

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

Doktora Tezi

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI
RAYLI SİSTEM GÜZERGÂH TASARIMI:
İSTANBUL ÖRNEĞİ**

Cem KIRLANGIÇOĞLU

2502100032

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Deniz EKİNCİ

İstanbul, 2014

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

Doktora Tezi

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI
RAYLI SİSTEM GÜZERGÂH TASARIMI:
İSTANBUL ÖRNEĞİ**

Cem KIRLANGIÇOĞLU

2502100032

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Deniz EKİNCİ

**Bu doktora tezi İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından 32002 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.**

İstanbul, 2014



DOKTORA
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN

Adı ve Soyadı :Cem KIRLANGIÇOĞLU Numarası :2502100032
Anabilim/Bilim Dalı :Coğrafya Tez Savunma Tarihi :23.06.2014
Danışman :Prof.Dr.Deniz EKİNCİ Saati :10:00
Tez Başlığı :”Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Raylı Sistem Güzergah Tasarımı: İstanbul
Örneği”

TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 50. Maddesi uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜ'NE OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞUYLA** karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-Prof.Dr.Deniz EKİNCİ		Ka b u l
2-Prof.Dr.Ayşenur TİMOR		KABUL
3-Doç.Dr.Eyüp ZENGİN		KABUL
4-Yrd.Doç.Dr.Akif KARATEPE		KABUL
5-Yrd.Doç.Dr.Halid PEKTEZEL	—	—

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATI (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-Yrd.Doç.Dr.Hüsnüye DOLDUR		KABUL
2-Yrd.Doç.Dr.Murat ATEŞ		

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI RAYLI SİSTEM GÜZERGÂH TASARIMI: İSTANBUL ÖRNEĞİ CEM KIRLANGIÇOĞLU

ÖZ

İstanbul'da önemszenmesi ve çözümlmesi gereken başlıca konulardan birisi de ulaşım sorunudur. Gelecek yıllarda inşa edilecek yeni konut alanları ve açılacak yeni istihdam sahaları, bu problemin daha da büyümesine neden olacaktır. Hızla artan yolculuk talebinin karşılanmasında, karayolu odaklı çözümlerden ziyade yüksek kapasiteli raylı toplu taşıma sistemlerinden yararlanılması bir zorunluluk haline gelmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından planlanan yatırımlarda en büyük pay ulaşım, ulaşımın içinde en büyük pay ise raylı sistemlere aittir. 2004 yılı öncesinde 45 km iken şu anda 141 km olan raylı sistem ağının 2019 yılında 420 km, 2019 sonrasında ise 776 km olması planlanmaktadır. Milyarlarca dolarlık bu yatırımların hem İstanbul'a hem de Türkiye'ye en yüksek faydayı sağlayacak şekilde hayata geçirilmeleri gerekmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Raylı Sistem Güzergâh Tasarımı: İstanbul Örneği başlıklı tez çalışmasının amacı; bu yatırımların fiziki ve beşeri coğrafya faktörleri de göz önünde bulundurularak en doğru şekilde yönlendirilmesine katkıda bulunmaktır. Çalışmada, raylı sistem güzergâh tasarımında kullanılan geleneksel yöntemlere alternatif olarak Coğrafi Bilgi Teknolojileri tabanlı yeni bir tasarım modeli geliştirilmiştir. Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin kullanıldığı bu model sayesinde, tasarım sürecine etki eden tüm faktörler bir arada değerlendirilerek hem karar vericilere hem de teknik personele yönelik bir karar destek sistemi ortaya çıkarılmıştır. Çalışmanın sonucunda, önerilen tasarım modeli örnek çalışma alanı olarak seçilen İstanbul şehrine başarıyla uygulanmış ve raylı sistem yatırımları için en uygun bölgeler tespit edilmiştir. Başka şehirlere de uygulanabilecek olan bu model sayesinde iş gücü, zaman ve bütçeden tasarruf sağlanarak yatırımlar daha sağlıklı yönlendirilmiş olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Raylı Sistemler, Coğrafya, İstanbul.

**OPTIMAL URBAN RAIL TRANSIT CORRIDOR
IDENTIFICATION BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEMS: A CASE STUDY ON İSTANBUL
CEM KIRLANGIÇOĞLU
ABSTRACT**

The issue of traffic congestion is one of the most important problems that has to be solved in near future of İstanbul. Due to the fast urbanization process, new urban areas and new employment zones will increase this problem in the coming years. Instead of highway projects that will be temporary solutions, high capacity rail-based transit systems must be constructed to overcome the rapidly increasing travel demand. Transportation is the major investment area of İstanbul Metropolitan Municipality and urban railway systems have the top priority among all other alternatives. The total length of the current railway network, which was 45 km before the year of 2004, is 141 km. It is planned to firstly extend these lines to 420 km until 2019, then to 776 km after this year. These investments need huge budgets reaching to billions of US dollars and very significant for national economy. Therefore they have to be planned very carefully to gain maximum efficiency and profitability.

This study aims to direct railway investments in accordance with the physical and human geography. Within the scope of the study, a new point of view has been developed based on integrating the traditional railway route design processes with Geographic Information Systems and Multi Criteria Decision Making techniques. This new and accurate decision support system will be useful for both decision makers and the design engineers. As a result of the study, the proposed railway route design model has been successfully applied on the case study area, İstanbul. In addition, some conceptual new railway routes have been proposed after interpreting the analysis results. The proposed model is universal and may be applied to other cities in the world. It dramatically increases time, budget and manpower efficiency by taking the traditional processes a step further.

Keywords: Geographic Information Systems, Multi Criteria Decision Making, Railway Systems, Geography, İstanbul.

ÖNSÖZ

Son yıllarda bilgi teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler yerel yönetimler tarafından gerçekleştirilen çalışmalara da ciddi şekilde yansımakta ve çok başarılı projeler ortaya çıkmaktadır. Özellikle Uzaktan Algılama teknolojilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile entegrasyonu neticesinde elde edilen yeni veriler doğrultusunda, fiziki ve beşeri coğrafyaya yönelik çok çeşitli analizler yapılabilmektedir. Ortaya çıkan sonuçlar, hizmet sektörü tarafından da çeşitli projelere yönelik olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma, bu teknolojilerin ulaşım sektöründe ve özellikle de raylı sistem güzergâh tasarım sürecinde kullanımı üzerine odaklanmaktadır.

“Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Raylı Sistem Güzergâh Tasarımı: İstanbul Örneği” isimli bu çalışmada öncelikle raylı sistem güzergâh tasarımının geleneksel yöntemlerle nasıl yapıldığı incelenmiş, ardından bu sürecin bilgi teknolojileri kullanılarak nasıl geliştirilebileceği ile ilgili araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Uzmanlarla yapılan görüşmeler, akademisyenlerle gerçekleştirilen toplantılar ve literatür taramaları neticesinde; güzergâh tasarım sürecinde Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden istifade edilmesi ve Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Sonraki bölümde ise, çalışma alanı olarak seçilen İstanbul’un ulaşım tarihçesi, idari, fiziki, ekonomik ve beşeri coğrafya özellikleri incelenmiş ve çalışma alanı hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Daha sonra, raylı sistem güzergâh tasarımında etkili faktörler ile ilgili detaylı analizler İstanbul örneğinde uygulanmış ve modelin gerçek dünyaya uygulanabilirliği test edilmiştir.

Çalışmanın neticesi olarak ise, tüm analizler bir araya getirilerek bir sentez sonuç haritası oluşturulmuş ve İstanbul’da raylı sistem gereksinimi duyulan alanlar tespit edilmiştir. İstanbul örneğinde gerçekleştirilen bu çalışmadaki Çok Faktörlü Raylı Sistem Güzergâh Tasarım Modeli, yurt içi ve yurt dışındaki tüm şehirlere uygulanabilecek esnek bir modeldir. Hem karar vericiler hem de güzergâh tasarımını gerçekleştiren mühendisler için son derece güçlü bir karar destek sistemi olarak kullanılabilir.

Bu çalışmanın en başından en sonuna kadar her zaman yanımda olan ve bilimsel desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Deniz EKİNCİ'ye ve tez çalışmam süresince fikirleriyle beni yönlendiren Prof. Dr. Ayşe Nur TİMOR ile Prof. Dr. Eyüp ZENGİN hocalarıma teşekkür ederim.

Doktora tezim süresince bünyesinde çalıştığım ve beni sürekli destekleyen tüm İstanbul Ulaşım A.Ş. yöneticilerine, özellikle de Sn. Ömer YILDIZ ve Sn. Mustafa Metin YAZAR'a teşekkür ederim.

Karşılaştığım teknik problemlerin çözümünde yardımlarını esirgemeyen değerli şeflerim M. Tarık DÜNDAR, Köksal KOTİL, Mustafa DURSUN ve Vedat ERTEZ ile bu tezde bana en çok yardımcı olan arkadaşlarım Selim ÇEVİK, Kamil DEMİRCAN, Ertan TOPRAKAL, Ferdi TATAR, C. Ruveyda MECİTOĞLU, Tolga GÖRÜM ve M. Nurullah NAS'a teşekkür ederim.

Çalışma hayatımı daha keyifli hale getiren değerli arkadaşlarım Celil YILDIRIM, Metin MERT, Ahmet BAŞEL, İlker ERDOĞMUŞ, Uğur KARAHAN, Boğaçhan M. AKALIN, İsmail A. ODABAŞ, Savaş AKTAŞ, Orhan AKTAŞ, Özgür ÇETİNKAYA ve Atakan URGANCIOĞLU'na teşekkür ederim.

Profesyonel iş hayatım boyunca sürekli yanımda olan ve hem teknik hem de manevi açıdan her zaman desteğini hissettiğim sevgili dostum Mehmet Fatih DÖKER'e sonsuz teşekkür ederim.

Elimi uzatıp ellerini istediğimde, avucuma yüreğini bırakan ve canımdan çok sevdiğim değerli eşim Ece Nazire KIRLANGIÇOĞLU ile hayatımın anlamı evlatlarım Elif ve Efe'ye bana gerçek sevgiyi yaşattıkları için teşekkür ederim.

Her ihtiyaç duyduğumda yanımda olan ve beni kendilerinden başka kimsenin daha fazla sevmeyeceği canım annem Sevim KIRLANGIÇOĞLU ile canım babam Yener KIRLANGIÇOĞLU'na, canım abilerim Nuri ve Ahmet KIRLANGIÇOĞLU'na teşekkür eder; sahip olduğum her şey için Yüce Allah'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Cem KIRLANGIÇOĞLU

İstanbul, 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZ	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
TABLO LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
FOTOĞRAF LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1
1. İstanbul'un Konumu ve Genel Coğrafi Özellikleri	3
1.1. İstanbul Fiziki Coğrafya Özellikleri	15
1.2. İstanbul Beşeri Coğrafya Özellikleri	21
2. Amaç ve Kapsam	37
3. Veri ve Yöntem	41
4. Önceki Çalışmalar	47
1.BÖLÜM: RAYLI SİSTEM GÜZERGÂH TASARIMI	63
1.1. Şehir İçi Raylı Sistem Türleri	65
1.2. Raylı Sistem Güzergâh Tasarımına Etki Eden Faktörler	75
2.BÖLÜM: İSTANBUL ULAŞTIRMA SİSTEMİ	80
2.1. Karayolu	89
2.2. Deniz Ulaşımı	97
2.3. Raylı Sistemler	100
3.BÖLÜM: ÇOK FAKTÖRLÜ OBJEKTİF RAYLI SİSTEM GÜZERGÂH TASARIM MODELİNİN İSTANBUL ÖRNEĞİNDE UYGULANMASI	107
3.1. İstanbul'da Raylı Sistem Güzergâh Tasarımına Etki Eden Faktörlerin Önem Derecelerine Göre Değerlendirilmesi	111
3.1.1. Yolculuk Talebi Faktörü	111
3.1.2. Diğer Ulaşım Sistemleri ile Entegrasyon Faktörü	125
3.1.3. Nüfus Yoğunluğu Faktörü	132
3.1.4. Sit Alanlarına Uzaklık Faktörü	136
3.1.5. Mülkiyet Faktörü	140
3.1.6. Ticaret ve Sanayi Alanlarına Yakınlık Faktörü	146
3.1.7. Kamu ve Eğitim Kurumlarına Yakınlık Faktörü	152

3.1.8. Toplu Konut Alanlarına Yakınlık Faktörü	158
3.1.9. Topografya Faktörü	162
3.1.10. Litolojik Yapıya Uygunluk Faktörü	173
3.1.11. Fay Hatlarına Uzaklık Faktörü	190
3.1.12. Su Alanlarına Uzaklık Faktörü	195
3.2. Raylı Sistem Güzergâh Öneri Haritasının Oluşturulması	201
SONUÇ VE ÖNERİLER	213
KAYNAKÇA	218
ÖZGEÇMİŞ	230

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: 2013 Yılı İtibariyle İstanbul İlçe Nüfusları	22
Tablo 2: 2013 Yılı İtibariyle İstanbul Mahalle Nüfusları	23
Tablo 3: Uzaktan Algılama Çalışmalarında Yararlanılan Bazı Uydu Alıcıları.....	45
Tablo 4: Ağır Metro Teknolojisi için Teknik Kriterler	67
Tablo 5: Hafif Metro Teknolojisi için Teknik Kriterler	68
Tablo 6: Tramvay Teknolojisi için Teknik Kriterler	70
Tablo 7: Havaray Teknolojisi için Teknik Kriterler.....	72
Tablo 8: AGT Teknolojisi için Teknik Kriterler	73
Tablo 9: Raylı Sistem Teknoloji Seçimi Karşılaştırma Kriterleri	73
Tablo 10: İstanbul'daki Mevcut Ulaşım Türleri ve Ağırlıkları	88
Tablo 11: Mevcut Raylı Sistemler	100
Tablo 12: İnşaatı Devam Eden Raylı Sistemler.....	101
Tablo 13: İnşaat İhalesi Aşamasındaki Raylı Sistemler	101
Tablo 14: Raylı Sistem Güzergâh Tasarım Kriterlerinin Önem Derecelerine Göre Karşılaştırılması	109
Tablo 15: Tasarıma Etki Eden Faktörlerin 1'e Oranlanmış Önem Dereceleri	110
Tablo 16: Günlük Yolculuk Sayılarının Önem Puanları	124
Tablo 17: Raylı Sistem ve Metrobüs Duraklarına Mesafelerin Önem Puanları.....	128
Tablo 18: Otobüs Duraklarına Mesafelerin Önem Puanları.....	129
Tablo 19: Farklı Nüfus Yoğunluklarının Önem Derecelerine Göre Puanları	136
Tablo 20: Sit Alanlarına Mesafelerin Önem Puanları	138
Tablo 21: Mülkiyet Türlerinin Önem Derecelerine Göre Puanları	143
Tablo 22: Sanayi ve Ticaret Alanlarına Mesafelerin Önem Puanları	152
Tablo 23: Kamu ve Eğitim Kurumlarına Mesafelerin Önem Puanları.....	156
Tablo 24: Toplu Konutlara Mesafelerin Önem Puanları	160
Tablo 25: İstanbul İli Yükseklik Değerleri ve Alansal Dağılımları.....	165
Tablo 26: Bakı Yönleri ve Alansal Dağılımları	168
Tablo 27: İstanbul İli Eğim Değerleri ve Alansal Dağılımları	170
Tablo 28: Farklı Eğim Aralıklarının Önem Derecelerine Göre Puanları.....	171
Tablo 29: İstanbul'da Mevcut Olan Litolojik Yapılar ve Sembolleri	175
Tablo 30: Litolojik Yapıların Raylı Sistem Güzergâhı için Uygunluk Sıralaması ..	188
Tablo 31: Fay Hatlarına Uzaklıkların Önem Puanları.....	191
Tablo 32: Su Alanlarına Mesafelerin Önem Puanları.....	198

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: İstanbul'un Konumu.....	4
Şekil 2: İstanbul'daki İlk Yerleşmeler ve Günümüzdeki İsimleri.....	5
Şekil 3: M.S. 4. Yüzyılda Tarihi Yarımada.....	6
Şekil 4: İstanbul Şehrinin Tarihsel Gelişimi.....	9
Şekil 5: 1/100.000 Ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı.....	10
Şekil 6: 1/100.000 Ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı İşaretleri.....	11
Şekil 7: 1/25.000 Ölçekli İstanbul Nazım İmar Planı.....	12
Şekil 8: 1/25.000 Ölçekli İstanbul Nazım İmar Planı İşaretleri.....	14
Şekil 9: Kuzey Anadolu Fay Hattının Marmara Denizinde Devamı ve Kent İçi Olası Faylar.....	17
Şekil 10: İstanbul'un İlçeleri.....	21
Şekil 11: İstanbul Mahalle ve Köy Sınırları.....	23
Şekil 12: 1975-2010 İstanbul Kentsel Büyüme Süreci.....	38
Şekil 13: Çalışmanın İş Akış Şeması.....	40
Şekil 14: Elektromanyetik spektrumun yansıma dalga boyu bölgeleri.....	43
Şekil 15: CBS Katmanlama Prensibi.....	46
Şekil 16: Raylı Sistem Güzergâh Tasarımına Etki Eden Faktörler.....	76
Şekil 17: İstanbul Karayolu Ağı.....	90
Şekil 18: İstanbul Karayolu Ağından Bir Kesit.....	91
Şekil 19: İstanbul'da Hizmet Veren Otobüs Hatları ve Metrobüs Güzergâhı.....	94
Şekil 20: İstanbul'da Hizmet Veren Minibüs Hatları.....	96
Şekil 21: İstanbul Denizyolu Hatları.....	99
Şekil 22: İstanbul Mevcut ve İnşa Halindeki Raylı Sistem Hatları.....	102
Şekil 23: İstanbul Raylı Sistem Hatları – Merkez Bölgeler.....	103
Şekil 24: İstanbul'daki Raylı Sistem Hatları ve İstasyon Yerlerinden Bir Kesit.....	104
Şekil 25: 2000 – 2012 arası yıllık raylı sistem yolculuk sayıları.....	105
Şekil 26: Trafik Analiz Bölgeleri.....	112
Şekil 27: Amaçlarına Göre Yolculuk Dağılımları.....	113
Şekil 28: Tüm Amaçlara Göre Yolculuk Dağılımı – 10.000 üstü.....	114
Şekil 29: Motorlu Yolculukların Türlerine Göre Dağılımı.....	114
Şekil 30: TAB Bazlı Nüfus Dağılımı.....	115
Şekil 31: TAB Bazlı Hane Sayısı Dağılımı.....	116
Şekil 32: TAB Bazlı Çalışan Sayısı.....	116
Şekil 33: TAB Bazlı Toplam İstihdam Sayıları.....	117
Şekil 34: TAB Bazlı Öğrenci Sayıları.....	117
Şekil 35: TAB Bazlı Okuldaki Öğrenci Sayıları.....	118
Şekil 36: İstanbul Günlük Yolculuk Üretim Sayıları.....	119
Şekil 37: İstanbul Günlük Yolculuk Çekim Sayıları.....	120
Şekil 38: İstanbul Günlük Yolculuk Üretim Sayıları - Detay Görünüm.....	121

Şekil 39: İstanbul Günlük Yolculuk Çekim Sayıları - Detay Görünüm	121
Şekil 40: İstanbul Günlük Toplam Yolculuk Sayıları (Üretim + Çekim)	122
Şekil 41: Günlük Toplam Yolculuk Sayıları - Detay Görünüm.....	123
Şekil 42: İstanbul İli Ulaşım Sistemleri ve Durakları.....	125
Şekil 43: İstanbul İli Ulaşım Sistemleri.....	126
Şekil 44: İstanbul İli Ulaşım Sistemleri – Detay Görünüm.....	127
Şekil 45: Raylı Sistem ve Metrobüs Durakları Yakınlık Analizi.....	129
Şekil 46: Otobüs Durakları Yakınlık Analizi	130
Şekil 47: Toplu Taşıma Sistemi Duraklarının Yakınlık Analizi.....	131
Şekil 48: Toplu Taşıma Sistemi Durakları Yakınlık Analizi – Detay Görünüm	132
Şekil 49: Mahalle ve Köy Nüfusları	133
Şekil 50: Mahalle ve Köy Nüfus Yoğunlukları.....	133
Şekil 51: İstanbul Geneli Nüfus Yoğunluğu	134
Şekil 52: İstanbul Geneli Nüfus Yoğunluğu (Detay Görünüm).....	135
Şekil 53: Sit Alanları.....	137
Şekil 54: Sit Alanları – Raylı Sisteme Uygunluk Puanları	139
Şekil 55: Sit Alanları – Raylı Sisteme Uygunluk Puanları (Detay Görünüm)	140
Şekil 56: Mülkiyet Haritası.....	141
Şekil 57: Mülkiyet Haritası – Detay Görünüm.....	142
Şekil 58: Mülkiyet Durumuna Göre Öncelik Seviyeleri	145
Şekil 59: Raster Formatlı İstanbul Geneli Mülkiyet Puanları – Detay Görünüm....	146
Şekil 60: İstanbul Arazi Kullanım Haritası.....	147
Şekil 61: İstanbul Arazi Kullanım Haritası – Detay Görünüm.....	148
Şekil 62: Sanayi ve Ticaret Alanları	149
Şekil 63: Sanayi ve Ticaret Alanları	150
Şekil 64: Sanayi ve Ticaret Alanları Yakınlık Analizi (Raster Format)	151
Şekil 65: Sanayi ve Ticaret Alanları Yakınlık Analizi – Detay Görünüm	152
Şekil 66: Eğitim Kurumlarının Dağılımı	153
Şekil 67: Kamu ve Eğitim Alanları.....	154
Şekil 68: Kamu ve Eğitim Alanları - Detay Görünüm	155
Şekil 69: Eğitim Kurumlarının Dağılımı – Detay Görünüm	155
Şekil 70: Kamu ve Eğitim Alanları Yakınlık Analizi.....	157
Şekil 71: Kamu ve Eğitim Alanları Yakınlık Analizi – Detay Görünüm.....	158
Şekil 72: Toplu Konut Alanları.....	159
Şekil 73: Toplu Konut Alanları - Detay Görünüm.....	160
Şekil 74: Toplu Konut Alanları Yakınlık Analizi.....	161
Şekil 75: Toplu Konut Alanları Raylı Sisteme Uygunluk Puanları	162
Şekil 76: Eşyükselti Eğrileri	163
Şekil 77: İstanbul İli Sayısal Yükseklik Modeli	164
Şekil 78: İstanbul Rölyef Haritası	166
Şekil 79: Bakı Haritası.....	167

Şekil 80: İstanbul İli Eğim Analizi	169
Şekil 81: Eğim Olarak Raylı Sisteme Uygun Olan ve Olmayan Alanlar	172
Şekil 82: İstanbul Litoloji Haritası	174
Şekil 83: Genelleştirilmiş Litolojik Yapı Haritası.....	186
Şekil 84: Litolojik Yapıların Raylı Sistem Güzergâhı için Uygunluk Puanları	189
Şekil 85: Litolojik Yapı Puanları – Detay Görünüm	190
Şekil 86: Fay Hatlarına Uzaklıklar	192
Şekil 87: Fay Hatlarına Uzaklıklar – Detay Görünüm	193
Şekil 88: Fay Hatlarına Uzaklık Bazında Raylı Sisteme Uygunluk Puanı.....	194
Şekil 89: Akarsular ve Göller	196
Şekil 90: Akarsular ve Sayısal Yükseklik Modeli Entegrasyonu	197
Şekil 91: İstanbul Geneli Havza Koruma Alanları	199
Şekil 92: Büyükçekmece Havza Koruma Alanları	200
Şekil 93: Havza Koruma Alanları – Raster Görünüm	201
Şekil 94: Raylı Sistem Güzergâh Tasarımında Öncelik Verilmesi Gereken Bölgeler	203
Şekil 95: Raylı Sistem İhtiyacı Bulunan İlçeler	204
Şekil 96: Mevcut ve İnşa Aşamasındaki Raylı Sistemlerin Sonuç Haritası ile Entegrasyonu.....	206
Şekil 97: Mevcut ve Yapım Aşamasındaki Raylı Sistemlerin Sonuç Haritası ile Entegrasyonu – Detay Görünüm.....	207
Şekil 98: Sonuç Haritasına Göre Raylı Sistem Önerilebilecek Alanlar – Avrupa Yakası.....	209
Şekil 99: Öneri Raylı Sistemler ile Uydu Görüntüsü Entegrasyonu – Avrupa Yakası	210
Şekil 100: Sonuç Haritasına Göre Raylı Sistem Önerilebilecek Alanlar – Anadolu Yakası	211
Şekil 101: Öneri Raylı Sistemler ile Uydu Görüntüsü Entegrasyonu – Anadolu Yakası	212

FOTOĞRAF LİSTESİ

Fotoğraf 1: M2 Yenikapı - Hacıosman Metrosundan bir Görünüm.....	67
Fotoğraf 2: Aksaray-Havalimanı-Kirazlı Metrosundan bir Görünüm	69
Fotoğraf 3: Kabataş – Bağcılar Tramvayından bir Görünüm	70
Fotoğraf 4: İstanbul’da Havaray Uygulamasına Yönelik 3 Boyutlu Ön Çalışmalar	72
Fotoğraf 5: İstanbul'da İlk Atlı Tramvaylar	83
Fotoğraf 6: Karaköy - Beyoğlu Tüneli	83
Fotoğraf 7: Galata Köprüsünden Tramvay Geçişi	84
Fotoğraf 8: İstanbul’da Hizmet Veren Bazı Metrobüs Tipleri	92
Fotoğraf 9: İstanbul’da Hizmet Veren Bazı Otobüs Tipleri	93
Fotoğraf 10: İstanbul’da Hizmet Veren Dolmuşlar ve Servis Araçları	95
Fotoğraf 11: İstanbul’da Hizmet Veren Bazı Minibüs Tipleri	95
Fotoğraf 12: İstanbul Deniz Yollarında Hizmet Veren Araçlar	98
Fotoğraf 13: İstanbul Raylı Sistem Hatlarında Hizmet Veren Araçlar	106

KISALTMALAR LİSTESİ

- ADNKS:** Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
- AHP:** Analitik Hiyerarşi Prosesi
- CAD:** Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım
- CBS:** Coğrafi Bilgi Sistemleri
- ÇKKV:** Çok Kriterli Karar Verme
- DLH:** Demiryollar, Limanlar ve Havaalanları İnşaatı Genel Müdürlüğü
- ESRI:** Environmental Systems Research Institute
- İBB:** İstanbul Büyükşehir Belediyesi
- İDO:** İstanbul Deniz Otobüsleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- İETT:** İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü
- İMP:** İstanbul Metropolitan Planlama ve Kentsel Tasarım Merkezi
- İSKİ:** İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
- İUAP:** İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı
- MGM:** Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
- MİA:** Merkezi İş Alanı
- MÖ:** Milattan Önce
- MS:** Milattan Sonra
- MTA:** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
- SYM:** Sayısal Yükseklik Modeli
- ŞPO:** Şehir Plancıları Odası
- TAB:** Trafik Analiz Bölgesi
- TCDD:** Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
- TEM:** Trans - Avrupa Kuzey - Güney Otoyolu Projesi
- TMMOB:** Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
- TOKİ:** T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
- TÜİK:** Türkiye İstatistik Kurumu
- TÜRKSAT:** Türksat Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme A.Ş.
- UA:** Uzaktan Algılama
- UKOME:** Ulaşım Koordinasyon Merkezi

GİRİŞ

1985 yılında yaklaşık 5,5 milyon kişinin ikamet ettiği İstanbul'un 2013 yılı nüfusu, Türkiye İstatistik Kurumu tarafından sağlanan Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerine göre 14.160.467 kişidir. Bu nüfus artışına paralel olarak gelişen araç sahipliği istatistiklerine bakıldığında ise, 2013 yılı Temmuz ayı itibariyle İstanbul'da kayıtlı motorlu kara taşıtı sayısının 3.178.390 olduğu ve bu sayının içinde 2.098.208 adet otomobil bulunduğu belirlenmiştir (TÜİK, 2014). Çevre illerden gelen araçlar da hesaba katıldığında bu sayı daha da büyümektedir.

İstanbul genelinde yolculuk talebinin çok yüksek olması ve bu talebi karşılayacak yeterli toplu ulaşım altyapısının henüz tesis edilmemiş olması nedeniyle, ulaşım hizmet seviyesi yetersiz kalmaktadır. Gelecek yıllarda inşa edilecek yeni konut alanları ve açılacak yeni istihdam sahaları, yolculuk talebinin daha da artmasına, dolayısıyla trafik sorununun daha da büyümesine neden olacaktır. Karayolu çözümlerinin ve otobüs ya da minibüs tarzı toplu ulaşım yöntemlerinin hız ve kapasite açısından gelecekte oluşacak trafik koşullarında yetersiz kalacağından hareketle, artan talebin karşılanmasında hızlı ve yüksek kapasiteli raylı toplu taşıma sistemlerinin kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

Raylı sistemlerin modern, hızlı, konforlu ve güvenli olması; trafik sıkışıklığından etkilenmemesi ve herhangi bir sıkışıklığa sebebiyet vermemesi; karayolu ulaşım sistemlerine göre daha az gürültülü olması ve havayı daha az kirletmesi; iklim şartlarından diğer ulaşım sistemlerine göre daha az etkilenmesi; trafikte kaza riskinin çok düşük olması; taşıdığı yolcu sayısına oranlandığında karayolu ulaşımından daha az alana ihtiyaç duyması; fayda-maliyet oranlarına bakıldığında uzun vadede diğer sistemlere göre daha yüksek değerlere sahip olması; daha az enerji tüketmesi; düzenli sefer aralıklarına sahip olması vb. avantajlarından dolayı küçük şehirlerden İstanbul gibi büyük şehirlere kadar birçok değişik ölçekli uygulama alanında öncelikli tercih olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin (İBB) 2014 yılı bütçesi 9 milyar 100 milyon lira olarak belirlenmiştir. Bu bütçeden yatırımlara 5 milyar 575 milyon lira ayrılmıştır. Ayrıca, 15 milyar 589 milyon TL konsolide bütçe vardır ve buna hem İSKİ hem de

İETT bütçeleri dâhildir. Bunlara ek olarak İBB şirketlerinin 10 milyar 140 milyon TL ciroları vardır. Bunlar da eklendiğinde toplam bütçe 25 milyar 730 milyon TL olmaktadır ve konsolide bütçenin yatırım payı ise 8 milyar 523 milyon liradır. Yatırımlarda en büyük pay 3,5 milyar liradan fazla bir bütçeyle ulaşım, ulaşımın içinde en büyük pay da raylı sistemlere aittir (İBB, 2013).

Raylı sistem bu kadar önemli olmasına rağmen; hâlihazırda İstanbul'da yolculukların %84,3'ü karayolu ve %2,53'ü denizyolu ile gerçekleştirilmekte, sadece %13.17'si demiryolu ile yapılmaktadır (İSTANBUL ULAŞIM AŞ, 2014). Trafik sorununu çözmesi beklenen raylı sistem kullanım oranının düşük olmasının nedeni hem insanların toplu taşıma kullanım alışkanlıklarının az olması hem de mevcut raylı sistem hatlarının hızla artan yolculuk taleplerini karşılayacak düzeyde ve yaygınlıkta olmamasıdır.

2011 yılı Mayıs ayında yayınlanan İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı'na (İUAP) göre de İstanbul Büyükşehir Belediyesi yatırım bütçesinin büyük bir kısmını raylı sistem, deniz taşımacılığı, karayolları ve otoparkları kapsayan ulaşım sektörüne ayırmakta ve trafik sorununu bu şekilde çözmeyi planlamaktadır.

Raylı sistem yatırımları, toplu taşıma yatırımları arasında yüksek öncelikli konuma sahiptir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, karayolu çözümlerinin trafik sorununu aşmada geçici çözümler olduğunu bilmekte ve esas çözümün raylı sistem yatırımlarında olduğunu belirtmektedir (İBB, 2014). 2004 yılı öncesinde 45 km iken şu anda 141 km olan raylı sistem ağının 2019 yılında 420 km'ye, 2019 sonrasında ise 776 km'ye çıkarılması planlanmaktadır.

Milyarlarca dolarlık bu yatırımların çok dikkatli şekilde planlanmaları gerekmektedir. Bu sebeplerden ötürü, raylı sistem projeleri İstanbul halkına ve Türkiye ekonomisine en yüksek faydayı sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu çalışmanın amacı; bu yatırımların fiziki ve beşeri coğrafya faktörleri de göz önünde bulundurularak en doğru şekilde yönlendirilmesine katkıda bulunmaktır.

Çalışma, geleneksel raylı sistem güzergâh tasarım süreçlerini dışlayan ve onlardan ayrı bir model olarak düşünülmemektedir. Aksine, geleneksel tasarım yöntemlerini destekleyici, ancak bu yöntemlere göre teknolojiyi daha fazla kullanan hızlı ve

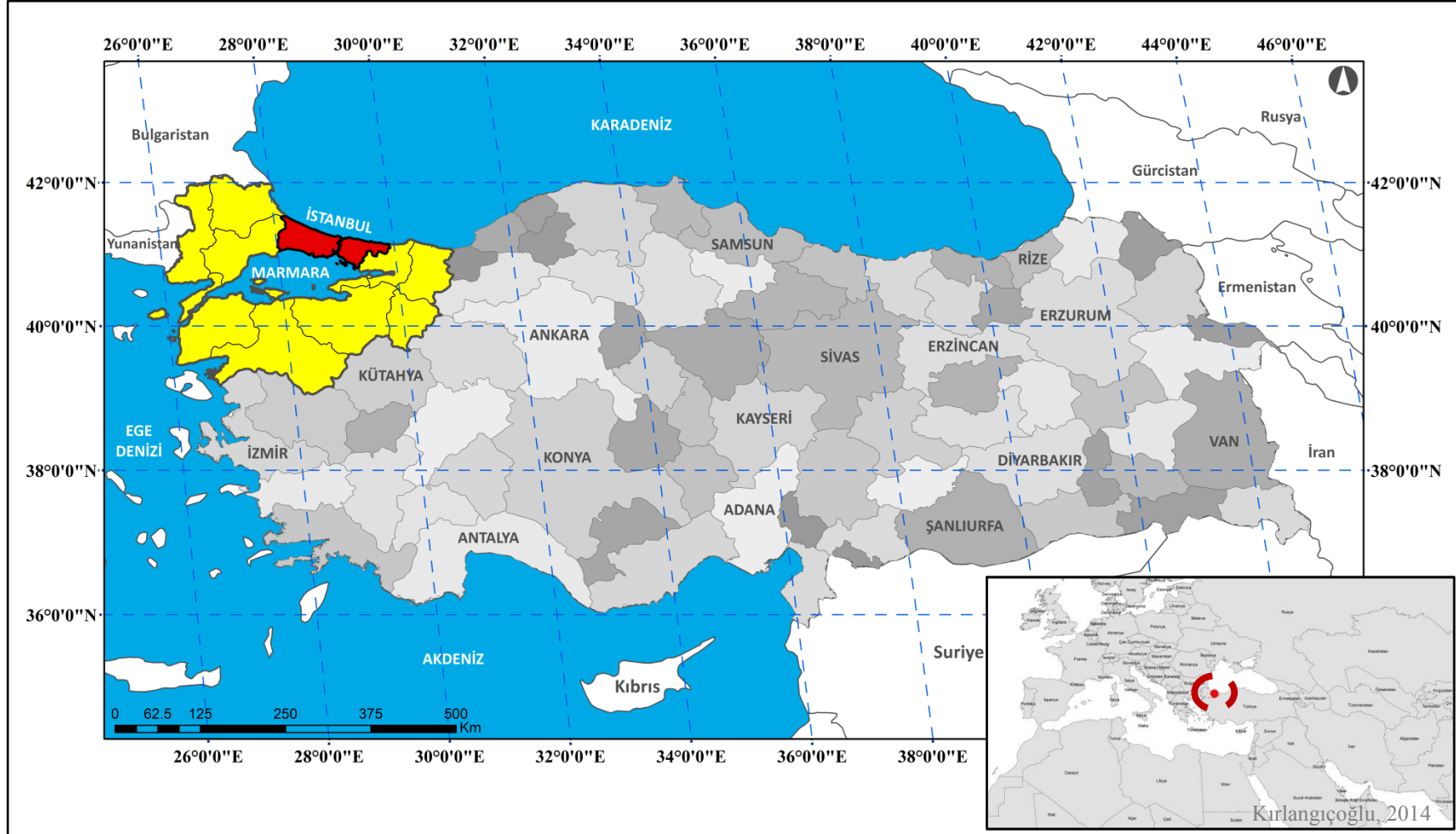
hassas bir model oluşturulmaya çalışılacaktır. Bu sayede iş gücünden, zamandan ve bütçeden tasarruf sağlanması beklenmektedir.

Bundan sonraki kısımlarda; çalışma alanı olarak seçilen İstanbul'un konumu ve coğrafi özellikleri genel hatlarıyla anlatılacaktır. Daha sonra İstanbul'un ulaştırma sistemi tarihsel bir perspektifte ele alınacak ve dünden bugüne özellikle toplu ulaşım alanındaki gelişmeler incelenecektir. Geçmişin ışığında bugünkü durum yorumlanacak ve karayolu, deniz ulaşımı ve raylı sistem altyapısı detaylı bir şekilde anlaşılmasına çalışılacaktır. Ardından yolculuk talepleri, nüfus yoğunlukları vb. bazı faktörler üzerinden karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılarak mevcut toplu taşıma sisteminin yetersiz kaldığı bölgeler tespit edilmeye çalışılacaktır. Bu bölgelerden raylı sistemin uygulanabileceği alanlar ortaya çıkarılacak ve yeni raylı sistem güzergâhları önerilecektir.

İstanbul ile ilgili coğrafi bilgiler verilirken, şehrin bu tez çalışması ile ilgili olmayan özelliklerine çok fazla girilmeyecek, sadece bu çalışmaya faydası olacak bilgiler kullanılacaktır. Bu nedenle çok geniş kapsamlı ve şehrin bütün coğrafi özelliklerini tanımlayan bir anlatımdan ziyade, daha dar kapsamlı ve çalışma için yeterli olacak düzeyde bir anlatım tercih edilmiştir.

1. İstanbul'un Konumu ve Genel Coğrafi Özellikleri

Bu tezin çalışma alanı, İstanbul ili idari sınırlarıdır. İstanbul, 28⁰ 01' ve 29⁰ 55' doğu boylamları ile 41⁰ 33' ve 40⁰ 28' kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Şekil 1). Şehir, Asya kıtası ile Avrupa kıtası arasında geçiş oluşturan Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır ve Marmara Denizi kıyısında İstanbul Boğazının iki yakasında konumlanmıştır. Araştırma alanı, il sınırları içinde kentin kesintisiz yerleşme gösterdiği yerlerdir.



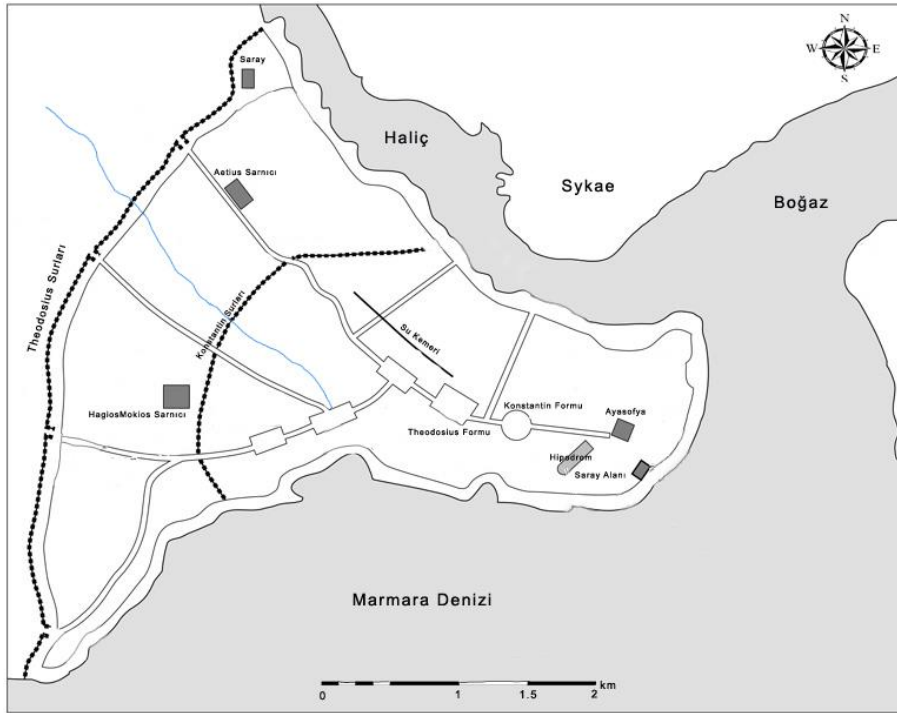
Şekil 1: İstanbul'un Konumu

Çalışma alanına tarih boyunca verilen onlarca ad içinde, Türkler tarafından yaygın biçimde benimseneni ve günümüzde kullanılanı İstanbul'dur. İstanbul coğrafi konumu sebebiyle tarih boyunca stratejik açıdan her zaman çok önemli bir şehir olmuştur. Asya ve Avrupa kıtalarının birleştiği noktada olması, iklimler arası geçiş bölgesinde dört mevsimin bir arada yaşandığı bir kent olması, İpekyolu'nu Avrupa'ya bağlayan konumda bulunması vb. özellikleri onu hep değerli kılmıştır. Bu nedenle de her zaman talep görmüş ve sonuçta bugün çok büyük bir metropol haline gelmiştir. Son yıllarda birbiri ardına ortaya çıkartılan arkeolojik bulgularla il topraklarında insanlık tarihine ilişkin önemli bilgiler elde edilmiştir. İl sınırları içindeki Yarımburgaz Mağarası'ndan çıkarılan taş aletlerle, ilkel insan izlerinin 400.000 yıl öncesine kadar dayandığı ortaya çıkmıştır (KAYA, 2010). Anadolu Yakası'nda yürütülen kazı çalışmaları ve bunlara bağlı araştırmalar, ilde tarım ve hayvancılığa dayalı ilk yerleşik insan topluluğunun MÖ. 5500'lere tarihlenen Fikirtepe Kültürü olduğunu göstermiştir. Bu arkeolojik bulgular yalnızca İstanbul'un değil, tüm Marmara Bölgesi'nin en eski insan izleridir (TARİH VAKFI, 1993). İstanbul'daki ilk yerleşmeler ve günümüzdeki isimleri aşağıda gösterilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2: İstanbul'daki İlk Yerleşmeler ve Günümüzdeki İsimleri

Özellikle İstanbul'un kalbi sayılabilecek Tarihi Yarımada üzerinde konumlanan Byzantion kenti yüzyıllar boyunca değişik ulusları cezbetmiş ve büyük savaşlara sebep olmuştur. Kent birçok defa el değiştirmiş ve Roma, Bizans, Latin imparatorluklarının ardından önce 1453 yılında Türk topraklarına dâhil edilmiştir. İlk başta Tarih Yarımada'nın en doğusundaki Sarayburnu'nda imar edilmeye başlanan kent, zaman içinde hem fiziki hem de ticari olarak hızla büyüme göstermiştir. Özellikle Haliç gibi doğal bir limana sahip olması, kenti uluslararası deniz ticaretinin en önemli duraklarından biri haline getirmiştir (KAYA, 2010). Bu noktadan başlayan gelişim, İstanbul'un geri kalanını da etkilemiş ve bugüne kadar süren kentsel büyümenin temellerini atmıştır (Şekil 3).



Şekil 3: M.S. 4. Yüzyılda Tarihi Yarımada (STEWIG, 1965)

1914 yılında 1.213.000 olan kentin nüfusu, 1927'de 690.000 kişiye gerilemiştir. Öte yandan Cumhuriyet'in ilanından sonra harap ve bakımsız kalan İstanbul'da kentin bu tahripten kurtarılması amacıyla başlanan imar faaliyetleri de görülmektedir (KILINÇARSLAN, 1980). Mustafa Kemal Atatürk, 1933 yılında şehre uluslararası standartlarda bir imar planı yapılması amacıyla dünyaca ünlü mimar ve şehir plancılarını İstanbul'a davet etmiş, kendilerine planlama çalışmaları yaptırmıştır.

İçlerinden Elgöztz tarafından önerilen bilimsel kararlar bugüne kadar yansıyacak olan kentsel gelişimin tohumları niteliğindedirler. Daha o tarihlerde; Haydarpaşa büyük bir liman bölgesi olarak tasarlanmış, Yeşilköy'e havaalanı yapılması kararı alınmış, büyük kentsel parkların olması gereken yerler belirlenmiş, Atatürk Köprüsü ile Haliç geçişinin sağlanması gerektiğinin altı çizilmiş ve Sultanahmet Meydanı ile Beyoğlu'nun önemli çekim merkezleri haline dönüştürülmesi önerilmiştir (EKİNCİ, 1994). Bu alınan kararlar zaman içinde uygulanmıştır ve halen geçerliliğini sürdürmektedir.

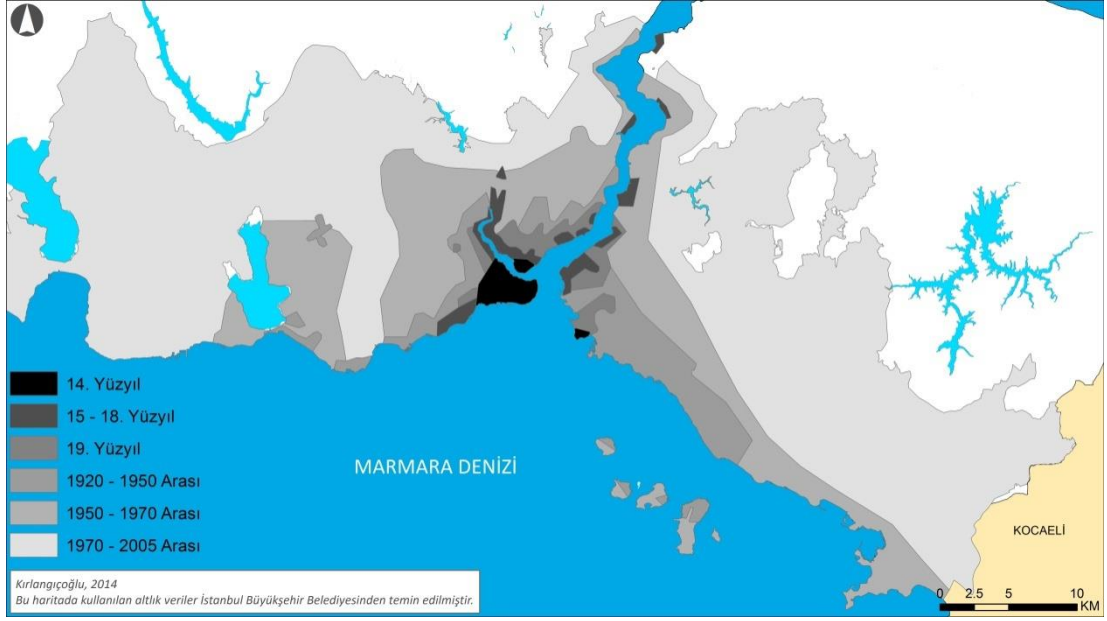
1936 yılında İstanbul'a davet edilen Prof. Dr. Henry Prost ise 1937 yılının sonuna doğru çalışmalarını formüle etmiştir. İstanbul, 1930-1950 arasındaki yirmi yıllık dönemi, “kişi yararı yerine bilimi ve kamu yararını esas alan bir imar politikasının “planlı kalkınma” hedefine uygun olarak dünyanın en ünlü imar ve plancılarının “sağlıklı gelişmesi” ve “evrensel değerlerini yitirmemesi” için ter döktükleri bir kent olarak yaşamıştır. Prost planının en önemli kararı, İstanbul’un silüetini koruyabilmek için getirmiş olduğu, denizden 40 metre yükseklikte ve daha yüksek alanlara 9,5 metreyi geçmeyen en çok 3 katlı binalar yapılabileceği ilkesidir (ERUZUN, 1994). Fakat maalesef bu ilkeler İstanbul’un eşsiz silüetini korumak için yeterli olmamış, zaman içinde değişik dönemlerde inşa edilen yapılarla silüet tahrip edilmiştir.

1940'lı yılların sonlarından itibaren değişen ekonomik ve siyasi konjonktürlerin neticesi olarak kırdan kente göç furyası başlamış ve İstanbul şehri de bundan nasibini fazlasıyla almıştır. Bu kontrolsüz ve öngörülmeleyen göç dalgası neticesinde nüfus yoğunlukları artmış, hazine arazileri üzerinde gecekondu bölgeleri oluşmaya başlamış ve önceden hazırlanan imar planları yavaş yavaş geçerliliğini yitirmeye başlamıştır. Artık şehir kontrolden çıkmakta ve kendi kurallarını oluşturmaktadır. Prost'un planı 1950'lerde yürürlüğe girdikten hemen sonra Belediye Meclisi tarafından yeniden değerlendirilmiş ve üzerinde ciddi revizyonlar yapılarak kentin önemli bölgeleri için 1/5000 nazım imar planı şeklinde tasdik edilerek yürürlüğe girmiştir. İlerleyen yıllarda da hem yurtiçi hem de yurtdışı bilim adamlarından istifade edilmiş ve hem İstanbul'un tamamı hem de özel bölgeleri için planlar geliştirilmiştir. 1960'lara yaklaşılırken kentin ana ulaşım aksları ortaya çıkmış, raylı

sistemden ziyade karayolu taşımacılığına ağırlık veren politikalar ağır basmaya başlamıştır. 1960'larda artık Türkiye'nin gerçek manada bir planlama sistemi vardır ve İstanbul şehir planı da bundan olumlu şekilde etkilenmiştir. 1962'de tamamlanan Doğu Marmara Bölge Planları ve 1/1000 ölçekli hava fotoğrafları ile şehrin haritaları üretilmiştir. 1965 yılında kurulan Büyük İstanbul Nazım Plan Bürosu bu çalışmaları daha da öteye taşımıştır. Büronun en önemli çalışmalarından birisi de 1980 yılında onaylanan 1/50.000 ölçekli Büyük İstanbul Nazım İmar Planıdır (SUHER, 2001).

