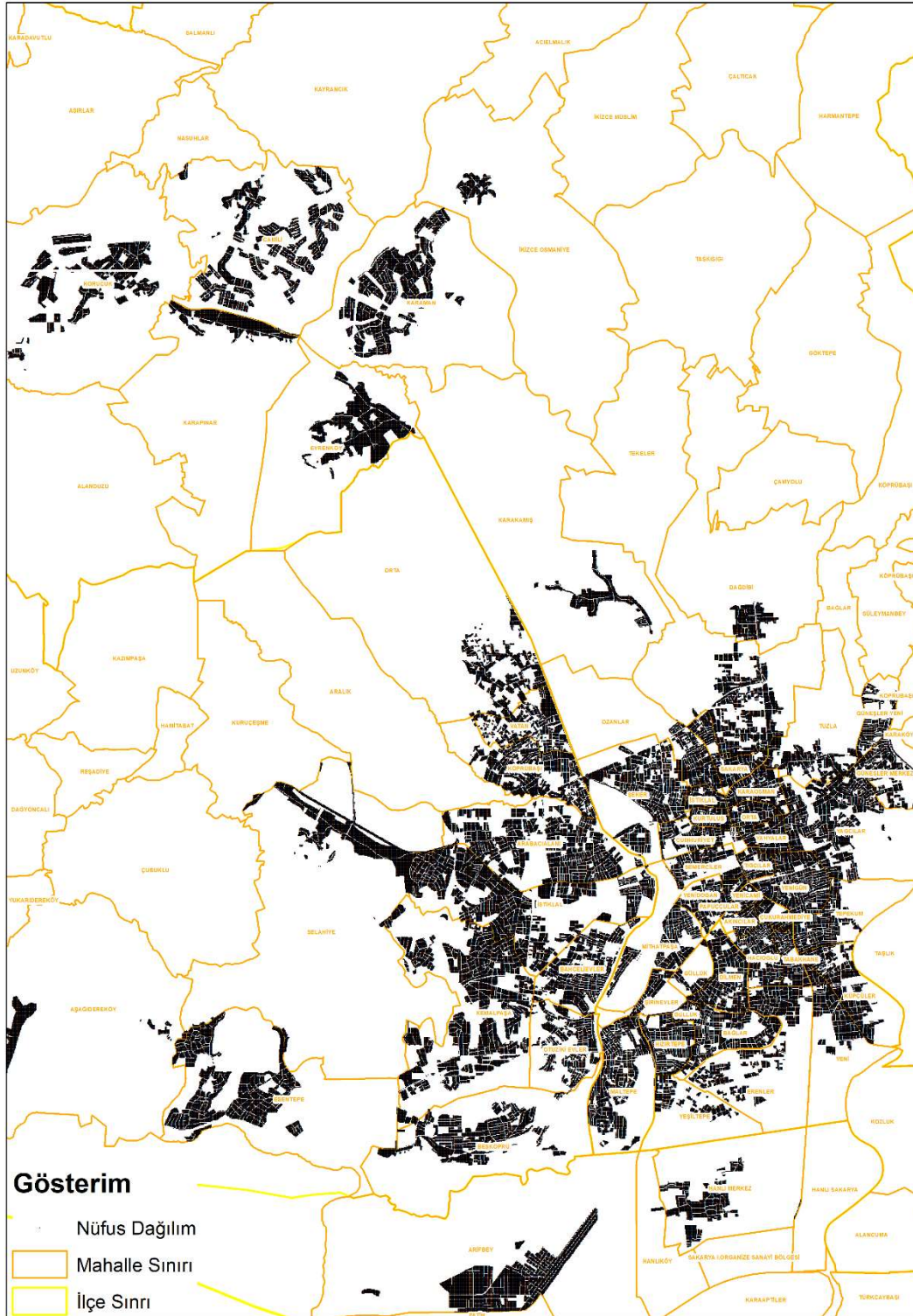
yaşadığı mahallenin ise 24228 kişi ile Adapazarı İlçesi Yahyalar Mahallesi olduğu görülmektedir. Ayrıca, Arifiye İlçesi Sakarya I. Organize Sanayi Bölgesi Mahallesi'nde herhangi bir nüfus olmadığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu bölgenin tamamen sanayi bölgesi olması ve içerisinde herhangi bir konut alanının bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Arifiye İlçesi Sakarya I. Organize Sanayi Bölgesi Mahallesi'ni konut dışı alan olarak kabul ettiğimizde; en az nüfusa sahip mahallenin 95 kişi ile Adapazarı İlçesi Kışla Mahallesi, en az alana sahip mahallenin yaklaşık 0,13km² ile Adapazarı İlçesi Yenicami Mahallesi ve km² başına en az nüfusun yaşadığı mahallesinin ise 26 kişi ile Adapazarı İlçesi Karadavutlu Mahallesi olduğu görülmektedir.

Çalışmada, mahalle nüfus verilerinin konut alanlarına homojen bir şekilde dağıtılması ile yapılacak analizlerden en doğru sonucu alabilmek için, tüm mahalleleri kapsayan alanlar içerisinde ayrı bir detay sınıfında, aralarında 10mx10m mesafe olacak şekilde noktalar oluşturulmuştur. Daha sonra 1/25000 ölçekli imar planı verileri ve uydu/hava fotoğrafı görüntüleri kullanılarak bu noktalarla temsil edilmeyen konut alanlarının ayıklanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayıklama işleminin ardından her bir mahalle içerisinde kalan noktalar seçilerek sayıları tespit edilmiş ve ilgili mahallenin nüfusu ile oranlanarak her bir noktanın temsil ettiği mahalle nüfus değerleri hesaplanmıştır. Bu sayede, ilgili mahallere ait her bir nokta için nüfus değeri aşağıdaki eşitlikle (Denklem 5.1) hesaplanarak, mahalle ile ilişkili noktaların öznitelik tablolarına ayrı ayrı yazılmıştır.

$$NND \text{ (nokta nüfus değeri)} = \frac{MN \text{ (ilgili mahalle nüfusu)}}{NA \text{ (ilgili mahalle sınırı içerisindeki nokta adeti)}} \quad (5.1)$$

NND: Nokta nüfus değeri, MN: ilgili mahalle nüfusu, NA: ilgili mahalle sınırı içerisindeki nokta adeti olmak kaydı ile; Denklem 5.1 eşitliğinden her bir nokta için elde edilen nüfus değeri NND ile ifade edilmektedir.

Bu çalışma sonucunda, konutlara ait nüfus dağılımlarını modellemek için üretilen noktalar ve ilçe/mahalle sınırlarını göstermek için hazırlanan harita Şekil 5.2.'de yer almaktadır.



Şekil 5.2. Konut alanlarına ait nüfus dağılım haritası.

5.1.2. Güzergâh analizi

Çalışma alanında yer alan 29 adet güzergâh ve ilçe sınırları ile yapılan güzergâh-ilçe kesişim analizleri neticesinde, hangi ilçeden kaç adet güzergâh geçtiği ve bunların yüzde dağılımları Tablo 5.2.'de verilmektedir. Tablo 5.2.'da yer alan veriler incelendiğinde, nüfusça en kalabalık olan Adapazarı İlçesi'nden tüm güzergâhların, nüfusu en az olan Arifiye İlçesi'nden ise en az güzergâhın geçmekte olduğu görülmektedir.

Tablo 5.2. İlçe bazında güzergâh sayıları ve dağılım yüzdeleri.

İlçe	Güzergâh Sayısı (adet)	Güzergâh Oranı (%)
Adapazarı	29	100,00
Arifiye	5	17,24
Erenler	14	48,28
Serdivan	22	75,86

Ayrıca çalışma alanı içerisinde yer alan ilçelere ait 165 adet mahalle ile yapılan durak-mahalle kesişim analizi neticesinde, kaç adet mahalleden güzergâh geçtiği ve bunlara ait tespit edilen yüzdesel dağılımlar Tablo 5.3.'te gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Çalışma alanı mahallere göre güzergâh dağılımları.