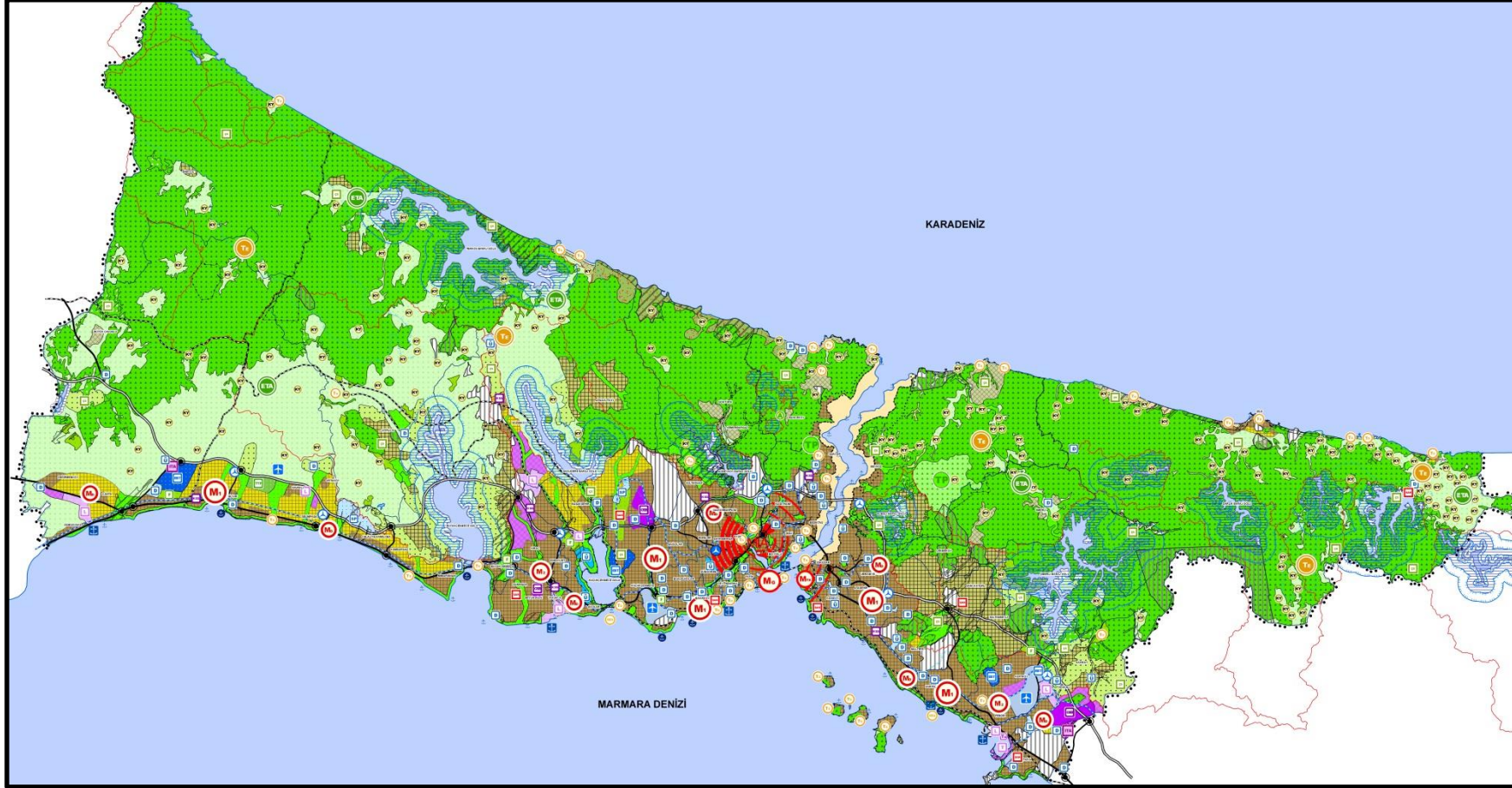
Kısaca özetlemek gerekirse, 1980 Büyük İstanbul Nazım İmar Planının hedefleri, tarım, orman alanları ve su havzalarının korunması, kuzey bölgelerin korunarak gelişimin doğu-batı yönlü sağlanması, bu gelişimin ulaşım yükünü mevcut raylı sisteme entegre edilecek bir tüp geçitle sağlanması ve Tarihi Yarımada, Galata-Beyoğlu ve Boğaziçi bölgelerinde kültürel ve tarihi yapının korunması olarak sıralanabilir. Bu planlı dönem 12 Eylül 1980'de yapılan askeri müdahale ile kesintiye uğramış İstanbul Nazım İmar Bürosu kapatılmıştır. İstanbul'un kentsel gelişimi açısından, 50'li yılların koşulları gerek fiziki mekân, gerek kentin yaşamsal boyutları açısından bir tür kırılmanın belirleyicisi olarak kabul edilse bile; esas kırılmanın 50'lerde değil 80'lerde gerçekleştiği söylenebilir (YÜCEL, 1996).

Bu plansız dönem özellikle 90'lı yılların ortalarına kadar devam etmiş, bu yıldan sonra planlı gelişme adına önemli girişimler yapılmış fakat 2006 yılına kadar gerçekleştirilen tüm girişimler genel manada başarısız olmuşlardır. İstanbul'daki yerleşim alanlarının zaman içindeki büyüme sürecini gösterir harita aşağıda verilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: İstanbul Şehrinin Tarihsel Gelişimi (İBB, 2009b)

Bu yılda 1/100.000 ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı ile eş zamanlı olarak çalışmalarına başlanılan ve bu plan ile eşgüdümlü olarak devam ettirilen 1/25.000 ölçekli İstanbul Nazım İmar Planı çalışmaları da 2007 yılında tamamlanmıştır. Fakat planlara yapılan itirazlar neticesinde planların onaylanma süreçleri uzamıştır. İstanbul Büyükşehir Belediye Meclisi'nin 13.02.2009 tarihinde aldığı 103 sayılı kararı ile uygun bulunan 1/100.000 ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı, 15 Haziran 2009 tarihinde İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı'nca onaylanarak yürürlüğe girmiştir (İBB, 2009b). Bununla birlikte bu plana uygun 1/25.000 ölçekli İstanbul Nazım İmar Planı çalışması ise halen devam etmektedir. Genel olarak bu planlarda İstanbul'un Marmara sahili boyunca doğrusal bir yerleşime sahip olduğu ve bu yapının orman alanlarının, su havzalarının ve tarım alanlarının korunması adına sürdürülmesi gerektiği belirtilmektedir. Merkezi iş alanının tarihi merkezden batıya çekilerek Tarihi Yarımada ve Boğaziçi üzerindeki baskının azaltılmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Tek merkezli bir yapı yerine çok merkezli bir yapı oluşması için kentin batı yakasında Silivri, doğu yakasında ise Kartal ve Orhanlı yeni çekim merkezleri olarak tanımlanmıştır (İBB, 2008). Aşağıda öncelikle 1/100.000 ölçekli plan (Şekil 5) ve işaretleri (Şekil 6) verilmiştir. Ardından da bu plandan yola çıkılarak hazırlanan 1/25.000 ölçekli plan (Şekil 7) ve işaretleri (Şekil 8) gösterilmektedir.

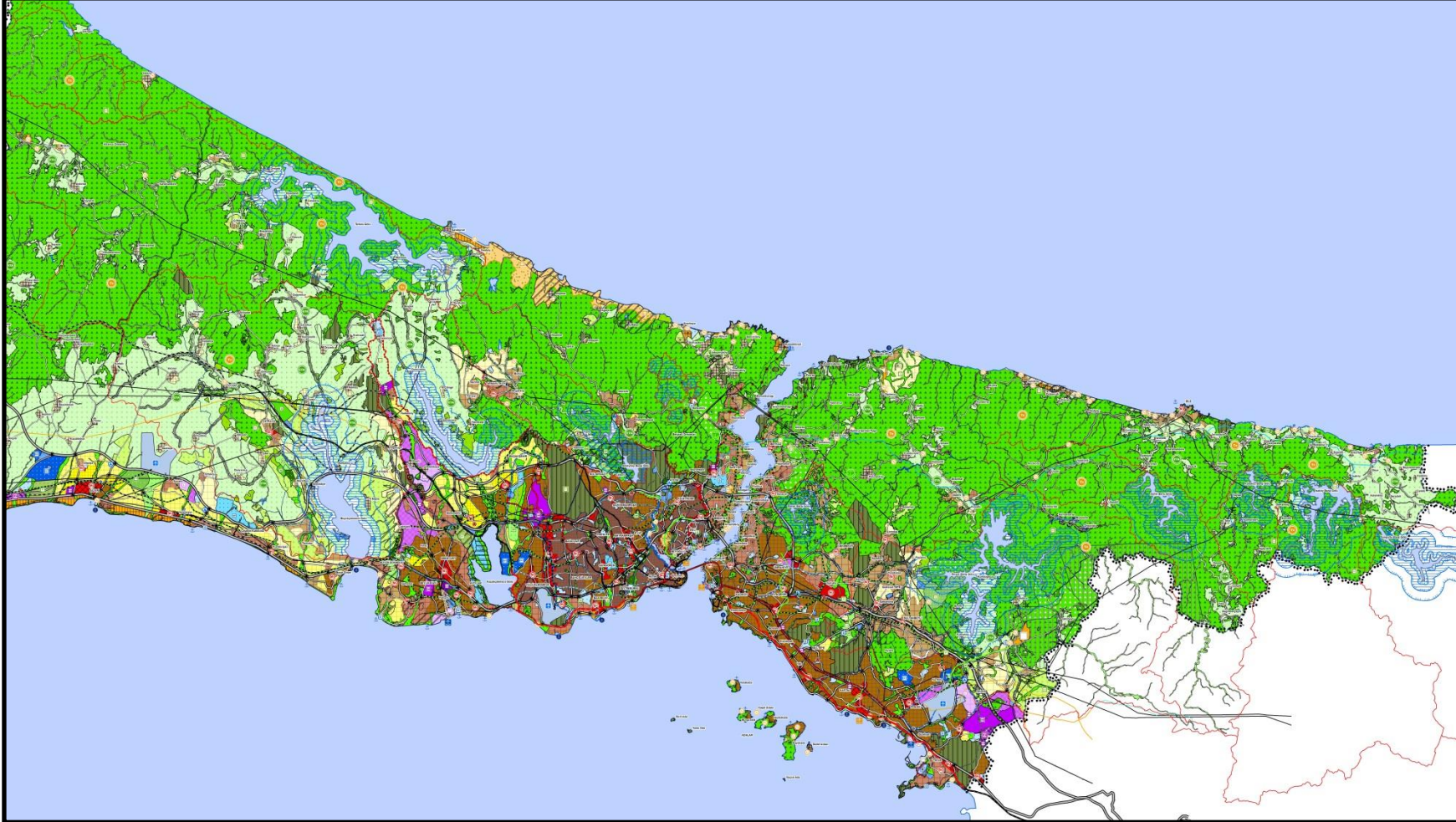


Şekil 5: 1/100.000 Ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı (İBB, 2009a)

Yukarıda verilen 1/100.000 Ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planına ait işaretler ve açıklamaları aşağıda verilmiştir (Şekil 6).

<p>SINIRLAR</p> <p>İDARİ SINIRLAR</p> <p>○ ○ ○ İL SINIRI</p> <p>— İLÇE SINIRI</p> <p>● ● ÇEVRE DÜZENİ PLANI PLAN ONAMA SINIRI</p> <p>• • • BOĞAZIÇI GERİGÖRÜNÜM VE ETKİLENME SINIRI</p> <p>HAVZA SINIRLARI</p> <p>— SU TOPLAMA HAVZASI SINIRI</p> <p>— MUTLAK KORUMA KUŞAĞI</p> <p>— KISA MESAFELİ KORUMA KUŞAĞI</p> <p>— ORTA MESAFELİ KORUMA KUŞAĞI</p> <p>— YERALTI SUYU REZERVUAR ALAN SINIRI</p> <p>ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN KORUMA ALANLARI</p> <p>ORMAN ALANLARI</p> <p>▲ ▲ ORMAN ALANI</p> <p>▲ ▲ AĞAÇLANDIRILARAK ORMANLA EKOLOJİK OLARAK BÜTÜNLEŞTİRİLECEK ALAN</p> <p>▲ TABİAT PARKI</p> <p>▲ ARBORETUM</p> <p>TARIM ve MERA ALANLARI</p> <p>■ TARIMSAL NİTELİĞİ KORUNACAK ALAN</p> <p>■ EKOLOJİK TARIM ALANI</p> <p>■ MERA ALANI</p> <p>■ DOĞAL VE KIRSAL KARAKTERİ KORUNACAK ALAN</p>	<p>BÜYÜK ve AÇIK ALAN KULLANIMLARI</p> <p>■ ÜNİVERSİTE ALANI</p> <p>■ SAĞLIK PARKI</p> <p>■ KENTSEL VE BÖLGESEL DONATI ALANI</p> <p>■ KENTSEL VE BÖLGESEL YEŞİL VE SPOR ALANI</p> <p>■ HABİTAT PARKI</p> <p>■ ULUSAL VE ULUSLARARASI SPOR ALANI</p> <p>■ FUAR VE FESTİVAL ALANI</p> <p>■ ASKERİ ALAN VE ASKERİ GÜVENLİK BÖLGESİ</p> <p>■ AMBARLI STRATEJİK BÖLGESİ</p> <p>ULAŞIM</p> <p>KARAYOLU ULAŞIM SİSTEMİ</p> <p>— OTOYOL-EKSPRES YOL</p> <p>— BİRİNCİ DERECE YOL</p> <p>— İKİNCİ DERECE YOL</p> <p>▲ TERMINAL</p> <p>▲ CEP OTOGARİ</p> <p>DEMİRYOLU ULAŞIM SİSTEMİ</p> <p>— DEMİRYOLU</p> <p>— RAYLI TOPLU TAŞIMA GÜZERGAHI</p> <p>DENİZYOLU ULAŞIM SİSTEMİ</p> <p>▲ LİMAN</p> <p>▲ YAT LİMANI (MARİNA)</p> <p>▲ İSKELE</p> <p>HAVAYOLU ULAŞIM SİSTEMİ</p> <p>■ HAVALİMANI</p>	<p>YAPI YASAĞI ya da SINIRLAMA GETİRİLEN DİĞER ALANLAR</p> <p>■ HAVZA İÇİ YAPI YASAKLI ALAN</p> <p>■ HAVZA İÇİ REHABİLİTE EDİLECEK ALAN</p> <p>■ JEOLojİK AÇIDAN YERLEŞİME SAKINICALI ALAN</p> <p>■ SİT VE KORUMA ALANI</p> <p>■ BOĞAZIÇI ALANI</p> <p>■ KIYI REHABİLİTE ALANI</p> <p>■ ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN KRİTİK ÖNEME SAHIP ALAN</p> <p>■ DOĞAL AFETLER AÇISINDAN RİSKLİ ALAN</p> <p>DOĞAL KARAKTERİ KORUNACAK ALANLAR</p> <p>■ DENİZ, GÖL VE GÖLET</p> <p>■ PLAJ VE KUMSAL</p> <p>KENTSEL ve KIRSAL YERLEŞİM ALANLARI</p> <p>■ MESKUN ALAN</p> <p>■ GELİŞME ALANI</p> <p>■ GELİŞİMİ VE YOĞUNLUĞU DENETİM ALTINDA TUTULACAK ALAN</p> <p>■ KIRSAL YERLEŞİM ALANI</p> <p>TİCARET VE HİZMET MERKEZLERİ</p> <p>■ MERKEZİ İŞ ALANI VE BÜTÜNLEŞME BÖLGESİ</p> <p>■ GELENEKSEL MERKEZ</p> <p>■ TİCARET, TURİZM, KÜLTÜR VE KONUT ALANI</p> <p>■ BİRİNCİ DERECE MERKEZ</p> <p>■ İKİNCİ DERECE MERKEZ</p> <p>■ ALT MERKEZ</p>	<p>LOJİSTİK BÖLGELER</p> <p>■ LOJİSTİK BÖLGE</p> <p>TEKNOLOJİ GELİŞTİRME ALANLARI</p> <p>■ EĞİTİM, BİLİŞİM VE TEKNOLOJİ ALANI</p> <p>■ TARIMSAL ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİ GELİŞTİRME PARKI</p> <p>■ İLERİ TEKNOLOJİ ALANI</p> <p>TURİZM ALANLARI</p> <p>■ TURİZM MERKEZİ</p> <p>■ KÜLTÜR ODAKLI TURİZM ALANI</p> <p>■ DOĞA ODAKLI TURİZM ALANI</p> <p>■ EKOLOJİK TURİZM ALANI</p> <p>■ GÜNÜBİRLİK REKREASYON ALANI</p> <p>■ SOSYAL ETKİNLİK ADASI</p> <p>SANAYİ ALANLARI</p> <p>■ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ</p> <p>■ SANAYİ ALANI</p> <p>■ KÜÇÜK SANAYİ SİTESİ</p> <p>■ TERSANE ALANI</p> <p>■ TERSANE GELİŞME ALANI</p>
--	---	---	---

Şekil 6: 1/100.000 Ölçekli İstanbul İl Çevre Düzeni Planı İşaretleri



Şekil 7: 1/25.000 Ölçekli İstanbul Nazım İmar Planı (İBB, 2008)

Yukarıda verilen 1/25.000 ölçekli Nazım İmar Planına ait işaretler ve açıklamaları aşağıda verilmiştir (Şekil 8).

SINIRLAR

İDARİ SINIRLAR

••• İL SINIRI

— İLÇE SINIRI

PLANLAMA SINIRLARI

•••• NAZIM İMAR PLANI PLAN ONAMA SINIRI

⊕ BOĞAZIÇI GERİGÖRÜNÜM VE ETKİLENME SINIRI

— BOĞAZIÇI ÖNGÖRÜNÜM SINIRI

— ÖZEL PROJE ALANI SINIRI

— YANICI PARLAYICI MADDE DEPOLARI KORUMA KUŞAĞI SINIRI

— AFET BÖLGESİ SINIRI

— AMBARLI STRATEJİK BÖLGESİ

HAVZA SINIRLARI

— SU TOPLAMA HAVZASI SINIRI

— MUTLAK KORUMA KUŞAĞI

— KISA MESAFELİ KORUMA KUŞAĞI

— ORTA MESAFELİ KORUMA KUŞAĞI

ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN KORUMA ALANLARI

ORMAN ALANLARI

— ORMAN ALANI

— ÖZEL ORMAN ALANI

— EKOLOJİK AÇIDAN ORMANLA BÜTÜNLEŞTİRİLECEK ALAN

— TABİAT PARKI

— ARBORETUM

TARIM VE MERA ALANLARI

— TARIMSAL NİTELİĞİ KORUNACAK ALAN

— MERA ALANI

— DOĞAL VE KIRSAL KARAKTERİ KORUNACAK ALAN

— EKOLOJİK TARIM ALANI

YAPI YASAĞI ya da SINIRLAMA GETİRİLEN ALANLAR

— JEOLÖJİK AÇIDAN YERLEŞİME SAKINCALI ALAN

— HAVZA İÇİ YAPI YASAKLI ALAN

— BOĞAZIÇI ALANI

— DERE KORUMA BANDI

— ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN KRİTİK ÖNEME SAHİP ALAN

SİT ve KORUMA ALANLARI

— ARKEOLOJİK SİT ALANI

— TARİHİ SİT ALANI

— KENTSEL SİT ALANI

— DOĞAL SİT ALANI

— KARMA SİT ALANI

— KORUMA ALANI

DOĞAL KARAKTERİ KORUNACAK ALANLAR

— KAYALIK, TAŞLIK ALAN VE KUMULLAR

— PLAJ, KUMSAL, KIYI ALANI

— GÖL VE GÖLETLER

DİĞER ARAZİ KULLANMA KARARI

— DENİZ

KENTSEL VE KIRSAL YERLEŞİM ALANLARI

MESKUN ALANLAR

— YÜKSEK YOĞUNLUKTA MESKUN KONUT ALANI

— ORTA YOĞUNLUKTA MESKUN KONUT ALANI

— AZ YOĞUNLUKTA MESKUN KONUT ALANI

— SEYREK YOĞUNLUKTA MESKUN KONUT ALANI

GELİŞME ALANLARI

— ORTA YOĞUNLUKTA GELİŞME KONUT ALANI

— AZ YOĞUNLUKTA GELİŞME KONUT ALANI

— SEYREK YOĞUNLUKTA GELİŞME KONUT ALANI

KIRSAL YERLEŞİM ALANLARI

— KIRSAL MESKUN ALAN

— KIRSAL GELİŞME ALANI

ÖZEL PROJE ALANLARI

— KARADENİZ REKREASYON VE TURİZM Ö.P.A.

— OKMEYDANI KORUMA AMAÇLI Ö.P.A.

— ARMUTLU Ö.P.A.

LOJİSTİK BÖLGELER

— LOJİSTİK BÖLGE

TİCARET ve YÖNETİM MERKEZLERİ

- MERKEZİ İŞ ALANI
- GELENEKSEL MERKEZ
- TİCARET, TURİZM, KÜLTÜR VE KONUT ALANI
- ÜST DÜZEY MERKEZ
- BİRİNCİ DERECE MERKEZ
- İKİNCİ DERECE MERKEZ
- ÜÇÜNCÜ DERECE MERKEZ
- YEREL MERKEZ
- UZMANLAŞMIŞ TİCARET MERKEZİ

SANAYİ BÖLGELERİ

- ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ
- SANAYİ ALANI
- KÜÇÜK SANAYİ SİTESİ (KÜÇÜK SANATLAR)
- TERSANE ALANI
- TERSANE GELİŞME ALANI

TEKNOLOJİ GELİŞTİRME ALANLARI

- EĞİTİM, BİLİŞİM VE TEKNOLOJİ ALANI
- TARIMSAL ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİ GELİŞTİRME PARKI
- İLERİ TEKNOLOJİ ALANI

TURİZM ALANLARI

- TURİZM MERKEZİ
- KÜLTÜR ODAKLI TURİZM ALANI
- DOĞA ODAKLI TURİZM ALANI
- GÜNBÜBLİK REKREASYON ALANI
- TURİZM VE İKİNCİ KONUT YERLEŞME ALAN
- EKOLOJİK TURİZM ALANI

KENTSEL DONATI, HİZMET VE ALTYAPI ALANLARI

- ÜNİVERSİTE ALANI
- SAĞLIK PARKI
- KENTSEL VE BÖLGESEL SOSYAL DONATI
- KENTSEL VE BÖLGESEL TEKNİK ALT YAPI
- AFET MÜDAHALE MERKEZİ

BÜYÜK AÇIK ALAN GEREKTİREN KULLANIMLAR

- BÖLGE PARKI
- HABİTAT PARKI
- BÜYÜK KENTSEL YEŞİL ALAN
- HAYVANAT BAHÇESİ
- MEZARLIK ALANI
- KENTSEL VE BÖLGESEL BÜYÜK SPOR ALANI
- ULUSAL VE ULUSLARARASI SPOR ALANI
- MOTORSPORLARI ALANI
- FUAR VE FESTİVAL ALANI
- ASKERİ ALAN
- ASKERİ GÜVENLİK BÖLGESİ
- KULLANIMININ DEĞİŞTİRİLMESİ ÖNGÖRÜLEN ASKERİ ALAN

ENERJİ-SULAMA

- ENERJİ NAKİL HATTI
- AKARYAKIT NAKİL HATTI
- DOĞALGAZ HATTI
- SU İLETİM HATTI

İŞLEVSEL BAĞLANTILAR

KARAYOLU ULAŞIM SİSTEMİ

- ERİŞME KONTROLLÜ KARAYOLU (OTOYOL-EKSPRES YOL)
- BİRİNCİ DERECE YOL
- İKİNCİ DERECE YOL
- DİĞER YOLLAR
- KAVŞAK
- TERMİNAL
- CEP OTOGARI

DEMİRYOLU ULAŞIM SİSTEMİ

- DEMİRYOLU
- METRO HATTI
- HAFİF RAYLI SİSTEM HATTI, TRAMVAY
- DEMİRYOLU HATLARI TRANSFER NOKTASI

DENİZYOLU ULAŞIM SİSTEMİ

- LİMAN
- KRUAZİYER LİMAN
- YAT LİMANI
- İSKELE

HAVAYOLU ULAŞIM SİSTEMİ

- HAVA ALANI

Şekil 8: 1/25.000 Ölçekli İstanbul Nazım İmar Planı İşaretleri

Raylı sistem tasarım sürecinde kent geneli için yapılmış imar planlarının incelenmesi ve bu planlara uygun tasarım yapılması çok önemlidir. Dolayısıyla onaylı imar planlarının bu çalışma kapsamında kullanılması planlanmıştır. Bu yüzden, planlar dijital ortamda temin edilmiştir. Fakat istasyon yer seçimi ve raylı sistem güzergâh tasarımı analizlerinde bu imar planları dikkate alınmayacaklardır. Bunun sebebi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi birimlerince (İstanbul Metropolitan Planlama Merkezi, İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığı Şehir Planlama Müdürlüğü vb.) üretilen planların günümüzde geçerliliğini kısmen yitirmiş olmasıdır. Bu planlarda yer almayan fakat İstanbul'un geleceğini ve kentleşme sürecini, dolayısıyla da bütün ulaşım ve altyapı projelerini şekillendirecek olan pek çok projenin uygulanması kararı alınmıştır.

Kentsel büyümenin kuzeye yönlendirilmesi ve burada 40.000 hektarlık yeni bir şehrin planlanması, Kanal İstanbul, 3. Havalimanı vb. çok büyük projelerin açıklanması İstanbul'un geleceğini ve dolayısıyla da gelecekteki yolculuk taleplerini tamamen değiştirmiştir. Ayrıca; 3. köprü ve bağlantı yollarını da içeren Kuzey Marmara Otoyolu Projesi'nin şehirleşmeyi ve dolayısıyla ulaşım taleplerini nasıl değiştireceği konusu belirsizliğini korumaktadır. Dolayısıyla hazırlanan imar planlarına göre önerilecek herhangi bir raylı sistem güzergâh çalışmasının doğruluk ve güvenilirlik seviyesi düşük olacaktır.

Bu sebeplerden ötürü, bu çalışmada geleceğe yönelik değil mevcut duruma yönelik bir çalışma yapılacaktır. Mevcut durumun ihtiyaç analizi gerçekleştirilecek ve hâlihazırdaki raylı sistem altyapısı ile karşılaştırılarak raylı sistem ihtiyacı hissedilen ve coğrafi açıdan en uygun bölgeler tespit edilecektir. Bunun için öncelikle çalışma alanının fiziki ve beşeri coğrafya özelliklerinin iyi anlaşılması gerekmektedir.

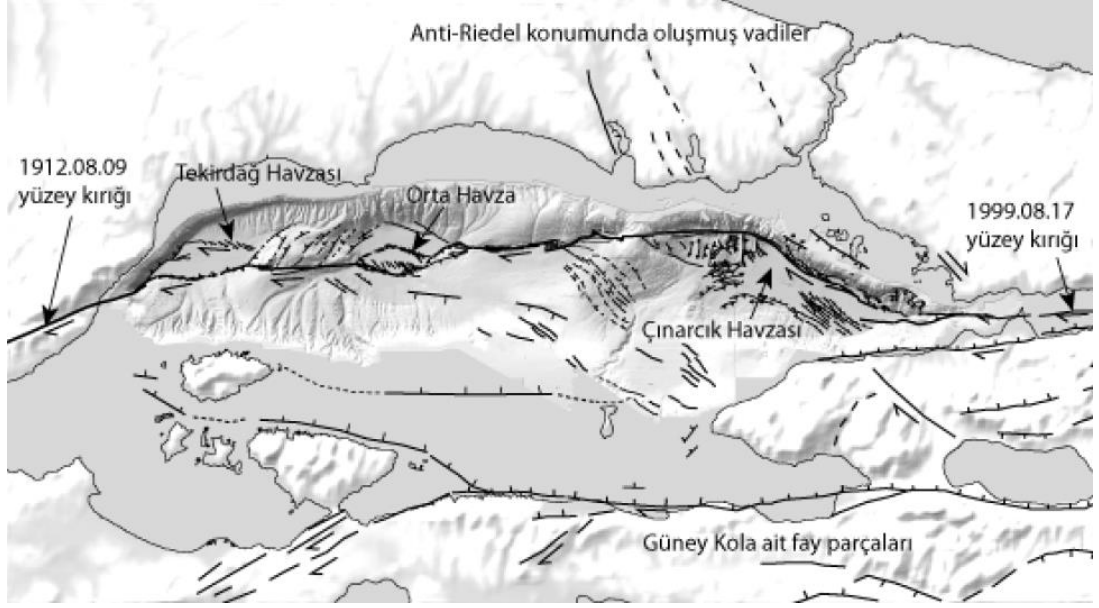
1.1. İstanbul Fiziki Coğrafya Özellikleri

Şehrin coğrafi karakteristikleri yerleşim yerlerinin ve dolayısıyla da ulaşım akslarının belirlenmesinde temel ölçüt olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktada topografya, hidrografya ve bitki örtüsü içinde orman alanları ana faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kentlerin gelişimi ve morfolojik yapılarının oluşmasında fiziki coğrafyanın çok büyük etkisi bulunmaktadır. Eğimli ya da düz arazi yapısı, konut alanlarının ve ana ulaşım akslarının belirlenmesinde kritik bir öneme sahiptir. İstanbul'un jeomorfolojik açıdan akarsular tarafından yarılmış alçak plato özelliğinde olması, yer yer deniz seviyesine kadar aşınması ve özellikle Marmara Denizi ile Haliç kıyılarına doğru düşük eğimli bir topografyaya sahip olması yerleşim açısından elverişli alanlar oluşturmuştur (TUNCEL, 2006).

İstanbul'un plato alanlarının ortalama yüksekliği 100-150m civarındadır ve batıdaki Çatalca Platosu ile doğuda yer alan Kocaeli Platosu arasında uzanır. En büyük vadi ise hiç kuşkusuz İstanbul Boğazı'dır. Şehir her ne kadar tepelerle dolu ve engebeli bir yapıya sahip olsa da en yüksek noktaları birkaç yüz metreyi geçmez. Aydos Dağı 539m, Kayışdağı 438m ve Alemdağ 442m yüksekliğe sahiptir ve kentin en yüksek üç noktasını teşkil ederler. İl topraklarının %74'ünü platolar, %9,5'ini ovalar, %16,1'ini ise alçak dağ ve tepeler kaplamaktadır. İlin en önemli gölleri olan Büyükçekmece, Küçükçekmece ve Durusu birer lagündür. İstanbul Boğazı'ndaki Haliç, Tarabya ve İstinye koyları ise ria tipi kıyının en iyi örnekleridir. Deniz seviyesinde yaklaşık 10.000 yıl önce gerçekleşen yükselmeler İstanbul kıyılarının şeklini vermişlerdir (ERİNÇ,1974-77:5).

Bunlara ek olarak, İstanbul'un jeolojik yapısında büyük oranda paleozoik eski kütle bulunmaktadır ve bu alanlar yapılaşma için son derece elverişlidir. Kentin jeolojik yapısında büyük kısmı kaplayan paleozoik eski kütle yapılaşma açısından uygundur. Bu arazi üzerinde Küçükçekmece Gölü doğusunda Marmara'ya dâhil akarsu havzalarının kuzeybatıda Arnavutköy, Habibler, Cebeci, Gaziosmanpaşa, Eyüp, Şişli, Mecidiyeköy, Ayazağa, Bahçeköy, Boğazın Sarıyer ve Anadolu Kavağına kadar iki kıyısı, Üsküdar, Ümraniye, Ataşehir ve Bostancıya kadar olan bu yerleşmeler yer alır (ERİNÇ, 1974-1977). Eğim değerleri kadar jeolojik yapı ve deprem riski de yerleşim alanları için yer seçiminde çok etkili olmuştur. Özellikle Kuzey Anadolu Fay Hattı, Marmara Denizi'nden geçtiği bölgede kuzeyinde kalan İstanbul şehri için çok ciddi bir tehdittir (Şekil 9).



Şekil 9: Kuzey Anadolu Fay Hattının Marmara Denzinde Devamı ve Kent İçi Olası Faylar (ŞENGÖR, 2001)

17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen deprem öncesinde bu tehdit fazla ciddiye alınmamış, kentleşme ölçütleri belirlenirken önemli bir girdi olarak yer almamış ve neticesinde binlerce bina yıkılmış ve on binlerce hayat yok olmuştur. 1999 sonrasında ise çok daha ciddi önlemler alınmaya başlanmış, yasalar çıkarılmış ve kentin gelişimi depremsellik yapısı çok ciddi şekilde ele alınarak devam ettirilmiştir. Özellikle son yıllarda ortaya çıkan ve yakın zamanda uygulanmaya başlanan deprem odaklı kentsel dönüşüm projeleri bu anlayışın olumlu bir tezahürüdür. Hem yapılar hem de ulaşım sistemi aynı anlayışla planlanmakta ve inşa edilmektedir. İstanbul Boğazı kıyıları da çok önemli yerleşim alanlarıdır. Boğazın ortalama 50m derinliğe sahip olması, hatta bazı kısımlarında bu derinliğin 100m'yi aşması hem bu vadinin dolmasını engellemiş hem de kıyılarında yerleşime çok uygun alanlar ortaya çıkmasını sağlamıştır. Akarsularla derin bir şekilde yarılmış olan boğaz kıyılarının gerisindeki relieflerden ötürü Boğaz kıyısında büyük ve küçük koylar oluşmuştur. Boğazın doğu tarafında Çengelköy, Paşabahçe ve Kanlıca koyları bulunurken, karşı kıyısında ise Tarabya, Bebek, İstinye ve Büyükdere koyları mevcuttur (ERİNÇ, 1974-1977).

İstanbul hidrografik açıdan da zengin bir şehirdir. Bünyesinde göl, deniz, baraj gölleri ve akarsular ihtiva etmektedir. Güneyinde Marmara Denizi ile kuzeyinde

Karadeniz bulunan şehir, bu iki büyük denizi İstanbul Boğazı ile birbirine bağlamaktadır. Bu yapı sayesinde kıyı yapılaşmalarının sıklıkla görüldüğü ve deniz ulaştırmacılığının aktif olarak kullanıldığı bir şehirdir. Denizler ve boğaz kentin mekânsal oluşum sürecinde çok etkili olmuştur. Öncelikle Marmara Denizine bakan kıyılarında doğu-batı ekseninde bir noktaya kadar çizgisel bir gelişim takip etmiş, ardından da iç kısımlara yayılmıştır. Boğaz kıyıları boyunca ilerleyen mekânsal gelişim, boşluk bulduğu vadi tabanlarından içeriye doğru da gelişme göstermiş ve bu alanlarda yalılar inşa edilmiştir. Karadeniz kıyıları ise daha irili ufaklı ve dağınık yerleşimlere sahiptir. Kıyıların yapılaşma için büyük alanlar sunmaması sebebiyle Boğazın kıyından içeriye doğru olan yapısının tersine İstanbul'un Karadeniz tarafında içerden dışarıya doğru bir yerleşim sistemi göze çarpmaktadır (KURTER ve BENER, 1963).

Şehir hidrografik yapının ulaşım etkileri açısından incelendiğinde ise İstanbul Boğazı'nın hem uluslararası, hem şehirlerarası hem de kent içi deniz ulaşımı açısından çok önemli bir konumda olduğu görülmektedir. Kentin kuzeye doğru büyümesinde deniz ulaşımındaki gelişmelerin katkısı da büyüktür. Boğaz'ın kıyı kesimlerinden ziyade iç kesimlere doğru olan ciddi etkisi ise önce 1973 yılında Boğaziçi Köprüsü ile başlamış, ardından da 1987'de hizmete giren Fatih Sultan Mehmet köprüsünün açılması ve bağlantı yollarının inşa edilmesi ile devam etmiştir. Şu anda da Anadolu ve Avrupa yakalarını birbirine bağlayacak üçüncü köprü olan Yavuz Sultan Selim Köprüsü'nün inşaatı devam etmektedir. Ayrıca boğazdan 8 km içeri kadar giren Haliç hem denizyolları için önemli bir durak hem de sahip olduğu köprüler ile karayolları ve demiryolları için bir geçiş noktasıdır. Kentin daimi yerleşim alanını oluşturan Çatalca ve Kocaeli platosunda kuzey güney doğrultusunda çok sayıda irili ufaklı akarsu bulunmaktadır. Çatalca Kocaeli platosunun su bölümü çizgisinin Karadeniz'e çok yakın bulunması dolayısıyla, Karadeniz'e dökülen akarsuların boyları çok kısa, buna mukabil Marmara ve Haliç'e dökülenlerin ise, çok daha uzundur (KURTER ve BENER, 1963). Kentin yoğun ve yüksek nüfusa sahip olmasından dolayı akarsular üzerinde baraj göllerinin kurulması gerekmiştir.

Alibey Deresi üzerindeki Alibey Barajı (1972), Çayağzı (Riva) deresi üzerindeki

Ömerli Barajı (1972), Göksu Deresi üzerindeki Elmalı Alt Baraj (1948) ve Elmalı Üst Baraj (1955), Küçükçekmece Gölü'ne dökülen Sazlıdere üzerinde Sazlıdere Barajı (1996) İstanbul halkının su ihtiyacına cevap verebilmek amacıyla inşa edilmişlerdir (DSİ, 2010). Fakat baraj göllerinin inşası bu bölgelerde zorunlu olarak bazı yapılaşma yasaklarını da beraberinde getirmiştir.

Hidrografiya açısından göller de büyük önem taşımaktadır ve İstanbul'un en büyük gölleri Büyükçekmece ile Küçükçekmece'dir. Bu göller hem yeni yerleşim yerleri için bir cazibe noktası teşkil etmiş hem de ulaşım akslarının gelişimini doğrudan etkilemiştir. Göllerin lagün gölü olması ve Marmara Denizi ile bağlantıya sahip olmaları nedeniyle, kentin bu kısımlarında otoyol geçişi sınırlanmıştır. Bu nedenle zaman içinde göllerin kuzeyinden TEM otoyolu geçirilerek bu sorun hafifletilmiştir. Büyükçekmece Gölü, 1988 yılında baraj gölü haline getirilmişlerdir ve Küçükçekmece Gölü ile beraber İstanbul'un içme ve kullanma suyunun depolanmasına katkıda bulunmaktadır (DSİ, 2010).

Ilıman bir iklim yapısına sahip olan İstanbul'da Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında geçişler yaşanmaktadır. Kışları soğuk, karlı ve yağışlı geçen şehirde yazlar ise oldukça sıcak fakat nemlidir. Nemin etkisiyle hissedilen hava sıcaklıkları gerçekte olduklarından farklı hissedilebilirler. Sıcak havalar daha sıcak, soğuk havalar ise daha soğuk yaşanabilir. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan ve 1960 ile 2012 yılları arasında gerçekleştirilen ölçümlere dayalı istatistiklere göre; İstanbul'da yaz aylarındaki sıcaklıklar genelde 22 °C ile 29 °C arasında seyrederken, kışın ise ortalama olarak 4 °C ile 9 °C aralığındadır. Temmuz ve Ağustos ayları 24 °C ortalama ile en sıcak aylar iken, en soğuk aylar ise 6,5 °C ortalama ile Ocak ve Şubat aylarıdır. Bütün bir yılın ortalama sıcaklığı ise 15 °C olarak tespit edilmiştir. Yıllık ortalama yağış miktarı 640 kg/m² iken; yağışların %38'i kış, %18'i ilkbahar, %13'ü yaz, %31'i sonbahar mevsiminde gerçekleşmektedir. Yaz en kurak mevsim olarak yaşanmakla beraber, şehir hemen hemen hiç ciddi bir kuraklık sorunu yaşamamıştır (MGM, 2014a). Özellikle son yıllarda tehlike arz etmeye başlayan susuzluk sorununun çözümü için birçok projeler geliştirilmekte ve özellikle Melen Projesi ile bu problemin kökten çözüleceğine inanılmaktadır.

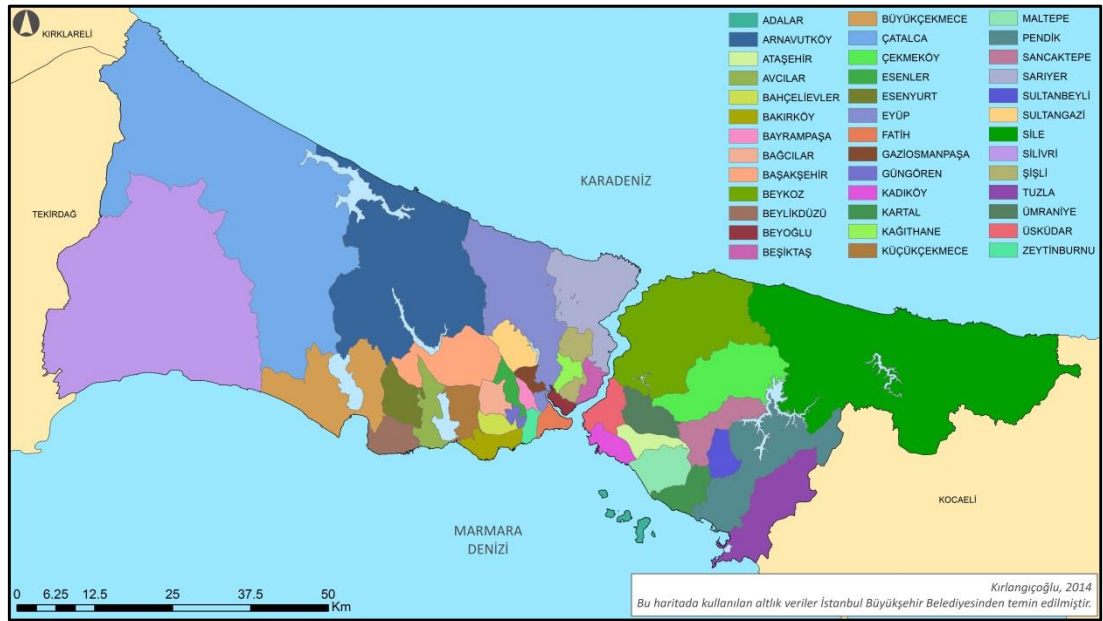
İstanbul'da 1960 yılından bugüne kadar ortaya çıkan en yüksek hava sıcaklığı 2000 ve 2007 yıllarındaki 40,6 °C iken, en düşük hava sıcaklığı 1969 yılı Ocak ayında görülen -6,8 °C olarak belirlenmiştir. Şehirdeki ortalama rüzgâr hızı ise 17 km'dir (MGM, 2014b).

İstanbul'un coğrafi özellikleri ve toprak koşulları orman oluşumlarına olanak verir niteliktedir. Ancak şehir içinde ormanların ve ormanlarda görülen ağaç türlerinin dağılımı düzensizdir. Karadeniz'e yakın kuzey kesimlerde ve tepelerin kuzeye bakan yamaçlarında humuslu toprakların varlığı nedeniyle buralarda nemcil ormanlar gelişmiştir (AKBAYAR, 1994). Güney bölgelerde ve güneye bakan yamaçlarda ise kuraklığa dayanıklı ormanlar görülür. İstanbul'un en önemli ormanları Belgrad Ormanı, Aydos Ormanı ve Kayışdağı Ormanı'dır. İstanbul'daki orman arazilerinin yüzölçümü 240.960 hektar ağaçlıklı; 294.299 hektar da açıklık olmak üzere toplam 535.259 hektardır (ÖGE & TAŞ, 2002). Genel olarak İstanbul'un her iki yakasında da görülen ağaç ve çalı türleri arasında adi gürgen, adi kızılbaş, adi fındık, doğu kayını, mor çiçekli ormangülü, akçaağaç, muşmula ve ıstranca meşesi sayılabilir. Doğal ormanların bozulduğu ya da tahrip edildiği bölgelerde psödomaki oluşumları gözlenir. Kuzeyde, Karadeniz yakınlarında görülen psödomakiler, bölgenin toprak yapısı ve iklim özellikleri nedeniyle olağandan çok daha boylu ve gürdür (AKBAYAR, 1994).

İstanbul'un özellikle kuzey bölümünde yoğun olarak görülen orman alanları, yerleşim açısından planlara dâhil edilmemiş ve varlığını bugüne kadar büyük ölçüde korumuştur. Geçmiş yıllarda gerçekleştirilen kapsamlı imar planı çalışmalarında da bu alanlar korunmuş ve şehrin Doğu-Batı ekseninden gelişmesi gerektiği belirtilmiştir. Fakat TMMOB Şehir Plancıları Odası İstanbul Şubesinin hazırlamış olduğu değerlendirme raporlarına göre; İstanbul Boğazı'nın üçüncü köprüsü olacak Yavuz Sultan Selim köprüsü ve bağlantı yolları sebebiyle yeni yapılaşma alanları oluşacaktır (TMMOB, 2014). Bunlara ek olarak, İstanbul'un kuzeyinde 40.000 hektarlık alan üzerine kurulacak ve 1 milyon kişiyi barındıracak yeni bir şehir planlanmaktadır. Ulaştırma sistemleri ve raylı sistem güzergâhları belirlenirken bütün coğrafi özelliklerin bir arada değerlendirilmesi ve çevresel etki değerlendirme raporları çerçevesinde en uygun bölgelerin tercih edilmesi gerekmektedir.

1.2. İstanbul Beşeri Coğrafya Özellikleri

İstanbul kentinin alansal büyümesi üzerinde etkili olan Fiziki Coğrafya faktörlerinin yanı sıra Beşeri Coğrafya faktörleri de etkili olmuştur. Çalışmanın bu bölümünde öncelikle idari yapı ve nüfus konuları ele alınacaktır. Türkiye Büyük Millet Meclisi'nde 6 Mart 2008 tarihinde kabul edilen ve 22 Mart 2008 tarihli Resmî Gazete'de yayınlanan 5747 sayılı yasa uyarınca, İstanbul iline bağlı 39 ilçe, 782 mahalle ve 152 köy bulunmaktadır. Avrupa Yakası'nda 25 ilçe bulunmaktadır. Bu ilçeler; Arnavutköy, Avcılar, Bağcılar, Bahçelievler, Bakırköy, Başakşehir, Bayrampaşa, Beylikdüzü, Beyoğlu, Beşiktaş, Büyükçekmece, Çatalca, Esenler, Esenyurt, Eyüp, Fatih, Gaziosmanpaşa, Güngören, Kâğıthane, Küçükçekmece, Sarıyer, Silivri, Sultangazi, Şişli ve Zeytinburnu'dur. Anadolu Yakası'ndaki 14 ilçe ise; Adalar, Ataşehir, Beykoz, Çekmeköy, Kadıköy, Kartal, Maltepe, Pendik, Sancaktepe, Sultanbeyli, Şile, Tuzla, Ümraniye ve Üsküdar ilçeleridir (Şekil 10).