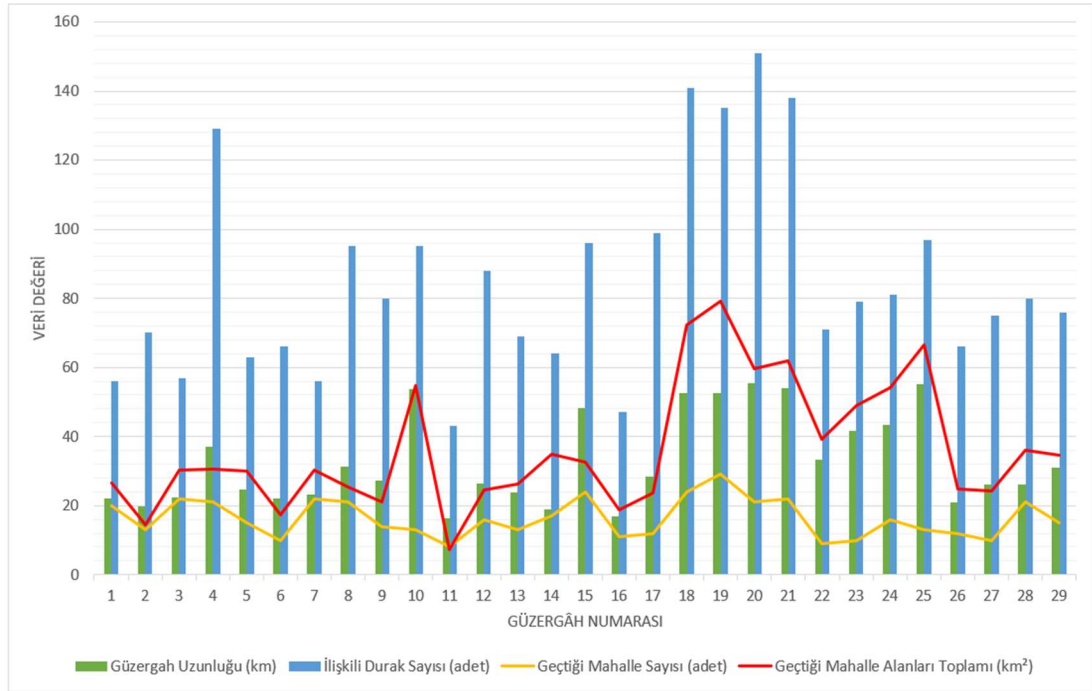
İlçe	Mahalle Sayısı (adet)	Güzergâh Geçen Mahalle Sayısı (adet)	Oran (%)
Adapazarı	84	36	42,86
Arifiye	24	3	12,50
Erenler	33	8	24,24
Serdivan	24	13	54,17

Tablo 5.4.'te, güzergâh uzunlukları ve her bir güzergâhın kaç adet mahalleden geçtiği yer almaktadır. Bu veriler incelendiğinde, en uzun güzergâhın "22/A- KAMPÜS - OFİS GARAJ - CAMİLİ 1", en kısa güzergâhın ise "14- GAR MEY. - ULU S. - LOJMANLAR - B. EVLER", en çok mahalleden geçen güzergâhın "21/B- KAMPÜS - İKİZCE GİRŞİ - KARAMAN", en az mahalleden geçen güzergâhın ise "14- GAR MEY. - ULU S. - LOJMANLAR - B. EVLER" olduğu ve kullanılan toplam güzergâh uzunluğunun yaklaşık 955km olduğu görülmektedir.

Tablo 5.4. Güzergâh uzunlukları, ilişkili durak sayıları, geçtikleri mahalle sayıları, mahalle nüfus toplamları ve mahalle alan toplamları.

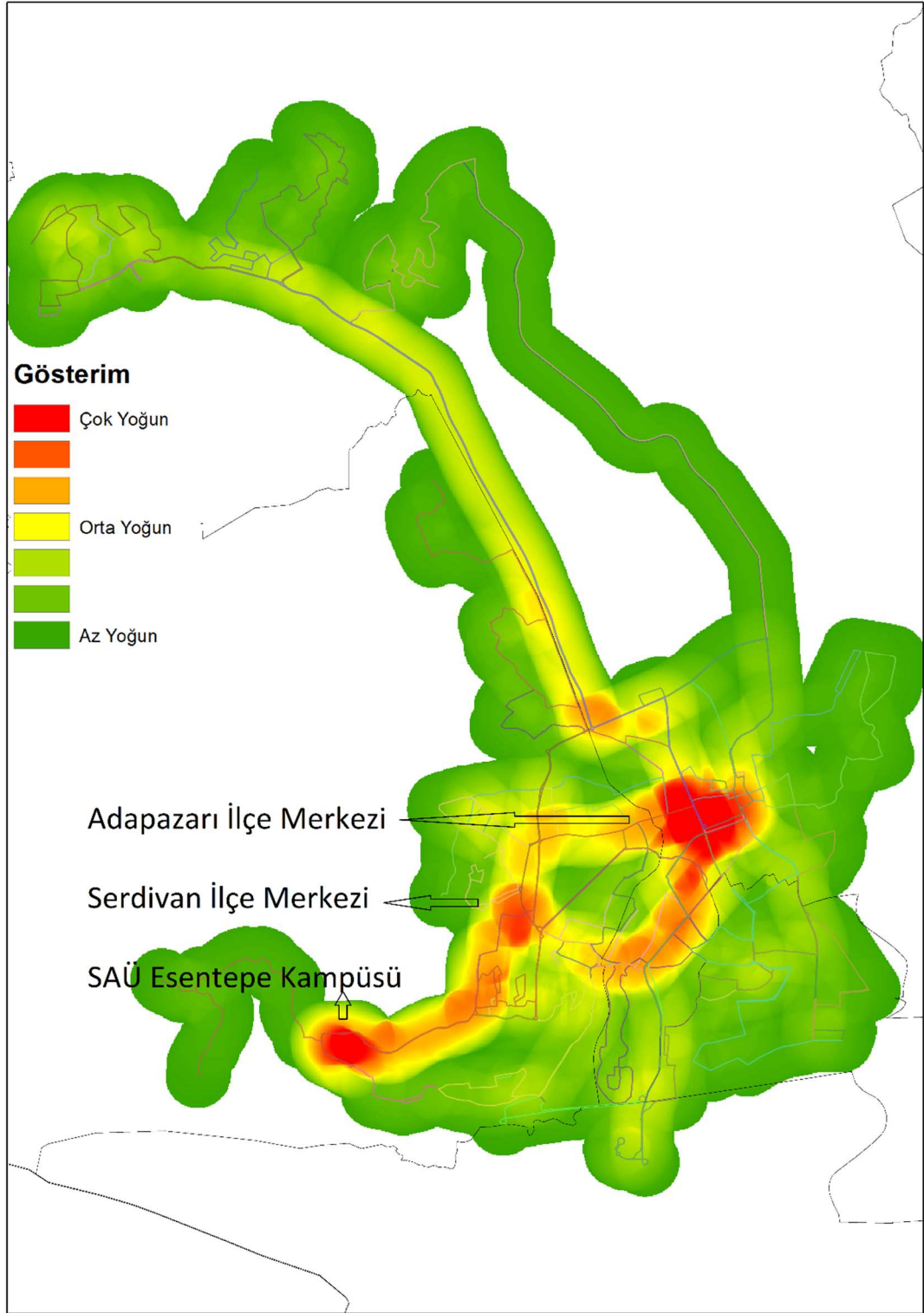
Güzergâh Numarası	Güzergâh Uzunluğu (km)	İlişkili Durak Sayısı (adet)	Geçtiği Mahalle Sayısı (adet)	Geçtiği Mahalle Nüfus Toplamı (adet)	Geçtiği Mahalle Alanları Toplamı (km ²)
1	22,11	56	20	139700	26,62
2	19,82	70	13	113538	14,39
3	22,32	57	22	150472	30,28
4	37,14	129	21	185360	30,69
5	24,73	63	15	97643	30,00
6	22,10	66	10	76003	17,39
7	23,25	56	22	150472	30,28
9/A	31,37	95	21	142542	25,27
9/B	27,14	80	14	109538	21,19
12	53,64	95	13	129651	54,76
14	16,43	43	8	63219	7,39
17	26,50	88	16	168341	24,57
18	23,69	69	13	112248	26,22
19	18,96	64	17	177820	34,99
19/K	48,17	96	24	204086	32,47
20	16,84	47	11	123347	18,74
20/A	28,48	99	12	144848	23,70
21/A	52,46	141	24	188369	72,35
21/B	52,61	135	29	245992	79,07
22/A	55,57	151	21	181410	59,65
22/B	54,10	138	22	201478	61,88
23	33,34	71	9	75120	39,11
24	41,77	79	10	95451	49,02
24/H	43,34	81	16	138164	54,07
24/K	55,24	97	13	156415	66,52
26	20,89	66	12	138884	24,82
27	25,99	75	10	130944	24,35
28	26,01	80	21	136601	36,12
29	31,05	76	15	133556	34,67

Bu veriler ışığında oluşturulan grafiksel gösterim Şekil 5.3.'te yer almaktadır.



Şekil 5.3. Güzergâh uzunlukları, ilişkili durak sayıları, geçtikleri mahalle sayıları ve mahalle alan toplamları.

Şekil 5.4.'te çalışma alanında bulunan mevcut duruma ait 29 adet güzergâhın dağılımı ve aynı yol eksenini üzerinden geçen güzergâhların oluşturdukları yoğunluk haritası yer almaktadır. Şekil 5.4.'te, aynı yol eksenini üzerinden en az 1 güzergâhın geçtiği 500 metre yarıçaplı alanlar “Az Yoğun” (yeşil renk), en fazla 12 güzergâhın geçtiği 500 metre yarıçaplı alanlar ise “Çok Yoğun” (kırmızı renk) olarak ifade edilmektedir. Bu harita incelendiğinde Adapazarı ve Serdivan ilçe merkezleri ile Serdivan İlçesi'nde bulunan SAÜ Esentepe Kampüsü'nden geçen güzergâhların oluşturmuş oldukları yoğunluk dikkat çekmektedir. Bu işlem için ArcGIS'in Spatial Analyst Tools araç kutusunda bulunan Line Density aracı kullanılmıştır.



Şekil 5.4. Sakarya Toplum Taşıma Sistemi güzergâh yoğunluk haritası.

5.1.3. Durak analizi

Çalışma alanında yer alan 860 adet durağın konumsal dağılımları kuş bakışı olarak incelendiğinde, durakların yer yer homojen bir dağılıma sahip olmadıkları gözlemlenmektedir. Konumsal veriler üzerinde yapılan ilçe-durak kesişim analizi neticesinde, Tablo 5.5.’te çalışma alanı içerisinde yer alan 860 adet durağın ilçe bazında dağılımları ve ilçede bulunan durak sayısının toplam durak sayısına oranı ile elde edilen durak oranları gösterilmektedir.

Tablo 5.5. İlçe bazında durak sayıları ve dağılım yüzdeleri.

İlçe	Durak Sayısı (adet)	Durak Oranı (%)
Adapazarı	510	59,30
Arifiye	2	0,23
Erenler	62	7,21
Serdivan	286	33,26

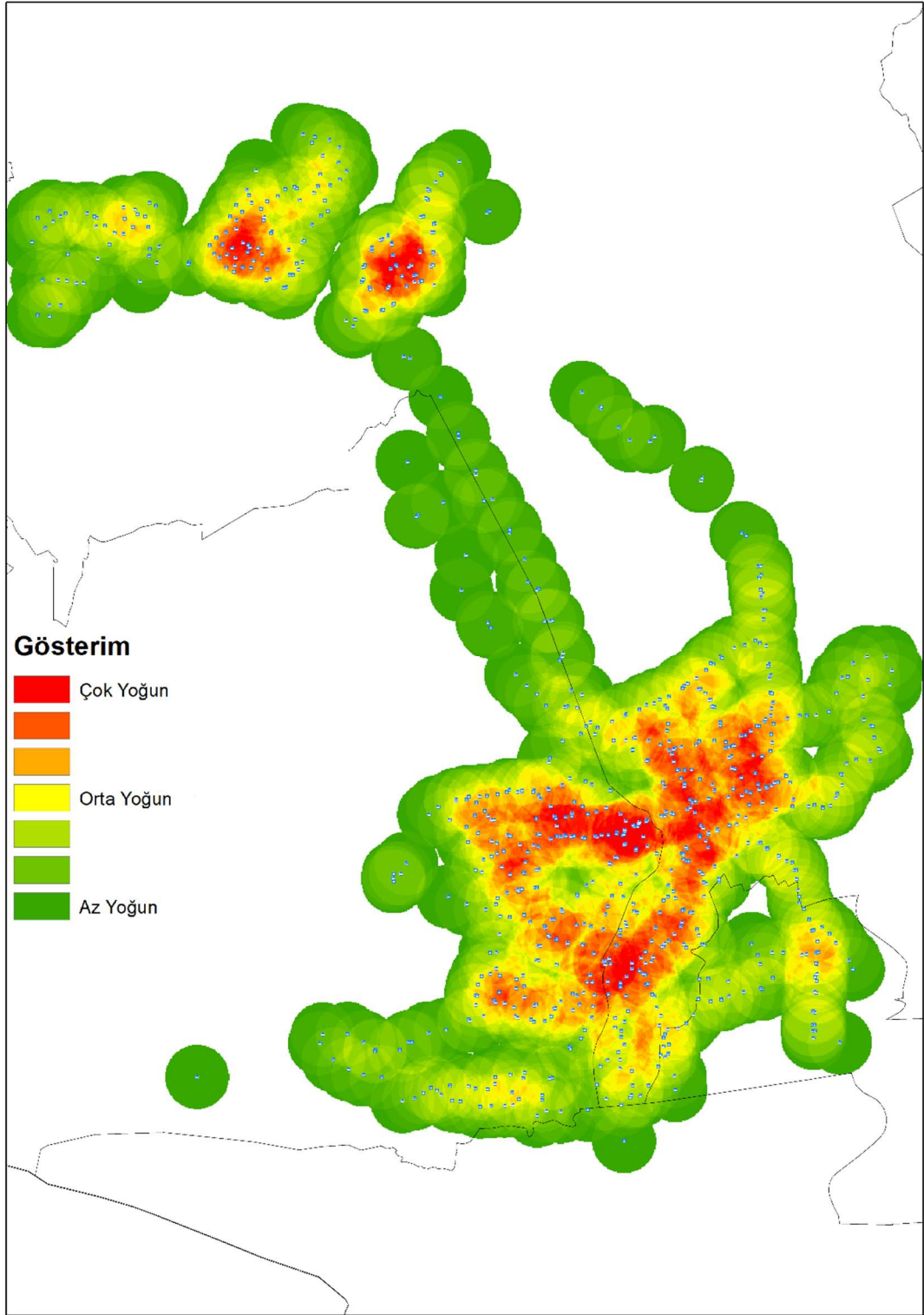
Çalışma alanında yer alan tüm ilçelere ait toplam mahalle sayısının 165 olduğu ve bu mahallelerin kaç tanesinde durak bulunduğu ve bunlara ait yüzdesel dağılımlar yine mahalle-durak kesişim analizi ile belirlenerek Tablo 5.6.’da gösterilmiştir. Bu işlem için ArcGIS’in Select By Location aracı kullanılmıştır.

Tablo 5.6. Çalışma alanı mahallere göre durak dağılımları.