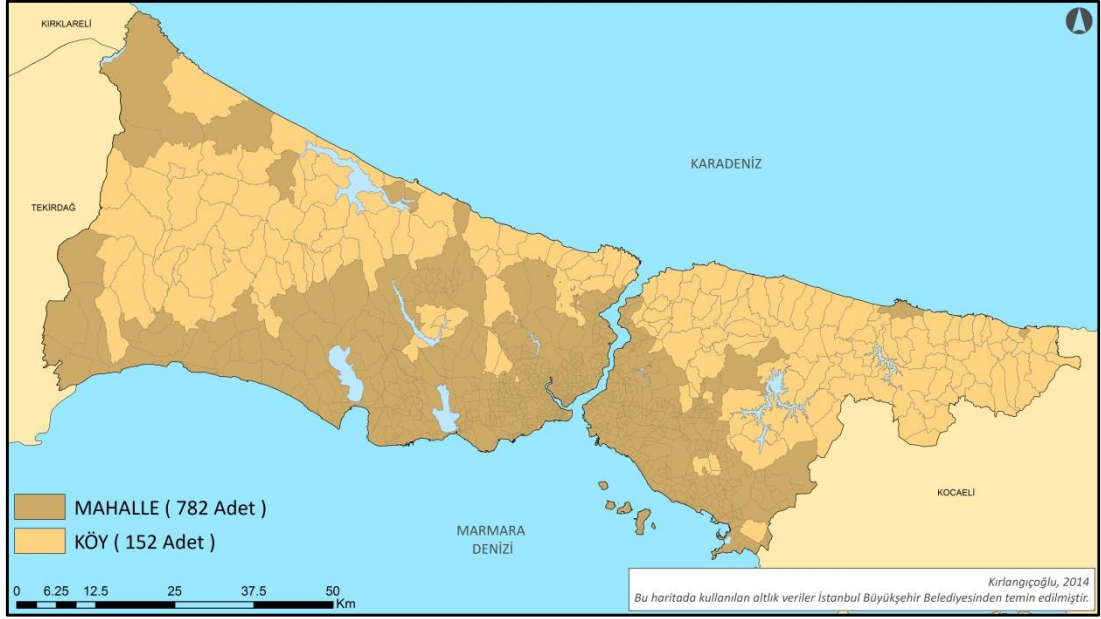
Şekil 10: İstanbul'un İlçeleri

ADNKS veritabanı kayıtlarına göre, 2013 yılı itibariyle İstanbul'da 14.160.467 kişi yaşamaktadır. Hâlihazırda en yüksek nüfuslu ilçeler Bağcılar, Küçükçekmece ve Ümraniye iken en düşük nüfusa sahip ilçeler ise Adalar, Şile ve Çatalca'dır (TÜİK, 2014). İlçe bazlı nüfus bilgileri aşağıda verilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: 2013 Yılı İtibariyle İstanbul İlçe Nüfusları (TÜİK, 2014)

İlçe Adı	Nüfus		
Adalar	14.552	Gaziosmanpaşa	488.258
Arnavutköy	206.299	Güngören	307.573
Ataşehir	395.758	Kadıköy	521.005
Avcılar	395.274	Kağıthane	421.356
Bağcılar	749.024	Kartal	443.293
Bahçelievler	600.162	Küçükçekmece	721.911
Bakırköy	221.336	Maltepe	460.955
Başakşehir	316.176	Pendik	625.797
Bayrampaşa	269.774	Sancaktepe	278.998
Beşiktaş	186.067	Sarıyer	289.959
Beykoz	246.352	Silivri	150.183
Beylikdüzü	229.115	Sultanbeyli	302.388
Beyoğlu	246.152	Sultangazi	492.212
Büyükçekmece	201.077	Şile	30.218
Çatalca	63.467	Şişli	318.217
Çekmeköy	193.182	Tuzla	197.657
Esenler	458.694	Ümraniye	645.238
Esenyurt	553.369	Üsküdar	535.916
Eyüp	356.512	Zeytinburnu	292.407
Fatih	428.857	TOPLAM	14.160.467

İlçe nüfuslarını bilmek, nüfusun genel dağılımını anlamak açısından önemlidir. Fakat nüfus yerleşimini daha iyi anlamak için daha detaylı bilgiye ihtiyaç vardır. Bu nedenle mahalle ve köy nüfuslarına dair bilgiler de bu çalışmada kullanılacaktır. Mahalle ve köy sınırları aşağıda belirtilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11: İstanbul Mahalle ve Köy Sınırları

Teknik sorgulama ve analiz çalışmalarında kullanılan verilerle hazırlanan nüfus yoğunluğu, iş gücü dağılımı vb. haritalar, sonraki bölümlerde yeri geldikçe verilecektir. İstanbul mahalle ve köylerinin 2013 yılı itibariyle sahip oldukları nüfus sayıları aşağıda verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: 2013 Yılı İtibariyle İstanbul Mahalle Nüfusları (TÜİK, 2014)

İlçe	Mahalle	Nüfus	İlçe	Mahalle	Nüfus
Adalar	Burgazadası	1.474	Gaziosmanpaşa	Barbaros Hayrettinpaşa	50.546
Adalar	Büyükada-Maden	4.284	Gaziosmanpaşa	Fevzi Çakmak	22.022
Adalar	Büyükada-Nizam	2.994	Gaziosmanpaşa	Hürriyet	28.540
Adalar	Heybeliada	4.807	Gaziosmanpaşa	Karadeniz	72.178
Adalar	Kınalıada	2.607	Gaziosmanpaşa	Karayolları	41.226
Arnavutköy	Adnan Menderes	3.502	Gaziosmanpaşa	Karlıtepe	18.775
Arnavutköy	Anadolu	22.032	Gaziosmanpaşa	Kazım Karabekir	47.917
Arnavutköy	Arnavutköy Merkez	14.510	Gaziosmanpaşa	Merkez	28.968
Arnavutköy	Atatürk	6.832	Gaziosmanpaşa	Mevlana	23.196
Arnavutköy	Baklalı	818	Gaziosmanpaşa	Pazarıçi	12.558
Arnavutköy	Balaban	397	Gaziosmanpaşa	Sarıgöl	25.063
Arnavutköy	Boğazköy İstiklal	8.564	Gaziosmanpaşa	Şemsipaşa	23.148
Arnavutköy	Bolluca	6.298	Gaziosmanpaşa	Yeni	36.473
Arnavutköy	Boyalık	669	Gaziosmanpaşa	Yenidoğan	9.355
Arnavutköy	Çilingir	1.023	Gaziosmanpaşa	Yıldıztabya	25.676

Arnavutköy	Deliklikaya	3.531	Güngören	Abdurrahman Nafiz Gürman	23.116
Arnavutköy	Dursunköy	441	Güngören	Akıncılar	22.060
Arnavutköy	Durusu	831	Güngören	Gençosman	39.089
Arnavutköy	Fatih	1.646	Güngören	Güneştepe	53.343
Arnavutköy	Hacımaşlı	553	Güngören	Güven	18.755
Arnavutköy	Hadımköy	18.863	Güngören	Haznedar	22.314
Arnavutköy	Haraççı	7.210	Güngören	Mareşal Çakmak	33.063
Arnavutköy	Hastane	6.965	Güngören	Mehmet Nesih Özmen	10.088
Arnavutköy	Hicret	2.767	Güngören	Merkez	50.502
Arnavutköy	İmrahor	8.629	Güngören	Sanayi	14.278
Arnavutköy	İslambey	14.866	Güngören	Tozkoparan	20.246
Arnavutköy	Karaburun	1.354	Kadıköy	Acıbadem	31.437
Arnavutköy	Karlıbayır	7.366	Kadıköy	Bostancı	35.820
Arnavutköy	Mavigöl	5.392	Kadıköy	Caddebostan	20.428
Arnavutköy	Mehmet Akif Ersoy	5.864	Kadıköy	Caferağa	24.805
Arnavutköy	M.Fevzi Çakmak	3.836	Kadıköy	Dumlupınar	17.469
Arnavutköy	Mustafa Kemal Paşa	10.895	Kadıköy	Eğitim	14.696
Arnavutköy	Nenehatun	7.798	Kadıköy	Erenköy	36.184
Arnavutköy	Ömerli	5.350	Kadıköy	Fenerbahçe	20.170
Arnavutköy	Sazlıbosna	1.225	Kadıköy	Feneryolu	26.700
Arnavutköy	Taşoluk	5.155	Kadıköy	Fikirtepe	15.198
Arnavutköy	Tayakadın	2.533	Kadıköy	Göztepe	39.533
Arnavutköy	Terkos	995	Kadıköy	Hasanpaşa	15.567
Arnavutköy	Yassiören	466	Kadıköy	Koşuyolu	8.149
Arnavutköy	Yavuz Selim	9.488	Kadıköy	Kozyatağı	37.909
Arnavutköy	Yeniköy	1.398	Kadıköy	Merdivenköy	38.658
Arnavutköy	Yeşilbayır	588	Kadıköy	Osmanağa	8.280
Arnavutköy	Yunus Emre	14.881	Kadıköy	Rasimpaşa	14.143
Ataşehir	Aşık Veysel	12.714	Kadıköy	Sahrayı Cedit	33.099
Ataşehir	Ataşehir Atatürk	27.327	Kadıköy	Suadiye	26.302
Ataşehir	Ataşehir Ferhatpaşa	21.957	Kadıköy	Zühtüpaşa	8.219
Ataşehir	Barbaros	30.316	Kadıköy	19.May	33.527
Ataşehir	Esatpasa	24.943	Kağıthane	Çağlayan	27.623
Ataşehir	Fetih	11.865	Kağıthane	Çeliktepe	32.798
Ataşehir	İçerenköy	75.923	Kağıthane	Emniyetevleri	8.507
Ataşehir	İnönü	26.930	Kağıthane	Gültepe	13.504
Ataşehir	Kayışdağı	39.881	Kağıthane	Gürsel	28.402
Ataşehir	Küçükbakkalköy	27.152	Kağıthane	Hamidiye	35.451
Ataşehir	Mevlana	19.169	Kağıthane	Harmantepe	21.114

Ataşehir	Mimar Sinan	10.405	Kağıthane	Hürriyet	20.743
Ataşehir	Mustafa Kemal	14.741	Kağıthane	Mehmet Akif Ersoy	12.419
Ataşehir	Örnek	24.028	Kağıthane	Merkez	26.731
Ataşehir	Yeni Çamlıca	14.625	Kağıthane	Nurtepe	23.754
Ataşehir	Yeni Sahra	11.755	Kağıthane	Ortabayır	23.372
Ataşehir	Yenişehir	12.243	Kağıthane	Sanayi	35.427
Avcılar	Ambarlı	38.203	Kağıthane	Seyrantepe	21.694
Avcılar	Cihangir	58.269	Kağıthane	Şirintepe	21.784
Avcılar	Denizköşkler	45.751	Kağıthane	Talatpaşa	33.640
Avcılar	Firuzköy	21.105	Kağıthane	Telsizler	11.690
Avcılar	Gümüşpala	39.937	Kağıthane	Yahyakemal	18.154
Avcılar	Merkez	31.644	Kağıthane	Yeşilce	11.948
Avcılar	Mustafa Kemal Paşa	44.878	Kartal	Atalar	30.583
Avcılar	Tahtakale	39.316	Kartal	Cevizli	27.960
Avcılar	Üniversite	20.032	Kartal	Cumhuriyet	18.696
Avcılar	Yeşilkent	68.105	Kartal	Çarşı	15.290
Bağcılar	Bağlar	13.833	Kartal	Çavuşoğlu	14.176
Bağcılar	Barbaros	21.402	Kartal	Esentepe	26.580
Bağcılar	Çınar	37.957	Kartal	Gümüşpınar	24.939
Bağcılar	Demirkapı	56.775	Kartal	Hürriyet	45.406
Bağcılar	Evren	52.614	Kartal	Karlıktepe	29.259
Bağcılar	Fatih	46.664	Kartal	Kordonboyu	12.020
Bağcılar	Fevziçakmak	35.111	Kartal	Orhantepe	29.769
Bağcılar	Göztepe	34.024	Kartal	Orta	17.191
Bağcılar	Güneşli	45.229	Kartal	Petroliş	30.050
Bağcılar	Hürriyet	24.975	Kartal	Soğanlık Yeni	25.200
Bağcılar	İnönü	25.780	Kartal	Topselvi	11.830
Bağcılar	Kazımkarabekir	28.903	Kartal	Uğurmumcu	39.706
Bağcılar	Kemalpaşa	35.613	Kartal	Yakacık Yeni	15.058
Bağcılar	Kirazlı	43.428	Kartal	Yalı	10.538
Bağcılar	Mahmutbey	24.023	Kartal	Yukarı	7.921
Bağcılar	Merkez	26.084	Kartal	Yunus	14.938
Bağcılar	Sancaktepe	18.985	Küçükçekmece	Atakent	70.452
Bağcılar	Yavuzselim	29.105	Küçükçekmece	Atatürk	44.268
Bağcılar	Yenigün	24.061	Küçükçekmece	Beşyol	2.604
Bağcılar	Yenimahalle	36.004	Küçükçekmece	Cennet	31.026
Bağcılar	Yıldıztepe	41.608	Küçükçekmece	Cumhuriyet	50.445
Bağcılar	100.Yıl	50.072	Küçükçekmece	Fatih	12.055
Bahçelievler	Bahçelievler	64.004	Küçükçekmece	Fevzi Çakmak	26.388
Bahçelievler	Cumhuriyet	41.484	Küçükçekmece	Gültepe	29.348

Bahçelievler	Çobançeşme	33.021	Küçükçekmece	Halkalı Merkez	71.845
Bahçelievler	Fevziçakmak	26.804	Küçükçekmece	İnönü	71.801
Bahçelievler	Hürriyet	47.897	Küçükçekmece	İstasyon	35.891
Bahçelievler	Kocasinan_Merkez	69.105	Küçükçekmece	Kanarya	65.124
Bahçelievler	Siyavuşpaşa	68.709	Küçükçekmece	Kartaltepe	12.019
Bahçelievler	Soğanlı	72.520	Küçükçekmece	Kemalpaşa	14.818
Bahçelievler	Şirinevler	60.989	Küçükçekmece	Mehmetakif	55.691
Bahçelievler	Yenibosna_Merkez	32.071	Küçükçekmece	Söğütlü Çeşme	33.425
Bahçelievler	Zafer	86.327	Küçükçekmece	Sultan Murat	13.088
Bakırköy	Ataköy 1.	1.707	Küçükçekmece	Tevfik Bey	37.071
Bakırköy	Ataköy 2-5-6.	12.642	Küçükçekmece	Yarımburgaz	11.101
Bakırköy	Ataköy 3-4-11.	7.990	Küçükçekmece	Yeni Mahalle	18.381
Bakırköy	Ataköy 7-8-9-10.	22.568	Küçükçekmece	Yeşilova	33.249
Bakırköy	Basıncık	5.965	Maltepe	Altayçeşme	29.691
Bakırköy	Cevizlik	5.365	Maltepe	Altintepe	32.382
Bakırköy	Kartaltepe	38.683	Maltepe	Aydınevler	18.234
Bakırköy	Osmaniye	23.615	Maltepe	Bağlarbaşı	41.542
Bakırköy	Sakızağacı	8.448	Maltepe	Başbüyük	20.311
Bakırköy	Şenlikköy	26.914	Maltepe	Büyükbakkalköy	6.235
Bakırköy	Yenimahalle	7.097	Maltepe	Cevizli	32.660
Bakırköy	Yeşilköy	24.742	Maltepe	Çınar	20.422
Bakırköy	Yeşilyurt	7.329	Maltepe	Esenkent	24.711
Bakırköy	Zeytinlik	5.576	Maltepe	Feyzullah	20.318
Bakırköy	Zuhuratbaba	22.333	Maltepe	Fındıklı	49.582
Başakşehir	Altınşehir	12.942	Maltepe	Girne	14.856
Başakşehir	Bahçeşehir 1. Kısım	14.341	Maltepe	Gülensu	15.771
Başakşehir	Bahçeşehir 2. Kısım	33.488	Maltepe	Gülsuyu	15.747
Başakşehir	Başak	68.699	Maltepe	İdealtepe	21.253
Başakşehir	Başakşehir	44.186	Maltepe	Küçükyalı	26.208
Başakşehir	Güvercintepe	48.776	Maltepe	Yalı	13.272
Başakşehir	İkitelli Osb	27	Maltepe	Zümrütevler	67.864
Başakşehir	Kayabaşı	54.146	Pendik	Ahmet Yesevi	23.066
Başakşehir	Şahintepe	37.050	Pendik	Bahçelievler	11.495
Başakşehir	Şamlar	1.496	Pendik	Ballıca	457
Başakşehir	Ziya Gökalp	17.896	Pendik	Batı	15.171
Bayrampaşa	Altıntepsi	27.256	Pendik	Çamçeşme	31.449
Bayrampaşa	Cevatpaşa	18.981	Pendik	Çamlık	11.427
Bayrampaşa	İsmet Paşa	14.278	Pendik	Çınardere	19.091
Bayrampaşa	Kartaltepe	44.059	Pendik	Doğu	16.031
Bayrampaşa	Kocatepe	20.801	Pendik	Dumlupınar	25.525
Bayrampaşa	Muratpaşa	34.561	Pendik	Emirli	297
Bayrampaşa	Ortamahalle	15.436	Pendik	Ertuğrul Gazi	15.232

Bayrampaşa	Terazidere	15.561	Pendik	Esenler	28.241
Bayrampaşa	Vatan	10.723	Pendik	Esenyalı	13.460
Bayrampaşa	Yenidoğan	18.034	Pendik	Fatih	20.416
Bayrampaşa	Yıldırım	49.987	Pendik	Fevzi Çakmak	36.174
Beşiktaş	Abbasağa	5.465	Pendik	Göçbeyli	1.051
Beşiktaş	Akat	15.363	Pendik	Güllü Bağlar	12.693
Beşiktaş	Arnavutköy	4.261	Pendik	Güzelyalı	31.408
Beşiktaş	Balmumcu	3.185	Pendik	Harmandere	6.876
Beşiktaş	Bebek	5.713	Pendik	Kavakpınar	57.305
Beşiktaş	Cihannuma	4.063	Pendik	Kaynarca	45.650
Beşiktaş	Dikilitaş	17.246	Pendik	Kurna	1.279
Beşiktaş	Etiler	12.039	Pendik	Kurtdoğmuş	456
Beşiktaş	Gayrettepe	13.754	Pendik	Kurtköy	25.113
Beşiktaş	Konaklar	16.087	Pendik	Orhangazi	26.880
Beşiktaş	Kuruçesme	3.123	Pendik	Orta	5.993
Beşiktaş	Kültür	4.913	Pendik	Ramazanoğlu	3.069
Beşiktaş	Levazım	5.697	Pendik	Sanayi	3.673
Beşiktaş	Levent	3.162	Pendik	Sapan Bağları	9.814
Beşiktaş	Mecidiye	11.039	Pendik	Süluntepe	22.085
Beşiktaş	Muradiye	5.252	Pendik	Şeyhli	13.805
Beşiktaş	Nispetiye	12.566	Pendik	Velibaba	32.856
Beşiktaş	Ortaköy	9.271	Pendik	Yayalar	10.494
Beşiktaş	Sinanpaşa	2.449	Pendik	Yeni Mahalle	14.376
Beşiktaş	Türkali	11.009	Pendik	Yenişehir	48.203
Beşiktaş	Ulus	7.174	Pendik	Yeşilbağlar	5.764
Beşiktaş	Vişnezade	8.112	Sancaktepe	Abdurrahmangazi	20.568
Beşiktaş	Yıldız	5.627	Sancaktepe	Akpınar	17.500
Beykoz	Acarlar	6.937	Sancaktepe	Atatürk	23.759
Beykoz	Akbaba	2.662	Sancaktepe	Emek	19.778
Beykoz	Alibahadır	767	Sancaktepe	Eyüp Sultan	13.164
Beykoz	Anadolu Hisarı	2.410	Sancaktepe	Fatih	16.410
Beykoz	Anadolu Kavağı	2.618	Sancaktepe	Hilal	5.342
Beykoz	Anadolufeneri	744	Sancaktepe	İnönü	18.505
Beykoz	Baklacı	3.030	Sancaktepe	Kemal Türkler	16.194
Beykoz	Bozhane	453	Sancaktepe	Meclis	21.773
Beykoz	Cumhuriyet	1.858	Sancaktepe	Merve	15.015
Beykoz	Çamlıbahçe	6.320	Sancaktepe	Mevlana	12.206
Beykoz	Çengeldere	4.797	Sancaktepe	Osmangazi	29.631
Beykoz	Çiftlik	5.081	Sancaktepe	Paşaköy	1.644
Beykoz	Çiğdem	11.890	Sancaktepe	Safa	10.770
Beykoz	Çubuklu	21.902	Sancaktepe	Sarıgazi	17.195
Beykoz	Dereseki	1.435	Sancaktepe	Veysel Karani	17.307

Beykoz	Elmalı	2.737	Sancaktepe	Yenidoğan	13.819
Beykoz	Fatih	4.242	Sancaktepe	Yunus Emre	13.826
Beykoz	Göksu	2.877	Sarıyer	Ayazağa	33.907
Beykoz	Göllü	236	Sarıyer	Bahçeköy Merkez	3.833
Beykoz	Görelle	1.971	Sarıyer	Bahçeköy Yeni	5.108
Beykoz	Göztepe	7.693	Sarıyer	Baltalimanı	5.322
Beykoz	Gümüşsuyu	15.119	Sarıyer	Büyükdere	9.234
Beykoz	İncirköy	18.752	Sarıyer	Cumhuriyet	11.475
Beykoz	İshaklı	1.252	Sarıyer	Çamlitepe	6.172
Beykoz	Kanlıca	4.264	Sarıyer	Çayırbaşı	5.168
Beykoz	Kavacık	21.921	Sarıyer	Darüşşafaka	9.210
Beykoz	Kaynarca	541	Sarıyer	Demirci	1.195
Beykoz	Kılıçlı	570	Sarıyer	Emirgan	9.449
Beykoz	Mahmutşevketpaşa	1.749	Sarıyer	Fatih Sultan Mehmet	16.044
Beykoz	Merkez	6.005	Sarıyer	Ferahevler	15.863
Beykoz	Ortaçeşme	8.228	Sarıyer	Garipçe	512
Beykoz	Örnekköy	3.599	Sarıyer	Gümüşdere	2.744
Beykoz	Öyümce	456	Sarıyer	Huzur	9.729
Beykoz	Paşabahçe	4.100	Sarıyer	İstinye	16.505
Beykoz	Paşamandıra	957	Sarıyer	Kazım Karabekir Paşa	8.451
Beykoz	Polonez	426	Sarıyer	Kemer	2.286
Beykoz	Poyraz	942	Sarıyer	Kısırkaya	386
Beykoz	Riva	1.794	Sarıyer	Kireçburnu	7.037
Beykoz	Rüzgarlıbahçe	7.865	Sarıyer	Kocataş	4.448
Beykoz	Soğuksu	11.147	Sarıyer	Kumköy	2.806
Beykoz	Tokatköy	15.035	Sarıyer	Maden	13.263
Beykoz	Yalıköy	5.391	Sarıyer	Maslak	2.932
Beykoz	Yavuz Selim	4.812	Sarıyer	Merkez	12.905
Beykoz	Yeni Mahalle	19.582	Sarıyer	Pınar	11.581
Beykoz	Zerzavatçı	889	Sarıyer	Poligon	6.233
Beylikdüzü	Adnan Kahveci	58.806	Sarıyer	Ptttepleri	5.771
Beylikdüzü	Barış	49.443	Sarıyer	Reşitpaşa	17.098
Beylikdüzü	Büyükşehir	20.871	Sarıyer	Rumeli Hisarı	11.215
Beylikdüzü	Cumhuriyet	18.973	Sarıyer	Rumeli Kavağı	3.725
Beylikdüzü	Dereağzı	7.146	Sarıyer	Rumelifeneri	4.424
Beylikdüzü	Gürpınar	16.705	Sarıyer	Tarabya	17.918
Beylikdüzü	Kavaklı	15.360	Sarıyer	Uskumruköy	5.578
Beylikdüzü	Marmara	22.804	Sarıyer	Yeni	3.529
Beylikdüzü	Sahil	3.754	Sarıyer	Yeniköy	16.018
Beylikdüzü	Yakuplu	30.897	Sarıyer	Zekeriyaköy	16.524

Beyoğlu	Arap Cami	70	Silivri	Akören	1.350
Beyoğlu	Asmalı Mescit	485	Silivri	Alibey	17.891
Beyoğlu	Bedrettin	876	Silivri	Alipaşa	960
Beyoğlu	Bereketzade	399	Silivri	Balaban	2.307
Beyoğlu	Bostan	2.535	Silivri	Bekirli	211
Beyoğlu	Bülbül	4.489	Silivri	Beyciler	1.525
Beyoğlu	Camiikebir	2.966	Silivri	Büyükçavuşlu Merkez	3.400
Beyoğlu	Cihangir	3.761	Silivri	Büyükkılıçlı	1.235
Beyoğlu	Çatma Mescit	2.315	Silivri	Cumhuriyet	6.558
Beyoğlu	Çukur	3.076	Silivri	Çayırdere	1.241
Beyoğlu	Emekyemez	126	Silivri	Çeltik	1.043
Beyoğlu	Evliya Çelebi	301	Silivri	Danamandıra	1.141
Beyoğlu	Fetihtepe	17.188	Silivri	Fatih Silivri	7.043
Beyoğlu	Firuzaga	4.372	Silivri	Fenerköy	1.662
Beyoğlu	Gümüşsuyu	2.264	Silivri	Fevzipaşa	3.091
Beyoğlu	Haciahmet	15.129	Silivri	Gazitepe	1.328
Beyoğlu	Hacimimi	1.419	Silivri	Gümüşyaka Merkez	6.943
Beyoğlu	Halicioğlu	13.318	Silivri	Hürriyet	1.894
Beyoğlu	Hüseyinağa	339	Silivri	İsmetpaşa	2.716
Beyoğlu	İstiklal	5.873	Silivri	Kadıköy	1.556
Beyoğlu	Kadı Mehmet	10.358	Silivri	Kavaklı	1.881
Beyoğlu	Kalyoncu Kulluğu	3.463	Silivri	Kurfalı	494
Beyoğlu	Kamer Hatun	911	Silivri	Küçük Kılıçlı	267
Beyoğlu	Kaptanpaşa	19.600	Silivri	Küçüksinekli	140
Beyoğlu	Katip Mustafa Çelebi	851	Silivri	Mimarsinan Silivri	13.095
Beyoğlu	Keçeci Piri	14.786	Silivri	Ortaköy Merkez	3.540
Beyoğlu	Kemankeş Karamustafa Paşa	454	Silivri	Piri Mehmet Paşa	8.288
Beyoğlu	Kılıçali Paşa	2.716	Silivri	Sancaktepe	3.395
Beyoğlu	Kocatepe	2.249	Silivri	Sayalar	855
Beyoğlu	Kulaksız	9.763	Silivri	Selimpaşa Merkez	15.021
Beyoğlu	Kuloğlu	1.524	Silivri	Semizkumlar	15.727
Beyoğlu	Küçük Piyale	9.298	Silivri	Seymen	1.120
Beyoğlu	Müeyyedzade	588	Silivri	Sinekli	340
Beyoğlu	Ömer Avni	2.146	Silivri	Yeni	26.278
Beyoğlu	Örnektepe	11.343	Silivri	Yolcatı	387
Beyoğlu	Piri Paşa	14.541	Sultanbeyli	Abdurrahmangazi	28.750
Beyoğlu	Piyalepaşa	25.046	Sultanbeyli	Adil	12.180
Beyoğlu	Pürtelaş Hasan Efendi	1.887	Sultanbeyli	Ahmet Yesevi	28.303

Beyoğlu	Sururi Mehmet Efendi	4.662	Sultanbeyli	Akşemsettin	12.457
Beyoğlu	Sütlüce	12.746	Sultanbeyli	Battalgazi	29.804
Beyoğlu	Şahkulu	969	Sultanbeyli	Fatih	21.651
Beyoğlu	Şehit Muhtar	1.638	Sultanbeyli	Hamidiye	26.046
Beyoğlu	Tomtom	2.674	Sultanbeyli	Hasanpaşa	17.094
Beyoğlu	Yahya Kahya	3.685	Sultanbeyli	Mecidiye	22.184
Beyoğlu	Yenişehir	6.020	Sultanbeyli	Mehmet Akif	27.173
Büyükçekmece	Ahmediye	1.307	Sultanbeyli	Mimar Sinan	15.519
Büyükçekmece	Alkent 2000	3.408	Sultanbeyli	Necip Fazıl	14.923
Büyükçekmece	Atatürk	17.631	Sultanbeyli	Orhangazi	14.822
Büyükçekmece	Bahçelievler	2.932	Sultanbeyli	Turgut Reis	19.573
Büyükçekmece	Celaliye	4.634	Sultanbeyli	Yavuz Selim	18.868
Büyükçekmece	Cumhuriyet	6.040	Sultangazi	Cebeci	56.624
Büyükçekmece	Çakmaklı	4.178	Sultangazi	Cumhuriyet	13.243
Büyükçekmece	Dızdarıye	6.654	Sultangazi	Esentepe	61.607
Büyükçekmece	Ekinoba	10.686	Sultangazi	Eski Habipler	3.235
Büyükçekmece	Fatih	18.653	Sultangazi	Gazi	32.275
Büyükçekmece	Güzelce	5.466	Sultangazi	Habipler	6.807
Büyükçekmece	Hürriyet	17.465	Sultangazi	İsmetpaşa	53.600
Büyükçekmece	Kamiloba	5.789	Sultangazi	Malkoçoğlu	12.296
Büyükçekmece	Karaağaç	1.655	Sultangazi	Sultançiftliği	37.793
Büyükçekmece	Kumburgaz	5.636	Sultangazi	Uğur Mumcu	40.249
Büyükçekmece	Mimaroba	16.587	Sultangazi	Yayla	8.262
Büyükçekmece	Mimarsinan	8.100	Sultangazi	Yunus Emre	44.059
Büyükçekmece	Murat Çeşme	12.369	Sultangazi	Zübeyde Hanım	31.715
Büyükçekmece	Pınartepe	13.187	Sultangazi	50.Yıl	72.567
Büyükçekmece	Sinanoba	12.652	Sultangazi	75. Yıl	30.858
Büyükçekmece	Türkoba	11.553	Şile	Ağaçdere	102
Büyükçekmece	Ulus	14.681	Şile	Ağva Merkez	2.161
Büyükçekmece	Yenimahalle	1.726	Şile	Ahmetli	935
Büyükçekmece	19.May	8.011	Şile	Akçakese	327
Çatalca	Akalan	1.121	Şile	Alacalı	418
Çatalca	Atatürk	1.285	Şile	Avcıkoru	116
Çatalca	Aydınlar	929	Şile	Balibey	2.656
Çatalca	Bahşayış	387	Şile	Bıçkıdere	268
Çatalca	Başak	425	Şile	Bozkoca	139
Çatalca	Belgrat	353	Şile	Bucaklı	321
Çatalca	Celepköy	259	Şile	Çataklı	226
Çatalca	Çakıl	2.544	Şile	Çavuş	7.665
Çatalca	Çanakça	2.543	Şile	Çayırbaşı	778
Çatalca	Çiftlikköy Merkez	2.010	Şile	Çelebi	145

Çatalca	Dağyenice	765	Şile	Çengilli	196
Çatalca	Elbasan	610	Şile	Darlık	130
Çatalca	Fatih	1.243	Şile	Değirmençayırı	462
Çatalca	Ferhatpaşa	17.763	Şile	Doğancılı	646
Çatalca	Gökçeali	1.879	Şile	Erenler	159
Çatalca	Gümüşpınar	836	Şile	Esenceli	52
Çatalca	Hallaçlı	1.150	Şile	Geredeli	567
Çatalca	Hisarbeyli	403	Şile	Göçe	397
Çatalca	İhsaniye	1.706	Şile	Gökmaslı	183
Çatalca	İnceğiz	713	Şile	Göksu	255
Çatalca	İzzettin	1.042	Şile	Hacı Kasım	973
Çatalca	Kabakça	1.611	Şile	Hacılı	270
Çatalca	Kaleiçi	6.833	Şile	Hasanlı	229
Çatalca	Kalfa	751	Şile	İmrendere	228
Çatalca	Karacaköy Merkez	2.543	Şile	İmrenli	227
Çatalca	Karamandere	560	Şile	İsaköy	143
Çatalca	Kestanelik	2.285	Şile	Kabakoz	499
Çatalca	Kızılcaali	230	Şile	Kadıköy	209
Çatalca	Muratbey Merkez	1.441	Şile	Kalem	215
Çatalca	Nakkaş	865	Şile	Karabeyli	205
Çatalca	Oklalı	1.383	Şile	Karacaköy	238
Çatalca	Ormanlı	1.115	Şile	Karakiraz	290
Çatalca	Ovayenice	1.260	Şile	Karamandere	301
Çatalca	Örcünlü	569	Şile	Kervansaray	267
Çatalca	Örencik	805	Şile	Kızılca	448
Çatalca	Subaşı	1.537	Şile	Korucu	198
Çatalca	Yalıköy	1.614	Şile	Kömürlük	206
Çatalca	Yaylacık	65	Şile	Kumbaba	580
Çatalca	Yazlık	378	Şile	Kurfalı	212
Çekmeköy	Alemdağ	5.935	Şile	Kurna	144
Çekmeköy	Aydınlar	13.060	Şile	Meşrutiyet	1.515
Çekmeköy	Cumhuriyet	10.109	Şile	Oruçoğlu	333
Çekmeköy	Çamlık	18.455	Şile	Osmanköy	270
Çekmeköy	Çatalmeşe	7.486	Şile	Ovacık	173
Çekmeköy	Ekşioğlu	7.134	Şile	Sahilköy	817
Çekmeköy	Güngören	6.387	Şile	Satmazlı	280
Çekmeköy	Hamidiye	25.658	Şile	Sofular	320
Çekmeköy	Hüseyinli	768	Şile	Soğullu	197
Çekmeköy	Kirazlıdere	6.936	Şile	Sortullu	122
Çekmeköy	Koçullu	1.301	Şile	Şuayipli	228
Çekmeköy	Mehmet Akif	27.059	Şile	Tekeköy	488
Çekmeköy	Merkez	17.951	Şile	Ulupelit	172

Çekmeköy	Mimar Sinan	21.044	Şile	Üvezli	350
Çekmeköy	Nişantepe	6.537	Şile	Yaka	216
Çekmeköy	Ömerli	3.924	Şile	Yaylalı	67
Çekmeköy	Reşadiye	2.098	Şile	Yazımanayır	217
Çekmeköy	Sırapınar	881	Şile	Yeniköy	408
Çekmeköy	Soğukpınar	7.063	Şile	Yeşilvadi	159
Çekmeköy	Sultançiftliği	11.759	Şişli	Bozkurt	11.219
Çekmeköy	Taşdelen	5.931	Şişli	Cumhuriyet	6.468
Esenler	Birlik	29.130	Şişli	Duatepe	8.341
Esenler	Çifte Havuzlar	2.827	Şişli	Ergenekon	2.666
Esenler	Davut Paşa	16.934	Şişli	Esentepe	7.255
Esenler	Fatih	46.341	Şişli	Eskişehir	12.344
Esenler	Fevzi Çakmak	33.842	Şişli	Feriköy	14.751
Esenler	Havaalanı	32.130	Şişli	Fulya	17.824
Esenler	Kazım Karabekir	36.546	Şişli	Gülbahar	22.534
Esenler	Kemer	22.267	Şişli	Halaskargazi	1.693
Esenler	Menderes	33.055	Şişli	Harbiye	2.833
Esenler	Mimar Sinan	13.217	Şişli	H.Edip Adıvar	17.120
Esenler	Namık Kemal	16.615	Şişli	H.Rıfat Paşa	2.908
Esenler	Nine Hatun	45.043	Şişli	İnönü	3.722
Esenler	Oruçreis	45.923	Şişli	İzzetpaşa	8.520
Esenler	Tuna	35.275	Şişli	Kaptan Paşa	3.385
Esenler	Turgut Reis	48.551	Şişli	Kuştepe	17.183
Esenler	Yavuz Selim	3.925	Şişli	Mecidiyeköy	20.402
Esenyurt	Akçaburgaz	10.660	Şişli	Merkez	13.945
Esenyurt	Ardıçlı	29.895	Şişli	Meşrutiyet	7.972
Esenyurt	Atatürk	59.574	Şişli	M.Şevket Paşa	19.629
Esenyurt	Cumhuriyet	18.342	Şişli	Paşa	17.160
Esenyurt	Esenkent	24.847	Şişli	Teşvikiye	11.944
Esenyurt	Fatih	37.630	Şişli	Yayla	11.271
Esenyurt	Güzelyurt	24.154	Şişli	19.May	11.331
Esenyurt	İncirtepe	29.508	Tuzla	Akfırat	2.338
Esenyurt	İnönü	36.470	Tuzla	Anadolu	859
Esenyurt	İstiklal	65.209	Tuzla	Aydınlı	40.394
Esenyurt	Mehterçeşme	41.965	Tuzla	Aydıntepe	16.195
Esenyurt	Merkez	22.146	Tuzla	Cami	4.676
Esenyurt	Namık Kemal	21.178	Tuzla	Evliya Çelebi	9.374
Esenyurt	Örnek	50.965	Tuzla	Fatih	884
Esenyurt	Pınar	26.995	Tuzla	İçmeler	10.394
Esenyurt	Saadetdere	38.559	Tuzla	İstasyon	17.877
Esenyurt	Sanayi	8.481	Tuzla	Mescit	4.290
Esenyurt	Talatpaşa	25.478	Tuzla	Mimar Sinan	20.740

Esenyurt	Yenikent	38.294	Tuzla	Orhanlı	1.870
Esenyurt	Yeşilkent	14.383	Tuzla	Orta	8.225
Eyüp	Ağaçlı	556	Tuzla	Postane	16.829
Eyüp	Akpınar	1.108	Tuzla	Şifa	24.962
Eyüp	Akşemsettin	40.314	Tuzla	Tepeoren	5.554
Eyüp	Alibeyköy	9.999	Tuzla	Yayla	23.346
Eyüp	Çırçır	26.679	Ümraniye	Adem Yavuz	16.657
Eyüp	Çiftalan	145	Ümraniye	Altınşehir	27.424
Eyüp	Defterdar	4.979	Ümraniye	Armağan Evler	33.085
Eyüp	Düğmeciler	18.827	Ümraniye	Aşağı Dudullu	11.866
Eyüp	Emniyettepe	8.180	Ümraniye	Atakent	21.662
Eyüp	Esentepe	17.363	Ümraniye	Atatürk	24.938
Eyüp	Eyüp Merkez	10.517	Ümraniye	Cemil Meriç	22.570
Eyüp	Göktürk Merkez	32.773	Ümraniye	Çakmak	33.912
Eyüp	Güzeltepe	32.345	Ümraniye	Çamlık	20.391
Eyüp	Işıklar	554	Ümraniye	Dumlupınar	13.675
Eyüp	İhsaniye	165	Ümraniye	Elmalıkent	22.283
Eyüp	İslambey	14.374	Ümraniye	Esenevler	25.764
Eyüp	Karadolap	24.632	Ümraniye	Esenkent	16.288
Eyüp	Mimarsinan	4.474	Ümraniye	Esenşehir	17.688
Eyüp	Mithatpaşa	5.132	Ümraniye	Fatih Sultan Mehmet	3.774
Eyüp	Nişancı	17.238	Ümraniye	Hekimbaşı	8.554
Eyüp	Odayeri	233	Ümraniye	Huzur	10.954
Eyüp	Pirinççi	3.785	Ümraniye	Ihlamurkuyu	15.965
Eyüp	Rami Cuma	14.515	Ümraniye	İnkılap	27.771
Eyüp	Rami Yeni	13.622	Ümraniye	İstiklal	46.048
Eyüp	Sakarya	9.437	Ümraniye	Kazım Karabekir	17.929
Eyüp	Silahtarağa	8.308	Ümraniye	Madenler	11.983
Eyüp	Topçular	4.616	Ümraniye	Mehmet Akif	21.774
Eyüp	Yeşilpınar	36.661	Ümraniye	Namık Kemal	28.290
Fatih	Aksaray	9.941	Ümraniye	Necip Fazıl	24.450
Fatih	Akşemsettin	21.641	Ümraniye	Parseller	13.941
Fatih	Alemdar	248	Ümraniye	Saray	1.657
Fatih	Ali Kuşçu	11.170	Ümraniye	Site	24.140
Fatih	Atikali	15.167	Ümraniye	Şerifali	6.783
Fatih	Ayvansaray	18.971	Ümraniye	Tantavi	9.031
Fatih	Balabanağa	73	Ümraniye	Tatlısu	17.694
Fatih	Balat	15.729	Ümraniye	Tepeüstü	13.543
Fatih	Beyazıt	31	Ümraniye	Topağacı	16.201
Fatih	Binbirdirek	1.809	Ümraniye	Yaman Evler	12.843
Fatih	Cankurtaran	1.130	Ümraniye	Yukarı Dudullu	18.596

Fatih	Cerrahpaşa	9.350	Üsküdar	Acıbadem	24.004
Fatih	Cibali	8.704	Üsküdar	Ahmediye	9.755
Fatih	Demirtaş	354	Üsküdar	Altunizade	14.366
Fatih	Dervişali	20.022	Üsküdar	Aziz Mahmut Hüdayi	9.432
Fatih	Emin Sinan	1.292	Üsküdar	Bahçelievler	21.792
Fatih	Hacı Kadın	515	Üsküdar	Barbaros	18.906
Fatih	Haseki Sultan	10.193	Üsküdar	Beylerbeyi	5.810
Fatih	Hırka-ı Şerif	24.901	Üsküdar	Bulgurlu	30.817
Fatih	Hobyar	47	Üsküdar	Burhaniye	16.408
Fatih	Hoca Giyasettin	945	Üsküdar	Cumhuriyet	34.733
Fatih	Hoca Paşa	183	Üsküdar	Çengelköy	14.384
Fatih	İskenderpaşa	14.288	Üsküdar	Ferah	19.566
Fatih	Kalenderhane	1.472	Üsküdar	Güzeltepe	13.126
Fatih	Karagümrük	11.195	Üsküdar	İcadiye	17.646
Fatih	Katip Kasım	2.059	Üsküdar	Kandilli	1.565
Fatih	Kemal Paşa	372	Üsküdar	Kısıklı	19.845
Fatih	Kocamustafapaşa	21.978	Üsküdar	Kirazlıtepe	13.525
Fatih	Küçük Ayasofya	3.084	Üsküdar	Kuleli	3.485
Fatih	Mercan	42	Üsküdar	Kuzguncuk	4.535
Fatih	Mesih Paşa	96	Üsküdar	Küçük Çamlıca	9.483
Fatih	Mevlanakapı	20.445	Üsküdar	Küçüksu	18.940
Fatih	Mimar Hayrettin	701	Üsküdar	Küplüce	17.591
Fatih	Mimar Kemalettin	218	Üsküdar	Mehmet Akif Ersoy	21.284
Fatih	Molla Gürani	14.719	Üsküdar	Mimar Sinan	12.480
Fatih	Mollafenari	66	Üsküdar	Murat Reis	14.059
Fatih	Mollahüsrev	1.474	Üsküdar	Salacak	9.940
Fatih	Muhsine Hatun	2.560	Üsküdar	Selamiali	13.015
Fatih	Nişanca	5.712	Üsküdar	Selimiye	8.582
Fatih	Rüstem Paşa	41	Üsküdar	Sultantepe	11.534
Fatih	Saraç İshak	1.214	Üsküdar	Ünalın	34.149
Fatih	Seyyid Ömer	26.548	Üsküdar	Validei Atik	21.953
Fatih	Silivrikapı	17.274	Üsküdar	Yavuztürk	34.787
Fatih	Sultan Ahmet	953	Üsküdar	Zeynep Kamil	13.139
Fatih	Sururi	31	Zeytinburnu	Beştelsiz	25.881
Fatih	Süleymaniye	465	Zeytinburnu	Çırpıcı	29.949
Fatih	Sümbül Efendi	17.744	Zeytinburnu	Gökalp	20.543
Fatih	Şehremini	22.177	Zeytinburnu	Kazlıçeşme	1.762
Fatih	Şehsuvar Bey	2.623	Zeytinburnu	Maltepe	514
Fatih	Tahtakale	22	Zeytinburnu	Merkezefendi	20.409
Fatih	Taya Hatun	138	Zeytinburnu	Nuripaşa	28.351

Fatih	Topkapı	11.543	Zeytinburnu	Seyitnizam	24.971
Fatih	Yavuz Sinan	244	Zeytinburnu	Sümer	38.656
Fatih	Yavuz Sultan Selim	19.244	Zeytinburnu	Telsiz	38.460
Fatih	Yedikule	17.710	Zeytinburnu	Veliefendi	29.006
Fatih	Zeyrek	14.997	Zeytinburnu	Yenidoğan	11.132
Gaziosmanpaşa	Bağlarbaşı	29.365	Zeytinburnu	Yeşiltepe	22.679

İstanbul, Cumhuriyetin ilanına kadar geçen sürede uzun yıllar başkentlik fonksiyonunu korumuştur. Bunda, kentin stratejik ve politik öneminin yanı sıra Ortadoğu ve Yakındoğu'nun en kalabalık kentlerinden biri olması da etkili olmuştur. İstanbul'un kentsel büyümesine etki eden ekonomik etkilerin sıçrama noktalarından birisi de hiç kuşkusuz 19. yüzyılda ortaya çıkan sanayi devrimidir. Kent batıyla sadece ekonomik ilişkilerini artırmakla kalmamış, bu ilişkiler neticesinde batılı yerleşim düzenini ve kentleşmeyi de benimsemeye başlamıştır. Tarihsel ve alışılmış iş merkezleri yerine, yeni ticari çekim merkezleri oluşmaya başlamış ve merkezler çevrelerini şekillendirmeye başlamışlardır. Özellikle Beyoğlu, Karaköy ve Sirkeci'de başlayan ve daha sonra kentin değişik bölgelerine yayılan bu yeni anlayış, yeni ulaşım sistemi anlayışlarını da beraberinde getirmiş ve mekânsal olarak sürekli gelişen organik bir yapıya dönüşmüştür. Karaköy'ün kıyı kesimi ile tepedeki Beyoğlu semti arasında 1878 yılında inşa edilen tünel, artan ve yayılan iş hacminden kaynaklanan ihtiyacın bir sonucudur. Ondan önce ise 1845 yılında Karaköy ile Eminönü-Sirkeci'yi bağlayan karayolu köprüsü yapılmıştı. İnşasından itibaren değişik isimlerle anılan köprü, bugün Galata Köprüsü olarak hizmet vermektedir (KILINÇARSLAN, 1980).

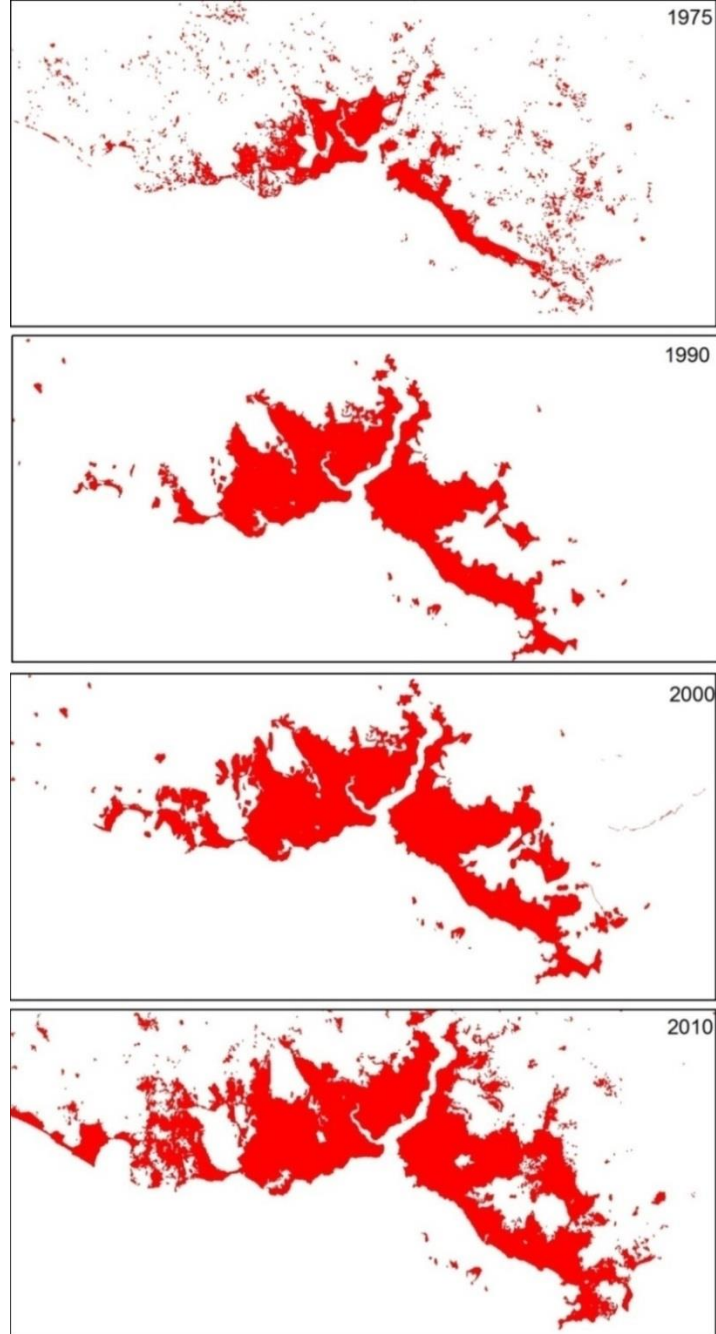
1920'li yıllara gelindiğinde ise İstanbul artık uluslararası köklü sanayi işletmelerinin yer aldığı kentsel açıdan çok farklı kazanımlar elde etmiş bir şehir haline dönüşmüştü. Osmanlı İmparatorluğunun yıkılmasının ardından siyasal ve ekonomik değişim ile kentleşme açısından 3 ayrı dönem yaşanmıştır. 1923-1945 arası Devletçi ekonomi, 1946-1960 arası Liberal ekonomi, 1961 ve sonrası ise Karma ekonomiye dayalı planlı kalkınma dönemi olarak adlandırılabilir (KILINÇARSLAN, 1980:205). Bu dönemlerin taşıdığı farklı karakteristikler aşağıda ifade edilmektedir.

1923 yılında Ankara'nın başkent olması ve Cumhuriyetin ilanının ardından İstanbul bazı kentsel kullanımlar açısından zayıflamıştır. Buna ek olarak 1929 yılında Türkiye'nin içe dönük politikalar izlemeye başlamasıyla beraber şehir uluslararası ekonomik ilişkiler açısından güç kaybına uğramış ve nüfus kaybı yaşamıştır. Bu ve benzeri politikalar neticesinde 30'lu ve 40'lı yıllar İstanbul açısından durağan geçmiştir. Ekonomideki bu durgunluk kentsel gelişim dinamiklerine de yansımış ve İstanbul'un mekânsal gelişim süreci sekteye uğramıştır. Fakat II. Dünya Savaşı sonrasında tüm dünyayı etkileyen ekonomik değişimler, Türkiye'nin de politik çizgisinde kaymalara neden olmuş ve özel sektör çok daha fazla desteklenerek liberal bir ekonomiye geçiş süreci başlamıştır (KILINÇARSLAN, 1980:236). Bu yıllarda uluslararası yatırımcıları çekmeye yönelik girişimlerde bulunulmuştur. 50'lere gelindiğinde ise artık İstanbul, Türkiye'nin sanayi merkezi haline gelmiştir. Bu süreçte de diğer ekonomilerde olduğu gibi Türkiye'de de sanayi büyük nüfuslu kentleri kuruluş yeri olarak seçmiş ve kuruldukları yerin kentleşmeleriyle sonuçlanmıştır (YAVUZ, KELEŞ ve GERAY, 1978).

İstanbul'a gelen büyük sanayi kuruluşları kendilerine hizmet eden ya da beraber çalıştıkları yatırımcıları da yanlarında getirerek diğer sanayi kollarının gelişmesine de yardımcı olmuşlardır. Bu süreç zincirleme bir reaksiyona dönüşmüş; sanayi geldikçe nüfus gelmiş, nüfus arttıkça çalışan sayısı artmış, istihdam olanakları arttıkça yeni yatırımcılar gelmiş ve şehir metropolleşmeye başlamıştır. Fakat çok hızlı gelişen bu süreç, planlı kentleşmeye imkân vermemiştir. Bu plansızlığın yansıması olarak ta özellikle sanayi bölgelerinin çevreleri gecekondulaşmaya başlamıştır. Ekonomik açıdan bu kadar hızla büyüyen ve daha da büyüme potansiyeli olan bir şehre finans kurumları da duyarsız kalmamış ve merkezi İstanbul'da olan bankalar kurulmaya başlanmıştır. Bu ekonomik atılım 70'li yıllara kadar tüm hızıyla devam etmiş, daha sonra ise 80'lere kadar azalan bir ivmeyle devam etmiştir. Ardından da sanayileşme süreci yerini hizmet ve inşaat sektörüne devretmiştir (YAVUZ, KELEŞ ve GERAY, 1978). Bütün bu süreçlerin neticesinde de İstanbul, Türkiye'nin dünyaya açılan kapısı olmuş ve bir dünya kenti haline gelmiştir.

2. Amaç ve Kapsam

Çalışma alanı olarak İstanbul'un seçilmesinin en önemli nedeni, kentin özellikle son 30 yılda hem mekânsal hem de nüfus sayısı olarak hızla büyümesi ve bu büyümenin neticesinde ortaya çıkan ulaşım sorununun kent sakinlerinin yaşam kalitesini düşürür seviyeye gelmesidir. İstanbul'da bir taraftan yeni yerleşim alanları oluşurken diğer taraftan mevcut yerleşmeler gelişerek büyümüşür. Kentin çevreye doğru biçimlenmesinde yeni sanayi tesislerinin merkezden taşınması, bunların çevresine iç göçle nüfusu artan gecekondu semtlerinin eklenmesi rol oynadığı gibi mekânsal değişim TEM otoyolunun yapımıyla yeni bir boyut kazanmıştır. TEM otoyolu uzandığı eksen boyunca mekânsal değişime yol açmış, bu eksendeki köyler kentle bütünleşmiştir. Kentin hızla genişlemesinde kentsel politikalar da etken olmuştur. 1950'li yıllarda kent Marmara Denizi kıyısında doğuda Pendik, batıda K.Çekmece ile birleşirken, 1980'li yıllardan itibaren bu büyüme Boğaz'ın kuzeyi ve kentin doğu ve batısına doğru olmuştur. Kent kuzeydoğuda Ömerli, doğuda Sultanbeyli, kuzeybatıda Zekeriyaköy, Kemerburgaz, batıda İkitelli ve Beylikdüzü'ne doğru genişlemiştir (DÖKER, 2012). Bu genişlemede plân dışı dönemlerde kentsel yaşam kaynakları olan tarım, orman ve su havzaları imara açılmıştır. Kentin bu şekilde mekânsal yayılımı devam etmektedir (Şekil 12).