İlçe	Mahalle Sayısı (adet)	Durak Bulunan Mahalle Sayısı (adet)	Oran (%)
Adapazarı	84	35	41,67
Arifiye	24	1	4,17
Erenler	33	7	21,21
Serdivan	24	11	45,83

Şekil 5.5.’de çalışma alanında bulunan mevcut duruma ait 860 adet durağın dağılımı ve oluşturdukları yoğunluk haritaları yer almaktadır. Şekil 5.5.’de, en az 1 adet durağın bulunduğu 500 metre yarıçaplı alanlar “Az Yoğun” (yeşil renk), en fazla 30 adet durağın bulunduğu 500 metre yarıçaplı alanlar ise “Çok Yoğun” (kırmızı renk) olarak ifade edilmektedir. Bu harita incelendiğinde durak dağılımlarının genellikle nüfusun fazla olduğu ve ilin merkezi konumunda yer alan bölgeler ile 17 Ağustos 1999

tarihinde yaşanan Marmara Depremi'nin ardından kalıcı yerleşim yeri olarak belirlenen ve Adapazarı İlçesi'nin kuzeyinde kalan (Karaman ve Camili mahalleleri) bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu işlem için ArcGIS'in Spatial Analyst Tools araç kutusunda bulunan Point Density aracı kullanılmıştır.



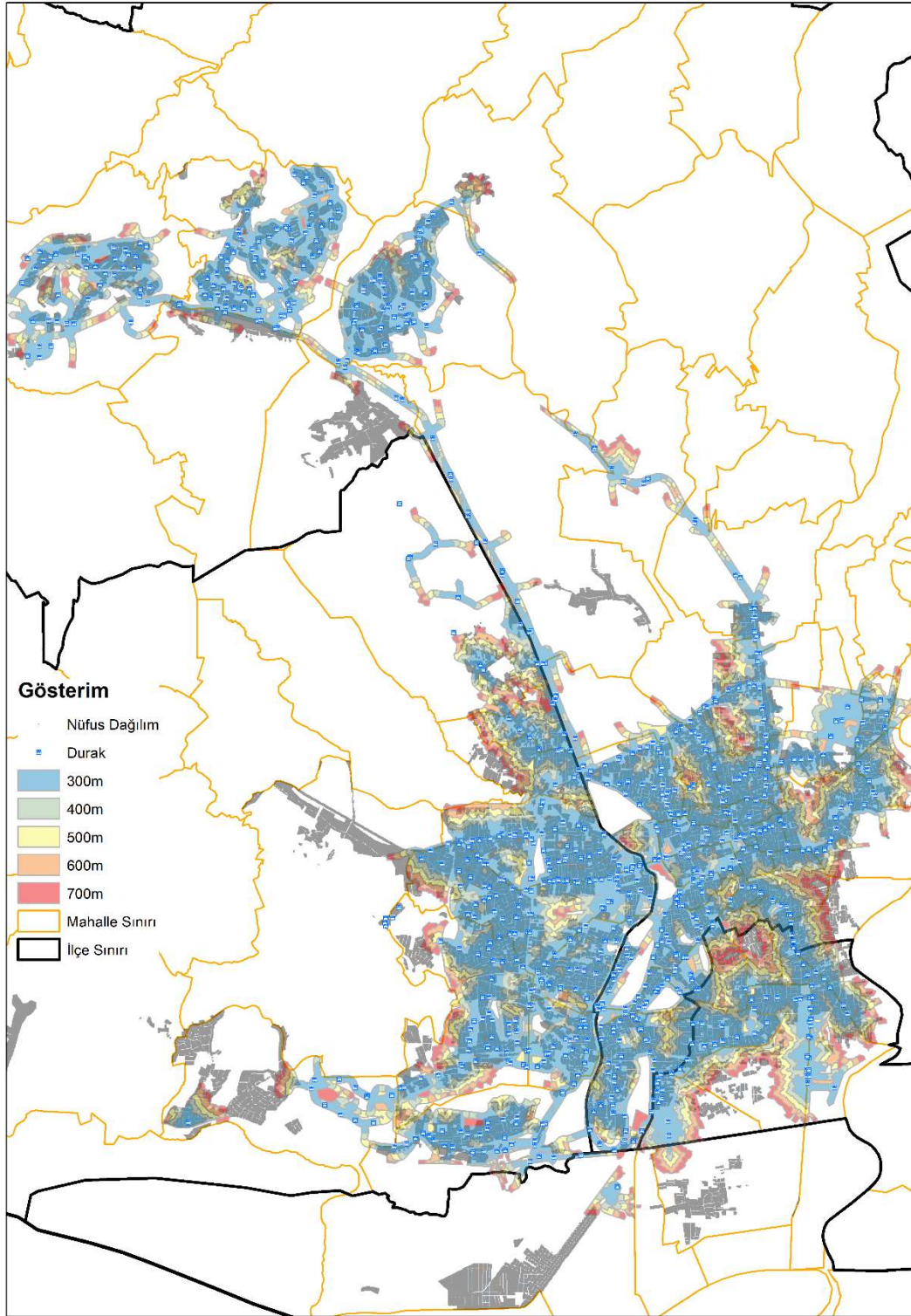
Şekil 5.5. Sakarya Toplum Taşıma Sistemi durak yoğunluk haritası

Oluşturulan ağ veri kümesi ve ArcGIS yazılımının Network Analyst araç kutusunda bulunan Service Area (servis alanı) analizi aracı kullanılarak, mevcut 860 adet otobüs durağına 300m, 400m, 500m, 600m ve 700m yol orta eksenleri üzerinden yürüme mesafesindeki ulaşım alanları çıkarılmıştır. Oluşturulan bu alanlar içerisinde kalan 10m x 10m aralıklı noktalar konumsal olarak tespit edilerek, her bir ilçe/mahalle içerisinde bulunan durakların söz konusu erişim mesafelerinde hizmet sağladıkları yaklaşık nüfus değerleri hesaplanarak ayrı ayrı tablolara aktarılmıştır. Tablo 5.7. bu hesaplamalarla elde edilen mevcut durumdaki ilçe bazlı güzergâh sayılarını, en az bir güzergâh ile ilişkili durak sayılarını ve nüfus analizlerini sunmaktadır.

Tablo 5.7. Mevcut durum için ilçe bazında güzergâh sayıları, en az bir güzergâh ile ilişkili durak sayıları ve nüfus analizi.

İlçe	2016 Nüfusu	Geçen Güzergâh Sayısı	Durak Sayısı	300m Nüfus Analizi	400m Nüfus Analizi	500m Nüfus Analizi	600m Nüfus Analizi	700m Nüfus Analizi
Adapazarı	274898	29	474	153530	196425	214781	225388	231867
Arifiye	40568	5	2	0	0	0	21	102
Erenler	83984	14	62	29635	38297	46504	52615	56460
Serdivan	128121	22	264	77231	90142	97826	101908	104202

Mevcut durum üzerinde gerçekleştirilen 300m, 400m, 500m, 600m ve 700m mesafedeki nüfusun yol eksen hatları üzerinden duraklara ulaşım analizleri, Şekil 5.6.'da gösterilmektedir. Analiz, bir durağın yatay anlamda belirlenen bir mesafedeki tampon analizi ile oluşturulan dairesel kapsama alanı yerine, herhangi bir durağın en yakınında bulunan mevcut yol eksenini kullanılarak yapılan ağ analizi ile erişilebilecek alanların tespiti şeklinde yapılmıştır. Şekillerde, açık mavi renkli alanlardan (300m alanı) kırmızı (700m alanı) renkli alanların kapsadığı bölgelere doğru gidildikçe, bu bölgelerdeki nüfusun arttığı görülmektedir.



Şekil 5.6. Mevcut durum durak erişim alanları nüfus analizi

5.2. Önerilen Model

Bu bölümde, mevcut 29 adet toplum taşıma güzergâhının geçtiği yol eksen hatları üzerinde bulunan duraklar yerine, ortalama 300m aralıklı olarak oluşturulan yeni durak konumlarının tespiti ve erişim analizi yapılmıştır. Mevcut durumda çalışma alanına yönelik olarak yapılan nüfus ve güzergâh analizi bu aşamada tekrar yapılmamıştır.

5.2.1. Durak konumu iyileştirmesi

Çalışmasının ilk aşamasında, otobüs durağı konumu iyileştirmesi için 29 adet toplum taşıma güzergâhının geçtiği yol eksen hatları üzerinde tez çalışmasının ilk bölümlerinde de ifade edilen hususlar dikkate alınarak ortalama 300m aralıklı 909 adet yeni durak konumları mevcut duraklara alternatif olacak şekilde tespit edilmiştir.

5.2.2. Model analizi

ArcGIS yazılımının Network Analyst araç kutusunda bulunan Service Area (servis alanı) analizi aracı kullanılarak, 909 adet yeni otobüs durağına 300m, 400m, 500m, 600m ve 700m yol orta eksenleri üzerinden yürüme mesafesindeki ulaşım alanları çıkarılmıştır. Dolayısı ile mevcut durumu temsil eden durak topolojisi için (860 durak) yukarıda bahsedilen işlem adımları, yeni topoloji için tekrar edilmiştir. Elde edilen ilçe bazlı nüfus, güzergâh ve alternatif durak sayısı Tablo 5.8.'de sunulmuştur.

Tablo 5.8. Model durum için ilçe bazında güzergâh sayıları, en az bir güzergâh ile ilişkili durak sayıları ve nüfus analizi.

İlçe	2016 Nüfusu	Geçen Güzergâh Sayısı	Durak Sayısı	300m Nüfus Analizi	400m Nüfus Analizi	500m Nüfus Analizi	600m Nüfus Analizi	700m Nüfus Analizi
Adapazarı	274898	29	512	181172	211044	226058	233475	236731
Arifiye	40568	5	9	0	0	20	923	1067
Erenler	83984	14	94	47458	56256	60443	61533	61886
Serdivan	128121	22	294	83126	96037	103180	106542	108740

Tablo 5.9.'da, model durum için üretilen 909 adet durak ile yapılan ilçe-durak kesişim analizi neticesinde durakların ilçe bazında dağılımları gösterilmektedir.

Tablo 5.9. İlçe bazında model durum durak sayıları ve dağılım yüzdeleri.

İlçe	Durak Sayısı (adet)	Durak Oranı (%)
Adapazarı	512	56,33
Arifiye	9	0,99
Erenler	94	10,34
Serdivan	294	32,34

Çalışma alanında yer alan tüm ilçelere ait toplam 165 mahallede bulunan model durum durak sayıları ve bunlara ait yüzdesel dağılımlar yine mahalle-durak kesişim analizi ile belirlenerek Tablo 5.10.'da gösterilmiştir.

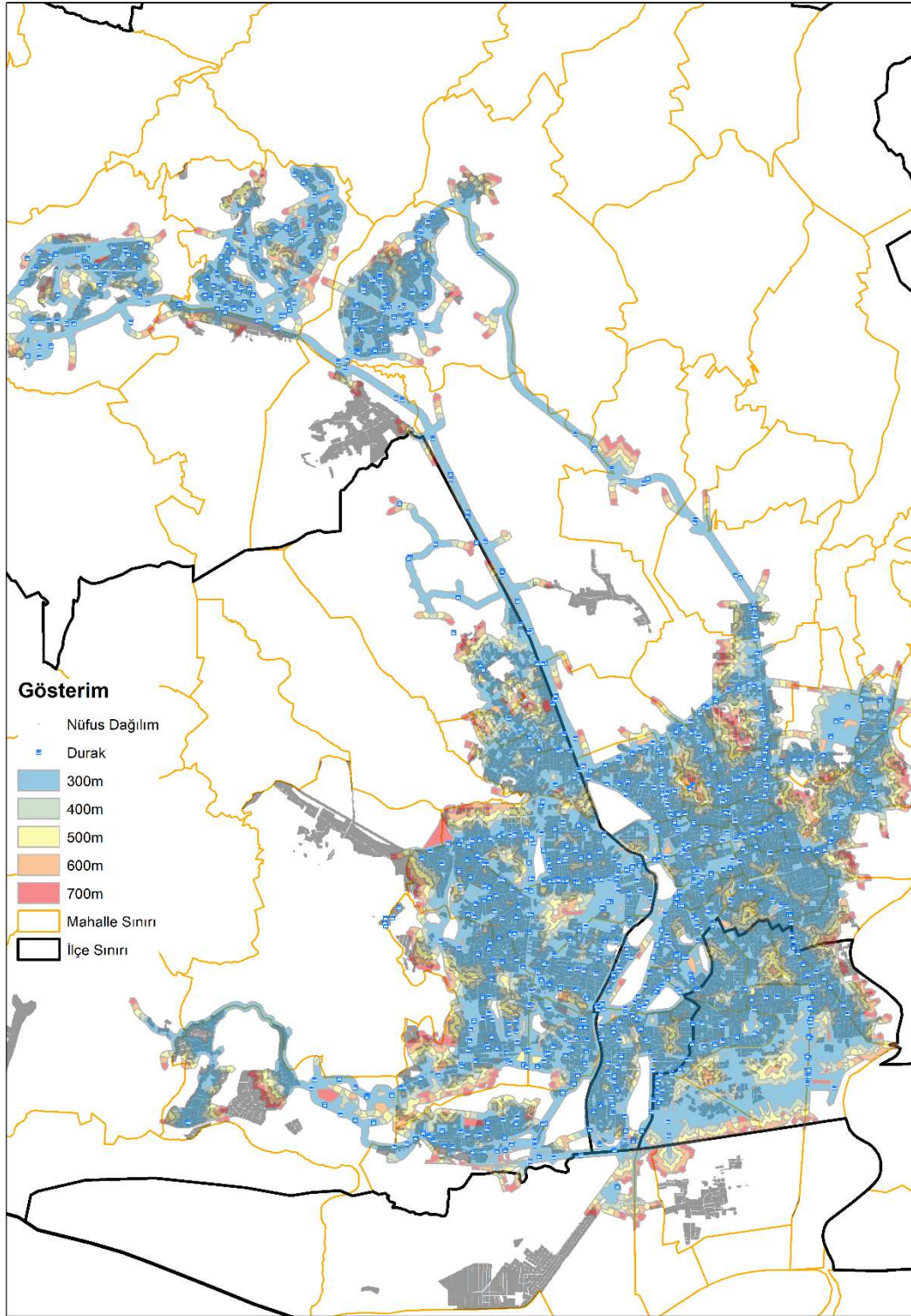
Tablo 5.10. Çalışma alanı mahallere göre model durum durak dağılımları.

İlçe	Mahalle Sayısı (adet)	Durak Bulunan Mahalle Sayısı (adet)	Oran (%)
Adapazarı	84	35	41,67
Arifiye	24	3	12,50
Erenler	33	8	24,24
Serdivan	24	12	0,50

Mevcut durak konumları ile optimize edilmiş alternatif durak konumlarına ait dağılımlar Şekil 5.7.'de gösterilmektedir. Ayrıca model durum üzerinde gerçekleştirilen 300m, 400m, 500m, 600m ve 700m mesafedeki nüfusun yol eksen hatları üzerinden duraklara erişim analizleri Şekil 5.8.'de gösterilmektedir. Analiz, mevcut durak analizinde uygulanan aynı yöntem ile yapılmıştır. Şekilde, açık mavi renkli alanlardan (300m alanı) kırmızı renkli alanların (700m alanı) kapsadığı bölgelere doğru gidildikçe nüfusun arttığı görülmektedir. Şekil 5.8. incelendiğinde, mevcut duruma göre Erenler İlçesi'nde bulunan durak erişim alanlarının arttığı, bu ilçedeki konut dışı alanlardan olan sanayi bölgesinin de durak erişimi bakımından zenginleştiği fakat hizmet edilen nüfusun kapsanan yeni alan karşısında çok da fazla değişmediği gözlemlenebilmektedir.