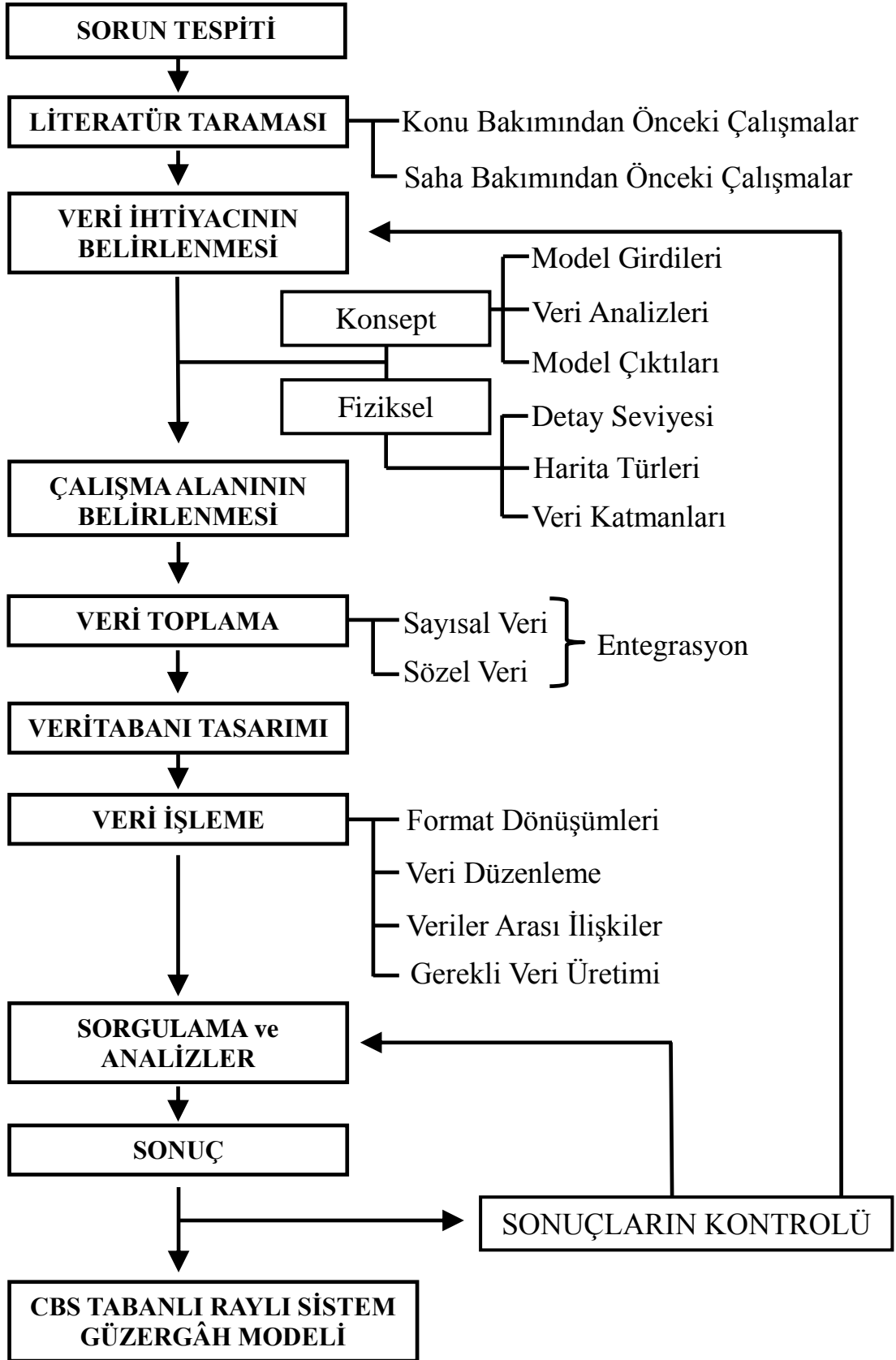
Şekil 12: 1975-2010 İstanbul Kentsel Büyüme Süreci (DÖKER, 2012)

İstanbul'da kentleşme 1975 yılında yalnızca %6,27'lik alan kaplamakta iken, 2010 yılına gelindiğinde bu oran %16,69 seviyelerine çıkmıştır. Bu alanda yaklaşık 13,5 milyon kişinin yaşadığı düşünülürse ortalama nüfus yoğunluğunun 150 kişi/ha olduğu ortaya çıkmaktadır. Kentleşen alanların bu artışına karşın, 1975 yılından günümüze orman alanlarının %40,93'ten %27,91'e gerilediği görülmektedir. Hızlı kentleşme ile birlikte bu denli dar bir alanda konut, ticaret ve sanayi faaliyetlerinin

yürütülmesi kentin fiziki coğrafyası açısından önemli kayıplara uğraması ile sonuçlanmıştır (DÖKER, 2012).

Bu derece hızla gelişen ve ciddi ulaşım sorunlarının yaşandığı bir şehirde başarıyla geliştirilecek bir raylı sistem tasarım modeli, diğer şehirlerde de rahatlıkla uygulanabilecektir. Bu modelin İstanbul'da uygulanabilir olması, Türkiye'deki diğer şehirlerde de uygulanabileceği anlamını taşımaktadır. Ayrıca, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin de (İBB) raylı sistemlerin gerekliliğinin farkında olması ve bu yönde ciddi yatırımlar yapıyor olması, bu araştırma için motivasyon kaynağı oluşturmuştur.

Bu çalışmanın amacı, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri tabanlı yeni bir raylı sistem güzergâh tasarım modeli oluşturmak ve Türkiye için çok önemli olan demiryolu yatırımlarının yönlendirilmesine katkıda bulunmaktır. Bu model sayesinde; yeni raylı sistem güzergâhlarının en yüksek yolcu kapasitesine sahip, en çok ihtiyaç duyulan ve en uygun teknik koşullara sahip bölgelerden geçecek şekilde tasarlanmasına katkıda bulunulması planlanmaktadır. Model; İstanbul iline ait idari, fiziki, ekonomik ve beşeri coğrafya özelliklerinin bir arada değerlendirilmesinde ve yolculuk taleplerinin daha iyi anlaşılmasında faydalı olacaktır. Bu çalışmaya ait iş akışı şeması aşağıda verilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13: Çalışmanın İş Akış Şeması

3. Veri ve Yöntem

Çalışma alanı olarak seçilen İstanbul'un daha iyi analiz edilebilmesi ve anlaşılması amacıyla gerekli sözel ve sayısal veriler toplanmıştır. Verilerin toplanması, aynı formata dönüştürülerek bir araya getirilmesi, birbirleri ile ilişkilendirilmesi, sayısal ve sözel verilerin entegrasyonu, gerekli analizlerin yapılması, sonuç haritaların üretilmesi vb. tüm süreçlerde Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinden istifade edilmiştir. Bu teknolojiler, klasik CAD çizimleri gibi sadece nokta, çizgi ve alanlardan oluşan şekilsel yaklaşımlardan ziyade her bir grafik öğeye ait sözel bilgileri de içerebilmektedir. Buna ek olarak, sisteme girilen bilgiler doğrultusunda çok çeşitli analiz, sentez ve sorgulamalar yapılabilmektedir.

Raylı sistem güzergâh tasarımının doğru bir şekilde yapılabilmesi için en önemli gereklilik güncel, hassas ve çalışma alanının karakteristiklerini yansıtan veri setlerine sahip olmaktır. Ne kadar çok veri olursa, o kadar doğru bir model kurulabilecektir. Hem fiziki hem de beşeri coğrafya özellikleri bilinmeden yapılacak tasarımlar eksik kalacaktır. Bu sebeple öncelikle güzergâh tasarımında ihtiyaç duyulacak veriler tespit edilmiş, ardından ilgili kurumlarla iletişime geçilerek veri temini gerçekleştirilmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin İstanbul iline dair çok çeşitli veriler üretmiş olması ve hâlihazırda Coğrafi Bilgi Sistemleri'ni kullanıyor olmasından dolayı, gerekli veri temini konusunda en büyük destek bu kurumdan alınmıştır. Buna ek olarak, İstanbul'da mevcut kent içi raylı sistemlerin işletmecisi konumundaki İstanbul Ulaşım A.Ş. ile de hem veri temini hem de teknik konuların çözümü konularında uzmanlarla ortak çalışmalar yapılarak araştırma sağlam bir temele dayandırılmıştır.

Çalışma kapsamında öncelikle raylı sistem güzergâh tasarımının nasıl olması gerektiğine dair bir iş akış modeli oluşturulmuştur. Bundan sonraki bölümlerde, çalışma alanı ve çalışma konusuyla ilgili benzer amaçlı yayınlar incelenecektir. Öncelikle çalışma alanının daha iyi anlaşılması amacıyla İstanbul'un kentsel gelişim süreci tarihsel açıdan araştırılacak ve mevcut ulaşım altyapısının dünü ve bugünü anlaşılmasına çalışılacaktır. Gerekli veriler ilgili kurumlardan toplanacak ve gerekli format dönüşümleri yapılarak Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) bir araya

getirileceklerdir.

Mevcut sistemin anlaşılmasının ardından toplu taşımaya en çok ihtiyaç duyulan koridorlar tespit edilecektir. Daha sonra, CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden istifade edilerek raylı sistem güzergâhlarının hangi koridorlar üzerinde olması gerektiği bulunmaya çalışılacaktır. Bu araştırma neticesinde ortaya geleneksel güzergâh tasarım yöntemlerine alternatif bir tasarım modeli oluşturulması hedeflenmektedir. Bu kapsamda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi modern bilgisayar teknolojilerinden istifade edilecektir. Özellikle son yıllarda uydu teknolojilerinde ve veri işleme yazılımlarında meydana gelen büyük değişimler raylı sistem güzergâh belirleme çalışmalarında veriye yaklaşım tarzını da değiştirmiş ve yepyeni yaklaşımların doğmasını sağlamıştır. Uluslararası literatürdeki pek çok çalışma, bu alandaki Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanımlarının olumlu sonuçlarını doğrular niteliktedir.

Arazi çalışmasıyla toplanabilecek pek çok veri uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları sayesinde masa başından temin edilebilmektedir. Toplanan veriler, eldeki diğer verilerle de entegre edilerek CBS platformlarında işlenebilmekte ve bu sayede çok çeşitli analiz ve sorgulama sonuçlarına erişilebilmektedir (WEI, 1996). Bu da geleneksel yöntemlere göre çok daha fazla iş gücü, zaman ve bütçe tasarrufu sağlamaktadır. Bunlara ek olarak, sayısal çizimlerle ifade edilemeyecek sözel bilgilerin coğrafi nesnelere entegrasyonu sağlanmış ve uydu görüntüsü ya da hava fotoğrafı üzerinde görülebilmesi mümkün kılınmıştır. Bu da raylı sistem güzergâh tasarım sürecindeki değerlendirmelerin sadece teknik boyutta değil, beşeri coğrafya açısından değerlendirilme oranını da artırmıştır.

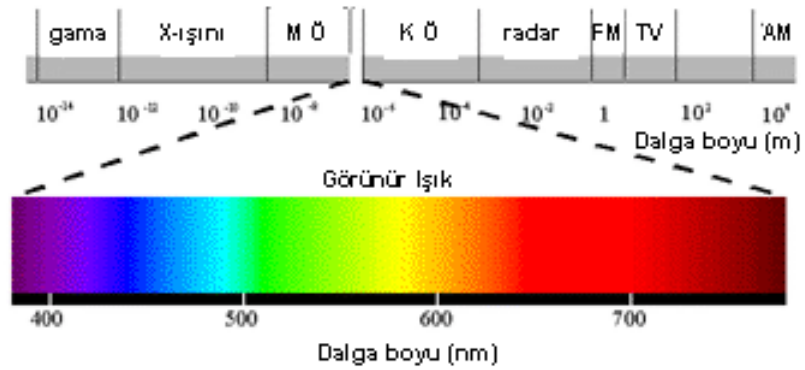
Uzaktan Algılama; yeryüzünden belirli uzaklıklara, atmosfere veya uzaya yerleştirilen platformlara monte edilmiş ölçüm aletleriyle yeryüzünde bulunan doğal ve yapay objeler hakkında bilgi alma ve değerlendirme teknikleri olarak tanımlanabilmektedir (MTA, 2012). Uzaktan Algılama teknolojisi;

- Baraj ve su yataklarının tespiti,
- Deniz ve kıyı etütleri, kirlilik ve coğrafi değişimlerin ölçülmesi,

- Raylı sistem, otoyol, demiryolu, boru hattı koridor seçimi,
- Arazi ve toprak haritalarının oluşturulması,
- Orman kaynaklarının ön envanterlerinin hazırlanması,
- Orman yangınları, sel felaketleri, toprak kayması gibi doğal afetler,
- Maden aramalarında jeolojik etütlerin hazırlanması,
- Yerel yönetimlerinin kadastro, imar planları ve arazi uygulamaları,
- Kaçak yapılaşma tespiti vb.

alanlarda hem tek başına hem de Coğrafi Bilgi Sistemleri için veri kaynağı olarak çok etkin şekilde kullanılmaktadır (TÜRKSAT, 2014).

Farklı nesnelere aynı ışık kaynağına farklı dalga boylarında tepki verirler. Uzaktan algılama, bu dalga boylarını sınıflandırarak veri toplama süreçlerinde kullanır. Bu sayede insan gözünün gördüğü ve göremediği dalga boyları kullanılarak farklı amaçlar için bilgi toplamak mümkün olmaktadır (TÜRKSAT, 2014). Var olan tüm elektromanyetik radyasyon ve ışınım türleri, frekans ve dalga boyu büyüklüklerine göre sıralanarak elektromanyetik spektrum adı verilen izafi bir kavram üzerinde birleştirilmişlerdir. Elektromanyetik spektrum, en yüksek frekanslı fakat en küçük dalga boyuna sahip gama ışınlarından başlar ve en düşük frekanslı fakat en büyük dalga boyuna sahip radyo dalgalarında sona erer. Yansıma ve yayılma dalga boyu bölgeleri olmak üzere iki farklı alanda farklı amaçlarla değerlendirilebilir (MTA, 2012). Yansıma Dalga Boyu Bölgeleri aşağıda verilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14: Elektromanyetik spektrumun yansıma dalga boyu bölgeleri (MTA, 2012)

Yayıma Dalga Boyu Bölgeleri ile ilgili olarak, dalga boylarının yayılımından yola çıkılarak oluşturulan sınıflandırmada kullanılan en önemli 3 bileşen aşağıda verilmiştir.

Mikrodalga Görüntüleme; elektromanyetik dalganın dalga boyunun 1 metreden kısa olduğu frekansların tümünü kapsar ve dalga boyu 0.01 mm'ye kadar inebilir (MTA, 2012). Uzaktan algılamada çok önemli bir yeri vardır çünkü bulutlardan ve atmosferdeki gazlardan etkilenmeden kesintisiz görüntü olanağı sunmaktadır. Diğer bir adı da RADAR görüntüleme sistemidir.

Termal Görüntüleme tüm maddeler belli oranda enerji yaymaktadırlar. Bu enerji, her maddeye özgü kütle ve sıcaklık değerlerine göre değişkenlik gösterir. Hangi maddelerin hangi seviyede enerji yaydıkları tespit edilip sınıflandırıldığı takdirde, madde çevresindeki objelerden gözle ayırt edilemeyecek durumda olsa bile enerji seviyesiyle farklılaşacaktır (MTA, 2012). Kızıl ötesi alıcılar ile tespit edilen bu enerjisi sayesinde de tanımlanabilecek ve ilgili çalışmalarda kullanılabilir.

Algılayıcılar (Sensörler); maddeler tarafından yayılan ışınların anlaşılabilmesi için ihtiyaç duyulan uzaktan algılama cihazlarıdır. Bu cihazlar kısaca 'algılayıcı' olarak adlandırılabilir ve bir uydu ya da başka bir sistem olabilirler. Algılayıcılar aktif ya da pasif algılama teknikleri kullanabilirler. Örneğin pasif algılamada, ışık güneş ya da başka bir dış kaynaktan gelmekte ve madde üzerinden yansıtılarak algılayıcıya ulaşmaktadır. Yansıma yoluyla gelen ışının değeri ölçülerek çalışmalara altlık teşkil edecek veriler üretilir. Bu yöntemin en önemli dezavantajı gece gündüz ve hava durumundan etkilenmesidir. Fakat ışık kaynağı için enerji harcanmadığı için enerji tasarrufu sağlamış olurlar. Üretilen veriler çok yüksek boyutludur ve çekilen alanın büyüklüğüne göre depolanması maliyetlidir (TÜRKSAT, 2014). Bu yüzden sadece gerekli alanların gereken detay seviyesinde çekimlerinin yapılması fayda maliyet oranında artış sağlayacaktır.

Aktif algılamada ise algılayıcılar kendi ışınlarını gönderirler ve cisimden geri yansımalarını alarak görüntü üretirler. Bu tip cihazlar dışarıdan bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadıkları için, o enerji kaynağının yokluğundan etkilenmemeye avantajına sahip olmakla beraber ışın gönderip alma aşamalarında çok yüksek seviyede enerjiye

ihtiyaç duyarlar ve bu da maliyeti artırır. Gece ve gündüz sürekli görüntü alabilirler, cisimleri siyah beyaz algırlar. Trafikteki hız ihlallerini saptamaya yarayan radarlar aktif algılayıcılara iyi bir örnektir (TÜRKSAT, 2014). Aktif ve pasif bazı uydu alıcıları aşağıda verilmiştir (Tablo 3).

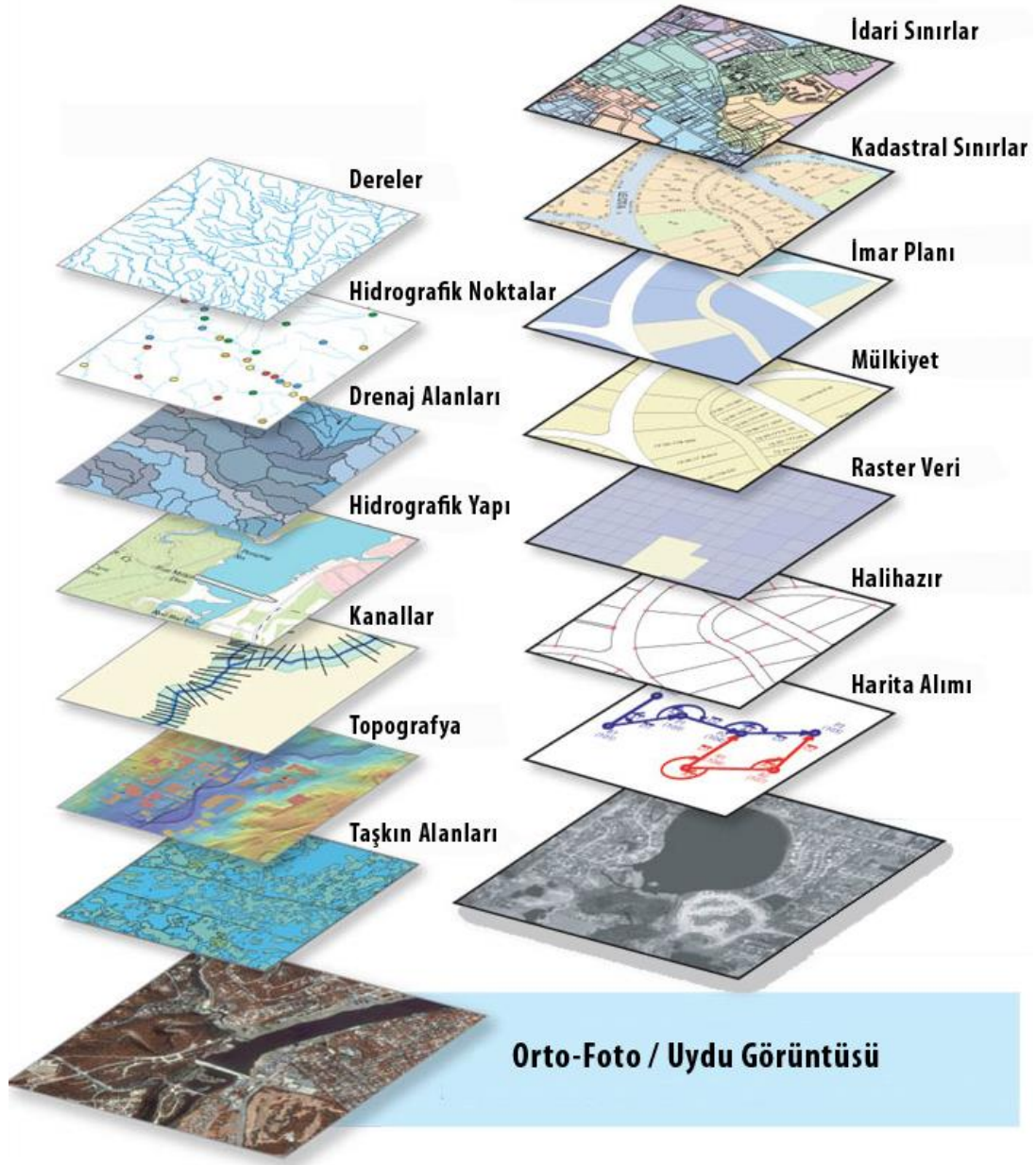
Tablo 3: Uzaktan Algılama Çalışmalarında Yararlanılan Bazı Uydu Alıcıları (TÜRKSAT, 2014)

Algılayıcı	Yörüngeye Çıkış Tarihi	Ülke
LANDSAT	1972	ABD
SPOT	1986	Fransa
SPOT5	2002	Fransa
RADARSAT-2	2003	Kanada
IRS	1995	Hindistan
TERRA / ASTER	1999	ABD/Japonya
BilSat	2003	Türkiye

Uzaktan Algılama çalışmaları neticesinde elde edilen görüntüler, çalışma sahasına ait vektörel verilerle entegre edildikleri takdirde çok etkili analiz ve sorgulamalar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin birlikte kullanımını daha doğru ve daha hassas çalışmaların yapılabilmesi için mutlaka gereklidir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); mekânsal ve mekânsal olmayan verilerin toplanmasını, depolanmasını, dönüştürülmesini, işlenmesini, görselleştirilmesini, analiz edilebilir ve sorgulanabilir olmasını sağlayan prensipler ve yöntemler bütünüdür (KIRLANGIÇOĞLU, 2005). Bütün verilerin sisteme girilmesinin ve doğru yönetilmesinin ardından ortaya çıkan sonuç ürün ise çalışma alanına ait idari, fiziki, ekonomik ve beşeri coğrafya karakteristiklerinin anlaşılmasını sağlayan bilgidir. Bu bilgi, bu proje kapsamında kara verme sürecinin en önemli altlığını teşkil edecektir. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin en önemli özelliği, sözel verileri coğrafi mekâna bağlayabilme imkânı sunmasıdır. Bu sayede; iş gücü, nüfus sayımları, eğitim seviyeleri, hane halkı büyüklükleri, araba sahipliği oranları, bir yerden bir yere gerçekleşen yolculuk sayıları vb. sözel veriler ait oldukları coğrafi alanlar ile ilişkilendirilebilir ve görselleştirilebilir. CBS, mekânsal verileri tematik katman ve

tablo dizileri içerisinde organize eder. CBS içerisindeki mekânsal veri setleri coğrafi olarak referanslandırıldığında gerçek dünya konumlarına sahip olurlar. Katmanlar arasındaki birçok mekânsal ilişki ortak coğrafi mekânlar üzerinden kolaylıkla elde edilebilir. CBS, zengin araç koleksiyonuyla basit veri katmanlarını obje sınıfları olarak yönetir ve bu veri katmanlarıyla birçok ilişki elde edebilir. Bu çalışma kapsamında toplanan tüm veriler aşağıda verilen katman (layer) mantığında derlenecek ve gerekli analizler gerçekleştirilecektir (Şekil 15).



Şekil 15: CBS Katmanlama Prensipleri (ESRI, 2014)

CBS' de depolanan veriler üzerinde konuma dayalı kararlar verebilme coğrafi verinin sorgulanması, görüntülenmesi ve analizler ile mümkün olmaktadır. Konumsal analiz işlemlerinde, mevcut girdilerden yararlanılarak, yeni bilgi kümeleri üretilir. Yapılabilecek bazı analizler aşağıda verilmiştir:

- Tampon Bölgeleme (Buffer),
- Bindirme Analizleri (Overlay),
- Yakınlık Analizleri (Proximity),
- Yoğunluk analizleri (Density Analysis),
- Adres Haritalama (Address Geocoding),
- Dinamik Bölümler (Dynamic Segmentation),
- En Kısa Yol ve Altyapı Yönetim Analizleri (Network Analysis),
- 3D Arazi Modelleme, Bakı, Eğim, Yükseklik, Görünürlük vb. yüzey Analizleri (MTA, 2012).

Anlatılanlardan da anlaşılacağı üzere; CBS tabanlı bir tasarımda öncelikle hedeflerin doğru bir şekilde belirlenmesi, bu hedeflere ulaşmayı sağlayacak hangi verilere ihtiyaç duyulacağını araştırılması, gerekli verilerin temin edilerek uygun görülen yöntemlerle analiz ve sentez aşamalarından geçirilerek sonuca ulaşılması gerekmektedir. Doğru yöntemin belirlenebilmesi amacıyla ülkemizde ve dünyada bu alanda yapılmış çalışmalar hem saha bakımından hem de konu bakımından incelenmiştir.

4. Önceki Çalışmalar

İstanbul şehir coğrafyası, şehrin mekânsal gelişim süreci, arazi kullanım türleri, fiziki ve beşeri coğrafya özellikleri, coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama, çok kriterli karar verme yöntemleri, raylı sistem güzergâh tasarımı ve istasyon yer seçimi gibi pek çok konu açısından daha önce yapılan çalışmalar incelenmiştir. Gerçekleştirilen literatür taramasında istifade edilen bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir. Bu çalışmalar, ulaşım altyapısına yön veren en önemli etken olan Yolculuk Talebinin hangi bölgelerde nasıl oluştuğunu da bize göstermektedir. Merkezi İş Alanları, sanayi

bölgeleri, eğitim kurumları, toplu konut alanları, spor tesisleri, alışveriş merkezleri vb. kentsel oluşum süreçlerinin daha iyi anlaşılması, ulaşım altyapısının ve geleceğe dair gereksinimlerinin daha iyi anlaşılması açısından çok önemlidir.

DLH (2014); T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Altyapı Genel Müdürlüğünce ‘Kent içi Raylı Toplutaşım Kriterleri ve Mevzuatın Geliştirilmesi İşi’ kapsamında yayınlanan ‘‘Raylı Sistem Tasarım Kriterleri’’ dokümanlarında metro, hafif raylı sistemler, tramvay, monoray, fönüküler, teleferik ve diğer raylı sistemlerin nasıl tasarlanması gerektiği son derece teknik ve detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Fakat bu çalışmalar bir coğrafyacı ya da şehir plancısı bakışıyla değil, tamamen bir inşaat ya da harita mühendisi perspektifiyle uygulamaya yönelik olarak hazırlanmıştır.

İBB (2011); Ulaşım Daire Başkanlığınca hazırlanan ‘‘İstanbul Metropoliten Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı Raporu’’ İstanbul’un 2023 yılı arazi kullanım ve nüfus yapısına bağlı olarak, ekonomik açıdan düşük maliyetli ve kentin planlı gelişimine katkı veren; ekolojik açıdan çevreye verdiği zararı minimuma indiren; toplumsal açıdan sosyal eşitlik ilkesine bağlı, kentin tarihi ve kültürel kimliği ile uyumlu, erişilebilirlik, konfor, güvenlik, güvenilirlik gibi nitelikleri içeren, sürdürülebilir bir ulaşım sisteminin kurulması ile kentte yaşayanların ulaşım taleplerinin karşılanması amacını taşımaktadır.

MALCZEWSKI (1999); ‘‘GIS and Multicriteria Decision Analysis’’ isimli kitabında en önemli çok kriterli karar verme yöntemlerini çok detaylı ve uygulamalı bir şekilde ele alarak çok daha kolay anlaşılabilir ve uygulanabilir hale getirmiştir. Bu sayede karmaşık ve çok bilinmeyenli denklemlerden ziyade, sözlü olarak ifade edilebilen ve basit matematiksel hesaplamaların yeterli olduğu bir çalışma ortaya koymuştur.

FARKAS (2009); ‘‘Route/Site Selection of Urban Transportation Facilities: An Integrated GIS/MCDM Approach’’ isimli çalışmasında çok kriterli karar verme sistemleri ve coğrafi bilgi teknolojilerinin bir arada kullanılarak hem mekânsal hem de mekânsal olmayan verilerin analizini amaçlamaktadır. Kendisinin tersine mühendislik olarak tanımladığı bu analizlerde; ekonomik, kurumsal, yönetsel,

sosyal ve çevresel faktörleri bir analitik hiyerarşi ağacında toplayarak kent içi ulaşım güzergâhlarının nerelerden geçmesi gerektiği sorusuna yanıt aramakta ve yeni bir model önermektedir.

BLAINEY ve PRESTON (2013); tarafından yayınlanan “A GIS Based Appraisal Framework for New Local Railway Stations” isimli makale raylı sistem güzergâh tasarımlarının birinci derecede etkileyen istasyon lokasyonlarının nasıl seçilmesi gerektiği ile ilgili Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Konuya sadece yolculuk talebi açısından değil finansal açıdan da yaklaşmış ve istasyonların hangi bölgelerde olması gerektiği ile ilgili fayda maliyet analizine dayalı bir model geliştirmiştir.

MOHAJERI ve AMIN (2010); “Railway Station Site Selection Using Analytical Hierarchy Process and Data” isimli makalelerinde en uygun raylı sistem istasyon yer seçimi için çok kriterli karar verme metodlarından Analitik Hiyerarşi Prosesinin (AHP) nasıl kullanılabileceğini açıklamaya çalışmışlardır. 4 aşamalı bir analiz süreci izlemişler ve konuyu raylı sistemlerle ilgili olarak teknik açıdan, yolcu açısından, mimari ve şehircilik açısından, ekonomik açıdan ele almışlardır. Daha sonra bu 4 ayrı faktörü bir arada değerlendirerek karar sürecine destek amaçlı yeni bir model önerisi getirmişlerdir.

DJENALIEV (2007); “Multicriteria decision making and GIS for railroad planning in Kyrgyzstan” isimli yüksek lisans tez çalışmasında Kırgızistan’da halen geleneksel yöntemlerle ve bilgisayar analizleri kullanılmadan gerçekleştirilen raylı sistem güzergâh belirleme çalışmalarına alternatif olarak coğrafi bilgi teknolojileri tabanlı çok kriterli karar verme yöntemlerini önermektedir. Geleneksel yöntemi uygulayan uzman mühendislerle görüşmeler yapmış ve onların yöntemlerini bilgisayar tarafından otomatik olarak uygulanabilecek hale getirmeye çalışmıştır. Örnek çalışma alanı olarak seçtiği Çin-Kırgızistan-Özbekistan demiryolu için yaptığı çalışma sonucunda güzergâh önerileri getirmiştir.

GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRALIA (2003); “Design and Planning Guidelines for Public Transport Infrastructure” isimli raporunda, toplu ulaşım

altyapısının nasıl planlanması ve tasarlanması gerektiğini tanımlamaktadır. Genel olarak yöneticilere ve tasarımı yapacak olan mühendislere yönelik olarak hazırlanan bu raporda genel olarak kentsel gelişim ile toplu ulaşım sisteminin bir arada değerlendirilmesi gerektiği ve hem yerel yönetimlere hem de uygulayıcı kurumlara çok büyük sorumluluklar düştüğünü teknik bir dille anlatmaktadır.

SAATÇIOĞLU ve YAŞARLAR (2012); “Kent içi Ulaşımında Toplu Taşımacılık Sistemleri: İstanbul Örneği” adlı makalelerinde sürdürülebilir bir kent içi ulaştırma planlamasında öncelikler ve tercihler tespit edilirken; ekonomik ve kültürel önceliklerin yanı sıra, diğer bir takım özelliklerin de mutlaka göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Diğer taraftan kent içi ulaştırma sistemleri oluşturulurken gürültü, hava kirliliği, güvenlik, enerji tüketimi ve arazi kullanımının da dikkate alınması gerektiğini savunmaktadırlar. İstanbul’un kent içi ulaşım sorunlarının nedenlerini ve sonuçlarını da ortaya koyan çalışmada, kentin mevcut ulaşımında geline son durumu yeni ulaşım yöntemlerini de göz önünde bulundurarak incelemekte ve kent içi ulaşımına yönelik çözümler getirmektedirler.

SAMANTA (2008); “Models and algorithms for a rail transit line alignment using GIS and genetic algorithm” isimli tez çalışmasında büyümekte olan şehirlerin gelecekte ihtiyaç duyabilecekleri raylı sistem güzergâhlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Genetik Algoritmalar kullanılarak nasıl tasarlanabileceğini anlatmaktadır.

RATNER (2000); “Relating U.S. Urban Population, Employment, and Congestion to U.S. Rail Transit Development and Success” isimli makalesinde, ABD’de son 30 yılda gerçekleştirilen raylı sistem yatırımlarını ele almakta ve hem nüfusun hem de istihdamın yoğun olduğu bölgelerde raylı sistemlerin yürüme mesafesinde olması gerektiğini savunmaktadır. Ancak bu sayede özel araçların trafikten çekileceğini belirtmektedir. Ulaşım odaklı kentsel gelişim senaryolarını değerlendirmektedir.

SENIOR (2009); “Impacts on travel behaviour of Greater Manchester’s light rail investment (Metrolink Phase 1): Evidence from household surveys and Census data” adlı makalesinde, hanehalkı anketlerinden yola çıkılarak ve Coğrafi Bilgi

Sistemlerinde (CBS) gerekli mekânsal analizler gerçekleştirilerek yolculuk eğilimlerinin anlaşılabilceğini savunmaktadır. Bu eğilimler doğrultusunda tasarlanacak raylı sistem güzergâhlarının yolcuları nasıl çekeceğı üzerine analizler içermektedir.

VERMA ve DHINGRA (2005); “Optimal Urban Rail Transit Corridor Identification within Integrated Framework Using Geographical Information System” isimli yayımlarında, yolculuk talebi bazlı raylı sistem tasarımında Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin nasıl kullanılabileceğini açıklamışlardır. Fakat raylı sistemin tek başına değil, bütün toplu taşıma sistemleri ile entegre olacak şekilde ve hem karar vericiler hem de kullanıcılar açısından iyi düşünülerek planlanması gerektiğini söylemektedirler. Hindistan’da bir şehirde örnek uygulama gerçekleştirmişlerdir.

KENNEDY (2011); “Using Cadastral Maps to Accommodate High-Speed Rail Systems in Texas” isimli yayınında, yüksek hızlı raylı sistem güzergâhlarının zaten kamulaştırılmış mevcut yollar üzerinden geçmesi ya da kamulâtırma gerektirecek alternatif güzergâhlardan geçmesi arasındaki farklılıkları ortaya koymaktadır.

TAYAL (2002); “Optimization of Network Alignment for Light Rail Transit: Phoenix, Arizona” isimli çalışmasında, toplu taşıma sistemi optimizasyonunun CBS tabanlı olarak nasıl yapılması gerektiğı konusunda bilgi vermektedir. Fayda maliyet oranlarının artırılması ve hem konut hem de iş alanlarına yönelik gerekli ulaşım düzenlemelerinden bahsetmektedir.

HASSE (2007); “Evaluating Alternate Commuter Rail Corridors in Southern New Jersey” isimli çalışmasında 4 farklı raylı sistem güzergâh alternatifini Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve CBS kapsamında karşılaştırmakta ve en uygun güzergâhı tespit etmeye çalışmaktadır. Teknik yapılabirlik ve fizibilite karşılaştırmalarının yanı sıra, yolculuk üretim ve çekim noktalarına olan mesafeleri de kriter olarak analizlerde kullanılmaktadır.

HORNER (2001); “A GIS-based planning approach to locating urban rail terminals” adlı yayınında kent içi raylı sistem istasyonları yakınında tesis edilebilecek ‘park et

devam et' konseptli otoparkların olabilirliğini araştırmaktadır. CBS tabanlı analizlerde temel kriterler ulaşılabilirlik ve diğer ulaşım sistemlerine entegrasyon olarak belirlenmiştir.

JHA, SCHONFELD, ve SAMANTA (2007); "Optimizing Rail Transit Routes with Genetic Algorithms and Geographic Information System" isimli çalışmalarında raylı sistem güzergâh alternatiflerinin çok fazla sayıda olduğu ve bunun CBS bazlı analizlerle azaltılması hatta mümkünse tek bir seçeneğe indirilmesi gerektiğini savunmaktadırlar. Konut bölgeleri, hanehalkı karakteristikleri, nüfus, demografik yapı, toplu taşıma istasyon noktaları, yolculuk süreleri, yolculuk talepleri vb. pek çok kriterden yola çıkarak en iyi alternatifin nasıl seçilmesi gerektiğine dair bir model önermektedirler. Bunlara ek olarak; hem yolcu hem de inşa ve işletme firması açısından maliyet analizleri de yapılmakta ve optimum güzergâh bulunmaya çalışılmaktadır.

GALLO, MONTELLA, ve D'ACIERNO (2011); "The transit network design problem with elastic demand and internalisation of external costs: An application to rail frequency optimisation" isimli makalelerinde yolculuk taleplerindeki değişken yapıya göre toplu taşıma seferlerinin birbirleriyle entegre şekilde nasıl düzenlenmesi gerektiği konusunda bilgi vermektedirler.

LOO, CHEN ve CHAN (2010); "Rail-based transit-oriented development: Lessons from New York City and Hong Kong" isimli makalelerinde, son yıllarda otomobil bağımlılığının azaltılması ve insanların toplu taşımaya yönlendirilmesi hususlarını destekleyici önlemlerin nasıl alınabileceğine örnekler vermektedirler. Arazi kullanım, istasyon karakteristikleri, sosyo-ekonomik ve demografik yapı gibi faktörlerin iyi tahlil edilmesi neticesinde raylı sistem kullananların sayısının artırılabilirliğini ifade etmektedirler.

MARTIN ve GREENWOOD (2012); "High Speed Rail Alignment Generation and Optimization Using GIS" isimli yayınlarında, Coğrafı Bilgi Sistemleri tabanlı analizlerle yüksek hızlı tren güzergâhlarının çok daha hızlı ve çok daha düşük maliyetli olarak planlanabileceğini belirtmektedirler. Bu değerlendirmelerde fizik, ve beşeri coğrafyaya ait çeşitli faktörler kullanılmaktadır.

BRUNNER, KIM, ve YAMASHITA, (2011); “Analytic Hierarchy Process and Geographic Information Systems to Identify Optimal Transit Alignments” isimli çalışmalarında teknik, sosyal, ekonomik ve çevresel faktörleri bir araya getirerek CBS tabanlı Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle değerlendirmekte ve optimum toplu taşıma güzergâhının bulunmasında kullanmaktadırlar.

ZHONGZHEN ve HAYASHI (2002); “GIS-based analysis of railway's origin/destination path-selecting behavior” isimli makalelerinde mikro simülasyon yöntemiyle büyük şehirlerdeki raylı sistemlerin başlangıç ve bitiş noktalarının nerelerde olması ve güzergâhın hangi bölgelerden geçmesi gerektiğini bulmaya çalışmaktadırlar. Çok yüksek detay seviyesinde, bina ölçeğine kadar inerek gerçekleştirdikleri analizlerde, her binanın yürüme mesafelerini sisteme işlemekte ve optimum istasyon bölgelerini ve güzergâhı bulmaya çalışmaktadırlar.

BRUNNER (2010); “The integration of multiple criteria decision making (MCDM) and geographic information system (GIS) for transit planning in Honolulu” isimli doktora tez çalışmasında, raylı toplu taşıma güzergâhlarının belirlenmesi ve istasyon yer seçimleri için kullanılacak farklı yöntemleri karşılaştırmaktadırlar. Yerleşim alanlarına yürüme mesafesindeki alanlarda gerçekleştirilen analizlerde demografik, sosyal ve çevresel faktörler göz önüne alınmıştır. Ayrıca yerel halk ile yapılan anketler de mekânsal verilerle eşleştirilerek analizlere dâhil edilmiştir.

MOHAJERI ve AMIN (2010); “Railway station site selection using analytical hierarchy process and data envelopment analysis” adlı makalelerinde, İran’ın bir şehrini örnek çalışma alanı olarak seçmiş ve raylı sistem istasyon yer seçim kriterlerini belirleyerek çok kriterli karar verme sistemlerinde kullanmışlardır. 4 aşamalı analitik hiyerarşi yönteminde raylı sistem, yolcu hizmetleri, mimari, şehirleşme ve ekonomik göstergeler göz önüne alınarak en uygun yer seçimi gerçekleştirilmiştir.

WATERS (2001); “Modeling the Environment with GIS: A Historical Perspective from Geography” isimli çalışmasında, Coğrafi Bilgi Sistemleri’nin Coğrafya alanında kullanımına yönelik alanlarını anlatmıştır. Özellikle fiziki ve beşeri

coğrafyanın birbirine nasıl entegre edilebileceğini ve aslında her şeyin mekâna bağlı olduğunu vurgulamaktadır.

MILLER ve WU (2000); “GIS Software for Measuring Space-Time Accessibility in Transportation Planning and Analysis” olarak adlandırdıkları makalelerinde ulaşım planlamasında genelde olaylara mühendislik perspektifinden bakıldığını fakat kullanıcı odaklı erişilebilirlik hesaplarının yeteri kadar yapılmadan hayata geçirildiğini bir sorun olarak algılamakta ve zaman-mekân ilişkilerini CBS açısından ele alarak bu konuya çözümler önermektedir.

ÜLENGİN v.d. (2010); “A problem-structuring model for analyzing transportation–environment relationships” isimli makalelerinde karar vericilerin coğrafi bilgi sistemlerinden ne kadar faydalandıklarını sorgulamaktadırlar. Bu teknoloji sayesinde toplum, ekonomi ve enerji alanlarının ulaşım ile ilişkileri tespit edilip yatırımların yönlendirilmesinin daha sağlıklı sonuçlar verebileceğini belirtmektedirler.

ZHANG (2007); “Economic geography and transportation conditions with endogenous time distribution amongst work, travel, and leisure” isimli çalışmasında ulaşımın ekonomik büyümeye ve coğrafyaya etkilerini araştırmaktadır. Konuyu seyahat süreleri, arazi kullanımlar, maliyet vb. konular üzerinden ele almaktadır. Çalışma ulaşım ve kentsel ekonomi ilişkisini çok detaylı şekilde ele almaktadır.

CHEN v.d. (2011); “Multi-scale and multi-modal GIS-T data model” adlı çalışmalarında kent içi ulaşım sistemlerinin demografik ve ekonomik yapıya çok ciddi etkilerinin olduğunu belirtmektedirler. Tüm toplu ulaşım sistemleri arasında entegrasyon olmadan tam bir çözümün mümkün olmayacağını ve bu entegrasyonun da Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı analizlerle, hem sayısal hem de sözel verileri bir arada değerlendirerek mümkün olduğunu anlatmaktadırlar. Konuya hem karar vericiler, hem ulaşım planlamacıları hem de sistemi kullanacak kişilerin gözünden yaklaşmaktadırlar.

GOODCHILD (2000); “GIS and Transportation: Status and Challenges” isimli yayınında ulaşım odaklı CBS çalışmalarını 3 aşamada ele almaktadır. Harita

görünümü, navigasyon görünümü ve davranışsal görünüm. Her aşamayı ayrı ayrı ele almış ve ulaşım planlamasının zaman, mekân ve ölçek bazlı değerlendirmelerini gerçekleştirmiştir.

SHAW ve XIN (2003); "GIS and Transportation: Status and Challenges isimli makalede arazi kullanım fonksiyonları ile ulaşımın arasında karmaşık bir etkileşimin olduğunu vurgulamaktadırlar. Geçmiş yıllarda önerilen modelleri incelemiş ve zaman-mekânsal yeni bir model önermiştir. Kullanıcı odaklı ve ölçekli olan bu model geçmişten gelen veriler ışığında geleceğe yönelik öngörüler ve öneriler sunmaktadır.

BROWN ve AFFUM (2002); "A GIS-based environmental modelling system for transportation planners" isimli yayınlarında TRAEMS adını verdikleri CBS tabanlı bir çevresel modelleme yapısını ele almaktadırlar. Bu modelin ulaşım plancılarına yararlı olacağını ve yaptıkları planların çevresel etkilerini daha iyi değerlendirebileceklerini savunmaktadır. Modelde; farklı ulaşım alternatifleri bir arada değerlendirilebilmekte ve en uygun alternatif bulunabilmektedir.

AHMED ve MILLER (2007); "Time-space transformations of geographic space for exploring, analyzing and visualizing transportation systems" isimli makalelerinde ulaşım sistemlerinin 2 farklı düzlemde olduğunu savunmaktadırlar. Bunlardan birisi var olan ve görünen coğrafi mekânlar, diğeri ise 1960'lerden ve 1970'lerden bu yana gerçekleşen ulaşım sistemindeki değişimleri Coğrafi Bilgi Teknolojileri ile ele alan zaman-mekân odaklı bir düzlem.

BERESFORD ve BACON (2006); "Intelligent transportation systems" isimli makalelerinde devam etmekte olan 10 adet akıllı ulaşım sistemi projesini mercek altına almaktadırlar. Bunlardan bazılarını araç bazlı istatistikler çerçevesinde, bazılarını sürücü bazlı, bazılarını raylı sistem bazlı, bazılarını da yolcu bazlı olarak değerlendirmişlerdir.

BEHAN v.d. (2008); " Smart growth strategies, transportation and urban sprawl: simulated futures for Hamilton, Ontario" isimli makalelerinde öncelikle Kuzey Amerika şehirlerinde son yıllarda meydana gelen önemli değişimleri ele

almaktadırlar. Önceden yerleşim için hiç uygun olmayan şehir merkezi dışındaki alanların, gelişen ulaşım sistemleri ve desantralizasyon sebebiyle bugün ne kadar geliştiklerini incelemektedirler. CBS tabanlı olan ve IMULATE ismini verdikleri simülasyon yazılımını kullanarak, 2031 yılına yönelik ulaşım ve arazi kullanım yapılarını tahmin etmeye çalışmaktadırlar.

ÇETİN ve LIST (2006); “Integrated modeling of information and physical flows in transportation systems” isimli makalelerinde ulaşım sistemlerine yönelik modellemelerin sistemde hareket eden araç vb. bileşenlerin davranışları incelenmeden anlaşılardan yapılmaması gerektiğini savunmaktadırlar. Trafik akışlarını tahminleyebilmek için bu verilerin bilgi teknolojilerini kullanan platformlarda değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadırlar.

BLACK, PAEZ ve SUTHANAYA (2002); “Sustainable Urban Transportation: Performance Indicators and Some Analytical Approaches” isimli yayınlarında yerel yönetimlerin Sürdürülebilir Ulaşım konseptini Avustralya’daki bazı uygulamalar üzerinden incelemektedirler. Bu konuda geçmişten bu yana çok sayıda çalışma yapıldığını fakat yeteri kadar gelişme sağlanmadığını ve uygulama için gerekli analitik modellerin yetersiz olduğunu belirtmektedirler. Mekânsal sorgulamalar içeren ve istatistiklere dayalı regresyon analizlerini kullanan CBS tabanlı bir model önermektedirler.

XIE ve LEVINSON (2009); “Modeling the Growth of Transportation Networks: A Comprehensive Review” adlı makalelerinde öncelikli olarak ulaşım ağlarının son 50 yıldaki değişimlerini ve gelişimlerini ele almaktadırlar. Bu incelemeyi; ulaşım coğrafyasındaki mekânsal ağ gelişimini, trafik akışlarını ve ulaşım planlamasını istatistik tabanlı ekonomik analizlerle ele alarak gerçekleştirmektedirler. Geleceğe yönelik ulaşım ağlarının, geçmişten çıkarılacak sonuçlara dayalı olarak planlanması gerektiğini savunmaktadırlar.

JAKIMAVICIUS ve BURINSKIENE (2009); “A GIS and Multi-Criteria-Based Analysis and Ranking of Transportation Zones of Vilnius City” isimli çalışmalarında örnek çalışma alanı olarak seçtikleri Vilnius şehrinde CBS tabanlı ve çok faktörlü

erişilebilirlik analizleri gerçekleştirmekte ve sorunlu bölgeleri tespit ederek çözüm önerileri getirmektedirler. Konuyu, ulaşım sistemlerinin hem erişim mesafesi hem de yayalar tarafından erişim süresi açısından ele almaktadırlar.

HESS, MOUDON ve LOGSDON (2001); “Measuring Land Use Patterns for Transportation Research” isimli yayınlarında temel olarak ulaşım ağları ile arazi kullanım ve nüfus yoğunluğu verilerinin birbiriyle ilişkisini ortaya koymaktadırlar. Parsel bazlı olarak gerçekleştirdikleri CBS tabanlı analizler ile ulaşım koridorları etrafındaki yapıları incelemekte ve sonuçları sunmaktadırlar.

TREPAINER, CHAPLEAU, ve MORENCY (2008); “Tools and Methods for a Transportation Household Survey” adını verdikleri makalelerinde, ulaşım odaklı hanehalkı anket sonuçlarının mekâna bağlı olarak değerlendirilmesi için Coğrafi Bilgi Teknolojilerinden istifade edilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar. Anketlerin hazırlanmasından sonuç analizlerinin gerçekleştirilmesine kadar geçen tüm süreçleri detaylı bir şekilde anlatmaktadırlar.

JEANSONNE ve KAPAVIK (2003); “Case Study: Site Selection of Multibillion Dollar Multimodal Transportation Center” isimli çalışmalarında çok fonksiyonlu bir ulaşım transfer merkezi için gerçekleştirilen en uygun yer seçim analizleri anlatılmaktadır. Çok Kriterli Karar Verme Sistemlerinde kullanılmak üzere 20 faktör belirlenmiş ve 50 alternatif lokasyon karşılaştırılarak en uygun yer tespit edilmiştir.

HEARNE (2005); “Developing a "Smart" Regional Geospatial Database for Transportation” isimli konferans bildirisinde Tennessee’de gerçekleştirilen toplu ulaşım yolcu sayısını artırmaya yönelik bazı çalışmalardan bahsetmiştir. Akıllı ulaşım altyapısının kullanıldığı sistemde, ulaşım ile ilgili tüm birimlerden gelen tüm veriler bir arada değerlendirilmekte ve ulaşım plancılarına çok önemli bilgiler vermektedirler.

KOZIOL v.d. (2008); “Transportation Planning Research with Integrated Remote Sensing and GIS” isimli bildiride, ulaşım planlama süreçlerinin geliştirilmesinde ve projelerin gerçekleştirme sürelerinin kısaltmasında CBS ve Uzaktan Algılama

teknolojilerinin kullanımının faydalı olduğunu ileri sürmektedirler. Michigan şehrinde ulaşım altyapısına etki eden pek çok faktör üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmaları anlatmaktadırlar.

HARMET ve SAGAMI (2010); “Using GIS in a Large-Scale Transportation Planning Study” ismini verdikleri çalışmalarında Illinois eyaletinde gerçekleştirdikleri CBS tabanlı toplu taşıma optimizasyonu çalışmalarını anlatmaktadırlar. Bu kadar geniş kapsamlı, büyük ölçekli ve çok sayıda faktörün ele alındığı bir projede, Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin ne tür faydalar sağladığını göstermektedirler.

YAO (2007); “Where are public transit needed: Examining potential demand for public transit for commuting trips” isimli makalesinde toplu taşıma güzergâhlarının belirlenmesinde yolculuk talep tahminlerinin nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğini tarif etmektedir. Atlanta’da CBS tabanlı Trafik Analiz Bölgeleri üzerinde gerçekleştirilen uygulamalarda öncelikle mevcut durumu anlamaya yönelik analizler gerçekleştirilmiş, ardından da geleceğe yönelik nüfus, yolculuk sayısı ve kentsel gelişim tahminleri üzerinden yeni toplu taşıma sistemlerinin nerelerde olması gerektiği yönünde öneriler getirilmiştir.