Şekil 5.7. Mevcut duraklar ve iyileştirilmiş durakların karşılaştırması.



Şekil 5.8. Model durum durak erişim alanları nüfus analizi.

BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, SBB tarafından toplum taşıma hizmeti olarak sunulan mevcut 29 adet otobüs güzergâhı ve 860 adet otobüs durağının konumsal analizleri yapılmıştır. Ayrıca mevcut durak konumlarına alternatif olarak yaklaşık 300m aralıklı 909 adet yeni durak konumları belirlenerek bir otobüs durağı iyileştirme çalışması yapılmış ve bu yeni durak konumlarının nüfus erişim analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar mevcut durak konumlarından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

6.1. Mevcut Durum Analizi ve Model Durum Analizi Değerlendirmesi

Mevcut duruma dair yapılan ilk incelemeler neticesinde; 860 adet durağın sadece 802 adedinin mevcut güzergâhlar ile ilişkili olduğu, geri kalan 58 durağın ise hiçbir güzergâh ile ilişkisinin bulunmadığı ve en az 1 adet güzergâhla ilişkili durak oranının %93 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca duraklar arası mesafelerin belirli bir standarda sahip olmadığı da gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, yolcuların duraklara erişim ve duraklar arası mesafeler yaklaşık 300m olacak şekilde tasarlanarak, yolcu durak erişimi ve yolcu araç içerisindeki seyahat süreleri için etkin bir yapı tasarlanmıştır. Model durumda duraklar arası mesafeler yaklaşık 300m olacak şekilde tasarlanmış ve oluşturulan yeni durak konumlarına mevcut nüfusun erişim sayısı analiz edildiğinde, genel olarak artış olduğu sonucuna varılmıştır. Oluşturulan bu durum ile mevcut durum arasında yapılan analizlerin karşılaştırılması neticesinde; mevcut duruma göre durak sayısının 860 adetten 909 adete yükseldiği, en az 1 güzergâh ile ilişkili olacak şekilde konumlandırılan her bir durağın, durak güzergâh ilişkisi oranının %93 den %100 oranına çıktığı saptanmıştır.

Mevcut durumda; en çok güzergâhın yer aldığı ilçenin Adapazarı İlçesi olduğu, Arifiye İlçesi'nin ise en az güzergâh ve durağa sahip olduğu, bu ilçede durak sayısı

bakımından model durumda da çok fazla artış olmadığı tespit edilmiştir. Arifiye İlçesi'nin toplum taşıma hizmetinden sadece ilçe sınırları içerisinde yer alan Sakarya Büyükşehir Belediyesi Şehirlerarası Otobüs Terminali dolayısı ile yararlandığı gözlemlenmiştir. Model durumda, Erenler İlçesi'nde durak erişim alanlarının artmasına rağmen bu alanların büyük bir kısmının konut dışı alan olan sanayi alanları içerisinde kalmasından dolayı, hizmet alan nüfusta beklenen artışın sağlanmadığı görülmektedir.

Tablo 6.1.'de mevcut ve optimize edilmiş durumlara ait en az bir güzergâh ile ilişkili olan durak sayıları, çalışma alanındaki her bir ilçe için ayrı ayrı gösterilmiştir. Tablodaki değerler incelendiğinde; güzergâhlar değiştirilmeden yapılan mevcut ve model durumdaki durak sayılarının farklılık gösterdiği, model durumda söz konusu ilçelerin tümünde durak sayılarının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca hem mevcut hem de model durumda ilçe bazında durak sayısının ilgili ilçede yer alan güzergâh sayısı ile doğru orantılı olduğu tablodan görülebilmektedir. Mevcut durumda da model durumda da en fazla güzergâh bulunan ilçede en fazla durak sayısı, en az güzergâh bulunan ilçede ise en az durak sayısının bulunduğu tabloda ifade edilmektedir.

Tablo 6.1. Her iki durumda ilçelerde bulunan en az 1 güzergâh ile ilişkili durak sayıları karşılaştırması.

İlçe	Güzergâh Sayısı	Mevcut Durak Sayısı	Model Durum Durak Sayısı	Durak Artış (%)
Adapazarı	29	474	512	8,02
Arifiye	5	2	9	450
Erenler	14	62	94	51,62
Serdivan	22	264	294	11,36

Mevcut durum üzerinde yapılan, 300m, 400m, 500m, 600m ve 700m mesafedeki erişim alanları içerisinde kalan nüfusun yol eksen hatları üzerinden duraklara ulaşım analizlerinin model durumdaki analizler ile karşılaştırılması neticesinde; model durumda hizmet alan nüfusun ilçe bazında artış gösterdiği, fakat mahalle bazında karşılaştırıldığında bazı mahallelerde artma, bazılarında azalma, bazılarında ise kayda değer bir değişiklik göstermediği gözlemlenmiştir. Bu durum, bazı mahallelerde duraklar arası mesafelerin çok kısa, bazılarında çok uzun, bazılarında ise model

durumdaki gibi yaklaşık 300m civarında olduğunu, durak konumlarının homojen bir dağılıma sahip olmamasından dolayı mahalle bazında hizmet alan nüfusun artma, azalma ya da değişmeme şeklinde farklı ölçülerde yönelim gösterdiğini ifade etmektedir. Geçmiş yıllara yönelik olarak yapılacak daha detaylı bir çalışma ile yıl bazında her bir mahalle sınırı içerisinde kalan durak/nüfus oranları ayrı ayrı karşılaştırıldığında ortaya çıkacak sonuç, geçmişte mevcut durak konumlarının belirlenmesinde nüfusun ne kadar dikkate alındığının tespiti açısından faydalı olacaktır.

İlçe bazlı mevcut ve model duruma ait hizmet alan nüfus yüzdeleri Tablo 6.2.'de gösterilmektedir. Tabloda mevcut durumdan model duruma geçildiğinde, Arifiye İlçesi dışında ki diğer tüm ilçelerde, hizmet alımıyla ilgili kayda değer bir nüfus artışının olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut durumdaki durak konumlarının değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak model durum üzerinde duraklar arası mesafelerin yaklaşık 300m olarak belirlenmesi, duraklara erişim sağlayabilen nüfusun artmasında oldukça etkili bir rol oynamıştır. Ayrıca model durum konumsal olarak incelendiğinde, oluşturulan yeni durak konumlarının bir kısmının konut dışı alan olan sanayi bölgesinde kalmasından dolayı Erenler ilçesinde beklenen nüfus artışının gerçekleşmediği belirlenmiştir.

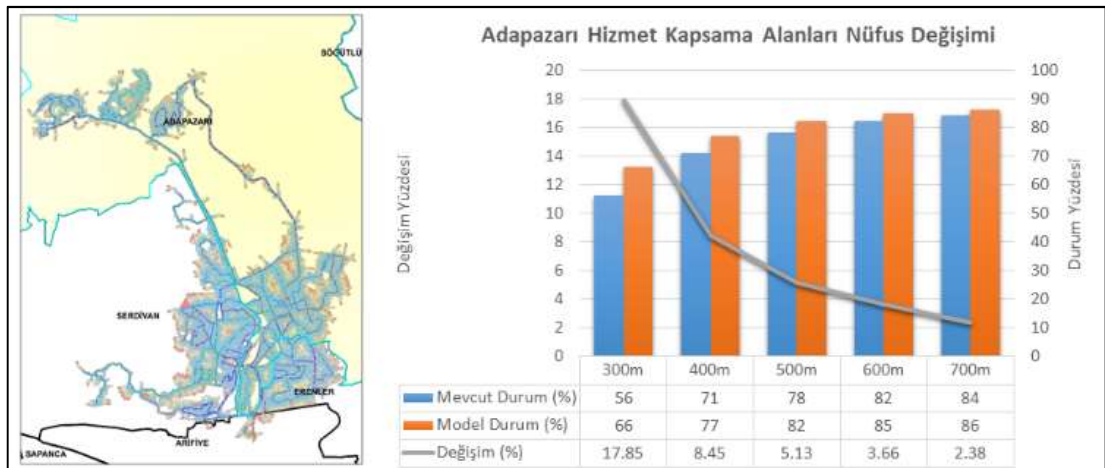
Tablo 6.2. İlçe bazlı mevcut ve model duruma ait hizmet kapsama alanı nüfus yüzdeleri ve yüzde değişimleri.