SMITH ve WOODSONG (2005); “Beyond Maps: GIS Support of Transit-Oriented Development Planning” isimli çalışmalarında toplu ulaşım odaklı kentsel gelişim senaryolarının değerlendirilmesi sürecinde CBS platformlarının nasıl kullanılabileceğini anlatmaktadırlar.

HWANG v.d. (2006); “Applications of GIS for the Public Mass Transit Planning” isimli bildirilerinde Kore’nin Seul şehrinde giderek artan trafik sıkışıklıklarına dikkat çekmekte ve özel araç bağımlılığının nasıl azaltılıp toplu ulaşım kullanımının nasıl artırılacağına yönelik öneriler getirmektedirler. Yolcu bazında yolculuk takibi yapılan CBS tabanlı sistemlerinde, hangi toplu taşıma türlerinin hangi oranda kullanıldıklarına yönelik sayımlardan yola çıkarak, toplu ulaşım servis ağına yönelik düzenlemeler getirmektedirler.

SMITH ve DINAN (2003); “Developing Transportation Models Utilizing Geographic Information Systems” isimli konferans bildirilerinde çalışma alanı olarak seçtikleri Georgia’da tüm bölgelere ait toplu ulaşım ağlarını birbirine bağlayacak ve bölgesel ulaşım sürekliliğini sağlayacak bir modeli anlatmaktadırlar. Mekânsal analizlere ve yolculuk eğilimlerine bağlı gerçekleştirilen CBS tabanlı analizler sonucunda, hizmet eksikliği bulunan ya da yolcu potansiyeli olan alanlara yönelik toplu ulaşım optimizasyonu önerileri verilmektedir.

EKİNCİ ve ÖZŞAHİN (2010); “Geovisualization: A Tool for Teaching Geomorphology” isimli yayınlarında coğrafi görselleştirmenin son yıllarda çok popüler hale geldiğini ve jeomorfoloji alanında çalışan pek çok bilim adamının arazi çalışmalarında, veri analizlerinde, mekânsal karar verme süreçlerinde, eğitimde vb. alanlarda bu teknolojiyi kullanıldığını belirtmektedirler. Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı görselleştirme yöntemlerinin gelişim sürecini ele alıp, jeomorfoloji alanında hem eğitim hem de proje uygulama süreçlerinde neler yapılabileceği ile ilgili öneriler getirmektedirler.

DARKOT (1938) ; tarafından kaleme alınıp İslam Ansiklopedisi’nde yayınlanan “İstanbul” maddesi şehir coğrafyası adına yapılan ilk çalışma niteliğindedir. DARKOT bu çalışmada kenti bütünüyle ele almış ve şehir coğrafyası açısından incelemiştir.

TÜMERTEKİN (1967); İstanbul ile ilgili “İstanbul’un İş Merkezi Sahaları” isimli araştırmasında kentin merkezi iş alanlarının gelişimi ve bunların dünyanın diğer önemli kentleri ile karşılaştırılması konusunda önemli bilgiler vermektedir.

TÜMERTEKİN (1970) “İstanbul Şehri ve Çevresinde Sanayi: Özellikler ve Dağılışı” isimli çalışmada kent ve çevresindeki sanayi faaliyetlerinin özellikleri ve dağılışı ile kent içindeki sanayi sahaları ve kolları hakkında bilgiler vermiştir. Aynı zamanda bu faaliyetlerin kente olan etkisi üzerinde durmuştur.

EKİNCİ ve AKKAYA (2013); “Ecological Analysis of the Water Draining Project from Sea to the Golden Horn (Marmara Sea, Turkey)” adını verdikleri çalışmalarında

öncelikle Alibeyköy ve Kâğıthane derelerinden gelen sular ile İstanbul Boğazından gelen deniz suyunun birleştiği Haliç'te yakın geçmişte yaşanan kirliliğe dikkat çekmektedirler. Bu sorunun çözümüne yönelik olarak gerçekleştirilen Haliç Çevre Koruma Projesi'nin nasıl başarıya ulaştığını ve bugün Haliç'in nasıl bu kadar temiz hale geldiğini aşamalarıyla açıklamaktadırlar. Haliç'e gelen atık suların girişinin nasıl önlendiğini ve arıtma tesislerine iletilindiğini açıkladıkları çalışmalarında, Haliç'in zaman içinde birikmiş olan çamurunun taranarak, uygun bir alanda toplandığını da belirtmektedirler. Son olarak ta Haliç'e denizden temiz su verilerek akıntı olması sağlanmış ve sürekli temiz kalması mümkün kılınmıştır.

ERTİN (1993); tarafından İstanbul kenti için de son derece önemli olan TEM otoyolunun mekâna olan etkisi "Karayollarının Mekâna Etkisi Üzerine (TEM Otoyolu Kınalı -Gebze Kesimi)" isimli çalışmada araştırılmıştır.

TÜMERTEKİN (1997); "İstanbul İnsan ve Mekân" isimli eserinde 1960'lardan itibaren yapmış olduğu kent ile ilgili çalışmaları güncelleyerek yayınlamıştır. Kentin merkezi iş alanları, sanayi faaliyetleri ve nüfus özellikleri ile bunların mekân üzerinde etkileri üzerinde durulmuştur.

ÖZŞAHİN (2009); "Marmara Denizi Havzası Deltaları" isimli doktora tez çalışmasında Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Marmara Denizi Havzası'nın deltalarının belirlenip, tanıtılmasına yönelik araştırmalar gerçekleştirmiştir. Çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin kullanıldığı çalışmada, sadece denizel deltalar değil gölsel deltalarda incelenmiştir. Bu bilgiler arazi ekskursiyonları ile irdelenmiş ve doğrulanmıştır.

İLZE (2013); "İzmit Körfezi Havzası'nın Jeomorfolojisi" isimli çalışmasında, Marmara Bölgesi'nde aktif tektonik kuşak olan Kuzey Anadolu Fay Hattı'nın üzerinde yer alan İzmit Körfezi Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerini çok detaylı bir şekilde ele almaktadır. Çalışma sahasındaki ana yer şekillerini sınıflandırmakta ve farklı seviyelerde farklı aşınım dönemlerine ait aşınım yüzeyleri, taraçalar, akarsu vadilerindeki eğim kırıklıkları çoklu döngüye işaret eden başlıca işaretleri incelemektedir.

EKİNCİ ve ÖZŞAHİN (2014); “How was the Anatolian Side of Istanbul Formed? A Geomorphologic Assessment (NW Turkey)” isimli makalelerinde İstanbul’un Anadolu Yakası’nın jeomorfolojik açıdan gelişimini ele almaktadırlar. Çalışmada 1:25.000 ölçekli topografya haritaları, farklı ölçeklerde ve kapsamlarda jeolojik veriler ile başka araştırmacıların bugüne kadar gerçekleştirdikleri araştırmalar altlık olarak kullanılmış ve Coğrafi Bilgi Sistemleri platformunda bir araya getirilerek gerekli görselleştirmeler, analizler, sorgulamalar ve sentez çalışmaları tamamlanmıştır.

AK (2010); “Kayışdağ ve Çevresinin Jeomorfolojisi” isimli doktora tez çalışmasında, Marmara Bölgesinde Kocaeli yarımadası üzerinde yer alan Kayış Dağı'nın jeomorfolojik özelliklerinin incelemektedir. Çalışmada konum, jeoloji, iklim, zemin örtüsü özellikleri, toprak, hidrografya ve insan gibi başlıca faktörler ile jeomorfolojik özellikler Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak araştırılmıştır.

TELLİ (2010); “İstanbul Adalarının Jeomorfolojisi” adını verdiği yüksek lisans tezinde, İstanbul Adaları'nın jeomorfolojik özelliklerini çok detaylı bir şekilde ele almaktadır. İnceleme sahasında şekillenmenin ana çizgilerini tektonik hareketler meydana getirdiğini ifade etmekte ve ortaya çıkan polisiklik topografyadan bahsetmektedir. Elde edilen bulguları harita, grafik, fotoğraf ve yazı ile ortaya koymaktadır.

EKİNCİ ve KURT (2014); “Marmara Denizi Güney Kıyılarında Tektonik Aktivite İzleri Hakkında Genel Bir Değerlendirme” isimli makalelerinde Türkiye’nin en aktif tektonik yapılarından Kuzey Anadolu Fay hattının etki alanında bulunan ve son yıllarda meydana gelen büyük depremlerle ilgi odağı haline gelen Marmara Denizinin önemli aktif tektonik sahalardan biri olduğunu vurgulamaktadırlar. Gelecekte kayıp ve hasarlara yol açabilecek depremler için alınabilecek önlemler açısından, Marmara Denizi kıyılarındaki tektonik aktivite izlerinin bilinmesine ve izlenmesine katkıda bulunmak amacıyla bugüne kadar bu kapsamda gerçekleştirdikleri araştırmalarını paylaşmışlardır.

ÖZŞAHİN (2013); “İstanbul İlinin Anadolu Yakasının Jeomorfolojik Özellikleri” adını verdiği doktora tez çalışmasında tamamen yeni tektonik dönemde gelişmiş etken ve süreçlerin sonucunda oluşmuş olan İstanbul’un Anadolu yakasının jeomorfolojik özelliklerini açıklamaktadır. Çalışma haritalarının oluşturulduğu ve harita analizlerinin gerçekleştirildiği kısımda, Coğrafi Bilgi Teknolojilerinden yararlanmıştır. Çalışma sonunda, birbirinden farklı çok çeşitli yer şekilleri ile çok devreli özellikler gösteren ve bu bakımdan değişik morfolojik gelişim ile farklı etmen ve süreçlerin eseri olan inceleme sahasının uzun ve kesintili bir süreç yaşamış topografyaya sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır.

EKİNCİ, ÖZŞAHİN ve ÖZDER (2010); “Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Uzaktan Algılama Teknolojileri Yardımıyla Antakya Şehrinin Jeomorfolojik Haritasının Oluşturulması” isimli çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama temelli yaklaşımlarla Antakya’nın jeomorfolojik özelliklerini belirlemiş ve haritalandırmışlardır. 1/25.000 ölçekli topografya paftalarından, hava fotoğraflarından, uydu görüntülerinden ve bu verileri işledikleri yazılımlardan istifade etmişlerdir. Elde ettikleri haritaları arazi ekskursiyonları ile değerlendirmiş ve doğruluk tespitini gerçekleştirmişlerdir.

YALÇINKAYA (2013); “İnsanın Çevre Üzerindeki Etkisi: İstanbul Örneği” isimli yüksek lisans tez çalışmasında İstanbul’da insan ve çevre ilişkilerini değerlendirmektedir. Öncelikle İstanbul’da insanın çevre üzerinde değiştirici rolünün geçmişten günümüze kadar geçirdiği aşamalar üzerinde durmuş, nüfus artış sürecinin zaman içinde aldığı yol ve buna bağlı olarak kentsel gelişim sürecini ele almış ve insanın çevre ve şehir üzerindeki değiştirici etkisine örnekler vermiştir.

1.BÖLÜM: RAYLI SİSTEM GÜZERGÂH TASARIMI

Raylı sistem tasarımında en önemli aşama güzergâh tasarımıdır. Öncelikle ulaşım etüdü yapılarak toplu taşımaya ihtiyaç duyan bölgeler seçilir, daha sonra bu bölgelere hizmet edecek bir güzergâh araştırmasına başlanır ve yolculuk talebinin yüksek olduğu bölgeler öncelikli olmak üzere genel hatlarıyla istasyon yer seçimleri gerçekleştirilir. İstasyon yerleri yaklaşık olarak belli olduktan sonra bu istasyonları birbirine bağlayacak güzergâh tasarımı üzerinde yoğunlaşılır.

Toplu ulaşım ihtiyacı olan bölgelere ne tür bir ulaşım sistemi götürüleceği de önemlidir. Bazı bölgelerde hiç raylı sisteme gerek kalmadan sorun otobüs, minibüs vb. karasal toplu taşımacılık türleri ile çözülebilir. Eğer kara trafiği çok yoğunsa ve karasal çözümler sorunu çözemeyecekse, o bölgede bir Hızlı Toplu Taşıma Teknolojisinin uygulanmasından söz edilebilir. Bu aşamada, bölgeye ne tür bir teknoloji götürüleceğine doğru şekilde karar verilmelidir. Mevcut teknolojiler arasından birinin seçilmesi ve ilerleyen aşamalarda çalışmaları bu teknolojiye yönelik olarak yapılması gerekmektedir.

Farklı karakteristiklere sahip bölgeler için yerel çözümler geliştirilebilir ve farklı toplu taşıma sistemleri uygulanabilir. Zaten İstanbul'un bütünü için de tek bir toplu taşıma sisteminin uygulanması mümkün değildir. Büyük resme bakılarak bir önceki bölümde adı geçen tüm ulaşım sistemlerinin bir arada değerlendirilmesi ve genel bir çözüm üretilmesi gerekmektedir. Fakat bütün ulaşım sistemlerini kapsayacak bu denklemde, raylı sistemlere daha fazla ağırlık verilmesi gerektiği aşikârdır.

Ulaşım yatırımları değerlendirme sürecinde ülkeden ülkeye, hatta ülke içinde bölgeden bölgeye ve uygulayan kişiden kişiye göre değişen pek çok yöntem uygulanmaktadır. Fakat bunlar içinde yaygın kabul gören iki yöntem 'Çok Kriterli Karar Verme Sistemleri' ve 'Fayda Maliyet Analizi' olarak karşımıza çıkmaktadır. Fayda Maliyet analizi konuyu daha çok kapitalist bir bakış açısıyla ele alır ve kentsel yapı, silüet, tarihi doku vb. bileşenleri hemen hemen tamamen göz ardı eder. Konuya; şu iş kalemi için bu kadar yatırım yapılacak, şu kadar kişi bu sistemi kullanacak ve oradan da bu kadar gelir sağlanacak tarzında yaklaşır. Fizibilite

hesapları elbette çok dikkatli şekilde gerçekleştirilmelidir, fakat halka hizmet amacıyla gerçekleştirilen projelerde parasal olarak ifade edilemeyecek pek çok diğer faktör de dikkate alınmalıdır. Bu sebeplerden ötürü, raylı sistem güzergâh tasarımı yapılırken konunun bütün açılardan değerlendirilebilmesi amacıyla "Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemlerinden" istifade edilmesine karar verilmiştir. Bu metot, hem sayısal olarak ifade edilebilen hem de edilemeyen faktörlerin bir arada değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Raylı sistem gibi yüksek maliyetli ve şehrin gelişimini etkileyecek derecede önemli projeler gerçekleştirilmeden önce, bu süreçten etkilenecek toplumun bütün fertleri açısından çok iyi değerlendirilmelidir. Bu sürece dâhil edilmesi gereken pek çok faktörün göz önüne alınması gerekmektedir. Fakat bu faktörlerin neler olması gerektiği ve önem dereceleri bu sistemin aktörlerinin kim olduğuna göre değişecektir. Sistemi kullanacak olan yolcuların öncelikleri ile sistemi kuracak olan yöneticilerin ve işletmecilerin öncelikleri farklılıklar gösterecektir. İşte bu nedenle bu tip çalışmaların akademik bir bakış açısıyla ve tarafsız olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak her kesimin çıkarları ortak bir paydada buluşturulmalıdır. Fakat bunun netice itibarıyla bir kamu hizmeti olduğu hiç bir zaman unutulmamalı ve öncelikler belirlenirken bu perspektiften ele alınmalıdır. Hangi tür raylı sistem teknolojisinin hangi güzergâhtan geçirilmesi gerektiği ile ilgili araştırmalar yapılırken fayda maliyet, kapasite, hız vb. hesaplara ek olarak tüm fiziki, beşeri ve ekonomik coğrafya kriterlerini de göz önüne almak gerekmektedir.

Bu çalışmada, çok kriterli karar vermede kullanılan yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) esas alınmıştır. Bu yöntem hem basit hem esnek hem de karmaşık durumlarda anlamlı sonuçlar alınmasını sağlayacak kadar sağlam yapıdadır. Bu ÇKKV yöntemi çok farklı alanlarda çok farklı amaçlarda uzun yıllardır zaten kullanılmaktadır. Toplu taşımada ve güzergâh seçiminde bu kadar geniş kapsamlı kullanımı ise son yıllara dayanmaktadır. En önemli avantajı; farklı bakış açılarından çıkmış faktörleri bir arada karşılaştırmalı olarak değerlendirerek son kullanıcıya en uygun sonuçları sunabilmesidir.

AHP sayesinde probleme ilişkin temel hedef, kriterler, öznitelikler, alt kriterler ve alternatifler arasındaki ilişki hiyerarşik bir yapıda modellenir. Bu yaklaşımın en önemli özelliklerinden birisi gerek nesnel, gerekse öznel düşüncelerin karar verme sürecine dâhil edilmelerine olanak sağlamasıdır. AHP ile bilgi, deneyim, bireyin öznel düşünceleri ve önsüzleri belirli bir mantık çerçevesinde bir araya getirilir. AHP ile kişilerin, nasıl karar vermeleri gerektiği konusunda bir yöntem kullanmaya zorunlu olmak yerine, kendi karar verme sistematüğını kavrayıp bu şekilde daha iyi kararlar vermeleri amaçlanır (AKAD ve GEDİZLİOĞLU, 2007).

Raylı sistem güzergâh seçimi ile birlikte, o güzergâhta hangi raylı sistem teknolojisinin işletileceğine karar vermek te önemlidir. Raylı sistemlerin de kendi içinde değişik teknoloji alternatifleri bulunmaktadır ve raylı sisteme karar verilen bir güzergâhta hangi teknolojinin kullanılacağıının belirlenmesi de yine karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi gereken bir konudur. Çünkü farklı teknolojiler farklı hizmetler sunmakta ve farklı gereksinimler duymaktadırlar. Raylı sistem türleri hakkında detaylı bilgi ve karar sürecinde değerlendirilmesi gereken ana kriterler aşağıda verilmiştir.

1.1. Şehir İçi Raylı Sistem Türleri

19. yüzyılın sonlarından bu yana; New York, Londra ve Paris gibi büyük şehirlerde daha hızlı ve daha verimli bir toplu taşıma için gittikçe artan talebi karşılamak üzere çeşitli hızlı toplu taşıma teknolojileri geliştirilmiştir. Son 20 yılda, durmadan artan yolculuk taleplerini karşılamak amacıyla mevcut alternatif teknolojilerin sayısı önemli ölçüde artmıştır. Seçilecek bir çalışma alanında hangi raylı sistem türünün uygulanması gerektiğine karar verme sürecinde pek çok farklı faktör dikkate alınmakta ve hepsi bir arada değerlendirilerek karar verilmektedir (İSTANBUL ULAŞIM AŞ, 2014). Ana kriterler aşağıda verilmiştir:

1. Yolculuk taleplerine göre şekillenen Sistem Kapasitesi
2. İşletme Hızı
3. Topografya
4. Lokomotif Bağı Vagon Sayısı
5. Yatay Kurb Büyüklükleri

6. Sinyal Sistemi
7. Karayolu ile Kesişme Oranı
8. İstasyon Bölgelerindeki Platform Uzunlukları
9. İstasyonlar Arası Mesafe
10. Düşey Eğimler
11. Sefer Sıklığı

İstanbul Ulaşım A.Ş. Proje Müdürlüğü tarafından hazırlanan hizmete özel raporlarda, önemli raylı sistem türleri 6 sınıfa ayrılmış ve her biri için aşağıda verilen detaylı tanımlamalar getirilmiştir.

- a) Metro veya Ağır Raylı Toplu Taşıma
- b) Hafif Metro
- c) Tramvay- Cadde Tramvayı
- d) Lastik Tekerlekli Tramvay (LTT)
- e) Monoray
- f) AGT (Automated Guideway Transit)

Özellikle hizmet düzeyi bakımından en uygun teknolojinin belirlenmesinde, mevcut koridor talebi göz önünde tutulmalıdır. Yukarıda adı geçen 6 şehir içi raylı sistem teknolojisine ait detaylı ve teknik açıklamalar aşağıda verilmiştir.

- a) Ağır Metro:

Ağır metro teknolojisi saatte tek yönde 35.000'den fazla kesit yolcu talebi olduğu durumlarda değerlendirilen bir sistemdir. Bu teknoloji genel olarak araç ve insan erişimine kapalı bir yapıdadır. Çoğunlukla yer altında olmakla birlikte, hemzemin veya viyadük şeklinde imal edildiği örnekleri de mevcuttur. Metro sisteminin servis sıklığını dolayısıyla kapasitesini artırmak amacıyla sinyalizasyon sistemleri geliştirilerek uygulanabilir. Sinyalizasyon sistemi aracılığıyla, kumanda merkezi ile trenler arasında karşılıklı bilgi iletişim ortamı oluşturularak trenlerin hızı, yeri, hızlanma ve durma ivmeleri, aralarındaki emniyetli mesafenin sağlanması, mesaj ve ses iletimi, kumanda merkezinden ve araç kabininden anons imkânı, telsiz kanalıyla iletişim, araç takip ve kumanda sistemi, gibi birçok komut uzaktan veya otomatik olarak sunulmaktadır (Tablo 4).

Tablo 4: Ağır Metro Teknolojisi için Teknik Kriterler

Azami yolcu kapasitesi	70.000 yolcu/saat/yön
Asgari servis aralığı	90sn
Azami Hız	80 km/sa
Ortalama işletme hızı	35-40 km/sa
Azami Eğim	% 5
Asgari kurb yarıçapı	300 m
Güç besleme	Rijit Katener veya 3.ray
Cer gücü	750DC,1500 DC
İşletme tipi	4'lü,6'lı,8'li,10'lu dizi olarak

M2 Yenikapı-Hacıosman (Fotoğraf 1) ve M4 Kadıköy – Kartal metroları ağır metro çeşidine örnek olarak gösterilebilir.



Fotoğraf 1: M2 Yenikapı - Hacıosman Metrosundan bir Görünüm
(İSTANBUL ULAŞIM AŞ, 2014)

b) Hafif Metro:

Yolculuk taleplerinin 15.000-35.000 yolcu/saat/yön olduğu durumlarda hafif raylı sistem teknolojisine başvurulmaktadır. Bu sistemin araçları tasarım olarak ağır ray araçlarına benzemekle birlikte araç ortasında körük bulunabilir ve bu sebeple daha küçük yarıçapları dönebilirler. 3'lü veya 4'lü diziler halinde işletilmektedirler. Buna göre hafif metro sistemlerinin istasyon peron uzunlukları 100 m'ye ulaşabilir. Hafif metrolar da tamamen erişim kontrollü sistemlerdir. Teknik ve fiziki olanaklar dâhilinde tünelde, viyadükte veya hemzemin olarak uygulandığı örnekleri bulunmaktadır. Hafif raylı sistem araçlarının metro araçlarından farklı olarak körük altına yerleştirilmiş 3. bojisi bulunmaktadır. Bu sayede metro araçlarına göre çok daha küçük yarıçapları dönebilmektedirler. Hafif Metro teknolojisi için teknik bazı kriterler aşağıda verilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5: Hafif Metro Teknolojisi için Teknik Kriterler

Azami yolcu kapasitesi	35.000 yolcu/saat/yön
Asgari servis aralığı	120sn
Azami Hız	80 km/sa
Ortalama işletme hızı	30-35 km/sa
Azami Eğim	% 5
Asgari kurb yarıçapı	50 m
Güç besleme	Rijit Katener veya 3.ray
Cer gücü	750DC
İşletme tipi	3'lü,4'lü dizi olarak

Kısmen yer altında tünelde, kısmen de yer üstünde giden M1 Aksaray-Havalimanı-Kirazlı hattı hafif metroya örnek olarak gösterilebilir (Fotoğraf 2).



Fotoğraf 2: Aksaray-Havalimanı-Kirazlı Metrosundan bir Görünüm
(İSTANBUL ULAŞIM AŞ, 2014)

c) Tramvay - Cadde Tramvayı:

Tramvay sistemi, metro ve hafif metroya göre daha düşük kapasitelidir. Saatte tek yönde 15.000 kesit kapasitesine kadar yolcu taşıyabilmektedir. Yolculuk talebine göre tekli veya 2'li dizi olarak işletilmektedir. Karayolu trafiğinden tamamen ayrılarak işletilebileceği gibi karayolu ile birlikte de işleyebilmektedir.

Tramvay araçları hattın ve istasyon platformlarının özelliklerine göre düşük veya yüksek tabanlı olarak üretilmektedir. Araç bünyesindeki körük sayesinde cari hatta 35 metre yarıçaplı kurbullardan bile dönebilme özeliğine sahiptir. Bu bakımdan şehir içi trafiğinde metroya göre oldukça esnek bir sistem alternatifidir. Genel olarak hemzemin olarak işletilmekle birlikte ana yol kavşaklarında hemzemin kesişmeleri önlemek için tünel veya viyadüğe alınabilmektedir. Kent içi topografyasının keskin olduğu yerlerde %7 eğim değerlerine tırmanabilmektedir. Çok gerekli olan bazı projelerde, uygulanabilecek ilave eklemelerle ve güçlendirmelerle tramvayın %12 eğim derecesine kadar tırmanması teknolojik olarak mümkündür fakat bu seçenek tasarımcılar tarafından genelde tercih edilmemektedir (Tablo 6).

Tablo 6: Tramvay Teknolojisi için Teknik Kriterler

Azami yolcu kapasitesi	15.000 yolcu/saat/yön
Asgari servis aralığı	120sn
Azami Hız	50 km/sa
Ortalama işletme hızı	20-25 km/sa
Azami Eğim	% 7 (max. %12)
Asgari kurb yarıçapı	35 m
Güç besleme	Katener
Cer gücü	600 DC, 750 DC
İşletme tipi	Tekli, 2'li dizi olarak

T1 Kabataş-Bağcılar (Fotoğraf 3) ve T4 Topkapı-Habibler hatları İstanbul'daki mevcut tramvay hatlarına örnek olarak gösterilebilir.



Fotoğraf 3: Kabataş – Bağcılar Tramvayından bir Görünüm
(İSTANBUL ULAŞIM AŞ, 2014)

d) Lastik Tekerlekli Tramvay (LTT):

Lastik tekerlekli tramvay, cadde tramvayından farklı olarak çelik tekerlek yerine lastik tekerlekle hareket etmektedir. Lastik tekerlekli tramvay, güzergâh üzerinde yer

alan mekanik veya optik bir kılavuz yardımıyla istenilen doğrultuyu takip etmektedir. Lastik tekerlekli tramvayın farklı enerji besleme tipleri bulunmaktadır. Dizel-hibrit motorlara sahip olan lastik tekerlekli tramvaylar olduğu gibi katener sisteminden beslenen örnekleri de mevcuttur. Cadde tramvayına göre daha düşük bir altyapı maliyeti ortaya çıkmaktadır. Ancak bununla birlikte en önemli avantajı %13'lere varan boyuna eğimlerde işletilebilmesidir. Ayrıca cadde tramvayına göre daha yüksek hızlanma ve yavaşlama ivmelerine sahiptir. Lastik tekerlekli tramvayın belli başlı diğer özellikleri ise şöyle sıralanabilir;

- Dönüş kabiliyeti cadde tramvayına göre daha fazladır.
- Bakım ve işletme maliyeti cadde tramvayına göre daha yüksektir.
- Cadde tramvayına göre daha hafif araçlara sahiptir.
- Kar yağışından etkilenme olasılığı, cadde tramvayına göre daha fazladır.
- Makas problemleri yoktur.

e) Havaray (Monoray) Sistemi:

Havaray sistemi değişik kullanım alanlarına sahip bir ulaştırma teknolojisi olarak ortaya çıkmaktadır. Bir kampüs içerisinde yapılacak nostaljik gezilerden, saatte tek yönde 35.000 kesit kapasitesi sunan sistemlere kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Sistem yükseltilmiş kılavuz kiriş/ray üzerinde çalışmaktadır. Temel olarak dört tip monoray sistemi bulunmaktadır. Bunlar;

- Kiriş üzerinde giden destekli (straddle)
- Kiriş altında giden askılı (suspended)
- Kablolar yardımıyla hareket eden (cable liner)
- Konsola tutunarak giden (cantilever-hybrid)

Dünya üzerinde yaygın olarak kullanılan ve yüksek yolcu kapasitesi sunan straddle tipi kiriş üzerinde giden havaraydır. Havaray araçlarda iki set tekerlek bulunmaktadır. Bu tekerlek gruplarından biri kılavuzlanmayı sağlarken diğer grup ise motordan gelen tahrikle ilerlemeyi sağlamaktadır. Taşıyıcı tekerlekler aracı

taşırlarken, kılavuz tekerlekleri aracın konforlu bir şekilde ilerlemesini sağlamaktadır. Araçların enerji beslemesi kirişlerin yan taraflarına tutturulmuş olan iletken raylar (3. ray) üzerinden sağlanmaktadır. Havaray teknolojisi için teknik bazı özellikler şöyle sıralanabilir (Tablo 7).

Tablo 7: Havaray Teknolojisi için Teknik Kriterler

Azami yolcu kapasitesi	35.000 yolcu/saat/yön
Asgari servis aralığı	120sn
Azami Hız	80 km/sa
Ortalama işletme hızı	30-35 km/sa
Azami Eğim	% 6-7
Asgari kurb yarıçapı	80 m
Güç besleme	3. ray
Cer gücü	600 DC, 750 DC, 1500 DC
İşletme tipi	Modüler olarak veya dizi olarak

İstanbul'da işletmede olan herhangi bir havaray hattı henüz mevcut değildir fakat İBB tarafından yapılan açıklamalara göre gelecekte gerçekleştirilmesi planlanan projeler arasında bu raylı sistem türü de bulunmaktadır. Aşağıda temsili bazı 3D görseller görülmektedir (Fotoğraf 4).



Fotoğraf 4: İstanbul'da Havaray Uygulamasına Yönelik 3 Boyutlu Ön Çalışmalar (İSTANBUL ULAŞIM, 2014)

f) AGT (Automated Guideway Transit) Sistemi:

AGT sistemi lastik tekerlekli araçların kullanıldığı diğer bir hızlı ulaşım sistemidir. Lastik tekerlekler aracılığı ile ilerleyen sistemin güzergâha kılavuzlanması için mekanik veya optik bir kılavuz sistemi kurulmuştur. AGT, metro ve hafif metroya göre daha yüksek eğim değerlerinde işletilmektedir. Araçların güç beslemesi 3. ray üzerinden sağlanmaktadır. Besleme gerilimi olarak 750 DC cer gücü kullanılmaktadır (Tablo 8).

Tablo 8: AGT Teknolojisi için Teknik Kriterler

Azami yolcu kapasitesi	35.000 yolcu/saat/yön
Asgari servis aralığı	120sn
Azami Hız	80 km/sa
Ortalama işletme hızı	30-35 km/sa
Azami Eğim	% 6
Asgari kurb yarıçapı	80 m
Güç besleme	3. ray
Cer gücü	600 DC, 750 DC, 1500 DC

İstanbul Ulaşım A.Ş. Proje Müdürlüğü personeli tarafından hazırlanan ve alternatif raylı sistem türlerini sahip oldukları özelliklere göre karşılaştırmalı olarak gösteren tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9: Raylı Sistem Teknoloji Seçimi Karşılaştırma Kriterleri

Etken	Gösterge	Ağır Metro	Hafif Metro (LRT)	Hafif Raylı (Tramvay-Cadde Tramvayı)	LTT (Lastik Tekerlekli Tramvay)	AGT
Hat Kapasitesi	Asgari Servis Aralığı (saniye)	90	120	150 (tam tahsisli hatta 120)	150 (tam tahsisli hatta 120)	120
	Maksimum Teorik Kapasite (6 yolcu/m ² bazında)	43000	35000	12000	10000	20000

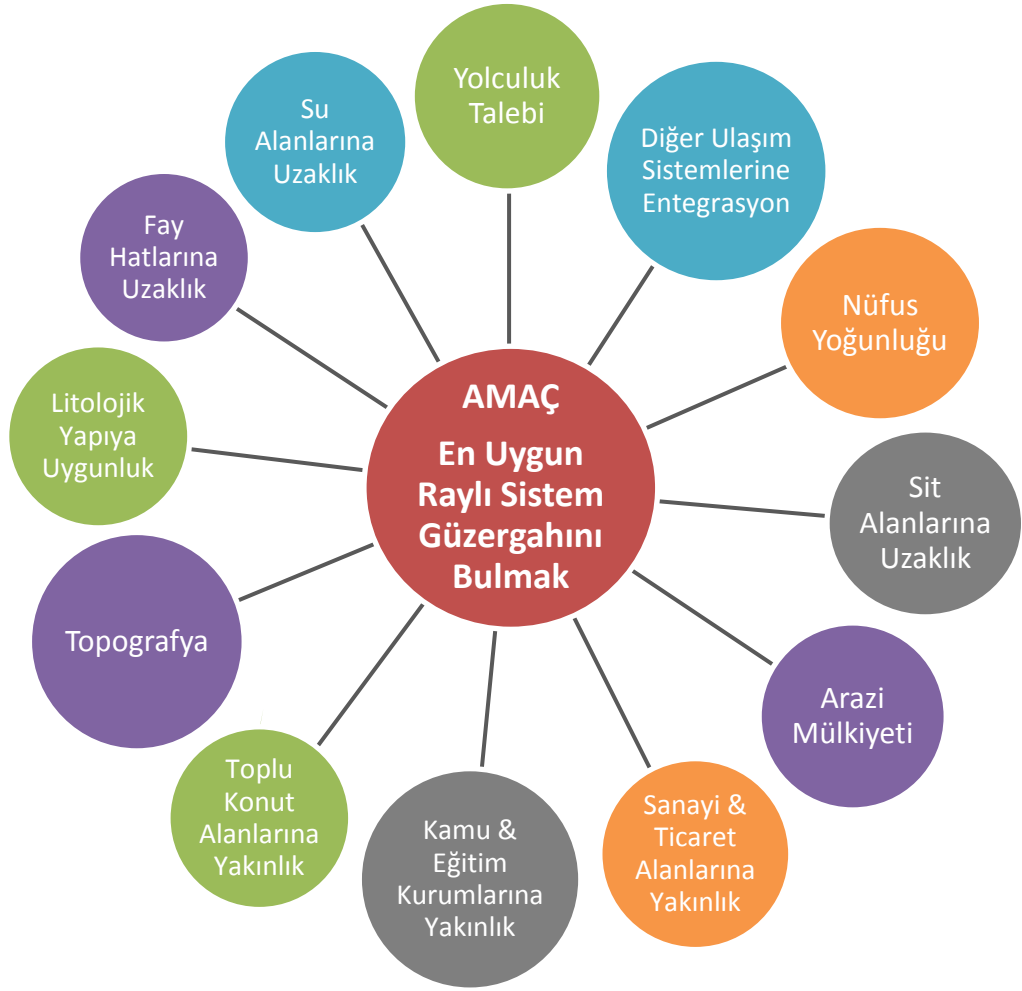
İşletme Esnekliği	Kapasite artış potansiyeli	Var her yöne, saatte 50.000 yolcuya kadar	Var her yöne, saatte 47.000 yolcuya kadar	Var her yöne, saatte 15.000 yolcuya kadar	Var her yöne, saatte 12.000 yolcuya kadar	Var her yöne, saatte 25.000 yolcuya kadar
Hizmet Elverişliliği	Zamanında performans	Çok iyi	Çok iyi	İyi	iyi	çok iyi
	Araca ulaşılabilirlik (basamak sayısı)	0	0	1 / 0	1 / 0	0
Fiziki Esneklik	Maksimum eğim	4%	6%	7% (Ekstra güçlendirme ile %12)	13%	6%
	Maksimum hız	90 km/sa	90 km/sa	45 km/sa	80 km/sa	60 km/sa
	Minimum Kurb (işletmede)	300 metre	35 - 50 metre	30 metre	12 metre	50 metre
Çevresel Etki	Ses Düzeyi	90 dBA (normal Hız), 85 dBA	90 dBA (normal Hız), 85 dBA	70 dBA (normal Hız), 65 dBA	70 dBA (normal Hız), 65 dBA	65 dBA (normal Hız), 60 dBA (Düşük Hız)
	Estetik	Düşük	Düşük	İyi	iyi	Düşük
Güzergah Yapıları	Yol Tahsisi	var (%100)	var (%100)	var(%50)	var (50%)	Var(100%)
	Delme Tünel (Tek hat)	var (5.4 m çap)	var (5.4 m çap)	yok	yok	var (5 m çap)
	Yükseltilmiş platform (Çift hat)	var (9 m Platform)	var (9 m Platform)	Var (7 m platform)	var (6 m platform)	var (8 m Platform)
Hareket Ekipmanı	Tahrik Sistemi / Tekerlek Tipi	AC tahrikli Elektrik Motor/ Çelik Tekerlek	AC tahrikli Elektrik Motor/ Çelik Tekerlek	AC tahrikli Elektrik Motor/ Çelik Tekerlek	AC tahrikli Elektrik Motor / Lastik Tekerlek	AC tahrikli Elektrik Motor / Lastik Tekerlek
Güç Besleme	Katener	var	var	var	yok	var
	Üçüncü Ray	var	var	yok	var	var

Maliyet	İnşaat ve Elektro Mekanik (%)	35 - 45 milyon \$ (%60 İnşaat) (%40 EveM)	20-25 milyon \$ (%60 İnşaat) (%40 EveM)	2.5 - 3.5 milyon \$ (%50 İnşaat) (%50 EveM)	1 - 1.5 milyon \$ (%40 İnşaat) (%60 EveM)	20 - 25 milyon \$ (%60 İnşaat) (%40 EveM)
	Yolcu Başına Ortalama İnşaat Mal.	872 \$/yolcu	642 \$/yolcu	200 \$/yolcu	150 \$/yolcu	1125 \$/yolcu
	Araç Yatırım Maliyeti	1,5-2 milyon \$	1,5-2 milyon \$	1,5-1,8 milyon \$	2 milyon \$	2 milyon \$
	Araç İşletme Maliyeti	Yüksek	Orta	Düşük	Düşük	Orta

Diğer alternatif raylı sistem taşıma sistemlerinden olan Havaray, Lineer Metro ve Teleferik sistemleri İstanbul genelinde kent içi ulaşımda yaygın kullanım alanlarına ve diğer alternatifler kadar yüksek yolculuk değerlerine sahip olamayacakları için bu tabloda değerlendirme dışında tutulmuştur. Bu çalışma kapsamında, metro ve tramvay başta olmak üzere tüm raylı sistemler için geçerli bir güzergâh tasarım modeli ortaya konmaktadır. Fakat bu model kapsamında değerlendirilecek parametrelerin, seçilecek teknolojiye uygun olarak belirlenmesi gerekmektedir. Farklı teknolojiler için farklı faktörlerin devreye girmesi ve modelin revize edilmesi daha sağlıklı bir değerlendirmeyi de beraberinde getirecektir.

1.2. Raylı Sistem Güzergâh Tasarımına Etki Eden Faktörler

Bu çalışmada, geleneksel raylı sistem güzergâh tasarım yöntemlerine alternatif olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı bir tasarım modeli geliştirilmeye çalışılacaktır. İstasyon bölgelerinin ve güzergâh koridorlarının seçiminde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden faydalanılacaktır. Raylı sistem güzergâh tasarımı yapabilmek için öncelikle tasarım kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterlerin hepsinin bir arada değerlendirilerek en uygun çözümün üretilmesi gerekmektedir. Ulusal ve uluslararası literatür taramalarının ardından İstanbul'da raylı sistem güzergâh tasarımı üzerine geleneksel yöntemlerle çalışan uzmanlarla görüşülmüş, hepsinin farklı görüşleri değerlendirilmiş ve tasarım sürecini etkileyen 12 faktör üzerinde hemfikir olunmuştur (Şekil 16).



Şekil 16: Raylı Sistem Güzergâh Tasarımına Etki Eden Faktörler

Bu 12 faktör, ÇKKV yöntemleri kapsamında değerlendirilecek, ana amaca uygun olarak gerekli analizler gerçekleştirilerek raylı sistem güzergâhı için İstanbul genelinde en uygun alanlar tespit edilmeye çalışılacaktır. ÇKKV yöntemi; farklı kaynaklardan farklı formatlarda gelen çok çeşitli verilerin ve bilgilerin, kullanıcının tercihleri çerçevesinde bir araya getirilerek tek bir ana hedefe yönelik olarak uygun ve bütünsel olarak değerlendirilmesi sürecidir.

ÇKKV yöntemi çerçevesinde öncelikle ana hedef belirlenir ve bu hedefe uygun amaçlar belirlenir. Yukarıdaki şemada yer alan her bir faktörün raylı sistem güzergâh tasarımına nasıl ve ne derecede etki ettiğine yönelik açıklamalar genel hatlarıyla aşağıda verilmiştir.

Yolculuk Talebi Faktörü

Raylı sistem güzergâh tasarımını etkileyen en önemli faktör yolculuk talebidir. Bir bölgeye raylı sistem gelebilmesi için yüksek kapasiteli yolculuk talebi olmazsa olmaz birinci şarttır.

Diğer Ulaşım Sistemleri ile Entegrasyon Faktörü

Özellikle İstanbul gibi yolculuk sürelerinin bu kadar uzun olduğu ve bir yerden bir yere gitmek için bazen birkaç aktarma yapılması gereken bir şehirde, bütün toplu ulaşım sisteminin birbirine entegre çalışması gerekmektedir. Yolcularını merkezi iş alanlarına, okullara, hastanelere vb. varış noktalarına taşıyamayan ve diğer toplu taşıma sistemlerine aktarma yapamayan bir raylı sistem hem beklenen hizmet düzeyine erişemeyecek hem de yolcular tarafından öncelikli olarak tercih edilmeyecektir.

Nüfus Yoğunluğu Faktörü

Raylı sistemler yüksek yolculuklar gerektirmektedir, bu da nüfusun fazla olduğu bölgelerde mümkündür. Dolayısıyla nüfus yoğunluğu da yolculuk talebi ile bağlantılı olarak önemli faktörlerdendir. Özellikle yolculuk üretim noktaları açısından son derece belirleyici bir faktördür. Nüfus yoğun bölgelerdeki insanların evlerinden çıkıp işlerine, okullarına vb. çekim noktalarına hızlı ve güvenli erişimleri sağlanmalıdır.

Sit Alanlarına Uzaklık Faktörü

Raylı sistem güzergâh tasarım sürecinde konu genelde yolculuk sayıları, topografyanın elverişliliği, teknolojik ve ekonomik kısıtlar vs. kriterler üzerinden ele alınmaktadır. Fakat bütün bu süreçler ve uygulama neticesinde çevreye mümkün olduğunca zarar verilmemesi gerekmektedir. Bu nedenle kentsel, tarihi, arkeolojik ve doğal sit alanları dikkate alınarak güzergâhlar belirlenmelidir.

Mülkiyet Faktörü

Raylı sistem güzergâhları belirlenirken ve fizibilite çalışmaları yapılırken kamulaştırma süreçleri de dikkate alınmaktadır. Bir güzergâhta kamulaştırma olması, hem maliyetin yükselmesi hem de hukuki olarak sıkıntılı süreçlerin yaşanacağı manasına gelmektedir. Bu nedenle kamulaştırma gerektirecek mülkiyetler değil, mümkünse yerel yönetimlere ya da hazineye ait parsellerden geçiş sağlanmalıdır.

Metro gibi yer altından giden sistemlerde bile özellikle istasyon çıkış bölgelerinde kamulaştırma ihtiyacı doğmaktadır. Tramvay gibi yer üstünden giden sistemlerde ise genelde zaten kamulaştırılmış olan karayolları takip edilmeye çalışılmakta, bunun mümkün olmadığı durumlarda mümkün olduğunca devlete ait mülkiyetler ön plana alınmaktadır.

Ticaret ve Sanayi Alanlarına Yakınlık Faktörü

Gerçekleştirilen hanehalkı anketlerine göre, evden işe ve işten eve olan yolculuklar tüm yolculukların %32'sini teşkil etmektedir (İBB, 2011). Bu nedenle yeni tesis edilecek raylı sistem güzergâhlarının özellikle merkezi iş alanları ve sanayi bölgelerinden geçmesi tercih edilmektedir. Bu sayede bu bölgelere kendi özel araçları ile ya da zaten trafiğin içinde olan otobüslerle ulaşan yolcular hızlı bir toplu taşıma sistemine transfer edilmiş olacaktır.

Kamu ve Eğitim Kurumlarına Yakınlık Faktörü

Evden işe yolculukların ardından en yüksek değerler kamu ve eğitim kurumlarına yapılan yolculuklara aittir (İBB, 2011). Bu nedenle ve evden işe olan yolculuklara benzer sebeplerden ötürü, bu alanlarda raylı sistem istasyonlarının bulunması çok önemli ve gereklidir.

Toplu Konut Alanlarına Yakınlık Faktörü

İstanbul'da son yıllarda benimsenen çok merkezlilik ve desantralizasyon politikaları neticesinde şehir merkezinin dışında ve toplamda milyonlarca insana ev sahipliği yapan toplu konut alanları önemli seviyede artmıştır. Bu alanlarda yaşayan insanların işlerine, okullarına ve diğer noktalara erişimleri ciddi şekilde ele alınmalı ve bu bölgelerden özel araçlarla şehir merkezine doğru olan yolculuklar mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Tasarlanan raylı sistem güzergâhı toplu konut alanlarına ne kadar yakın olursa o kadar faydalı olacaktır.

Topografya Faktörü

Eğim ve arazideki kot farklılıkları raylı sistem tasarım sürecinde çok önemlidir. Tramvay gibi eğim ile doğrudan bağlantılı olan sistemlerde %7 eğimin üstüne çıkılmamaktadır. Çok tercih edilmemekle birlikte, zorunlu durumlarda, takviye bir takım güçlendirmeler ile bu oran %12'ye kadar çıkabilmektedir. Dolayısıyla eğim

raylı sistem güzergâhını şekillendiren önemli bir faktördür. Metro gibi yer altından giden ve eğimden bağımsız gibi görünen sistemlerde de güzergâh üzerindeki kot farklılıkları özellikle istasyon bölgelerinde ciddi sorunlara yol açmaktadır. Güzergâh üzerinde istasyon derinlikleri artmakta ve bu da yolcuların 30-40 metre bazen daha da fazla merdiven kat etmelerine sebep olmaktadır. Bu da hem zaman hem enerji hem de ekonomi açısından ciddi kayıplara sebep olmaktadır.

Litolojik Yapıya Uygunluk Faktörü

Yapılaşmaya yönelik olarak dikkate alınan zemin ile ilgili kısıtlamalar ve kurallar, raylı sistemler için de hemen hemen aynı şekilde geçerlidir. Özellikle yer üstündeki tramvay gibi toplu taşıma türlerinde dayanıksız ve gevşek zeminler yer yer çökmelere neden olacak, hatta zarar verebilecektir. Yer altında bu durumun yönetimi teknolojik imkânlarla zor da olsa mümkün olmakla beraber, yapılacak detaylı sondaj çalışmalarının neticeleri dikkate alınmalı ve güzergâh bu doğrultuda belirlenmelidir.

Fay Hatlarına Uzaklık Faktörü

Depremsellik göz önüne alınması gereken bir diğer önemli faktördür. Güzergâh belirleme çalışmaları esnasında fay hatlarının coğrafi konumları ve özellikleri çok iyi bilinmelidir. Fay hattının dikine yapılacak geçişler olası bir kırılmadan çok etkilenmeyecek olmakla beraber, fay hattının üzerinde ya da yakınında fay hattına paralel yapılacak bir geçiş kötü sonuçlar doğurabilecektir. Bu nedenle fay hatlarının iyi tanınması ve mümkün olduğunca uzaktan geçilmesi gerekmektedir.

Su Alanlarına Uzaklık Faktörü

Son yıllarda gerçekleştirilen düzenlemelerle dere yataklarında ve havzalardaki yapılaşmalara çok ciddi kısıtlamalar ve yasaklar getirilmiştir. Özellikle içme suyu havzaları için geniş ve çok katmanlı koruma kuşakları oluşturularak şehirleşmenin bu alanlardaki etkileri kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. Zaten yoğun nüfusa ve yolculuk değerlerine sahip olmayan bu alanlardan raylı sistem geçirilmesi hususunda hassasiyet gösterilmesi gerekmektedir.

ÇKKV iş akış modeli ve bu modelde yer alan faktörlere ait detaylı analiz çalışmaları 3. Bölümde verilecektir. Fakat öncelikle İstanbul'un ulaşım sisteminin ve sistemde etkili faktörlerin geçmişten bugüne tüm hatlarıyla anlaşılması gerekmektedir.

2.BÖLÜM: İSTANBUL ULAŞTIRMA SİSTEMİ

Şehir yaşamının her parçasında kişilerin doğrudan ya da dolaylı olarak etkilendikleri en önemli faktör ulaşım (GILAT ve SUSSMAN, 2003:102). Kentin mekânsal gelişimi açısından ulaşım faktörünün etkisi, zaman içerisinde arazi kullanımında meydana gelen değişiklik ve ulaşım ilişkisinin iyi sentez edilmesi ile anlaşılabilir (GIULIANO, 1989:147). İstanbul kentsel gelişimine bakıldığında ise ulaşımın etkisi açık bir şekilde görülmektedir. İstanbul kentinin mekânsal gelişiminde ulaşım sistemlerinin etkisini kısaca; 1965 yılında kadar olan dönemde Anadolu-Avrupa sahil şeridi boyunca ve banliyö hattı ve çevresinde gelişen kentleşme, 1975 yılına kadar banliyö hattı ile E-5 karayolu arasındaki kentleşme, 1990'lı yıllara kadar ise E-5 karayolundan kuzeye doğru yer yer TEM otoyoluna yaklaşan kentleşme ve 1990'dan günümüze kadar TEM otoyolunun etrafındaki kentleşme olarak özetleyebiliriz (DÖKER, 2012).

Fakat bu çalışmanın amacını İstanbul'un ulaşım sorununu çözmeye yönelik raylı sistem çalışmaları oluşturduğu için, İstanbul'da ulaşımın dünü, bugünü ve geleceği ile ilgili çok daha detaylı bir irdlemeye ihtiyaç bulunmaktadır. Ancak bu şekilde, geçmişten gelen tecrübelerle dayanarak bir çalışma gerçekleştirilebilir ve bir çözüm üretilebilir. İstanbul'un ulaştırma sistemi, tarih boyunca kendine özgü karakteristiklere sahip olmuştur. İstanbul ulaştırmasının gelişimini TEKELİ (1992) beş döneme ayırmaktadır. EVREN (2001) ise "İstanbul Ulaştırmasının Dünü, Bugünü" adlı çalışmada bu beş dönemi çok detaylı olarak ele almakta ve bu dönemlerin neticesi olarak İstanbul'un raylı sistemleri yeteri kadar yaygınlaştırma potansiyelini kullanamayıp karayoluna bağımlı bir ulaştırma sistemine sahip olduğunu belirtmektedir. Bu dönemler; 1830-1927, 1927-1945, 1945-1970, 1970-1985 ve 1985 sonrasıdır.

1830-1927 Dönemi:

Bu dönemin başlarında ulaşım genelde yaya olarak sağlanıyordu, uzun mesafeli yerlere ise kayıklar ile erişilebiliyordu. Fakat kayıklar ile çok az insan taşınabildiği ve süre olarak ulaşım uzun sürdüğü için 1851 yılında Şirket-i Hayriye kurulmuş ve 1854 yılında da düzenli vapur seferlerine başlanmıştır. Bu seferler neticesinde deniz

ulaşımı çok önemli bir hale gelmiş ve şehirleşme sürecini etkilemeye başlamıştır. Kıyı boyunca yerleşimlerin sayısı ve yoğunluğu bu nedenle artmıştır.

1870'li yıllar ise kent içi ulaşımda bir dönüm noktası olarak kabul edilebilir. Faytonlar, arabalar, tünel ve banliyö trenlerinin işletmeye açılması ve en önemlisi de atlı tramvayların hizmete girmesiyle şehrin çok daha fazla noktası ulaşılabilir olmuştur. Bunun sonucunda da şehrin büyümesi ve nüfusun artışı hızlanmıştır. 1914 yılında elektrikli tramvaya geçilmesi ise bu gelişim ivmesini çok daha yükseklerle taşımıştır. 1927 yılına gelindiğinde ise toplu taşımanın araçlı ulaşımlardaki yeri belki de bir daha hiç olmayacağı bir seviyede, tam olarak %84,7 oranına ulaşmıştır.

1927-1945 Dönemi:

1930'lara gelindiğinde her ne kadar otomobil kullanım sayıları artış göstermeye başladıysa da, o dönemde yaşanan ekonomik sıkıntılar insanların bir araya gelerek toplu halde ulaşım yapma ihtiyacını daha da artırmış ve dolmuş kavramı ortaya çıkmıştır. Eğitim olarak uygun olan bölgelerde ise tramvay hatları giderek artmış ve 1935 yılına gelindiğinde Anadolu yakasında 24 km, Avrupa yakasında ise 35,5 km uzunluğa ulaşmıştır.

1945 yılı itibariyle 963.728 nüfusa sahip İstanbul'da tramvay en önemli toplu taşıma türü haline gelmiş ve günlük toplam 590.000 yolcu kapasitesine erişmiştir. Vapurlar da toplu taşımaya ciddi şekilde katkıda bulunmuşlar ve günde 120.000'den fazla yolcu taşır hale gelmişlerdir. 1945 yılı itibariyle otobüs taşımacılığı günlük 11.500 yolcusu ile henüz istenen seviyede olmamakla birlikte, geleceğe yönelik ciddi adımlar bu dönemde atılmıştır. Bu yılda, İstanbul'daki araçlı ve araçsız günlük toplam yolculuk sayısı 1.350.000 civarında gerçekleşmiştir.

1945-1970 Dönemi:

Otomobillerin altın çağını başlatan bu dönemde, 1961 yılında Avrupa yakasında ve 1966 yılında da Anadolu yakasındaki tramvay hatları sökülerek toplu taşıma ciddi şekilde sekteye uğratılmıştır. Sökülen hatların yerini alması ümit edilen trolleybüsler yeterli başarıya ulaşamamış olsa da otobüs hatlarındaki artış toplu taşımayı bir nebze olsun rahatlatmıştır. 1970 yılı itibariyle nüfusu 2.849.950 olan İstanbul'da otobüsler günde 640.000 kişi, banliyö trenleri ise 175.000 yolcu taşıyarak toplu ulaşımına büyük

katkı sağlamışlardır. Bu dönemde; taksi ve taksi dolmuş sayısı 15.000 civarında iken otomobil sayısı 55.000'e ulaşmıştır.

1970-1985 Dönemi:

Bu dönem İstanbul'un o günlerini ve geleceğini etkileyen çok önemli bir olayla, 1973 yılı Cumhuriyet Bayramında Boğaziçi Köprüsü'nün açılışı ile başlamıştır. 1972'de arabalı vapurlar sayesinde bir yakadan diğerine geçen araç sayısı 16.000 iken bu rakam köprüden geçenlerin de eklenmesiyle 1975 yılında 55.000'e ulaşmıştır. Fakat geçen araç sayısındaki artış yolculuk sayılarını aynı derecede artırmamış, 337.000'den 384.000'e erişmesini sağlamıştır. Bu da köprüden geçişlerin toplu taşımadan ziyade özel araçlar tarafından gerçekleştirildiğini göstermektedir.

1985 yılına gelindiğinde 5.771.000 nüfuslu İstanbul'da; günlük olarak tünelde 21.500, banliyö trenlerinde 263.000, İETT otobüslerinde 1.500.000, halk otobüslerinde ise 768.000 yolcu taşınıyordu.

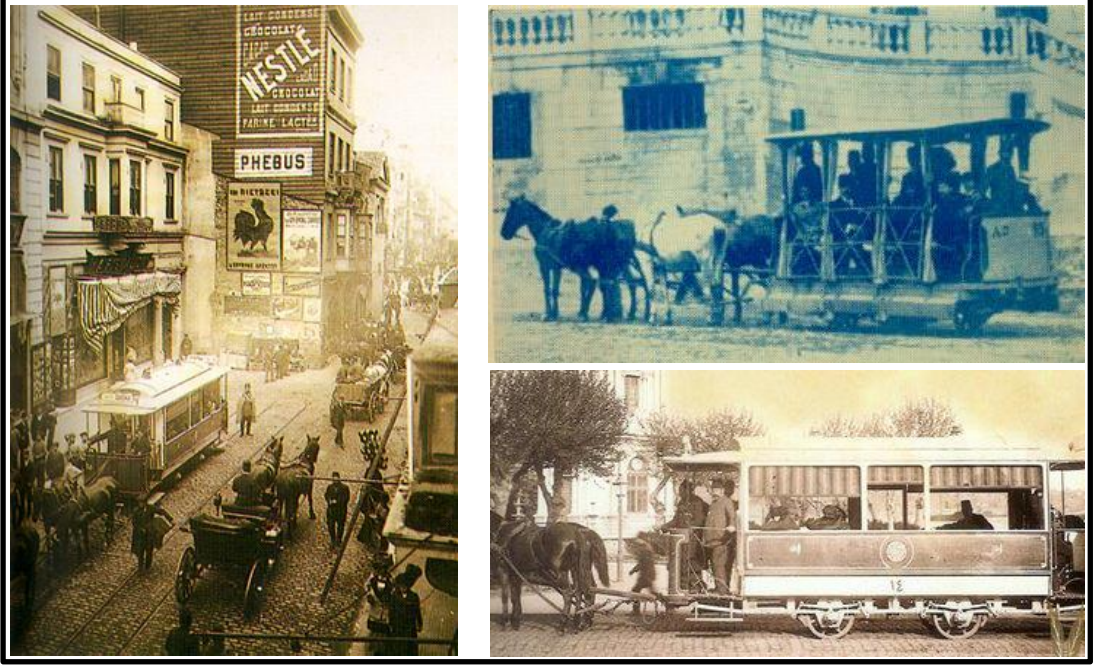
1985 sonrasında ise göçlerle ve plansız gelişmeyle beraber ulaşım gitgide daha kötü bir hal almıştır. Bugüne bakıldığında ise İstanbul'un en önemli sorunu hiç kuşkusuz, insanların sokaklarda saatlerini, üretim güçlerini, kirlenen hava ve gürültü ile sağlıklarını, kazalarla canlarını ve mallarını yitirmelerine ve giderek mutsuzluklarına neden olan ulaştırma sorunudur (EVREN, 2001). Bu sorunun çözümü için de en önemli araç hiç kuşkusuz toplu taşımadır. Fakat toplu taşıma sistemlerinde olan otobüs, minibüs vb. çözümler kendileri de zaten karayolu trafiğinin içinde yer aldıkları için hem yeteri kadar hızlı ilerleyememekte, hem de özel araçla seyahat etmeye alışmış insanlar tarafından öncelikli olarak tercih edilmemektedirler. Bu nedenle; mümkün olduğu kadar karayollarından bağımsız, trafikten etkilenmeyen, kesintisiz, hızlı, konforlu ve güvenli bir toplu taşıma sistemi olan raylı sistem ağlarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Geleceğe yönelik raylı sistem planlamaları yapılmadan önce ise, geçmişi iyi anlamak ve gerekli dersleri çıkarmak gerekir. Bu amaçla aşağıda, İstanbul ulaştırma sistemini geçmişten bugüne tarihsel bir sıralamayla ele alan kronolojik çalışmaya yer verilmiştir.

İstanbul Raylı Sistemler Kronolojisi (TANÖREN, 2014):

04/01/1871: Yedikule - Küçükçekmece arasında banliyö hattı açıldı.

22/04/1872: Küçükçekmece - Halkalı banliyö hattının ikinci etabı hizmette.

03/09/1872: İlk atlı tramvay, Azapkapı-Ortaköy hattı (Fotoğraf 5).



Fotoğraf 5: İstanbul'da İlk Atlı Tramvaylar (RAYMAN, 2008)

27/07/1872: Yedikule - Sirkeci arası işletmeye açılarak Avrupa yakasında banliyö hattı tamamlandı.

22/09/1872: Anadolu yakasında İlk banliyö hattı Feneryolu - Pendik

01/01/1873: Anadolu yakası banliyö hattı ikinci etabı Pendik - Gebze arası seferler yapıldı.

12/01/1875: İstanbul' un İlk metrosu olarak addedilen füniküler sistem ile çalışan Karaköy - Beyoğlu Tüneli açıldı (Fotoğraf 6).



Fotoğraf 6: Karaköy - Beyoğlu Tüneli (İETT, 2014b)

19/08/1908: Feneryolu - Haydarpaşa bağlantısı ile Anadolu yakası banliyösü de tamamlandı.

Ocak/1910: Dersaadet Tramvay Şirketi tünel hattını, tesisleri, araçları ve işletme hakkı ile birlikte "Metropolitan Railway Of Constantinople From Galata De Pera" şirketinden satın aldı.

1912: Balkan Savaşı nedeni ile atların orduya devredilmesi nedeni ile işletme yapılamamıştır.

25/01/1914: İlk elektrikli tramvay seferde, tramvay hatları galata köprüsünden geçirilerek İstanbul ve Pera yakaları birbirine bağlandı (Fotoğraf 7).



Fotoğraf 7: Galata Köprüsünden Tramvay Geçişi (DİRİKLİK, 2012)

1927: İstanbul tramvaylarında yılda 61.336.000 yolcu ile rekor yolcu sayısı.

1928: Şirket 199 motris, 121 römork ile 21 hatta 27.714 m çift ray, 5880 m. tek ray ile hizmet vermektedir.

08/06/1928: Üsküdar-Kısıklı tramvay hattı ile Üsküdar Kadıköy Havalisi Tramvayları işletmeye açıldı.

20/02/1931: Dersaadet Tramvay Şirketinin adı "İstanbul Tramvay Şirketi" olarak değiştirildi.

16/06/1939: Millileştirme Hareketi ile şirket önce belediyeye ardından İETT ye

devredildi.

1943: Bu yılda 201 vagon ile 83.864.583 yolcu taşınmıştır.

1945: İstanbul ve Kadıköy yakalarında toplam 105.420.690 yolcu taşınmıştır, bu yılda İstanbul'daki toplam tramvay hattı uzunluğu 59.068 metredir.

1956/1958: Tramvayların Galata köprüsünden geçişi yasaklandı. İstiklal Caddesi ile Topkapı ve Yedikule' den gelen raylar sökülerek bu bölgelerdeki tramvay hatları da iptal edildi.

1960: İstanbul' da artık sadece 16 tramvay hattı var.

14/11/1966: İstanbul' un son tramvay hatları Kadıköy-Fenerbahçe, Kadıköy-Gazhane, Kadıköy-Kısıklı ve Kadıköy-Üsküdar hatları da seferden alınıyor. İstanbul artık tramvaysız.

11/03/1989: Aksaray - Kartaltepe Kocatepe arasında ilk metro seferleri başladı.

24/12/1989: Kartaltepe Kocatepe ile Esenler istasyonu bağlantısı açıldı.

29/12/1990: Taksim - Tünel nostaljik tramvay hattı, eski İstanbul tramvayları revize edilerek işletmeye açıldı.

13/06/1992: Modern dönemin ilk tramvay hattı Beyazıt-Yusufpaşa arasında seferlere başladı. Bir ay sonra da Beyazıt-Sirkeci bağlantısı ile tramvay hattı uzatıldı.

29/12/1992: Yusufpaşa-Topkapı arası da açılarak tramvay hattı Topkapı - Sirkeci arasında çalıştırılmaya başlandı.

31/01/1994: İlk metro hattı Zeytinburnu'na uzatıldı, aynı tarihte Otogar istasyonunda açılışı yapıldı.

07/03/1994: Metro hattı Zeytinburnu'ndan Bakırköy İncirli istasyonuna uzatıldı.

10/03/1994: Tramvay hattı Topkapı-Zeytinburnu bağlantısı açıldı, tramvay hattı 11 kilometrelik uzunluk ile Zeytinburnu-Sirkeci arasında hizmet veriyor.

25/08/1995: Metro hattı Bakırköy-Yenibosna bağlantısı tamamlandı.

20/04/1996: Tramvay hattında Sirkeci ile Eminönü arasındaki bölüm İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından inşa edilerek Eminönü istasyonu hizmete alındı.

15/01/1999: Aksaray-Yenibosna arası metro hattında Bahçelievler istasyonu açılarak sisteme eklendi.

17/03/2001: Otogar-Bağcılar metrosu temeli atıldı.

16/09/2000: Taksim - 4. Levent metrosu yolculu seferlerine başladı.

2002: Edirnekapı-Sultançiftliği tramvay hattının temeli atıldı.

23/08/2002: Taksim - Kabataş Füniküleri inşaatına başlandı.

20/12/2002: Aksaray metrosunun Yenibosna-Havalimanı bağlantısı hizmete açılarak Havalimanına raylı sistemler ile erişim sağlandı.

Ocak 2003: Kadıköy-Moda tramvayı inşaatı başladı.

01/11/2003: Kadıköy-Moda tramvayı tarihi 20 numarası ile yeniden işletmeye açıldı. Böylece Anadolu yakasında 37 yıl sonra tramvay işletilmeye başlandı.

27/01/2004: Zeytinburnu-Bağcılar tramvay hattının temel atma töreni yapıldı.

30/05/2004: Zeytinburnu-Eminönü tramvay hattında 55 adet Alçak Tabanlı tramvay aracı hizmet vermeye başladı. Araçlar için tüm istasyonlar yıkılarak yeniden inşa edildi.

30/01/2005: Kadıköy-Kartal metro hattının temel atma töreni yapıldı.

30/01/2005: Eminönü-Fındıklı arasında tramvay seferlerinin başlaması ile 47 yıl sonra tramvay yeniden Galata Köprüsünden geçti.

29/05/2005: Otogar-Bağcılar metro hattı temel atma töreni yapıldı.

01/11/2005: Eyüp – Pier Loti Teleferiği hizmete açıldı.

30/06/2006: Tramvay hattının son istasyonu Kabataş hizmete açıldı, aynı gün açılan Füniküler sistem ile Taksim - 4. Levent metrosu ve tramvay hattı aracılığı ile raylı sistemler arasında entegrasyon sağlandı.

30/06/2006: İstanbul' un ikinci Füniküler sistem uygulaması olan Taksim-Kabataş füniküleri hizmete açıldı.

14/09/2006: Zeytinburnu-Bağcılar tramvayı seferlere başladı.

Temmuz 2007 - Kirazlı-Başakşehir metrosunun temeli atıldı.

17/09/2007: Şehitlik-Mescid-i Selam tramvay hattı yolculu seferlerine başladı.

08/09/2008: Metrobüs hattı ikinci aşama inşaatı tamamlanarak Avcılar-Zincirlikuyu işletmesine başladı.

07/11/2008: M2 hattı Şişhane ve Oto Sanayi istasyonları ile Taksim-4.Levent arasında yolculu deneme sürüşlerine başladı.

02/01/2009: M2 hattı Haliç Köprü Geçişi için inşaat süreci başladı.

19/03/2009: Yerli üretim tramvay aracı RTE2009, T4 Topkapı-Mescidi Selam hattında çalışmaya başladı.

02/09/2010: M2 metro hattı Darüşşafaka istasyonu açıldı.

23/05/2011: M2 metro hattı Hacıosman istasyonu açıldı, hattın kuzey uzatmasında 3. etap tamamlandı.

22/02/2012: M1B Otogar-Kirazlı hattına ait yeni Esenler istasyonu hizmete açıldı.

06/06/2012: Üsküdar-Çekmeköy metro hattı temeli atıldı.

17/08/2012: M4 Kadıköy-Kartal metrosu hizmete alındı.

14/06/2013: M3 Başakşehir-Kirazlı metrosu hizmete alındı.

14/06/2013: M1B Otogar-Kirazlı metrosu hizmete alındı.

29/10/2013: Marmaray Tüp Geçiş Ayrılık Çeşmesi - Kazlıçeşme açıldı.

09/02/2014: Kabataş-Mahmutbey hattı Mecidiyeköy-Mahmutbey etabı temel atma töreni yapıldı.

15/02/2014: M2 güney uzatması Şişhane-Yenikapı arası hizmete açıldı.

15/02/2014: M2 Haliç metro geçiş köprüsü hizmete açıldı.

16/03/2014: M2 Vezneciler istasyonu hizmete açıldı ve M2 Güney Uzatması tamamlandı.

Bu kronolojik sıralamadan da görüleceği üzere, İstanbul coğrafyasında raylı sistemlerin bugüne gelmesi çok uzun ve meşakkatli süreçlerin sonunda olmuştur. Fakat özellikle son yıllarda bu toplu taşıma türüne verilen önem giderek artmıştır. İstanbul ulaştırma sistemi geçmişinin incelenmesinin ardından mevcut duruma yönelik detaylı araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bugün 19 ayrı ulaşım türünün bulunduğu İstanbul'da 57,000'den fazla özel işletici, 4 yerel yönetim işleticisi (İETT, İstanbul Ulaşım A.Ş., Şehir Hatları A.Ş., İstanbul Otobüs A.Ş.) ve bir merkezi yönetim işleticisi (TCDD) bulunmaktadır.

Yolculukların %84,3'ü karayolu ile yapılmaktadır. İstanbul'da Kara ulaşımı ile yapılan yolculuklarının büyük bölümü özel işletmeciler tarafından gerçekleştirilmektedir. Yapılan yolculukların %13,17'si raylı sistemlerle gerçekleştirilmektedir. Deniz yoluyla yapılan yolculukların, toplam yolculuklar içindeki payı %2,53'dür. Deniz yolu taşımacılığında özel işletmecilerin payı %1,44 iken, yapılan yolculuklar içinde kamu işletmeciliğinin ağırlığı %1,08'dir (İSTANBUL ULAŞIM AŞ, 2014). Aşağıda verilen tablo, İstanbul'daki mevcut ulaşım türlerini ve yolculuk sayıları ile orantılı ağırlıklarını göstermektedir (Tablo 10).

Tablo 10: İstanbul'daki Mevcut Ulaşım Türleri ve Ağırlıkları

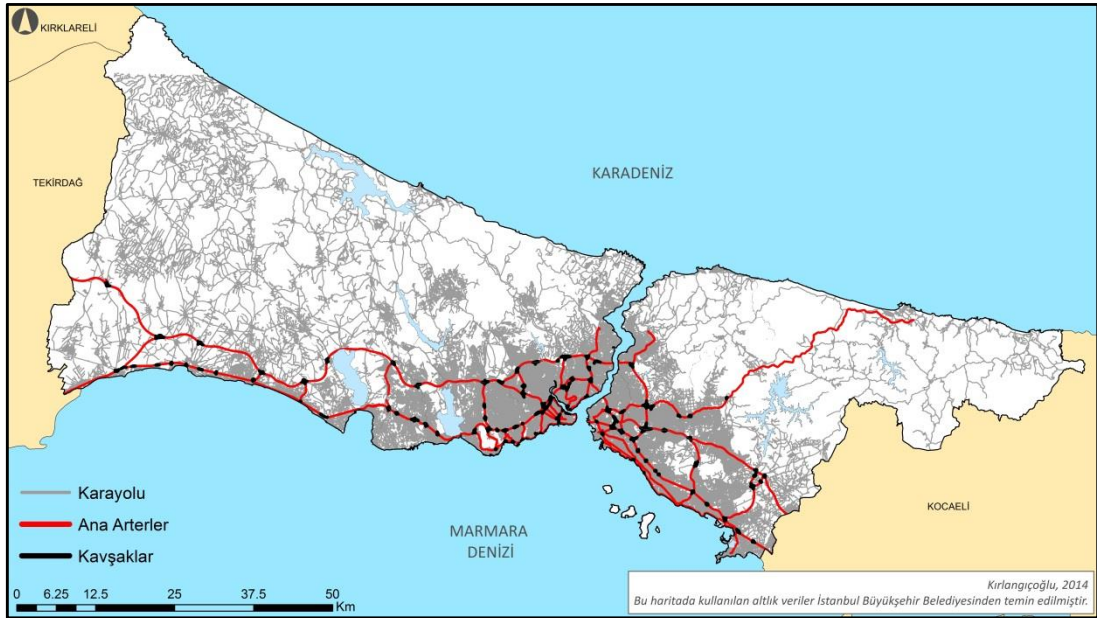
İŞLETME	Filo	%	Yolculuk/gün	%	ÖZEL	KAMU
İETT Metrobüs	334	0,02	715.000	5,28	<u>KARA: 84,30</u> Özel: 69,23 Kamu: 15,07	
İETT Otobüs	2.279	0,12	1.324.837	9,79		
ÖHO	2.107	0,11	1.475.274	10,90		
İstanbul Otobüs A.Ş.	240	0,01	106.797	0,79		
Otomobil	1.821.694	96,79	3.182.534	23,52		
Dolmuş Taksi	572	0,03	110.000	0,81		
Minibüs	6.361	0,34	1.850.000	13,67		
Taksi	17.395	0,92	1.100.000	8,13		
Servis Aracı	30.159	1,60	1.950.000	14,41		
TCDD	58	0,003	144.801	1,07		<u>RAYLI:13,17</u> Özel : 0,00 Kamu : 13,17
Hafif Metro	80	0,004	289.470	2,14		
Metro	124	0,007	268.659	1,99		
Cadde Tramvayı	155	0,008	587.448	4,34		
İETT Tramvay	4	0,0002	5.000	0,04		
Moda Tramvay	8	0,0004	3.224	0,02		
İETT Füniküler	2	0,0001	14.000	0,10		
Kabataş Füniküler	4	0,0002	54.808	0,41		
Teleferik	8	0,0004	9.039	0,07		
Şehir Hatları AŞ	34	0,002	146.798	1,08	<u>DENİZ :2,53</u>	
İDO	54	0,003	94.806	0,70	Özel :1,44	
Deniz Motorları	393	0,02	100.250	0,74	Kamu :1,09	
TOPLAM	1.882.065	100	13.532.745	100	Özel: %73,67 Kamu: %26,33	

İstanbul'da kent içi ulaşım hizmetleri İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından sağlanmaktadır. Yolcu ücret tarifesi, güzergâh ve saatleri İBB tarafından kontrol edilir. UKOME (Ulaşım Koordinasyon Merkezi) İBB'nin altındaki otorite olup, işletmeler arası koordinasyondan, yolcu ücretlendirmesi ve hat karakteristik bilgilerin düzenlenmesinden sorumludur. Kent içinde belediye otobüsleri, özel otobüsleri, tünel ve İstiklal Caddesi Nostaljik Tramvayı İETT (İstanbul Elektrikli Tramvay ve Tünel) tarafından; raylı sistem hatları İBB'ye bağlı İstanbul Ulaşım AŞ tarafından; banliyö hatları Ulaştırma Bakanlığı'na bağlı TCDD (Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları) tarafından işletilmektedir. Marmaray projesi de Demiryollar, Limanlar ve Havaalanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DLH) tarafından işletilmektedir. Aşağıda karayolu, denizyolu ve demiryolu ile gerçekleştirilen yolculuklara yönelik detaylı incelemeler anlatılmıştır.

2.1. Karayolu

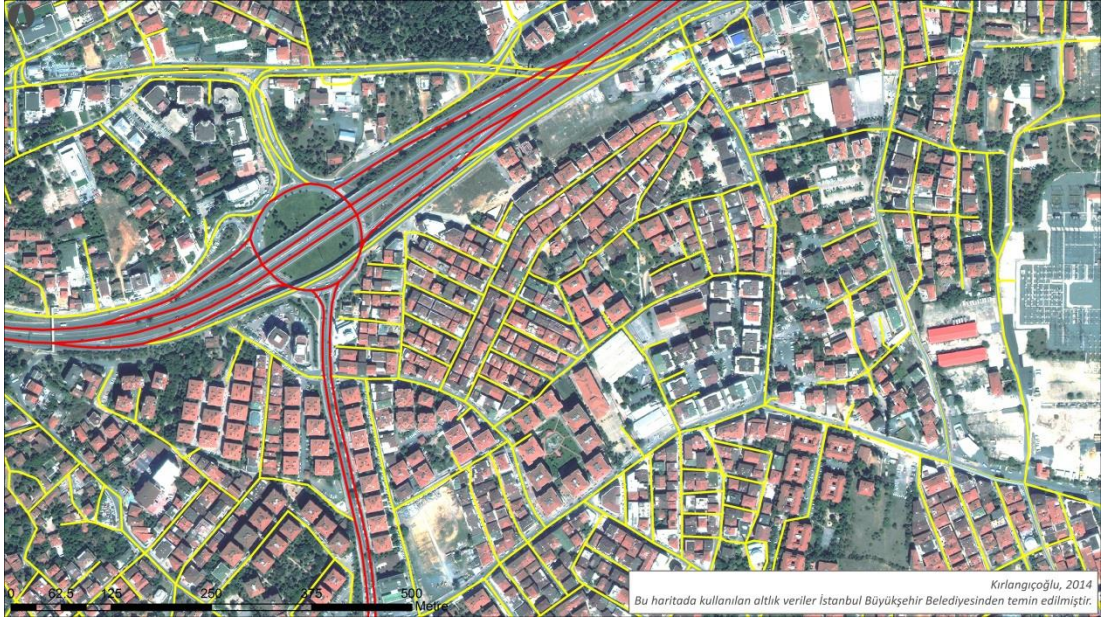
Bu bölüm kapsamında, mevcut karayolu ağı ve toplu taşıma sistemleri mercek altına alınmıştır. İstanbul'da yol ağı, kentleşmenin doğu – batı yönünde gelişmesinden dolayı ring / radyal bir formdan ziyade doğrusal bir yapı göstermektedir. Doğu-batı aksında uzayan TEM (Trans - Avrupa Kuzey - Güney Otoyolu Projesi) ve D-100 Karayolu İstanbul'un iki ana koridorunu oluşturmaktadır. Bununla birlikte "Tarihi Kent Merkezi" ve MİA bölgesini çevreleyen ring yolları bulunmaktadır. Bu yollar yaklaşık 3-5 km aralıklarla merkezi bölgeyi çevreleyen yarım ringlerdir. Radyal yollar ise TEM otoyolu ve D-100 Karayolu'nun doğu ve batı uzantıları, Eski Edirne Yolu, Piyale Paşa Bulvarı, Büyükdere Caddesi, Şile Yolu gibi yolları içermektedir. TEM otoyolu ve D-100 Karayolu otoyol/ekspres yol olarak tasarlanmış olup 2x3 ve 2x4 şeritli yüksek trafik kapasitelerine sahip olduğundan diğer yollara katlı kavşaklarla bağlanmaktadır. Merkezi alanda Atatürk Bulvarı, Refik Saydam Caddesi, Tarlabası Bulvarı, Piyale Paşa Bulvarı, Barbaros Bulvarı, Fevzi Paşa Caddesi, Edirnekapı Rami Caddesi, Vatan Caddesi (Adnan Menderes Bulvarı) ve Kennedy Caddesi gibi önemli ana arterler yer almaktadır. Bu yollar genellikle 2x3 şeritli olup merkezi alana bir ring yoluyla bağlanmaktadır (İBB, 2011).

İstanbul'da yollar otoyol, anayol ve diğer yollar olmak üzere 3 sınıfa ayrılmaktadır. D-100 Karayolu yol yapısı, şerit genişliği, erişim kontrolü vs. itibari ile otoyol olarak inşa edilmiştir. Ancak otoyolun önemli bir ayrıcalığını teşkil eden “erişim kontrolü” özelliğini “metrobus” hattının ilavesiyle yitirmiş olduğundan otoyol karakteristik özelliğini kaybetmiş durumdadır (İBB, 2011). Raylı sistem güzergâh tasarım modelinde kullanılacak İstanbul geneli karayolu ağı aşağıda verilmiştir (Şekil 17).



Şekil 17: İstanbul Karayolu Ağı

Yukarıda İstanbul genelinde gösterilen karayolu ağı verisinin detay seviyesi aşağıda Libadiye bölgesinde görülmektedir (Şekil 18).



Şekil 18: İstanbul Karayolu Ağından Bir Kesit

2010 yılı itibariyle İBB toplam karayolu uzunluğu 29.702 km, toplam ana yol uzunluğu da 2.833 km'dir. İBB, kentin büyümesi ile oluşan yeni yerleşim alanlarındaki yol projeleri ve yolların ıslah çalışması yapılırken her yolun fonksiyonunu yeniden gözden geçirerek sınıflandırmaktadır (İBB, 2011). Karayolu toplu taşımacılığında kullanılan araç tiplerine ait bilgi ve fotoğraflar ilerleyen bölümlerde verilecektir. Öncelikli olarak en hızlı ve kesintisiz karayolu toplu taşıma sistemi olan metrobüs sistemi incelenmiştir.

Metrobüs:

Bir kamu hizmeti olarak İETT tarafından işletilen metrobüs hattı toplam 52 km uzunluğundadır ve Beylikdüzü – Söğütliçeşme arasında 44 istasyonu bulunmaktadır. Günlük 800.000 civarında yolcu taşıyan bu sistemin en başından en sonuna kadar yolculuk ortalama 100 dakika sürmektedir.

Yatırım ve işletme maliyetlerinin raylı sisteme göre daha düşük olması, hattın kesintisiz olması, yolculuk talebinin çok yüksek olduğu ana arterlerden geçmesi, yüzeyde olduğu için yaya erişiminin kolay olması, ileri teknoloji araçlarla güvenli ve konforlu yolculuk yapabilme olanağı vermesi gibi avantajlarıyla İstanbul ulaşımına çok ciddi katkı sağlamaktadır.

Toplamda 535 aracın işletildiği ve zirve saatlerde neredeyse 30 saniye sefer aralığı ile çalışan metrobüsler yine de kapasite açısından yetersiz kalmaktadır. İşe gidiş ve işten çıkış saatlerinde yoğunluk nedeniyle konfor seviyesinin ciddi olarak düşmesine rağmen bu güzergâhta yolculuk yapanların öncelikli tercihi yine metrobüs olmaktadır. İstanbul’da hizmet veren bazı metrobüs araçlarına ait fotoğraflar aşağıda verilmiştir (Fotoğraf 8).



Fotoğraf 8: İstanbul’da Hizmet Veren Bazı Metrobüs Tipleri

İETT ve Özel Halk Otobüsleri:

İstanbul’da kamu otobüs taşımacılığı, 1939 yılında kabul edilen 3645 sayılı ‘İstanbul Elektrik, Tramvay Ve Tünel İdareleri Teşkilât ve Tesisatının İstanbul Belediyesine Devrine Dair Kanun’ uyarınca Büyükşehir Belediyesi adına İETT Genel Müdürlüğü’nce yürütülmektedir. Özel halk otobüsleri ise UKOME kararı ile İETT’nin yönetim ve denetimine bırakılmıştır. Son olarak 2004 senesinde 5216 sayılı kanun ile Büyükşehir Belediyesi sınırının genişlemesiyle, daha önce 5216 sınırı dışında kalan belde ve ilçelere de İETT bünyesinde hizmet vermeye başlanmıştır (İBB, 2011).

Özel Halk otobüsleri ise; 1927 yılında hizmet vermeye başlamış ve ilk kez 1960 yılında ruhsatlandırılmıştır. Büyükşehir Belediyesince 1982 yılında yapılan düzenleme ile sayıları giderek artmıştır (İBB, 2002). Karayolu toplu taşıma yolcularının %39’u otobüsleri tercih etmektedir. Güzergâhlarının çok daha esnek olması, çok daha fazla noktaya hizmet verebilmesi ve raylı sisteme göre daha yüksek eğimleri çıkabilmesi bu toplu taşıma türünü ön plana çıkartsa da, trafiğin birebir içinde olması ve uzun mesafeli yolculuklarda çok uzun yolculuk süreleri

gerektirmesi dezavantaj oluşturmaktadır. İstanbul'da hizmet veren bazı otobüs tiplerine ait fotoğraflar aşağıda verilmiştir (Fotoğraf 9).



İETT Otobüsü (Tip 1)



İETT Otobüsü (Tip 2)



İETT Otobüsü (Tip 3)



İETT Otobüsü (Tip 4)



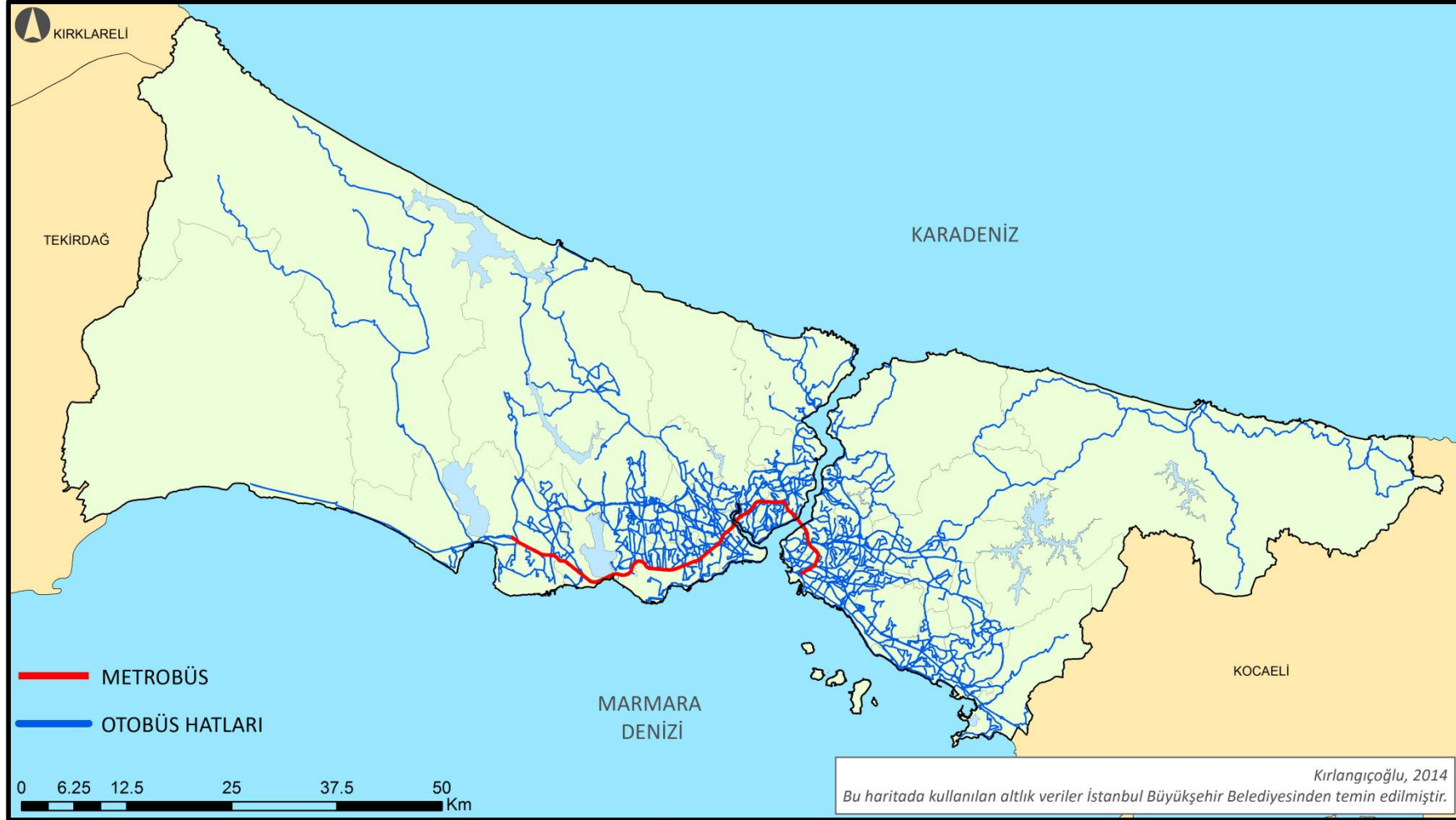
Özel Halk Otobüsü



İstanbul Otobüs A.Ş. Otobüsü

Fotoğraf 9: İstanbul'da Hizmet Veren Bazı Otobüs Tipleri

İstanbul'da yolculara hizmet veren otobüs ve metrobüs sisteminin ulaşım ağını bir arada gösteren harita aşağıda verilmiştir (Şekil 19).



Şekil 19: İstanbul’da Hizmet Veren Otobüs Hatları ve Metrobüs Güzergâhı

Otobüs ve metrobüse ek olarak, trafiğin yükünü belli oranda azaltan servis araçları ile az sayıda güzergâhta hizmet vermekte olan dolmuşlar da mevcuttur (Fotoğraf 10).



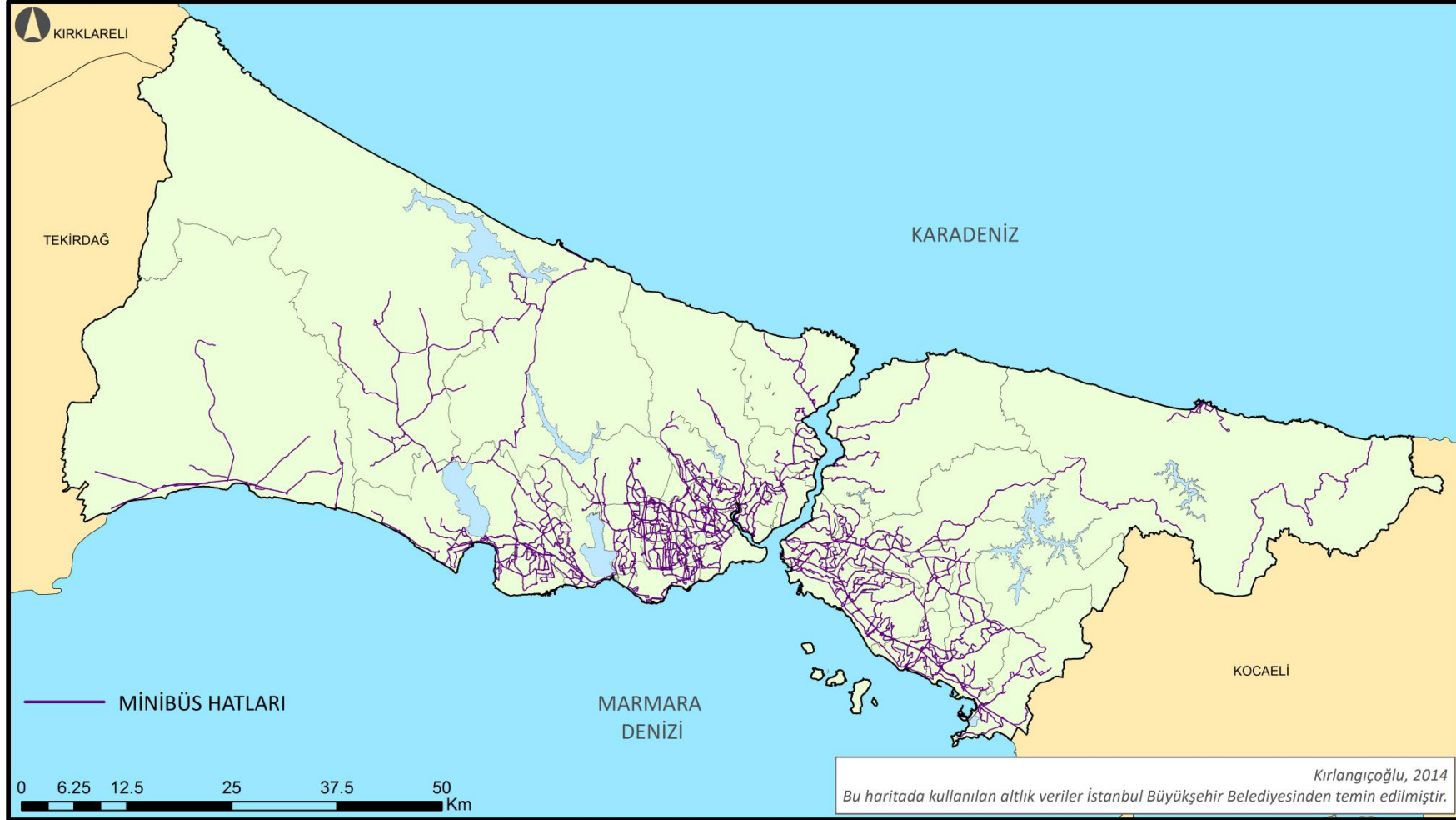
Fotoğraf 10: İstanbul’da Hizmet Veren Dolmuşlar ve Servis Araçları

Her ne kadar metrobüs sistemi en hızlı sistem olsa ve otobüsler de her gün yüzbinlerce kişiyi taşıyor olsa da, İstanbul’da minibüslerin esnek ulaşım seçenekleriyle sisteme yaptıkları katkı da son derece önemlidir. Genelde 14 ile 20 kişi arasında yolcu taşıma kapasitesi olan minibüsler, İETT tarafından hizmet verilen ve verilmeyen pek çok güzergâhta ciddi bir açığı kapatmaktadırlar (Fotoğraf 11).



Fotoğraf 11: İstanbul’da Hizmet Veren Bazı Minibüs Tipleri

İstanbul’daki minibüs güzergâhlarını gösterir harita aşağıda verilmiştir (Şekil 20).



Şekil 20: İstanbul'da Hizmet Veren Minibüs Hatları

2.2. Deniz Ulaşımı

İstanbul deniz ulaşımında birkaç kurum yer almaktadır. 2011 yılında özelleştirilen İstanbul Deniz Otobüsleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. (İDO); 16 hatta 24 Deniz Otobüsü, 9 Hızlı Feribot, 18 Araba Vapuruyla toplamda 28 noktaya 53 gemi ile hizmet götürmekte ve yılda 50 milyondan fazla yolcu taşımaktadır (İDO, 2014). 2010 yılında kurulan İstanbul Şehir Hatları Turizm San. Tic. A.Ş. ise, daha önce İDO tarafından işletilmekte olan Şehir Hatları Vapurları ve İskelelerini devralmış ve işletmeye başlamıştır. Şehir hatlarında 2013 yılında taşınan toplam yolcu sayısı 53 milyondan fazladır. Denizyolu taşımacılığında, şehir içi hatlarda Turyol ve Dentur gibi özel işletmelerde küçük ve orta boy motorlu yolcu taşımacılığı yapmaktadır.

İDO; hızlı feribot, deniz otobüsü, yolcu vapuru, araba vapuru, yolcu gemisi, deniz taksi servis tipleri ile hizmet vermektedir. Hızlı feribot; şehir içi ve şehirlerarası hem yolcu hem de araba taşımaktadır. Diğer türlere göre daha hızlıdır. Deniz otobüsü; şehir içi ve şehirlerarası sadece yolcu taşımacılığı yapmaktadır. Yolcu vapuru; şehir içinde sadece yolcu taşımaktadır. Araba vapuru; şehir içi ve şehirlerarası hem yolcu hem de araba taşımaktadır (İDO, 2014). Yolcu Gemisi ise Sarayburnu - Marmara Adası - Avşa Adası arasında sadece yolcu taşımaktadır (Fotoğraf 12).



Hızlı Feribot



Deniz Otobüsü



Yolcu Vapuru



Arabalı Vapur



Yolcu Gemisi



Deniz Taksi



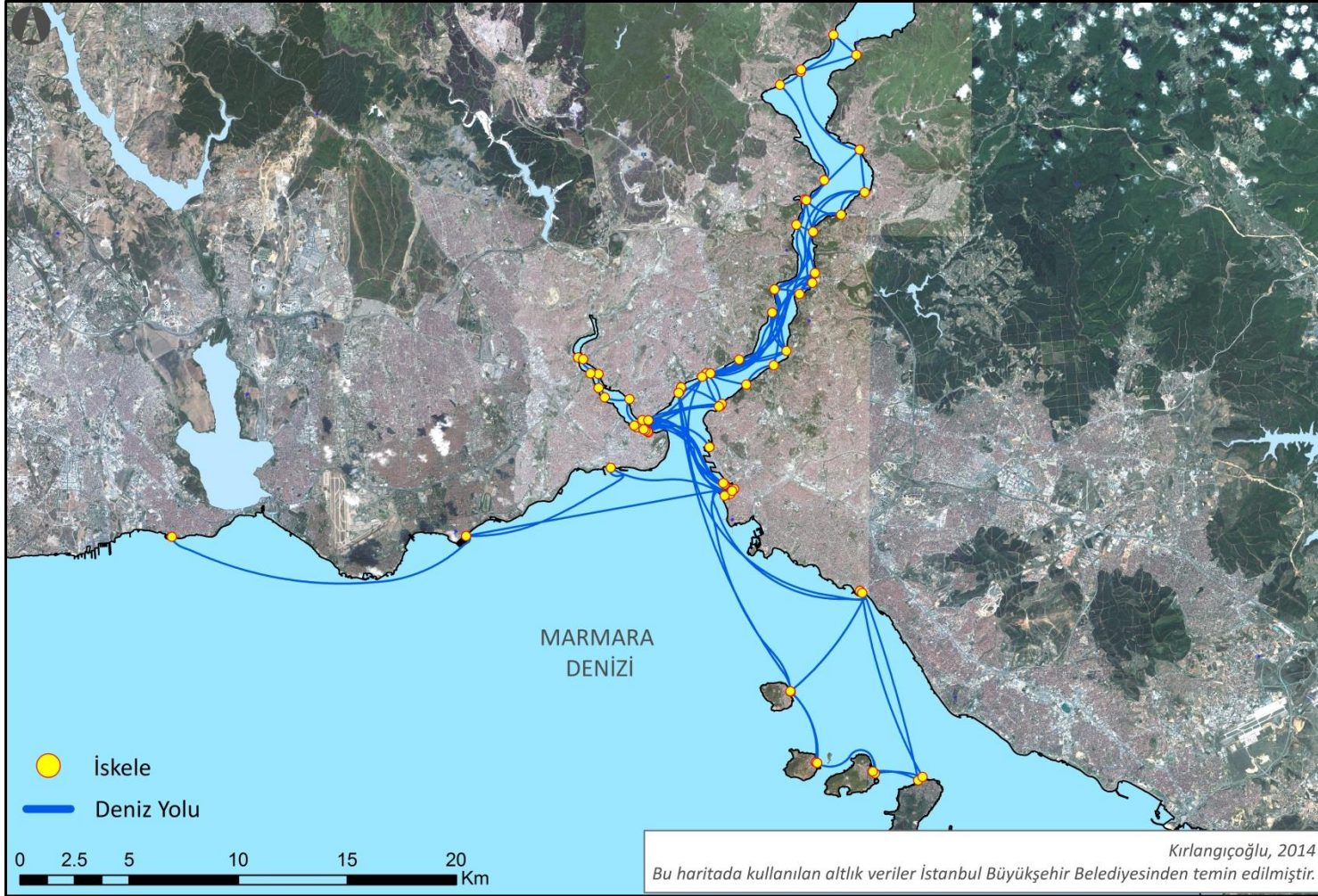
Deniz Motoru (Turyol)



Deniz Motoru (Dentur)

Fotoğraf 12: İstanbul Deniz Yollarında Hizmet Veren Araçlar (İDO, 2014)

İstanbul'da hizmet veren denizyolu hatları uydu görüntüsü üzerinde gösterilmiş ve aşağıda verilmiştir (Şekil 21).



Şekil 21: İstanbul Denizyolu Hatları

2.3. Raylı Sistemler

İstanbul'da kent içi raylı sistemlerin işletmecisi konumundaki İstanbul Ulaşım A.Ş. verilerine göre İstanbul ili hâlihazırda, TCDD tarafından işletilen 72 km uzunluğundaki banliyö hattı hariç 141 km kent içi raylı sistem ağına sahiptir (Tablo 11). İnşa halindeki hatların toplam uzunluğu 46,20 km'dir (Tablo 12). İnşaat ihalesi aşamasında ise toplam 40,5 km uzunluğunda 3 adet raylı sistem hattı bulunmaktadır (Tablo 13).