İlçe	300m Değişimi (%)	400m Değişimi (%)	500m Değişimi (%)	600m Değişimi (%)	700m Değişimi (%)
Adapazarı	56...66 (%17,85)	71...77 (%8,45)	78...82 (%5,13)	82...85 (%3,66)	84...86 (%2,38)
Arifiye	0...0 (%0,0)	0...0 (%0,0)	0...0 (%0,0)	0...2 (%200,0)	0...3 (%300,0)
Erenler	35...57 (%62,86)	46...67 (%45,65)	55...72 (%30,91)	63...73 (%15,87)	67...74 (%10,45)
Serdivan	60...65 (%8,33)	70...75 (%7,14)	76...81 (%6,58)	80...83 (%3,75)	81...85 (%4,94)

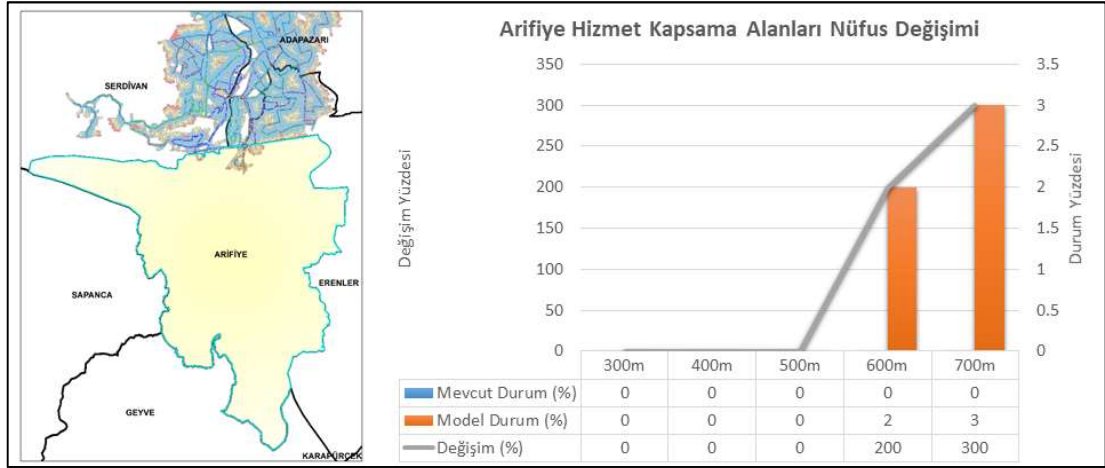
Yapılan çalışmada model duruma ait sonuçlar, toplum taşıma sistemlerinde duraklar arası ve durak erişim mesafelerinin, yolcuların talepleri ve hizmet edilen nüfus bakımından oldukça önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Duraklar arası mesafelerin

otobüs sistemli kentsel toplum taşıma sistemlerinde yaklaşık 300m olarak belirlenmesi kriterine göre model durumda, yol eksenleri üzerinden yapılan analiz neticesinde 300m, 400m, 500m, 600m, 700m mesafedeki erişim alanları içerisinde kalan nüfusun mevcut durum ile kıyaslandığında daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, şehir içi toplum taşıma sistemlerinde duraklar arası mesafelerin yaklaşık 300m olması durumunda hizmet edilen nüfusun önemli derecede arttığı sonucunu doğurmaktadır.

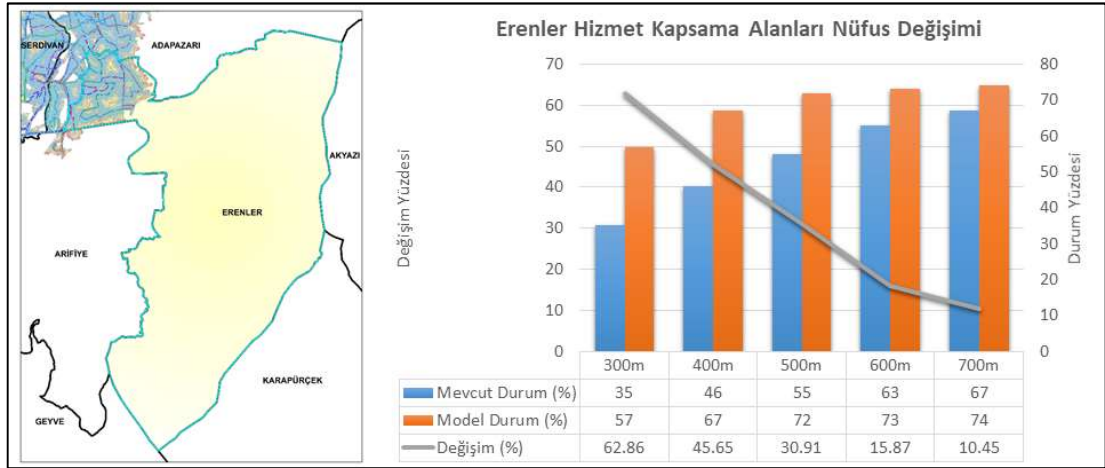
Yapılan çalışmalar sonucu nüfus değişimine yönelik elde edilen grafiksel değişimler 4 ilçe için ayrı ayrı olacak şekilde Şekil 6.1., Şekil 6.2., Şekil 6.3. ve Şekil 6.4.'te gösterilmektedir.



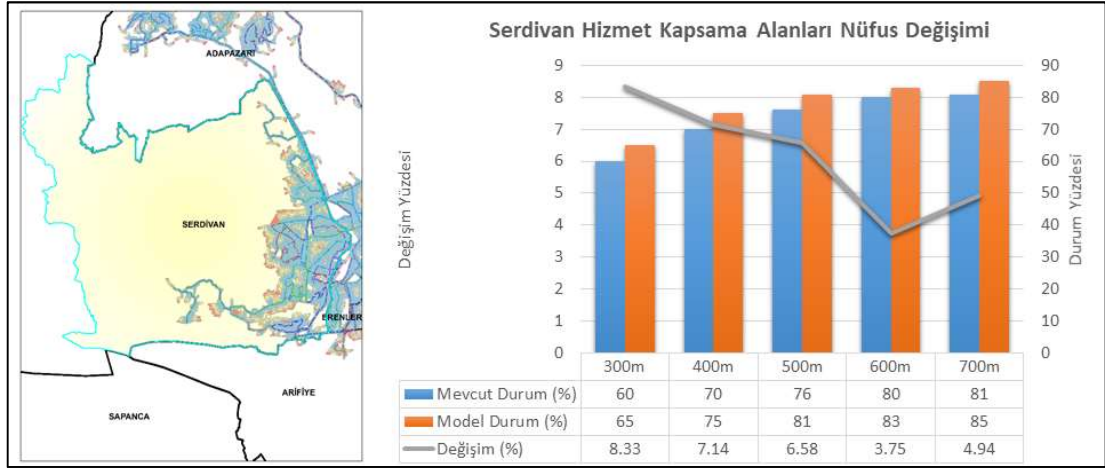
Şekil 6.1. Adapazarı İlçesi'nde bulunan mevcut ve model duruma ait durakların sağladıkları hizmet kapsama alanlarındaki nüfus değişimi.



Şekil 6.2. Arifiye İlçesi'nde bulunan mevcut ve model duruma ait durakların sağladıkları hizmet kapsama alanlarındaki nüfus değişimi.



Şekil 6.3. Erenler İlçesi'nde bulunan mevcut ve model duruma ait durakların sağladıkları hizmet kapsama alanlarındaki nüfus değişimi.