Tablo 11: Mevcut Raylı Sistemler

HAT ADI	SİSTEM	UZUNLUK (km)	İSTASYON SAYISI	YOLCU KAPASİTESİ
Kadıköy - Kartal	Metro	21.7	16	200.000 yolcu/gün
Kabataş - Bağcılar	Tramvay	19.8	31	400.000 yolcu/gün
Aksaray-Atatürk H.Limanı	Metro	20.3	18	310.000 yolcu/gün
Yenikapı - Hacıosman	Metro	22.15	13	320.000 yolcu/gün
Başakşehir-Olimpiyatköy	Metro	16.9	11	24.000 yolcu/yön/saat
Topkapı - Habibler	Tramvay	15.4	22	100.000 yolcu/gün
Otogar – Bağcılar	Metro	5.6	5	35.000 yolcu/yön/saat
Kadıköy - Moda	Nostaljik Tramvay	2.6	10	2.000 yolcu/gün
Taksim - Tünel	Nostaljik Tramvay	1.6	2	1.000 yolcu/yön/saat
Taksim - Kabataş	Füniküler	0.65	2	38.000 yolcu/gün
Eyüp - Pier Loti	Teleferik	0.38	2	5.100 yolcu/gün
Maçka - Taşkışla	Teleferik	0.35	2	1.400 yolcu/gün
Marmaray Tüp Geçişi	Metro	13.5		300.000 yolcu/gün
	Toplam	141 km		

Tablo 12: İnşaatı Devam Eden Raylı Sistemler

HAT ADI	SİSTEM	UZUNLUK (km)	İSTASYON SAYISI	YOLCU KAPASİTESİ
Üsküdar – Ümraniye - Çekmeköy	Metro	16.9	16	55.000 yolcu/yön/saat
Kartal - Kaynarca	Metro	3.8	3	70.000 yolcu/yön/saat
Levent – Rumeli Hisarüstü	Metro	4.5	5	35.000 yolcu/yön/saat
Kabataş - Mahmutbey	Metro	21	19	70.000 yolcu/yön/saat
Aksaray - Yenikapı	Hafif Metro	0.7	2	35.000 yolcu/yön/saat
	Toplam	46.20 km		

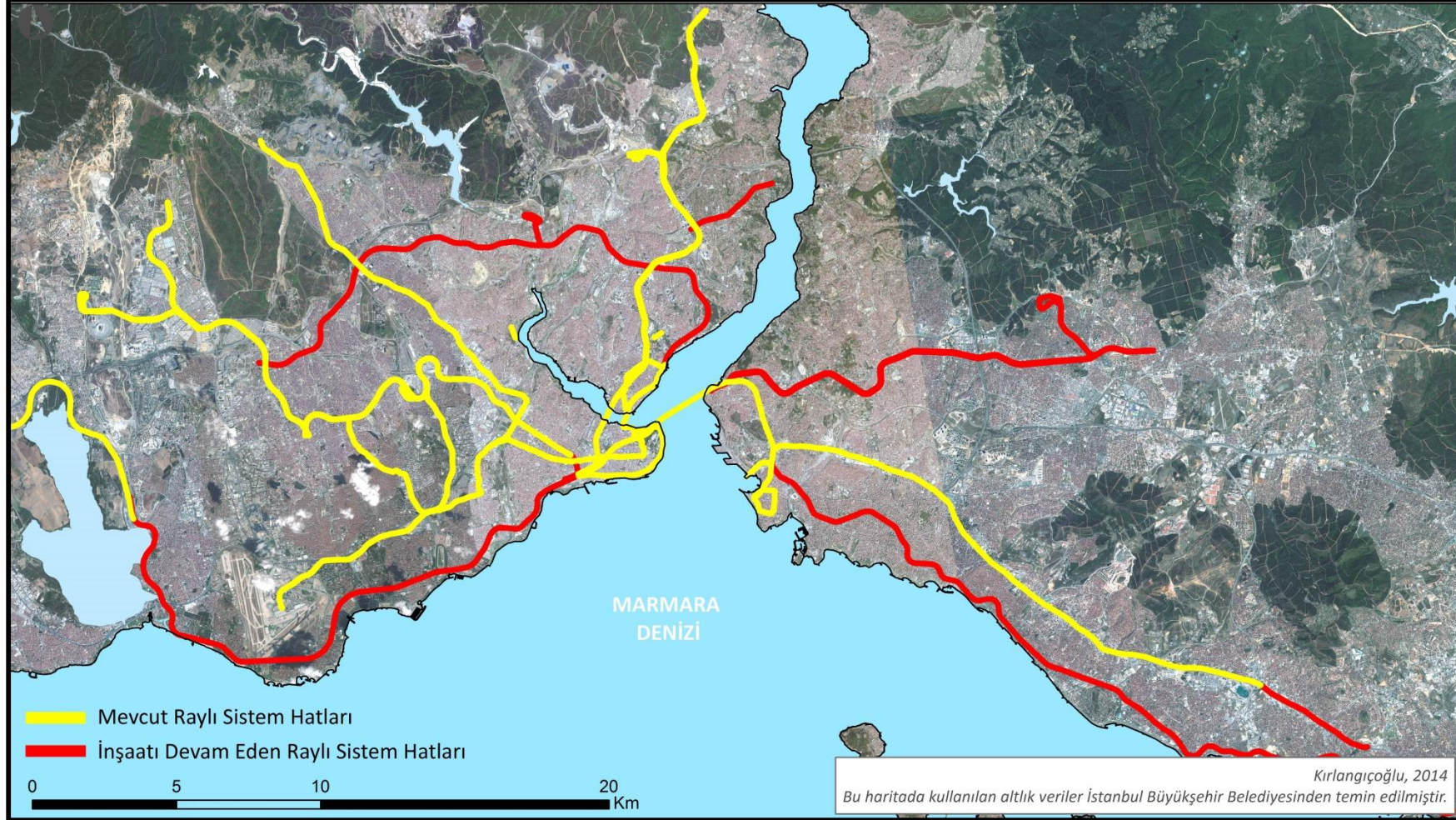
Tablo 13: İnşaat İhalesi Aşamasındaki Raylı Sistemler

HAT ADI	SİSTEM	UZUNLUK (km)	İSTASYON SAYISI	YOLCU KAPASİTESİ
Bakırköy - Beylikdüzü	Hafif Metro	24.5	19	35.000 yolcu/yön/saat
Kirazlı - Bakırköy	Metro	9	9	70.000 yolcu/yön/saat
Yenikapı - Bakırköy	Metro	7	6	70.000 yolcu/yön/saat
	Toplam	40.5 km		

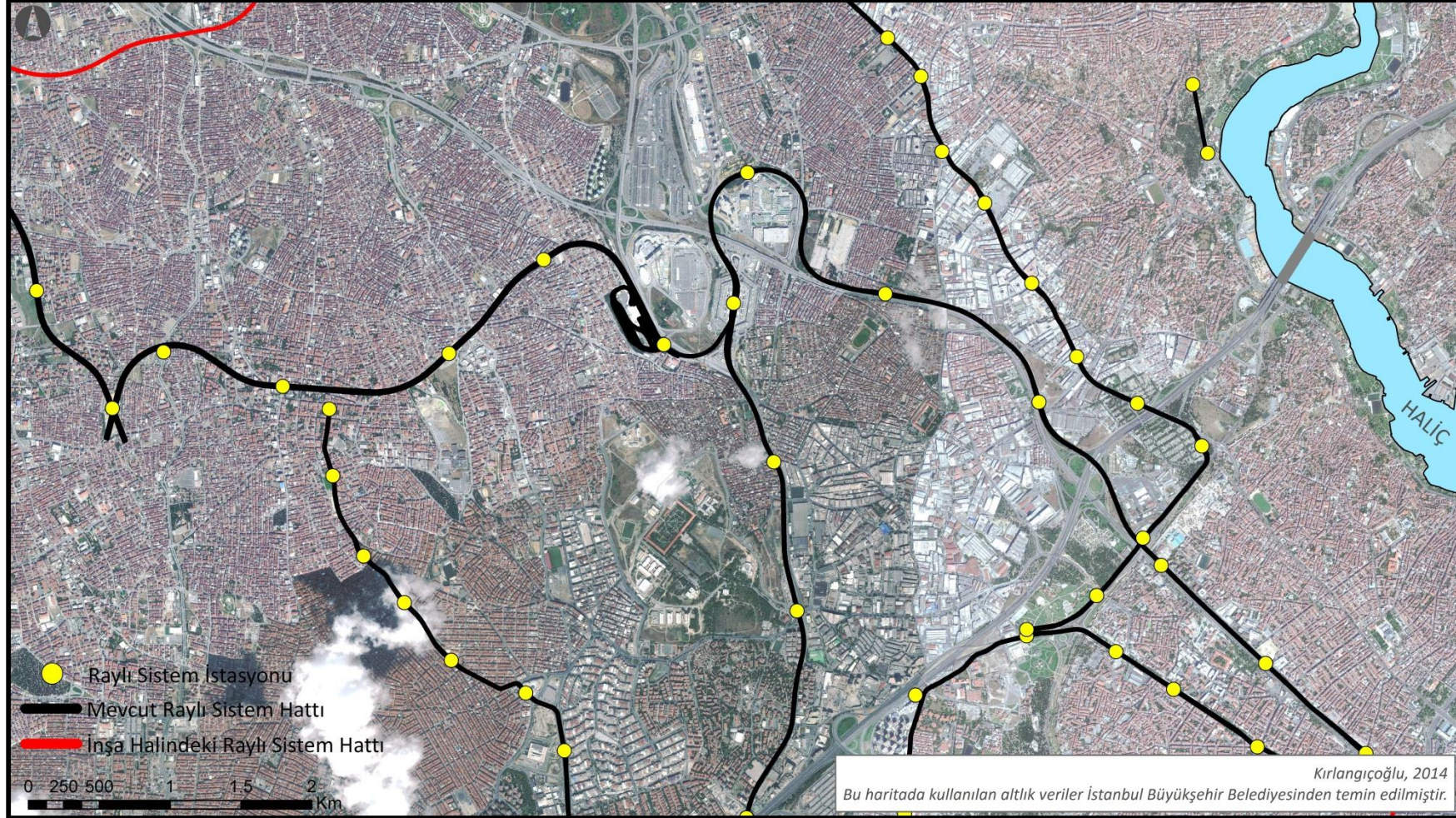
İnşaat ihalesi aşamasındaki hatların ne zaman başlayıp ne zaman tamamlanacağı belli olmadığı için analizlere dâhil edilmeyeceklerdir. İstanbul'daki mevcut ve inşa halindeki raylı sistem hatlarına ait güzergâhlar ve istasyon yerleri sayısal ortamda temin edilerek uydu görüntüsü ile entegre edilmişler ve analizlere hazır hale getirilmişlerdir (Şekil 22 ve Şekil 23). Ayrıca detay görünüm eklenmiştir (Şekil 24).



Şekil 22: İstanbul Mevcut ve İnşa Halindeki Raylı Sistem Hatları

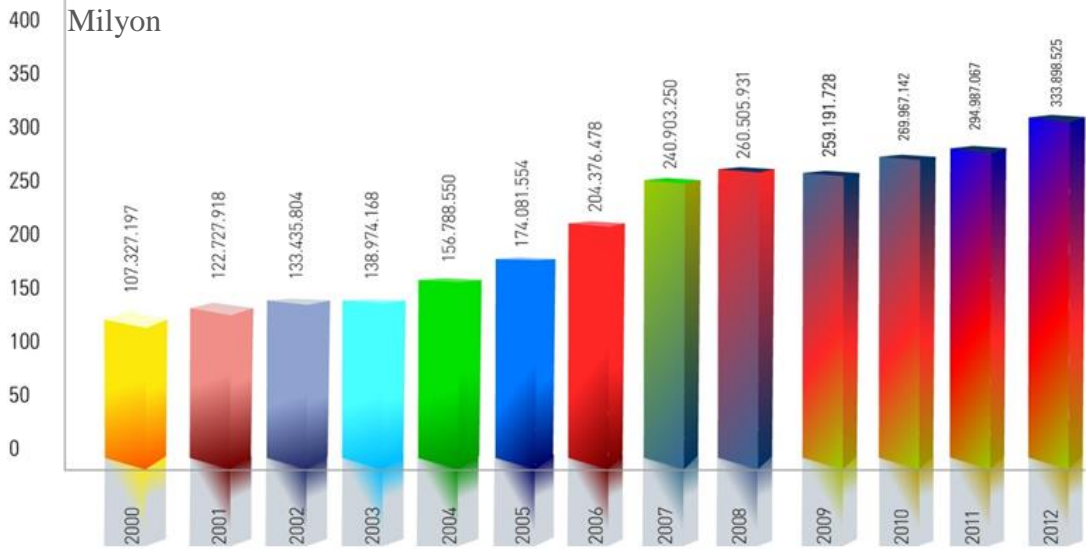


Şekil 23: İstanbul Raylı Sistem Hatları – Merkez Bölgeler



Şekil 24: İstanbul'daki Raylı Sistem Hatları ve İstasyon Yerlerinden Bir Kesit

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, raylı sistem toplam hat uzunluğunu 2019 yılına kadar 420 kilometreye, 2019 sonrasında ise 776 kilometreye çıkarmayı hedeflemektedir. Hâlihazırda işletmede olan 141 kilometrelik raylı sistem hattını ise her gün 1.1 milyon, yılda ise 330 milyondan fazla insan kullanmaktadır. Yıllara göre yolcu sayılarını gösterir grafik aşağıda verilmiştir (Şekil 25).



Şekil 25: 2000 – 2012 arası yıllık raylı sistem yolculuk sayıları
(İSTANBUL ULAŞIM AŞ, 2014)

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı üzere, raylı sistem hatları uzadıkça, kullanıcı sayısı da doğru orantılı olarak artmaktadır. Yani yapılan yatırımlar karşılığını bulmakta ve insanlar doğru planlanan raylı sistem hatlarını yoğun olarak kullanmaktadırlar. Her yeni raylı sistem yüzbinlerce yolcunun karayolundan demir yoluna geçişini sağlamak ve bu durum İstanbul'un sorunları içerisinde önemli bir yeri olan ulaşım sorununun çözümüne yönelik önemli katkılar sağlamaktadır.

Raylı sistem yolcularına İstanbul genelinde toplam 652 araç hizmet vermektedir. İstanbul'da kullanılan ve hizmet verdikleri raylı sistem hattına göre tasnif edilmiş araç tipleri aşağıda verilmiştir (Fotoğraf 13).



Fotoğraf 13: İstanbul Raylı Sistem Hatlarında Hizmet Veren Araçlar (İSTANBUL ULAŞIM, 2014)

3.BÖLÜM: ÇOK FAKTÖRLÜ OBJEKTİF RAYLI SİSTEM GÜZERGÂH TASARIM MODELİNİN İSTANBUL ÖRNEĞİNDE UYGULANMASI

Daha önceki bölümlerde, İstanbul'un ulaşım tarihçesi genel hatlarıyla ifade edilmiş ve raylı sistemler özelinde hem geçmiş hem de gelecek projeler hakkında detaylı bir inceleme yapılmıştır. Bu bölümde ise, daha önceki bölümlerde edinilen bilgilerin ışığında yeni bir raylı sistem güzergâh tasarım modeli oluşturulmaya çalışılacaktır. Ortaya çıkan modelin İstanbul için örnek bir uygulaması gerçekleştirilecek ve mevcut durum için raylı sistem ihtiyacı hissedilen bölgeler tespit edilecektir.

Raylı Sistem güzergâh seçimi, belli kriterler çerçevesinde istenilen koşulları sağlayan geçiş bölgelerinin bulunması ve daha sonra da raylı sistem hattının bu bölgelerden ya da yakın çevrelerinden en uygun şekilde nasıl geçebileceğinin bulunması sürecidir. Bu kapsamda, mekânsal ve mekânsal olmayan verilerin birbirleriyle entegre edilmesi ve güzergâh belirleme sürecinde etki edecek bütün faktörlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Sürecin çok fazla bileşen içermesi ve bütün bu bileşenlerin bir arada değerlendirilerek bir sonuç elde edilebilmesi için etkinliği kanıtlanmış profesyonel yöntemlere ve yazılımlara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu süreçte, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden istifade edilecektir. Bu sayede, bütün kriterler bir arada değerlendirilecek ve ileride tasarlanacak raylı sistem hatlarının hangi bölgelerden geçmesi gerektiği bulunmaya çalışılacaktır. Bu kapsamda, daha önce verilen ÇKKV İş Akış Şemasındaki 12 faktör kullanılacaktır.

Bu faktörlerin ÇKKV modelinde kullanılabilmesi için, öncelikle gerekli veriler temin edilmiş, ardından mevcut durumu gösterir haritalar üretilmiştir. Faktörlerin hepsinin bir arada değerlendirilmesi ve raylı sistem güzergâh tasarımında kullanılabilmeleri için aynı koordinat sistemine ve aynı formata dönüştürülmüşlerdir. Daha sonra, her bir faktörün güzergâh tasarımı için ne derecede önemli olduğu literatür araştırmaları ve raylı sistem güzergâh tasarım uzmanlarıyla yapılan görüşmeler neticesinde belirlenmiştir. Faktörler arası karşılaştırmalı puanlamanın ardından, her bir faktörün diğerlerine göre ağırlığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak; her bir faktörün kendi

içindeki değişik özelliklerine göre bir puanlama daha yapılarak faktör içi uygunluk analizleri ve puanlamaları gerçekleştirilmiştir. Ardından, bütün faktörlere ait puan analizleri 25 metre çözünürlüklü ve İstanbul genelini kapsayan aynı sınırlar çerçevesinde raster formatlı haritalara dönüştürülmüştür. Bu sayede en son aşamada bütün faktörlerin İstanbul geneli puanları aynı koordinat sisteminde üst üste konularak toplanmış ve sonuç ürün olarak İstanbul genelinde raylı sistem güzergâhı için en çok ihtiyaç duyulan ve en uygun bölgeler tespit edilmiştir. Bir sonraki bölümde, her bir faktör için gerçekleştirilen çalışmalar anlatılmaktadır.

Öncelikle; güzergâh tasarımına etki eden bütün faktörlere yönelik analiz paftalarının oluşturulması ve daha sonra bütün analiz paftalarının üst üste çakıştırılarak bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Fakat bu çakıştırma esnasında, doğal olarak bazı faktörler diğer faktörlere göre daha büyük önem katsayısına sahip olacaklardır. Dolayısıyla ilk iş olarak hangi faktörün hangi faktöre göre kaç kat daha önemli olduğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, İstanbul'da raylı sistem güzergâh tasarımı üzerine görev yapan kamu ve özel sektör çalışanlarından 15 uzman ile görüşülmüştür. Daha önce kendileriyle yapılan görüşmeler neticesinde ortaya çıkan 12 faktör arasında bir önem sıralaması yapmaları ve her bir faktörün diğer faktörler ile karşılaştırmalı önem derecesine göre puan vermeleri istenmiştir. Uzmanlar tarafından belirtilen görüşler ve verilen puanlar neticesinde hangi faktörün hangi faktöre göre tasarım sürecinde ne kadar ağırlıklı öneme sahip olduğu aşağıdaki karşılaştırmalı tabloda verilmiştir. (Tablo 14).

Bu puanlama sistemi, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden biri ve uluslararası geçerliliği kanıtlanmış olan Analitik Hiyerarşi Prosesinin (AHP) bir parçası olarak gerçekleştirilmiştir. Fakat klasik AHP yaklaşımına göre çok daha detaylı ve hassas bir puanlama gerçekleştirilmiştir. Tablo okunurken öncelikle en solda bulunan sütundaki kriter adına bakılır. Bu kriterin kendi sırasında sağa doğru ilerlendikçe bazı katsayılar görünür. Bu sayılar o kriterin, üst satırda yazan diğer kritere göre karşılaştırmalı üstünlük katsayısıdır. Mesela; yolculuk talebi nüfus yoğunluğuna göre 1.25 kat daha etkili bir faktördür. Aynı şekilde kamulaştırma ihtiyacı eğitim faktörüne göre 2 kat daha önemlidir.

Tablo 14: Raylı Sistem Güzergâh Tasarım Kriterlerinin Önem Derecelerine Göre Karşılaştırılması

KRİTERLER	Yolculuk Talebi	Diğer Ulaşım Entegrasyon	Nüfus Yoğunluğu	Ekolojik & Sit Alanları	Kamulaştırma İhtiyacı	Sanayi & Ticarete Yakınlık	Kamu & Eğitime Yakınlık	Toplu Konutlara Yakınlık	Eğitim	Jeolojik Yapı	Faylara Uzaklık	Su Alanlarına Uzaklık
Yolculuk Talebi	1	1.111	1.250	1.429	1.667	2.000	2.222	2.500	3.333	4.000	5.000	10.000
Diğer Ulaşım Entegrasyon	0.900	1	1.125	1.286	1.500	1.800	2.000	2.250	3.000	3.600	4.500	9.000
Nüfus Yoğunluğu	0.800	0.889	1	1.143	1.333	1.600	1.778	2.000	2.667	3.200	4.000	8.000
Ekolojik & Sit Alanları	0.700	0.778	0.875	1	1.167	1.400	1.556	1.750	2.333	2.800	3.500	7.000
Kamulaştırma İhtiyacı	0.600	0.667	0.750	0.857	1	1.200	1.333	1.500	2.000	2.400	3.000	6.000
Sanayi & Ticarete Yakınlık	0.500	0.556	0.625	0.714	0.833	1	1.111	1.250	1.667	2.000	2.500	5.000
Kamu & Eğitime Yakınlık	0.450	0.500	0.563	0.643	0.750	0.900	1	1.125	1.500	1.800	2.250	4.500
Toplu Konutlara Yakınlık	0.400	0.444	0.500	0.571	0.667	0.800	0.889	1	1.333	1.600	2.000	4.000
Eğitim	0.300	0.333	0.375	0.429	0.500	0.600	0.667	0.750	1	1.200	1.500	3.000
Jeolojik Yapı	0.250	0.278	0.313	0.357	0.417	0.500	0.556	0.625	0.833	1	1.250	2.500
Faylara Uzaklık	0.200	0.222	0.250	0.286	0.333	0.400	0.444	0.500	0.667	0.800	1	2.000
Su Alanlarına Uzaklık	0.100	0.111	0.125	0.143	0.167	0.200	0.222	0.250	0.333	0.400	0.500	1
TOPLAM	6	7	8	9	10	12	14	16	21	25	31	62

Yukarıdaki faktörler arası karşılaştırma tablosunda toplam değeri en düşük olan kolon en önemli ve en etkili faktörü (yolculuk talebi), en yüksek olan kolon ise en az etkili faktörü (su alanlarına uzaklık) ifade eder.

Çok Kriterli Karar Verme sürecinde her bir faktörün diğerlerine göre önem derecesini ifade eden ağırlıklı ortalama değerinin bulunması gerekir. Bu amaçla her bir kolondaki her bir değer, kolon sonundaki toplam değere bölünür ve oluşan tablodaki her bir satırın ortalama değeri o faktörün ağırlıklı ortalama değeridir. Bütün faktörlerin önem dereceleri toplandığında çıkan rakam 1 olur. Bu çalışmada kullanılan 12 faktörün önem dereceleri aşağıda verilmiştir (Tablo 15).

Tablo 15: Tasarıma Etki Eden Faktörlerin 1'e Oranlanmış Önem Dereceleri

FAKTÖRLER	ÖNEM DERECESİ
Yolculuk Talebi	0.161
Diğer Ulaşım Entegrasyon	0.145
Nüfus Yoğunluğu	0.129
Ekolojik ve Sit Alanlarına Uzaklık	0.113
Kamulaştırma İhtiyacı	0.097
Sanayi ve Ticarete Yakınlık	0.081
Kamu ve Eğitime Yakınlık	0.073
Toplu Konutlara Yakınlık	0.065
Eğitim	0.048
Jeolojik Yapıya Uygunluk	0.040
Faylara Uzaklık	0.032
Su Alanlarına Uzaklık	0.016
TOPLAM	1

Netice olarak, her bir faktörün diğer faktörlere göre önem derecesi ortaya çıkmıştır. Hangi faktörün diğerine göre neden daha önemli olduğu ile ilgili gerekli açıklamalar daha önce verilmiştir. Fakat buna ek olarak, her bir faktörün aynı zamanda kendi içinde de önem sıralamasına ve puanlamaya ihtiyacı bulunmaktadır. Örneğin; eğitim

alanlarına ya da kamu kurumlarına çok yakın olan bir bölge ile daha uzak olan bölge arasında tercih edilirlık açısından puan farkı olacaktır. Aynı şekilde nüfus yoğunluğu yüksek olan bir bölge, yolcu potansiyelinden dolayı az yoğunluklu bir konut alanına göre daha yüksek puan alacaktır. Bu puanların her faktöre ayrı ayrı verilebilmesi ve daha sonra bir araya getirilerek tek bir haritada toplanabilmesi için her bir analiz haritasının aynı kapsamda, aynı ölçekte, aynı koordinat sisteminde ve aynı formatta olması gerekmektedir. Bu sebeple, bütün analiz haritaları raster formatına dönüştürülmüş ve 25x25 metrelik piksellere bölünmüştür. Her bir pikselin hangi faktörden ne kadar etkilendiği bulunacak ve sonuç olarak ta her bir pikselin her bir faktörden aldığı puanlar toplanarak İstanbul genelinde raylı sistem ihtiyacı olan elverişli alanlar tespit edilmeye çalışılacaktır. Daha önce verilen önem derecelerinden yola çıkılarak hazırlanan ve her bir faktörün kendi içindeki puanlamayı ifade eden açıklamalar aşağıda verilmiştir.

3.1. İstanbul'da Raylı Sistem Güzergâh Tasarımına Etki Eden Faktörlerin Önem Derecelerine Göre Değerlendirilmesi

Raylı sistem güzergâh tasarımına yön veren 12 faktör ile ilgili gerekli veriler toplanmış, analizler gerçekleştirilmiş ve harita formatında görselleştirilmişlerdir. Aşağıda her faktörün hem karşılatırmalı genel önem derecesine hem de kendi içindeki değişkenliklere göre değerlendirmeleri yer almaktadır.

3.1.1. Yolculuk Talebi Faktörü

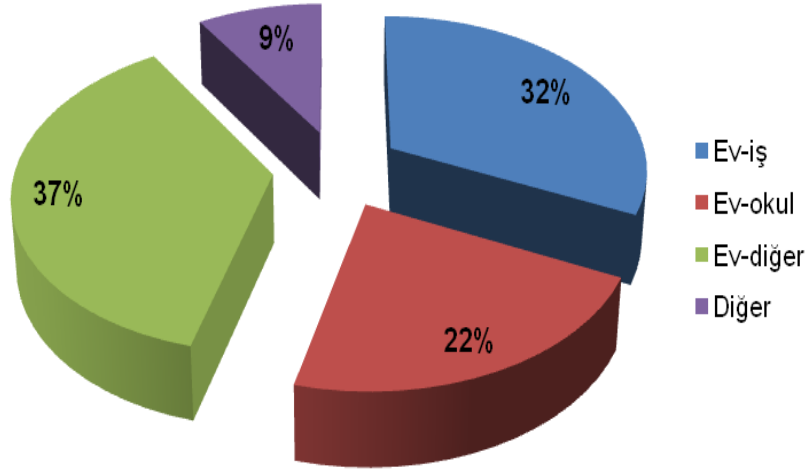
Literatür taraması ve uzmanlarla yapılan görüşmeler neticesinde, raylı sistem güzergâh tasarımını etkileyen en önemli faktörün Yolculuk Talebi olduğu anlaşılmıştır. Yolculuk talebinin hangi bölgelerde olduğunu anlamak ta ancak kapsamlı bir Ulaşım Etüdü ile mümkündür. Günlük ve zirve saatlerdeki yolculukların nereden nereye gerçekleştikleri genel hatlarıyla bilinirse, raylı sistem güzergâhları bu talebe göre tasarlanır ve istasyon noktaları yine bu talebin en fazla yoğunlaştığı bölgelere konumlandırılmaya çalışılır.

Ulaşım planlama modellerinin gerçekleştirilebilmesi için mevcut yolculuk matrislerinin ve ne kadar yolcunun hangi saatlerde nereden nereye yolculuk

Öncelikle yolculuk dağılımı anlaşılmalıdır. Bu dağılıma ilişkin parametreleri, ulaşımın amacına göre ve ulaşımda kullanılan araç türüne göre olmak üzere ayrı ayrı değerlendirmek gerekir.

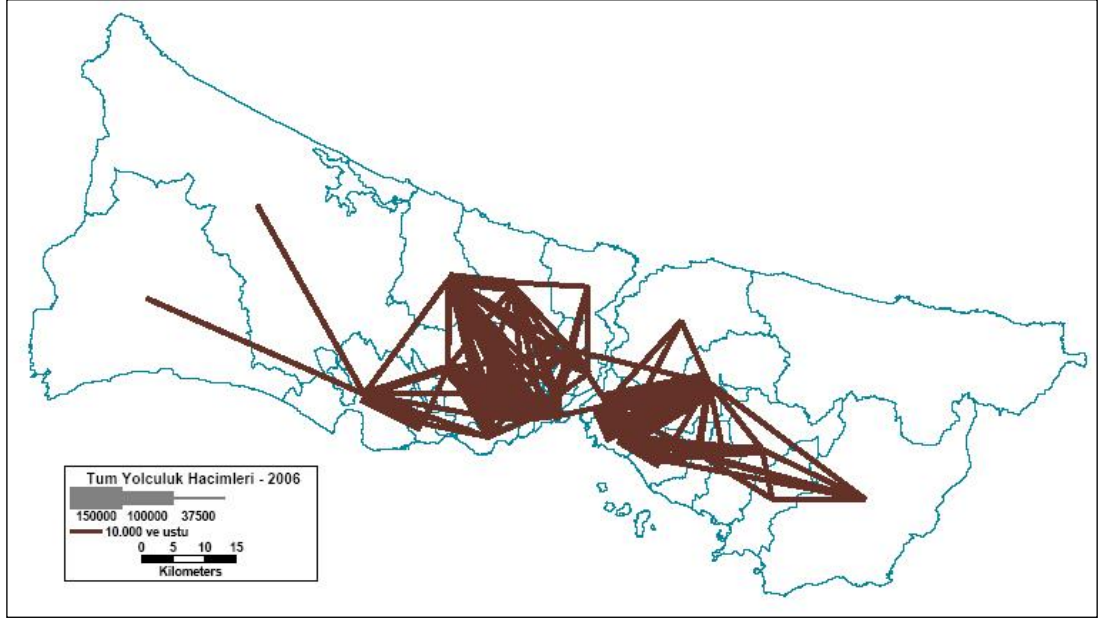
Amaca Göre Yolculuk Dağılımı:

Aşağıda verilen grafikte tüm yolculukların amaçlarına göre dağılımları gösterilmektedir (Şekil 27). Buna göre ev çıkışlı diğer yolculuklar en yüksek orana sahip iken onu evden işe ve evden okula olan yolculuklar takip etmektedir. Ev çıkışlı olmayan diğer yolculuklar ise en düşük orana sahiptir.



Şekil 27: Amaçlarına Göre Yolculuk Dağılımları (İBB, 2011)

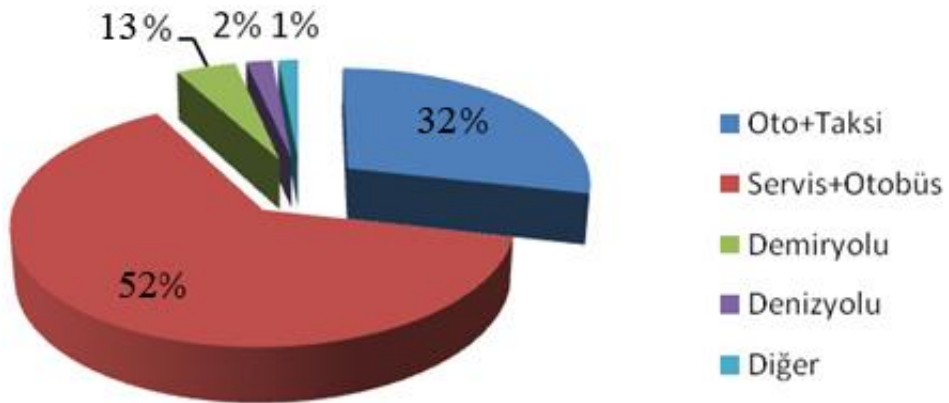
Aşağıdaki şekil tüm ulaşım türleri ve amaçlarına göre ilçeler arası yolculuk dağılımını ifade etmektedir. Şekilde daha kalın çizgiler daha yüksek yolculuk hacimlerini, daha ince çizgiler ise daha düşük yolculuk hacimlerini temsil etmektedir. Şeklin basitleştirilmesi amacıyla günlük 10.000'den düşük yolculuk sayıları gösterilmemiştir (Şekil 28).



Şekil 28: Tüm Amaçlara Göre Yolculuk Dağılımı – 10.000 üstü (İBB, 2011)

Türlere Göre Yolculuk Dağılımı:

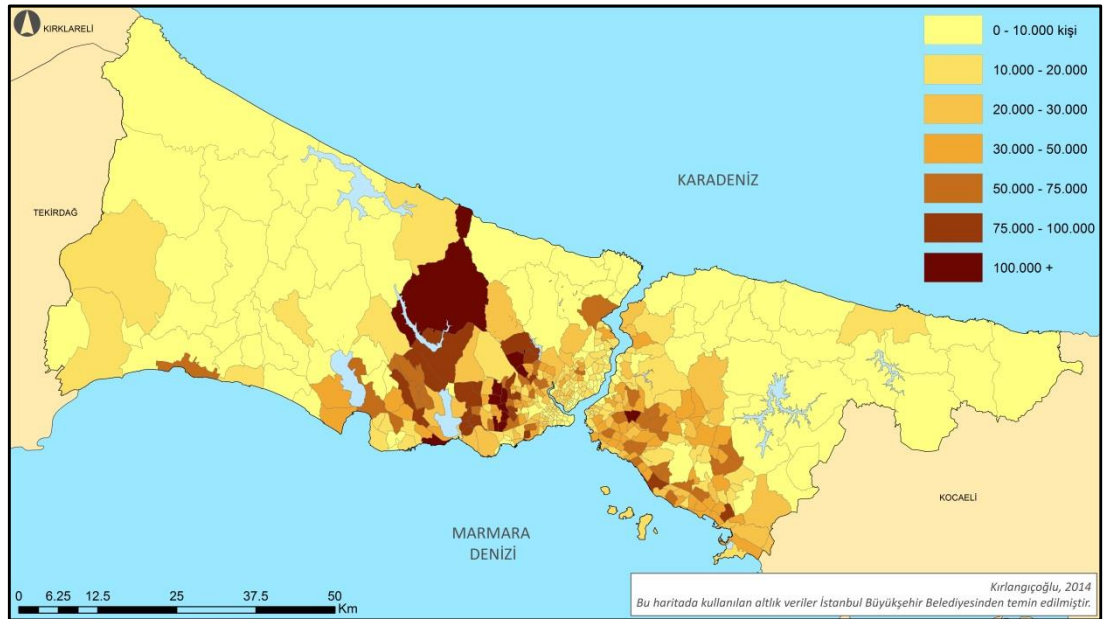
Amaca göre yapılan yolculukların hangi tür ulaşım sistemi ile gerçekleştirildiği de önemlidir. Bu sayede insanların hangi türü daha fazla tercih ettikleri daha iyi anlaşılabilir ve ona göre stratejiler belirlenebilir. İstanbul’da toplu taşıma yüksek oranda tercih edilir seviyelere gelmiştir. Otobüs, raylı sistem, minibüs, deniz yolu ve servisleri içeren toplu taşımanın toplam motorlu yolculuklar içindeki payı %67 seviyesine kadar ulaşmıştır. Buna karşılık özel otomobil ve taksi ile gerçekleştirilen yolculukların oranı %32 seviyesindedir (İSTANBUL ULAŞIM AŞ, 2014). Bu tablo trafik sorununun çözümüne yönelik ümit verici olmakla birlikte, özellikle raylı sistemlerin ağırlığının artırılması gerektiği de görülmektedir (Şekil 29).



Şekil 29: Motorlu Yolculukların Türlerine Göre Dağılımı

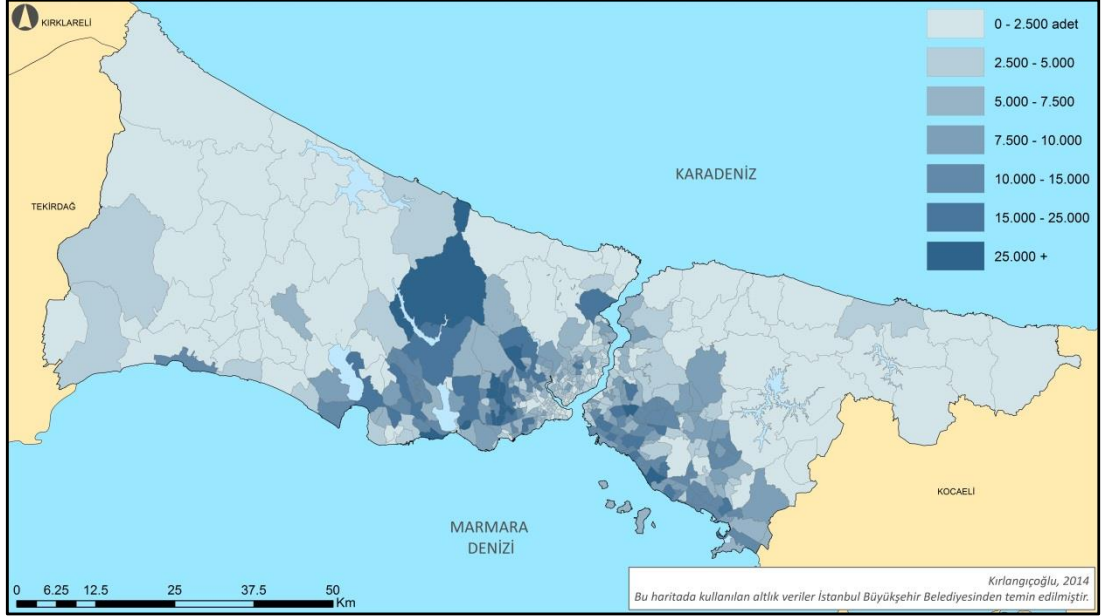
Yukarıda verilen bilgiler ve haritalar aynı zamanda yolculuk taleplerinin hangi bölgelerde yoğunlaştığını ve hangi bölgelere toplu taşıma hizmeti götürülmesi gerektiğine de ışık tutmaktadır. Detaylı bir Yolculuk Talep Analizi yapılmalıdır ve bunun için hâlihazırdaki en güvenilir veri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından 2006 yılında 90.000 kişi üzerinde gerçekleştirilen ve 2009 yılında revize edilen hane halkı anketidir. 2014 yılı itibariyle bu çalışma da güncellenmektedir, fakat henüz sonuçlar ortaya çıkmadığı için bu çalışmada kullanılamamıştır. Bu yüzden 2009 yılı anketinden elde edilen veriler ışığında, Trafik Analiz Bölgeleri (TAB) arasında gerçekleşen günlük yolculuk sayılarına ulaşılmış ve bir ulaşım modeli kurularak yolculuk talep analizi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Çalışmadaki ulaşım modeli pek çok değişik bileşen içermektedir. Öncelikle; toplu ulaşım odaklı bir çalışmada, idari sınırlar yerine ulaşım odaklı bölgelerin değerlendirilmesinin daha doğru sonuçlar çıkmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir. TAB'lar temel olarak bölgeler arası sosyal ve ekonomik ilişkilere dair istatistikler üretmek için kullanılır. Toplamda 451 tane olan her bir TAB için nüfus, istihdam, öğrenci sayıları, nüfusun gelir gruplarına ve çalışıp çalışmama durumlarına göre dağılımları belirlenmiştir. TAB bazlı nüfus dağılımı aşağıda verilmiştir (Şekil 30).



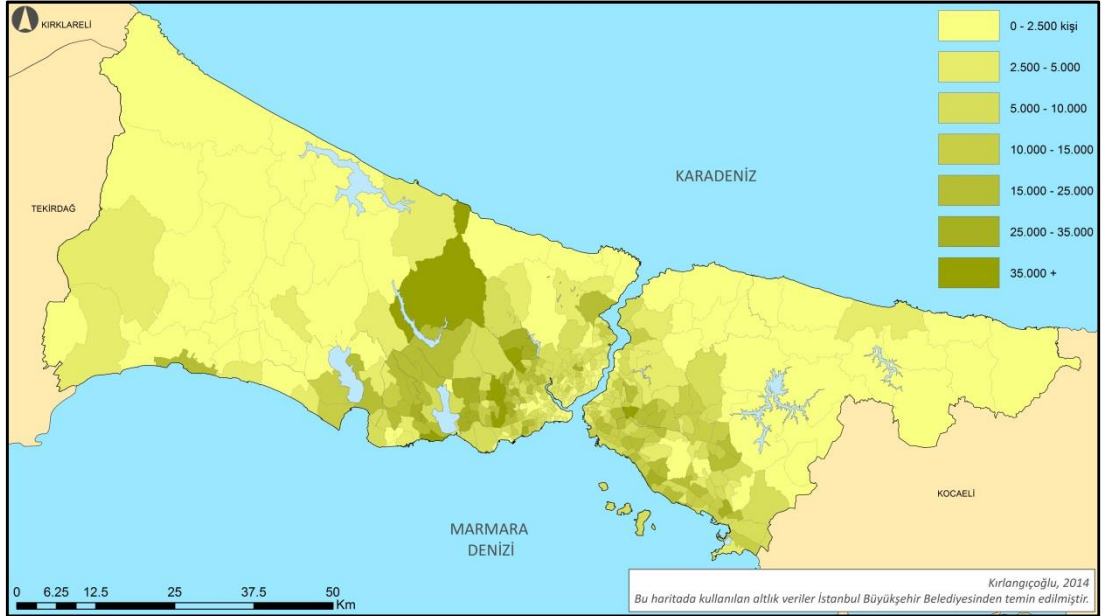
Şekil 30: TAB Bazlı Nüfus Dağılımı

TAB bazlı hane sayısı dağılımı aşağıda verilmiştir (Şekil 31).



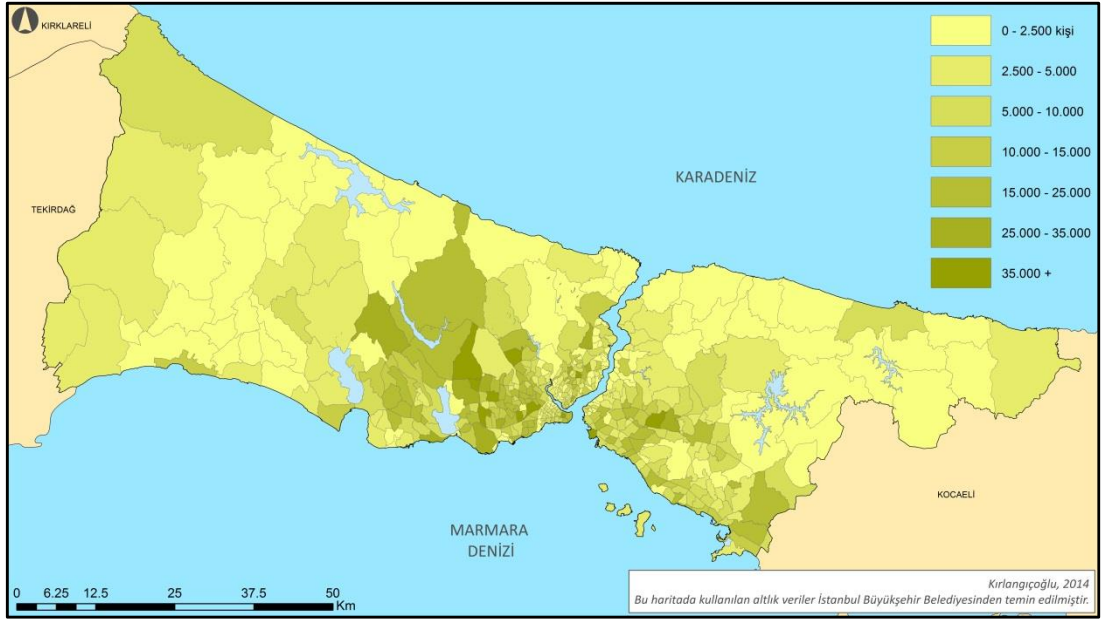
Şekil 31: TAB Bazlı Hane Sayısı Dağılımı

TAB bazlı çalışan sayıları aşağıda verilmiştir (Şekil 32).



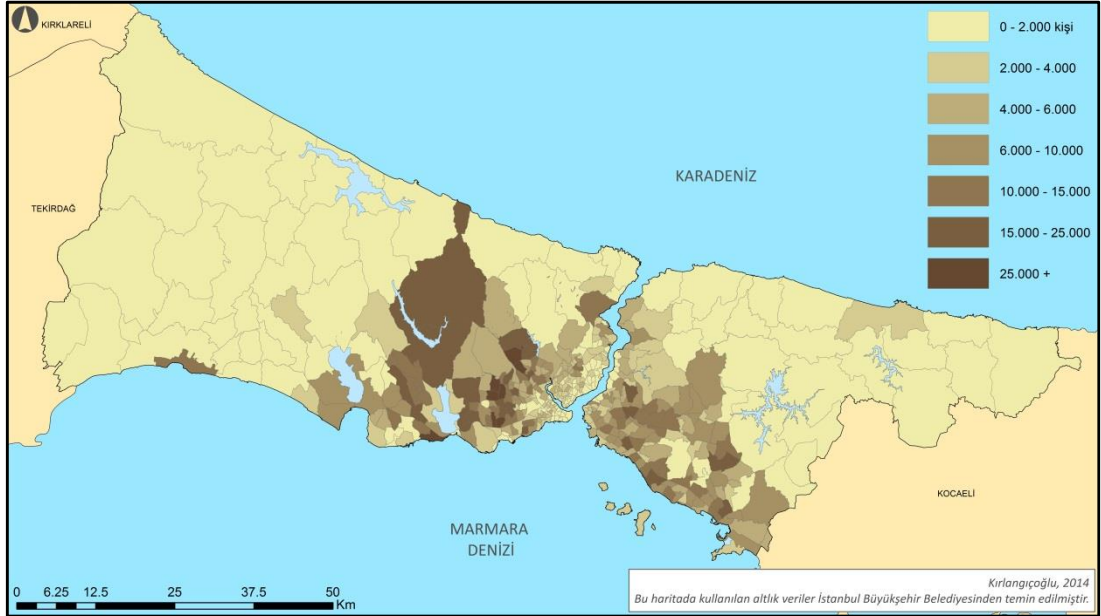
Şekil 32: TAB Bazlı Çalışan Sayısı

Çalışanların ikamet ettiği yerlerin ardından, istihdam edildikleri bölgeler ile ilgili bir yoğunluk haritası üretilmiştir. TAB bazlı toplam istihdam sayıları aşağıda verilmiştir (Şekil 33).



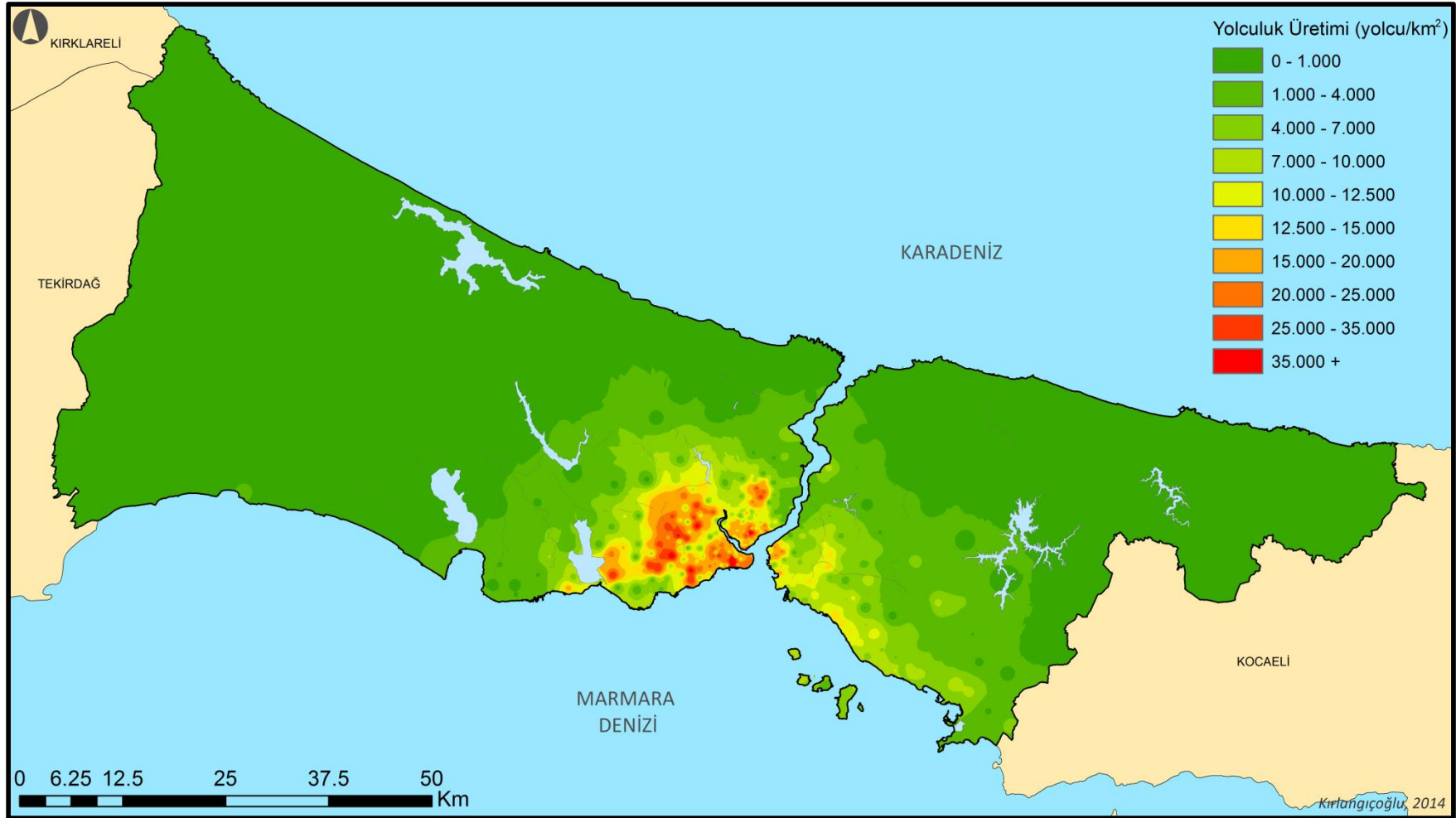
Şekil 33: TAB Bazlı Toplam İstihdam Sayıları

TAB bazlı öğrenci sayıları aşağıda verilmiştir (Şekil 34).

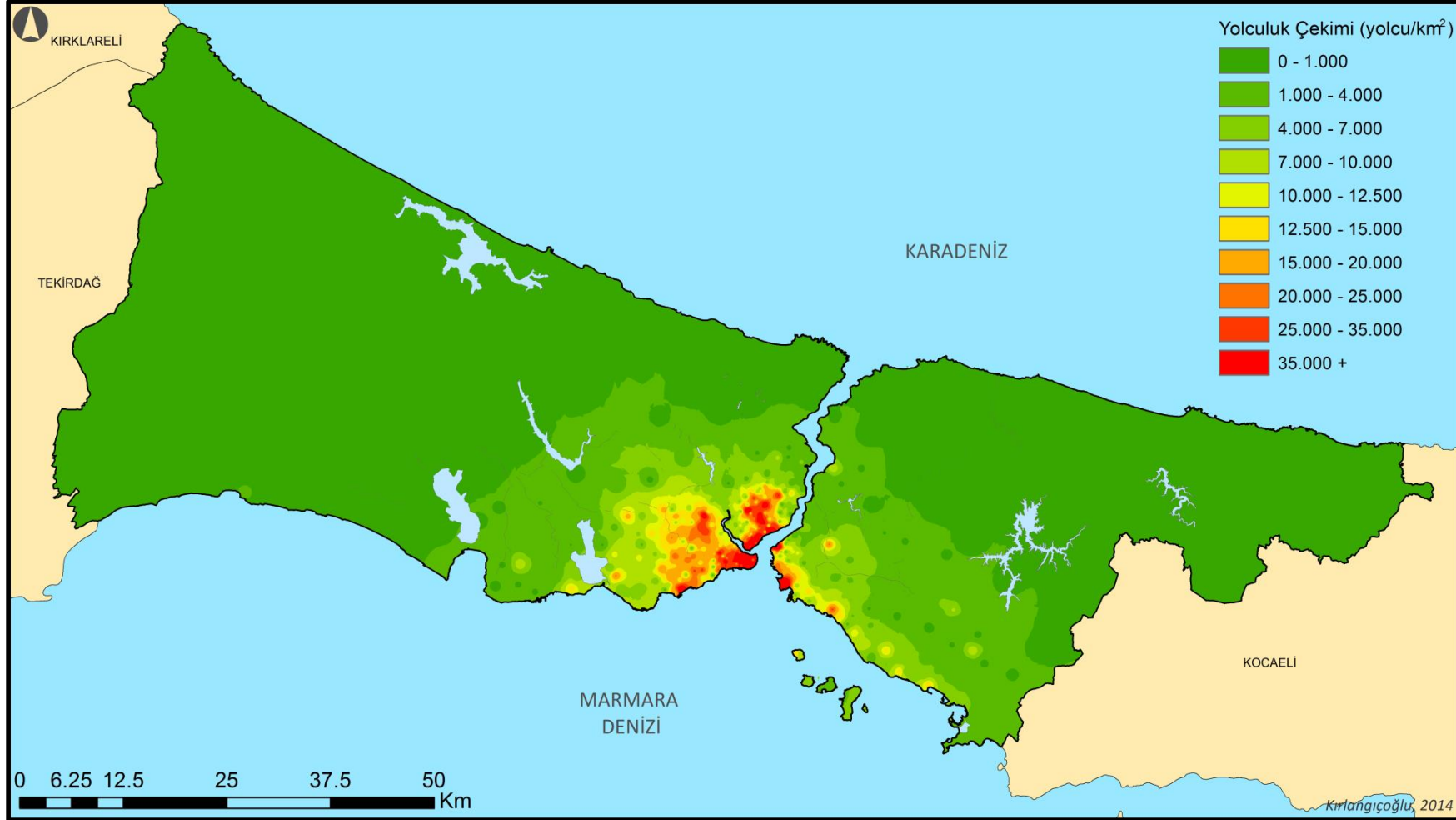


Şekil 34: TAB Bazlı Öğrenci Sayıları

Okuyanların ikamet ettiği yerlerin ardından, okudukları bölgeler ile ilgili bir yoğunluk haritası hazırlanmıştır. TAB bazlı okuldaki öğrenci sayıları aşağıda verilmiştir (Şekil 35).