Şekil 6.4. Serdivan İlçesi'nde bulunan mevcut ve model duruma ait durakların sağladıkları hizmet kapsama alanlarındaki nüfus değişimi.

Son olarak, yapılan analizler sonucu elde edilen sonuçlar incelendiğinde, etkin ve verimli bir toplum taşıma planlamasında otobüs durağı konumlarının önemi açıkça görülmektedir.

6.2. Genel Değerlendirme

Bu tez çalışmasında, ArcGIS yazılımının sağlamış olduğu coğrafi bilgi sistemi yetenekleri kullanılarak, Sakarya Büyükşehir Belediyesi tarafından 4 büyük ilçede hizmete sunulan otobüs ile toplum taşıma sistemine ait güzergâhların konumsal analizi ve otobüs durak konumlarının iyileştirmesi yapılmıştır. Böylece, çalışma neticesinde elde edilen otobüs duraklarına ait önerilen konumların, mevcut otobüs durak konumlarına göre hizmet kapsama alanı ve nüfusa dayalı hizmet değişimi incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan mahalle alanı bazlı 10mx10m aralıklı nüfus örnekleme yerine, nüfusun doğrudan binalar ile ilişkilendirilerek daha doğru bir şekilde konumlandırılması neticesinde yapılacak çalışma ile daha kesin sonuçlar elde edebilmek mümkün olsa da ne yazık ki henüz İl genelinde bu tür bir veri mevcut değildir. Ayrıca sunulan çözüm, yazılımsal olarak ele alınarak otobüs durağı iyileştirmesi için ArcGIS üzerinde çalışan parametrik bir modül oluşturulabilir.

Bu tez çalışmasındaki durak hizmet alanlarının belirlenmesine yönelik yapılan konumsal analizler, literatürde sıklıkla karşılaşılan, kuşbakışı dairesel hizmet alanı hesaplaması yerine coğrafi bilgi sisteminin sağlamış olduğu ağ analizi mantığından yola çıkılarak yol orta eksenleri üzerinden yapılmıştır. Böylece, durak yakınlığı ve durak hizmet alanı açısından elde edilen sonuçların gerçek durumu daha iyi yansıtacağı düşünülmüştür.

Ayrıca çalışma neticesinde önerilen model için oluşturulan durak konumları ile mevcut durak konumlarının güzergâh boyunca sefer sürelerine ne kadar etki ettiği bir başka araştırma konusu olarak değerlendirilebilir. Böylelikle, coğrafi bilgi sistemi kullanılarak gerçekleştirilen nüfusa dayalı durak iyileştirme uygulamasının, PTV Vissum gibi ulaşım planlama yazılımları kullanılarak mevcut toplum taşıma sistemine süre bazında olumlu ve olumsuz etkileri farklı açıdan ele alınabilir.

KAYNAKLAR

- Ağın, C. 2015. "Türkiye'de Şehirlerdeki Toplu Ulaşım Sistemleri Sorunlarının Çözülmesinde Toplumsal Davranışların Etkilerinin Planlama Süreci Kapsamında İncelenmesi. İzmir Karşıyaka Örneği", Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Alpdemir, E. A. 2006. "1999-2004 Yılları Arasında Eskişehir'de İşlenen Asayiş Suçlarına İlişkin Suç Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Oluşturulması", Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arıç Döner, M. 2012. Otobüsle Toplu Taşımada Yolcu Hareketlerinin Analizi ile Hat Planlama; İzmir İçin Bir Örnek Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
- Cappelli, C. 2003. The Language of Spatial Analysis, ESRI Pres.
- Cioban, A. Matei, F. Pop, I. Rotaru, A. 2011. "The Importance of Geodatabases in a Geographical Information System" Bulletin UASVM Horticulture.
- CODATU (Cooperation for Urban Mobility in the Developing World), 2014. Who Pays What for Urban Transport? Handbook of Good Practices, Imprimerie France-Quercy, France.
- Erdi, A. Durduran, S. S. Özkan, G. 2004. "Türkiye'de Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışmalarında Kurumsal Politikalar ve Bir Öneri." 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri.
- Ergün, M. 2010. "Türkiye'de Yapılan Toplu Taşıma Sistemlerinin Rehabilitasyonu Projelerinin İncelenmesi." Ulusal Toplu Ulaşım Sempozyumu ve Sergisi, 2-3.
- ESRI, 2001. ArcGIS™ Spatial Analyst: Advanced GIS Spatial Analysis Using Raster and Vector Data, An ESRI ® White Paper.
- Foda, M. A. Osman, A. O. 2010. "Using GIS for Measuring Transit Stop Accessibility Considering Actual Pedestrian Road Network" Journal of Public Transportation, Vol. 13, No. 4, 2010, 23-41.
- Guihaire, V. Hao, J. K. 2008. "Transit network design and scheduling: A global review." Transportation Research Part A: Policy and Practice 42(10): 1251-1273.
- Kırmızı, Z. Şaduman Kolağasıoğlu, M. ve Tunalı Çalışkan, F. 2012., Kentiçi Ulaşım Terimleri Sözlüğü, 1. Baskı. İstanbul: Cinius Yayınları.
- Marti, R. M. 2013. UJI SPATIAL NETWORK, Development of a pedestrian spatial network for the University Jaume I of Castellón Spain

- Moovit, 2016. Global Cities Public Transit Usage Report
- MTA (Maryland Transit Administration), 2014. Bus Stop Optimization Policy (Pilot) Bus Network Improvement Project - Phase One Plan, Maryland
- Murat, S. Şahin, L., 2010. Dünden bugüne İstanbul'da Ulaşım, (1. Baskı) İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.
- Murray, A. T. 2001. "Strategic analysis of public transport coverage." *Socio-Economic Planning Sciences* (35): 175-188.
- Nişancı, R. Yıldırım, V. Çolak, H. E. 2010. "Coğrafi Bilgi Sistem Uygulamaları." *Bilim ve Teknik* - (514, 58-63).
- SBB (Sakarya Büyükşehir Belediyesi), 2013. 1/25000 ölçekli nazım imar planı.
- Simpson, B. J. 2003. *Urban Public Transport Today*, 2. Baskı. İngiltere: Chapman&Hall.
- Schöbel, A. 2006. *Optimization in Public Transportation*, Springer Yayıncılık.
- Sutton, J., Gillingwater, D., 1995, *Community Transport: Policy, Planning, Practice*. Gordon and Breach Press, Amsterdam, Netherlands.
- Uludağ, U. 2010. *Bulanık Optimizasyon ve Doğrusal Hedef Programlama Yaklaşımları ile Otobüs Hatlarının Modellenmesi*. Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Denizli.
- Yomralıoğlu, T. 2009. *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamaları*. 5. Baskı. Trabzon: Akademi Kitabevi.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2013. "Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018"
- Töreyan, G. Özdemir, İ. Kurt, T. 2010. *ArcGIS 10 Uygulama Dokümanı*. 1. Baskı. Ankara: İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti.
- Transit Cooperative Research Program, 1996. TCRP Report 19, *Guidelines for the Location and Design of Bus Stops*, National Academy Press.
- Turoğlu, H. 2011. *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları*. 3. Baskı. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Wright, L. Fjellstrom K. 2003. *Solutions for Mass Transit*. Eschborn.
- Xiaotang X. 2009. "Bus Trip Optimization at Directional Level in GIS" International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- Xuebin W. 2010. "Optimizing Bus Stop Locations in Wuhan, China" International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation Enschede, The Netherlands.

ÖZGEÇMİŞ

Hakan KOCAMAN, Sakarya’da doğmuş, ilk, orta ve lise eğitimini Sakarya’da, lisans eğitimini ise Haziran 2011’de Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü’nde tamamlamıştır. Ağustos 2011’de Sakarya SASKİ Genel Müdürlüğü’nde mühendis olarak çalışmaya, 2012 yılı güz döneminde ise Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimi almaya başlamıştır. Halen Sakarya SASKİ Genel Müdürlüğü Yazılım ve CBS Şube Müdürlüğü’nde görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.