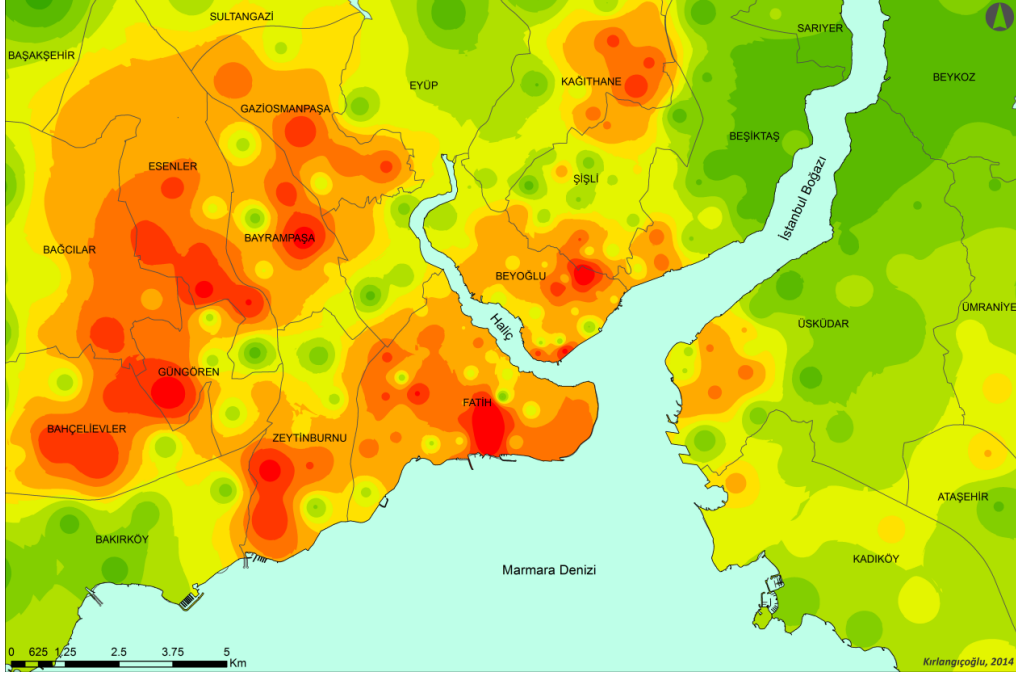


Şekil 36: İstanbul Günlük Yolculuk Üretim Sayıları (İBB, 2011)

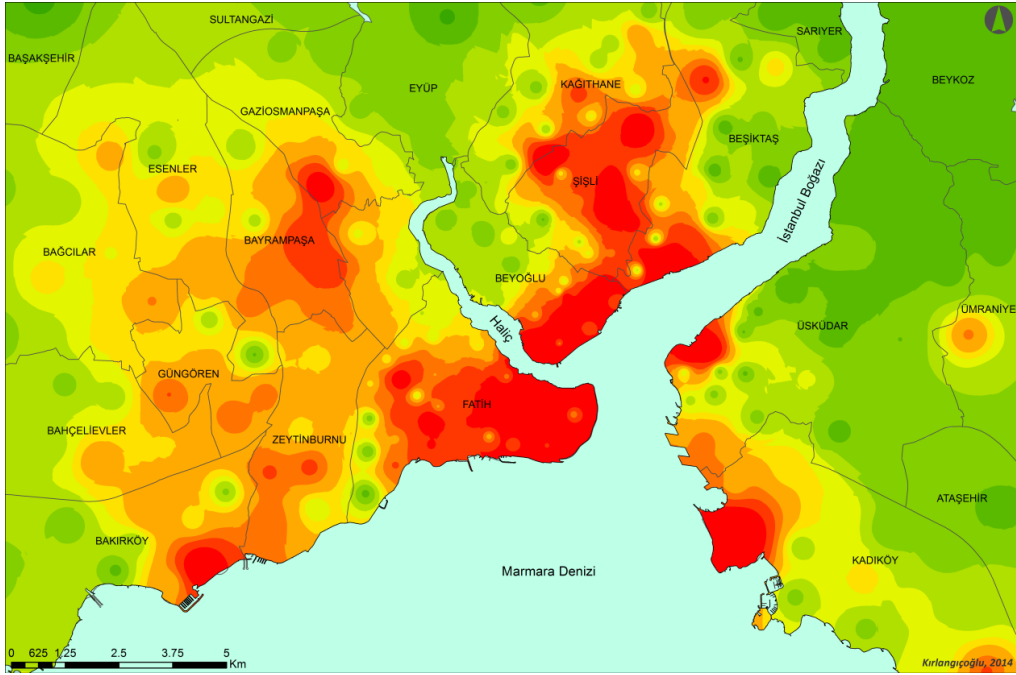


Şekil 37: İstanbul Günlük Yolculuk Çekim Sayıları (İBB, 2011)

Yukarıda İstanbul geneli için verilen günlük yolculuk analizlerinin merkez bölgelerdeki görünümü aşağıda verilmiştir (Şekil 38 ve Şekil 39).

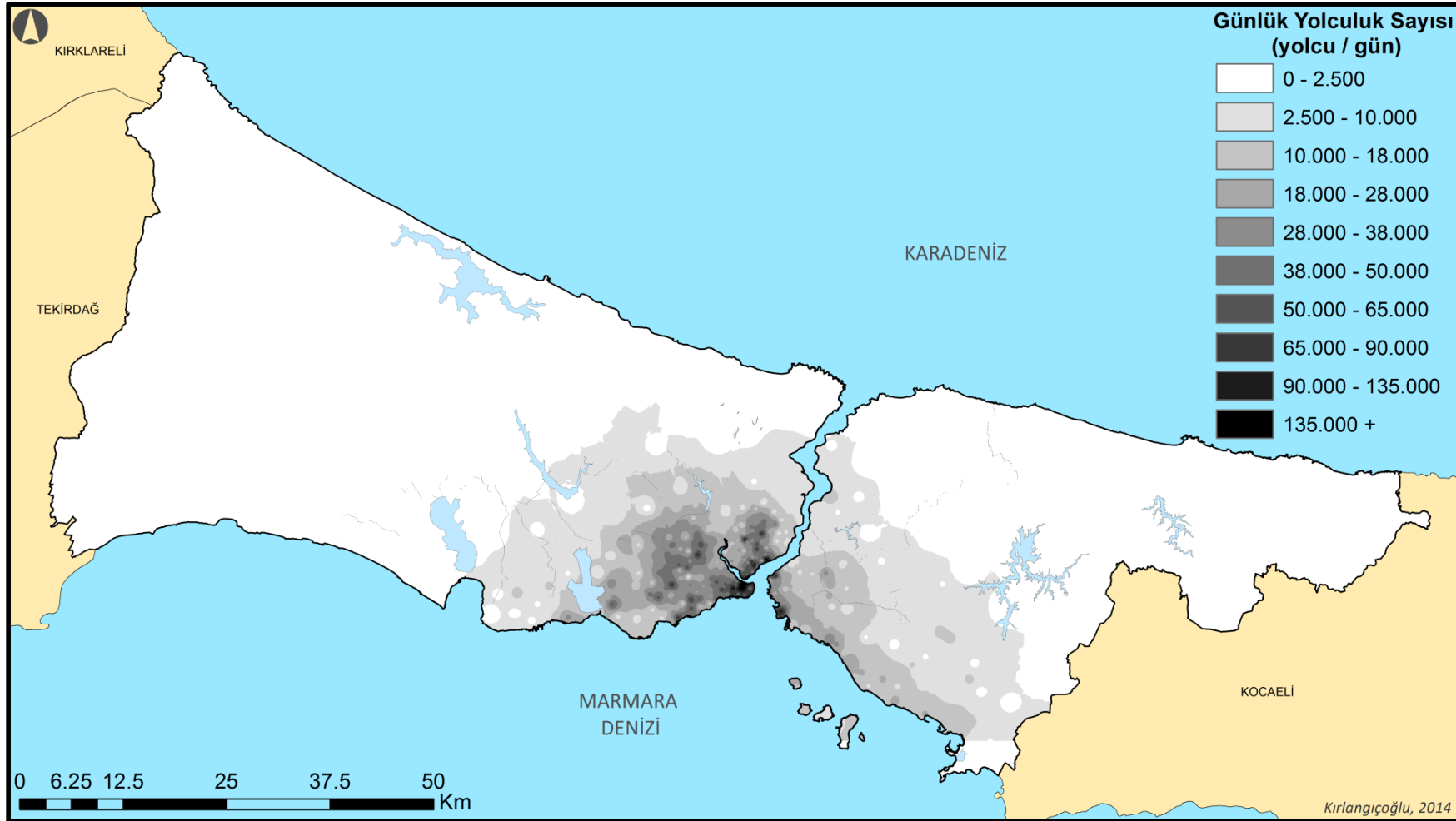


Şekil 38: İstanbul Günlük Yolculuk Üretim Sayıları - Detay Görünüm



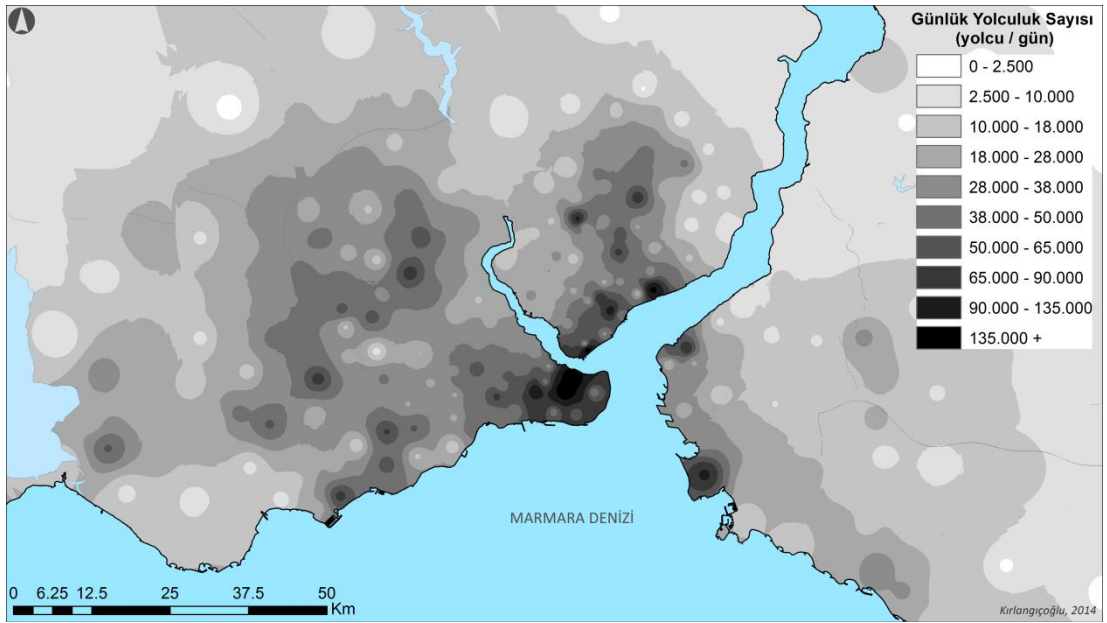
Şekil 39: İstanbul Günlük Yolculuk Çekim Sayıları - Detay Görünüm

Yolculuk üretim ve çekim sayıları toplanarak İstanbul geneli için günlük toplam yolculuk sayılarına ulaşılmıştır (Şekil 40).



Şekil 40: İstanbul Günlük Toplam Yolculuk Sayıları (Üretim + Çekim)

Yukarıdaki haritada, renk siyahtan beyaza doğru açıldıkça yolculuk talebi azalmaktadır. Koyu renkli bölgelerdeki yolcular araç bağımlılığından kurtarılıp toplu taşımaya transfer edildiği takdirde, İstanbul'un Merkezi İş Alanı'nda ciddi bir trafik rahatlama olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, yolculuk talebinin yüksek olduğu bölgelere hizmet edecek yeni raylı sistemler üzerinde çalışılacaktır. Günlük toplam yolculuk talebinin en yoğun olduğu bölgeler aşağıda detay görünüm olarak verilmiştir (Şekil 41).



Şekil 41: Günlük Toplam Yolculuk Sayıları - Detay Görünüm

Haritadan görüldüğü üzere yolculuk sayıları 10 sınıfa bölünmüştür. Raylı sistem tasarımını etkileyen en önemli faktör olan Yolculuk Talebinin önem derecesi 1 üzerinden 0.161 olarak bulunmuştu. ÇKKV analizleri kapsamında yapılacak puan toplama işlemlerinde en yüksek günlük yolculuk talebine sahip olan alanlar 0.161 tam puan alacak, en düşük yolculuk talebine sahip alanlar ise 10 kat daha düşük, yani 0.0161 puan alacaklardır.

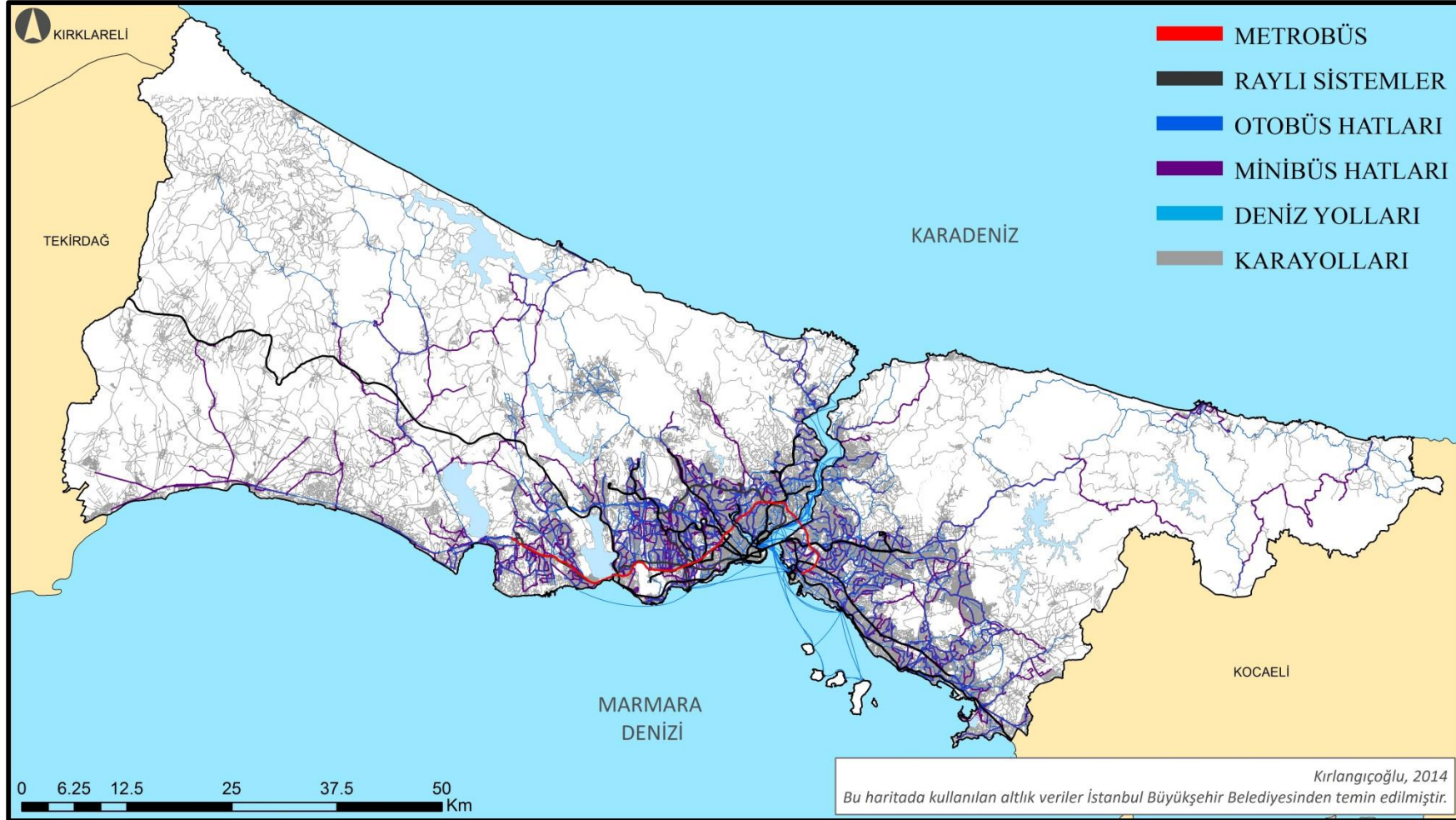
Yolculuk talebi azaldıkça, o bölgelerin ağırlıklı puanında düşme olacaktır. Hangi yolculuk talebine sahip bölgenin ne kadar puan alacağı aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 16).

Tablo 16: Günlük Yolculuk Sayılarının Önem Puanları

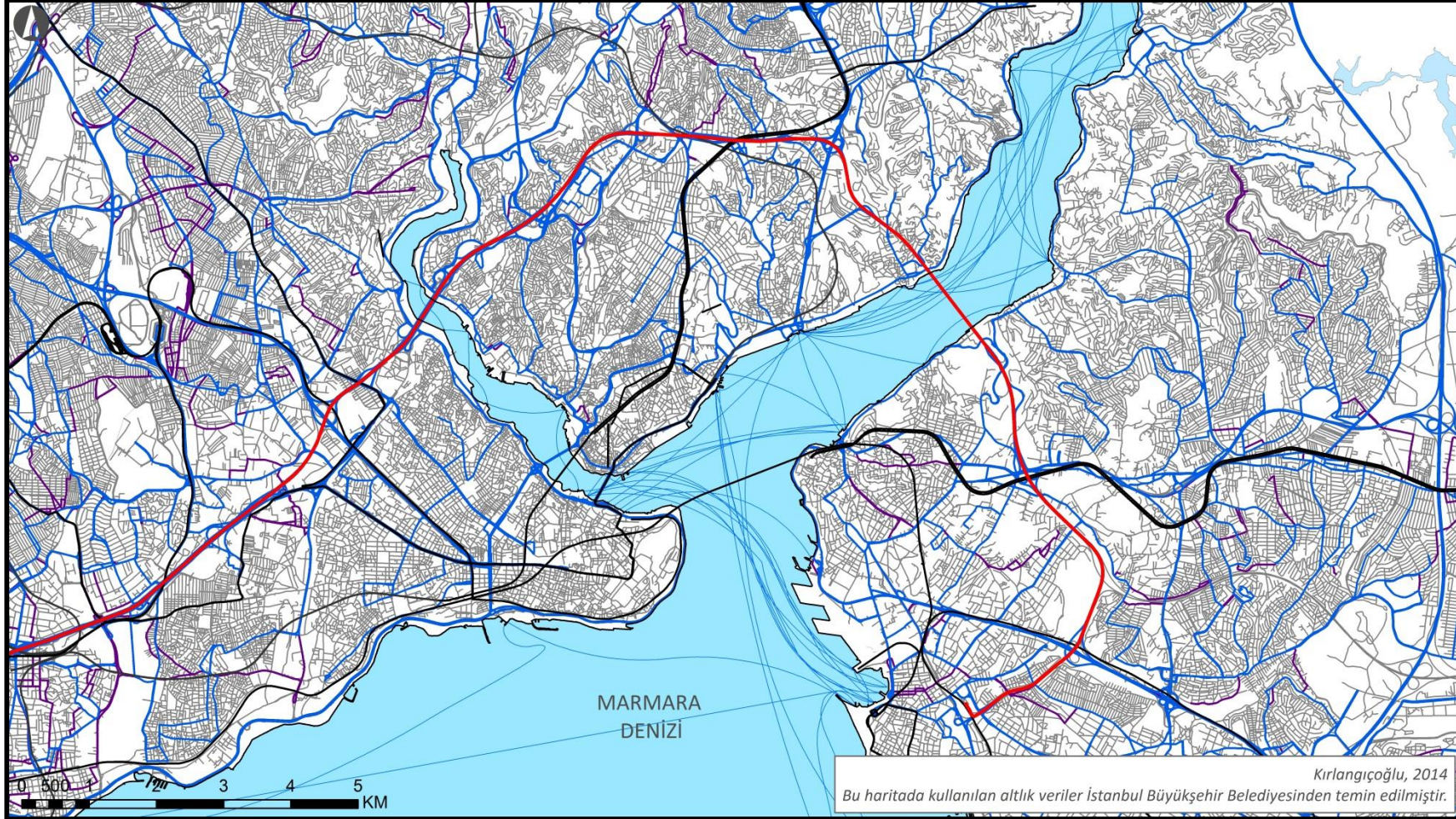
Günlük Yolculuk Sayısı (kişi)	Puan	Kriterin Genel Önem Puanı	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 - 2.500	0.1	0.161	0.016	16
2.500 - 10.000	0.2	0.161	0.032	32
10.000 - 18.000	0.3	0.161	0.048	48
18.000 - 28.000	0.4	0.161	0.064	64
28.000 - 38.000	0.5	0.161	0.081	81
38.000 - 50.000	0.6	0.161	0.097	97
50.000 - 65.000	0.7	0.161	0.113	113
65.000 - 90.000	0.8	0.161	0.129	129
90.000 - 135.000	0.9	0.161	0.145	145
135.000 +	1.0	0.161	0.161	161

Yukarıdaki tabloda gösterilen Puan kolonu, kriterin kendi içindeki önem sırasını ifade etmektedir. Kriterin Genel Önem Puanı kolonu ise, o kriterin uzmanlar tarafından raylı sistem güzergâh tasarımı sürecinde hangi oranda etkili olduğunu gösteren değerdir. Puan kolonu ile Kriterin Genel Önem Puanı kolonunun çarpılması yoluyla Ağırlıklı Puan bulunur. En sondaki Standart Puan ise, Ağırlıklı Puanın 1000 ile çarpılması ve standartlaştırılarak tam sayı haline getirilmiş halidir. Bu sayede hem ArcGIS yazılımında gerçekleştirilecek analizler sorunsuzca gerçekleştirilebilecek, hem de hesap kolaylığı sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmanın sonunda bütün faktörlere ait haritalar üst üste konulacak ve sahip oldukları önem derecelerine göre puanlandırılarak toplanacaklardır. Bu kapsamda herhangi bir kriterin en önemli görülen kısımları mekânsal olarak en yüksek puanı, en önemsiz kısımları da en düşük puanı alacaklardır. Mesela yukarıdaki tabloda günlük toplam yolculuk sayısı 135.000'in üzerinde olan alanlar 0.161 tam puan alırken, yolculuk sayısı düştükçe mekânların aldığı ağırlıklı puanlar da düşmektedir. Tasarım sırasında en son tercih edilecek olan günlük 0 - 2.500 arası yolculuğa sahip olan alanlar (raster haritadaki pikseller) 0.0161 en düşük puanı almaktadırlar.



Şekil 43: İstanbul İli Ulaşım Sistemleri



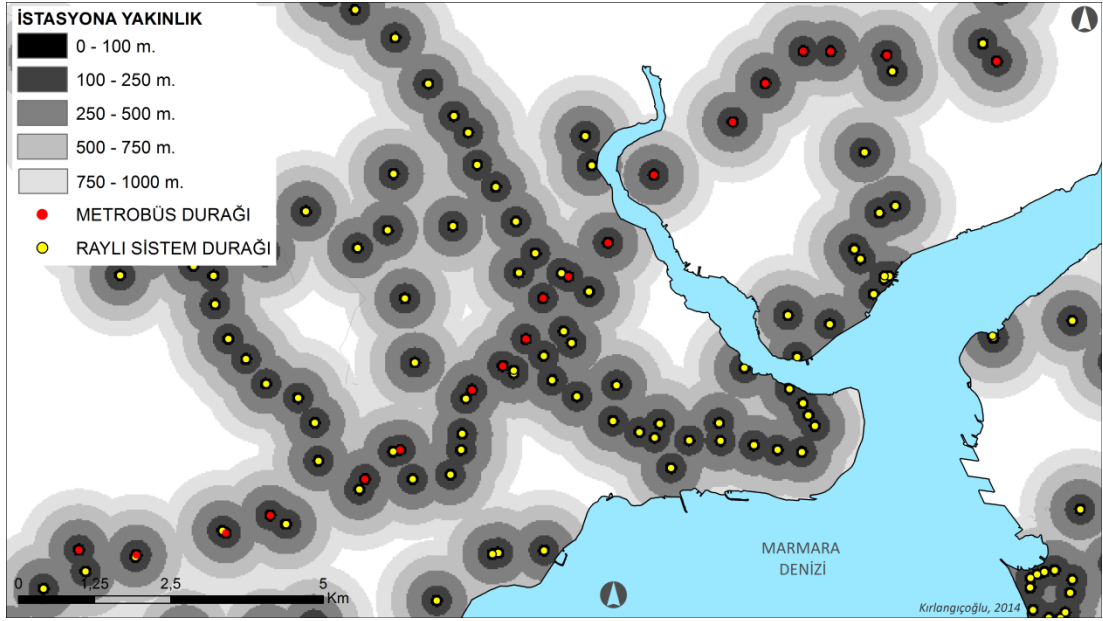
Şekil 44: İstanbul İli Ulaşım Sistemleri – Detay Görünüm

Minibüs ve dolmuşların genelde otobüs duraklarının olduğu bölgelerden geçmeleri, diğer bölgeler için de güzergâhların kolaylıkla değiştirilebilir olmasından dolayı raylı sistem tasarımında düşük önem düzeyine sahiptirler. Bu yüzden bu puanlamada göz ardı edileceklerdir. Metrobüs ve raylı sistem istasyon noktaları ise neredeyse değişmez nitelikte olduklarından dolayı yüksek puan almışlar, otobüs durakları ise biraz daha esnek oldukları için yarı yarıya düşük puan almışlardır. Bu puanlamada metrobüs ve raylı sistem yolculuklarının hemen hemen tamamen kesintisiz olması ve bu nedenle daha fazla tercih edilmeleri de etkili olmuştur (Tablo 17).

Tablo 17: Raylı Sistem ve Metrobüs Duraklarına Mesafelerin Önem Puanları

Diğer Toplu Ulaşım Yakınlık (Raylı Sistem ve Metrobüs)	Puan	Kriterin Genel Önem Puanı	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 - 100 m.	0,65	0,145	0,094	94
100 - 250 m.	0,52	0,145	0,075	75
250 - 500 m.	0,39	0,145	0,057	57
500 - 750 m.	0,26	0,145	0,038	38
750 - 1.000 m.	0,13	0,145	0,019	19

Yapılacak yeni bir raylı sistem hattı için metrobüs ve otobüs durakları ile mevcut ve inşaat halindeki raylı sistem istasyonları için yakınlık analizleri gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki şekil, lokasyonları hemen hemen değişmez nitelikte olan raylı sistem ve metrobüs istasyonlarının yakınlık analizi sonuçlarını ifade etmektedir (Şekil 45).

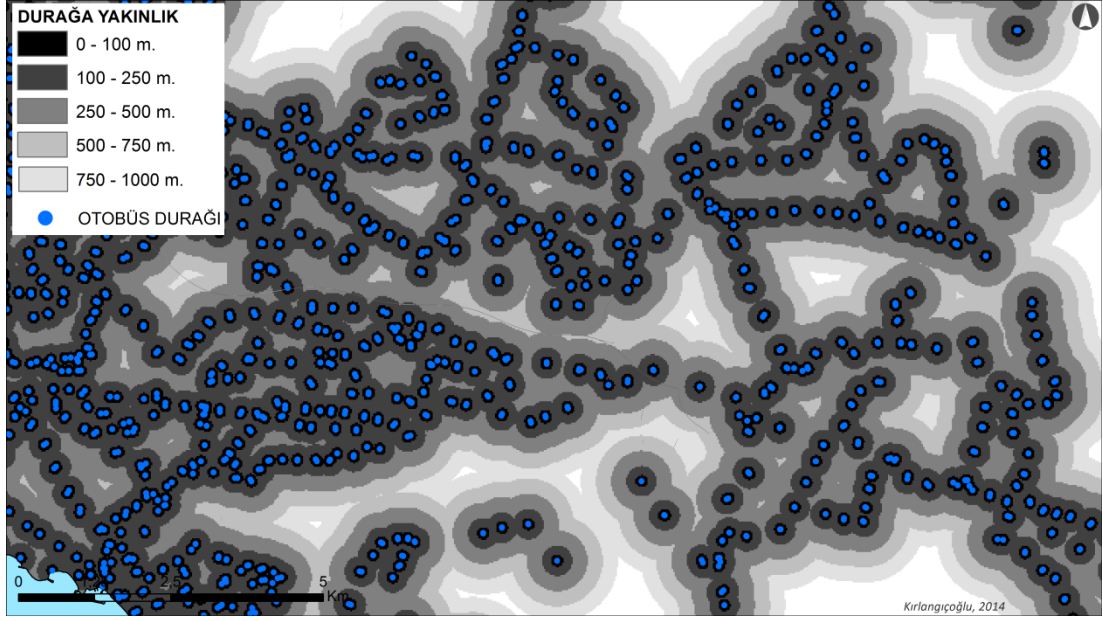


Şekil 45: Raylı Sistem ve Metrobüs Durakları Yakınlık Analizi

Benzer bir yakınlık analizi, otobüs durakları için de gerçekleştirilmiştir (Şekil 46). Bu analiz sonucunda hangi bölgelerin ne kadar puan aldıkları bilgisi aşağıda verilmiştir (Tablo 18).

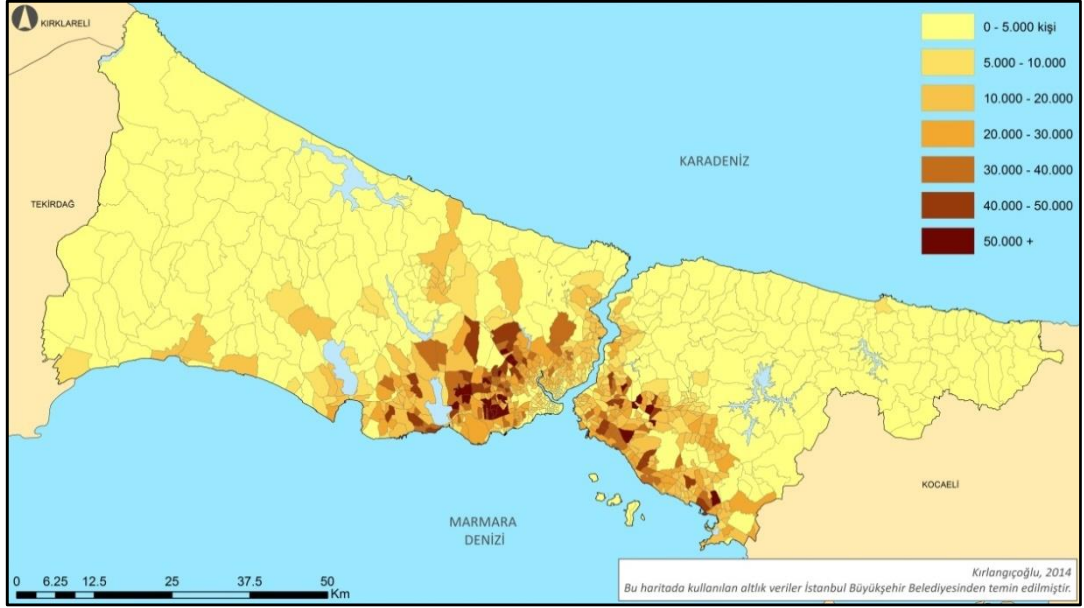
Tablo 18: Otobüs Duraklarına Mesafelerin Önem Puanları

Diğer Toplu Ulaşım Yakınlık (Otobüs)	Puan	Kriterin Genel Önem Puanı	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 - 100 m.	0,35	0,145	0,051	51
100 - 250 m.	0,28	0,145	0,041	41
250 - 500 m.	0,21	0,145	0,030	30
500 - 750 m.	0,14	0,145	0,020	20
750 - 1.000 m.	0,07	0,145	0,010	10



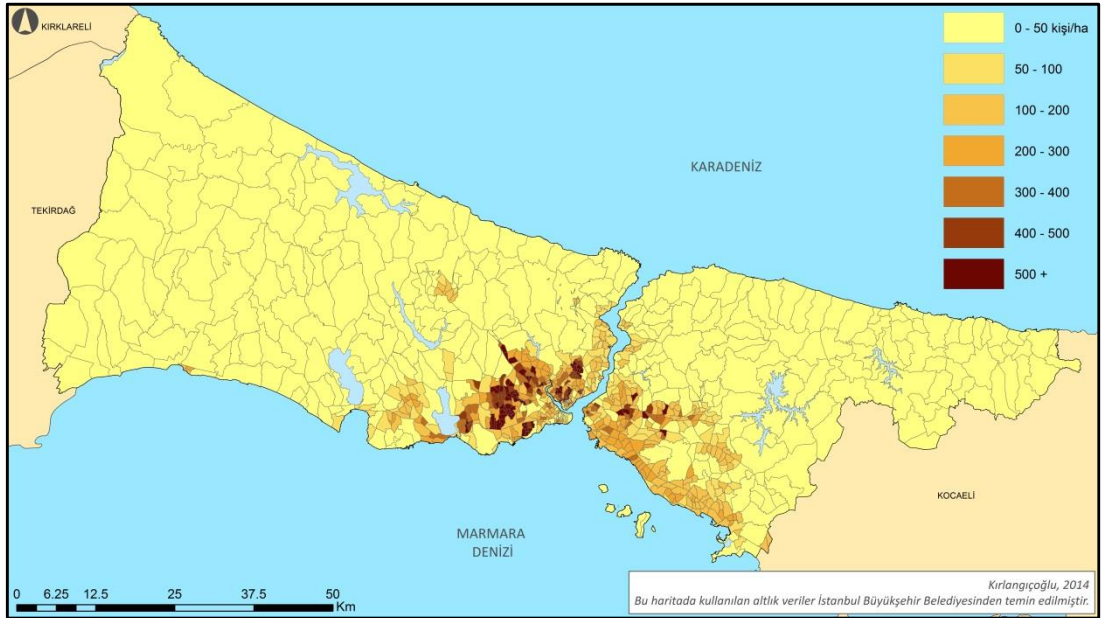
Şekil 46: Otobüs Durakları Yakınlık Analizi

Mevcut ve inşa halindeki raylı sistem istasyonları ile metrobüs ve otobüs duraklarına yakınlık analizleri gerçekleştirilmiş ve alınan puanlar İstanbul genelini kapsayan tek bir haritada birleştirilerek aşağıda verilmiştir (Şekil 47). Yeni bir raylı sistem hattının entegrasyonu için en uygun olan alanlar siyah renk ile ifade edilirken, renk açıldıkça uygunluk derecesi düşmektedir. Merkez bölgelerdeki durum, detay görünüm haritasında ayrı olarak verilmiştir (Şekil 48).



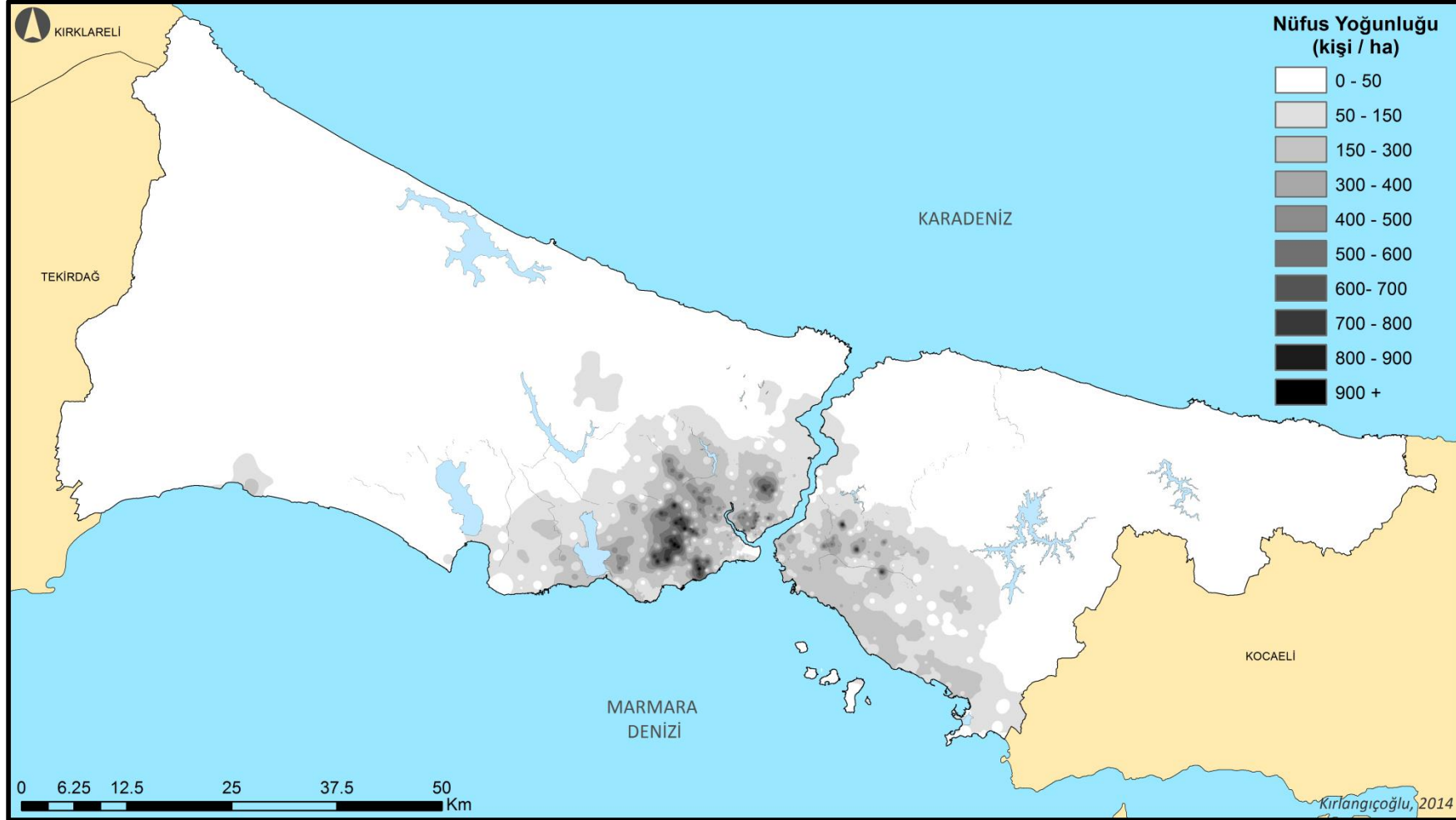
Şekil 49: Mahalle ve Köy Nüfusları

Sadece nüfus bilgisi değil, hangi mahallede/köyde ne kadar alanda ne kadar nüfusun yaşadığını gösteren nüfus yoğunluğu bilgisi de bu çalışma kapsamında gerçekleştirilecek yolculuk talep analizlerinde önemli rol oynayacaktır (Şekil 50).

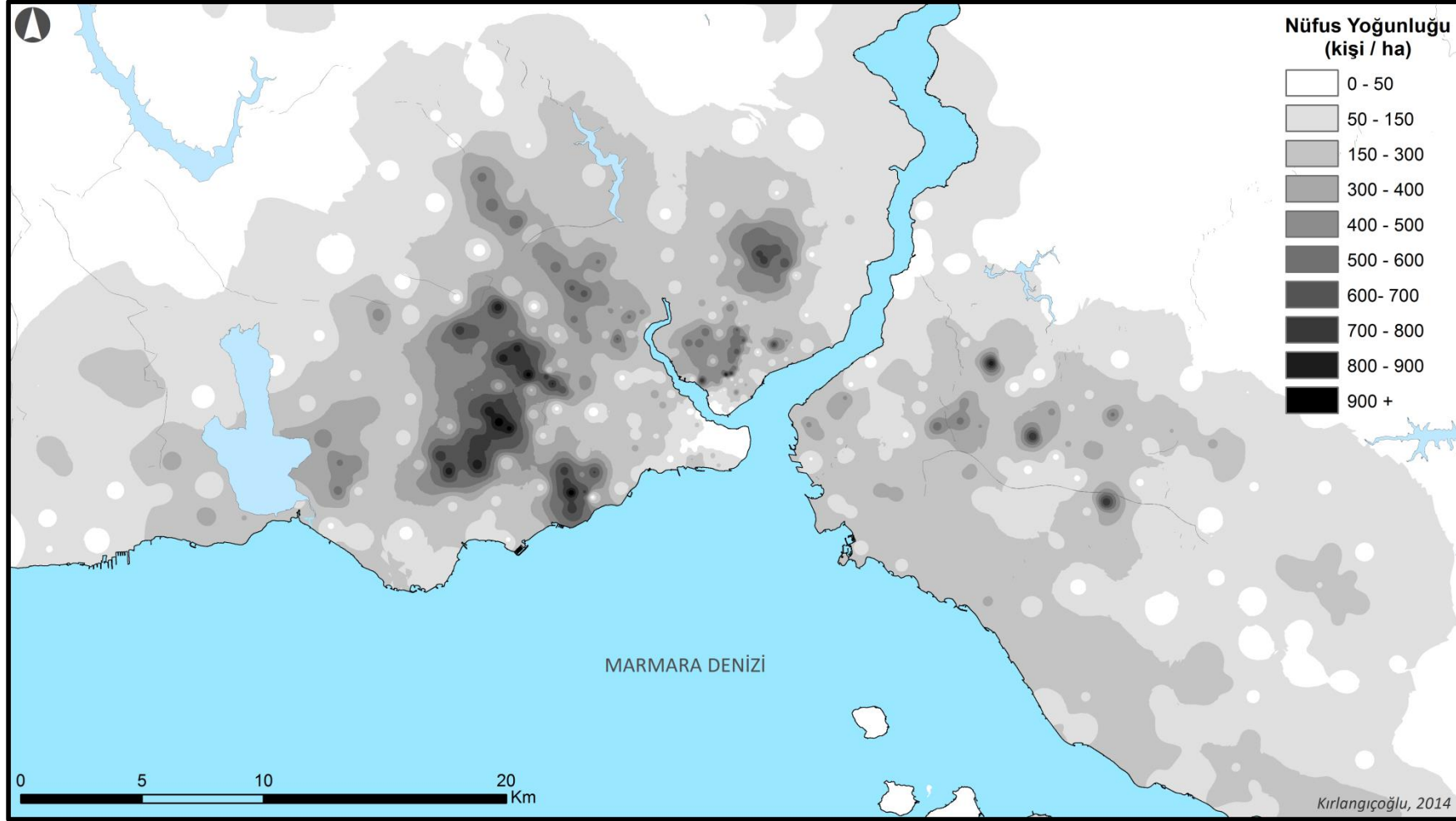


Şekil 50: Mahalle ve Köy Nüfus Yoğunlukları

İstanbul geneli nüfus yoğunluğunun mekânsal geçişlerle beraber daha iyi anlaşılabilmesi için nüfus verisi üzerinden interpolasyon yapılmış ve genel dağılım elde edilmiştir (Şekil 51). Bu haritadan detay bir görünüm de verilmiştir (Şekil 52).



Şekil 51: İstanbul Geneli Nüfus Yoğunluğu



Şekil 52: İstanbul Geneli Nüfus Yoğunluğu (Detay Görünüm)

Yukarıda 10 sınıfta görselleştirilen alanların her biri için bir önem puanı belirlenmesi gerekmektedir. Bu puanlama, daha önce Nüfus Yoğunluğu için belirlenen 0.129 oranındaki genel önem derecesi üzerinden gerçekleşecek ve farklı nüfus yoğunluklarına sahip bölgeler farklı puanlar alacaktır. En yüksek yoğunluklu alanlar 0.129 tam puan alırken, yoğunluk azaldıkça puan düşecektir (Tablo 19).

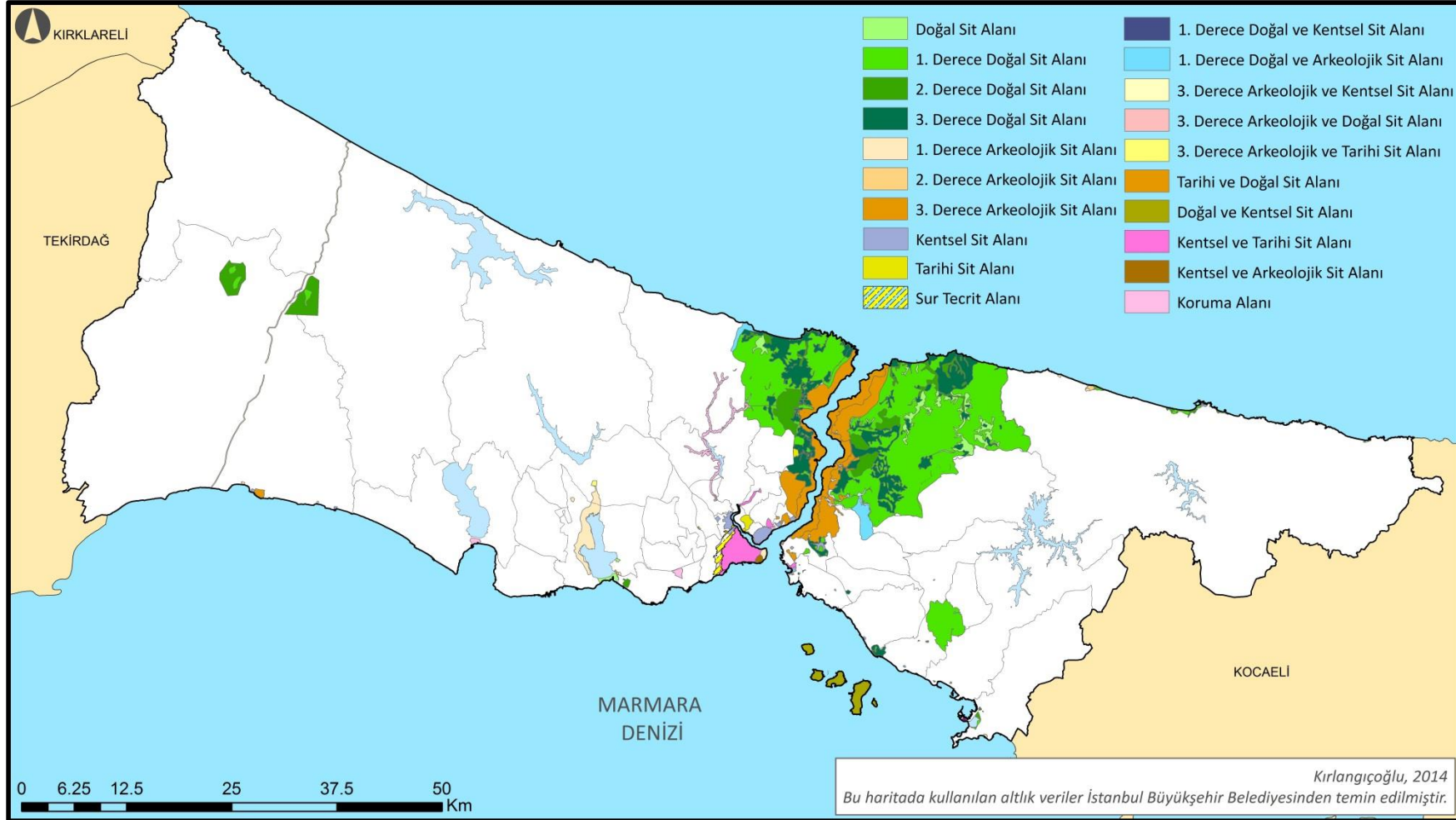
Tablo 19: Farklı Nüfus Yoğunluklarının Önem Derecelerine Göre Puanları

Nüfus Yoğunluğu (kişi/ha)	Puan	Kriterin Genel Önem Puanı	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 - 50	0.1	0.129	0.013	13
50 - 150	0.2	0.129	0.026	26
150 - 300	0.3	0.129	0.039	39
300 - 400	0.4	0.129	0.052	52
400 - 500	0.5	0.129	0.065	65
500 - 600	0.6	0.129	0.077	77
600 - 700	0.7	0.129	0.090	90
700 - 800	0.8	0.129	0.103	103
800 - 900	0.9	0.129	0.116	116
900 +	1.0	0.129	0.129	129

Nüfusun yoğun olduğu alanlar genel olarak yolculuk talebinin de yüksek olduğu alanlar olmakla beraber özellikle merkezi iş alanlarında bu kural geçerli değildir. Bu alanlarda sabit oturan nüfus olmadığı ve iş merkezleri olduğu için bu alanların nüfus sayıları çok düşük olmaktadır. Bu nedenle yolculuk talebi verisi, raylı sistem tasarımında nüfus yoğunluğuna göre daha yüksek önem derecesine sahiptir.

3.1.4. Sit Alanlarına Uzaklık Faktörü

Raylı sistem güzergâh tasarımında ekolojik bölgelerin korunması ve sit alanlarına mümkün olduğunca girilmemesi de çok önemli bir kriterdir (Şekil 53). Güzergâh tasarımcıları bu konuları da dikkate almakta ve birçok bölgeyi kesinlikle girilemez olarak görmektedirler. Bazı ikinci ve üçüncü derece alanlar ise mecburi durumlarda herhangi bir zarar verilmeyecek şekilde tasarım sürecine dâhil edilebilmektedirler.



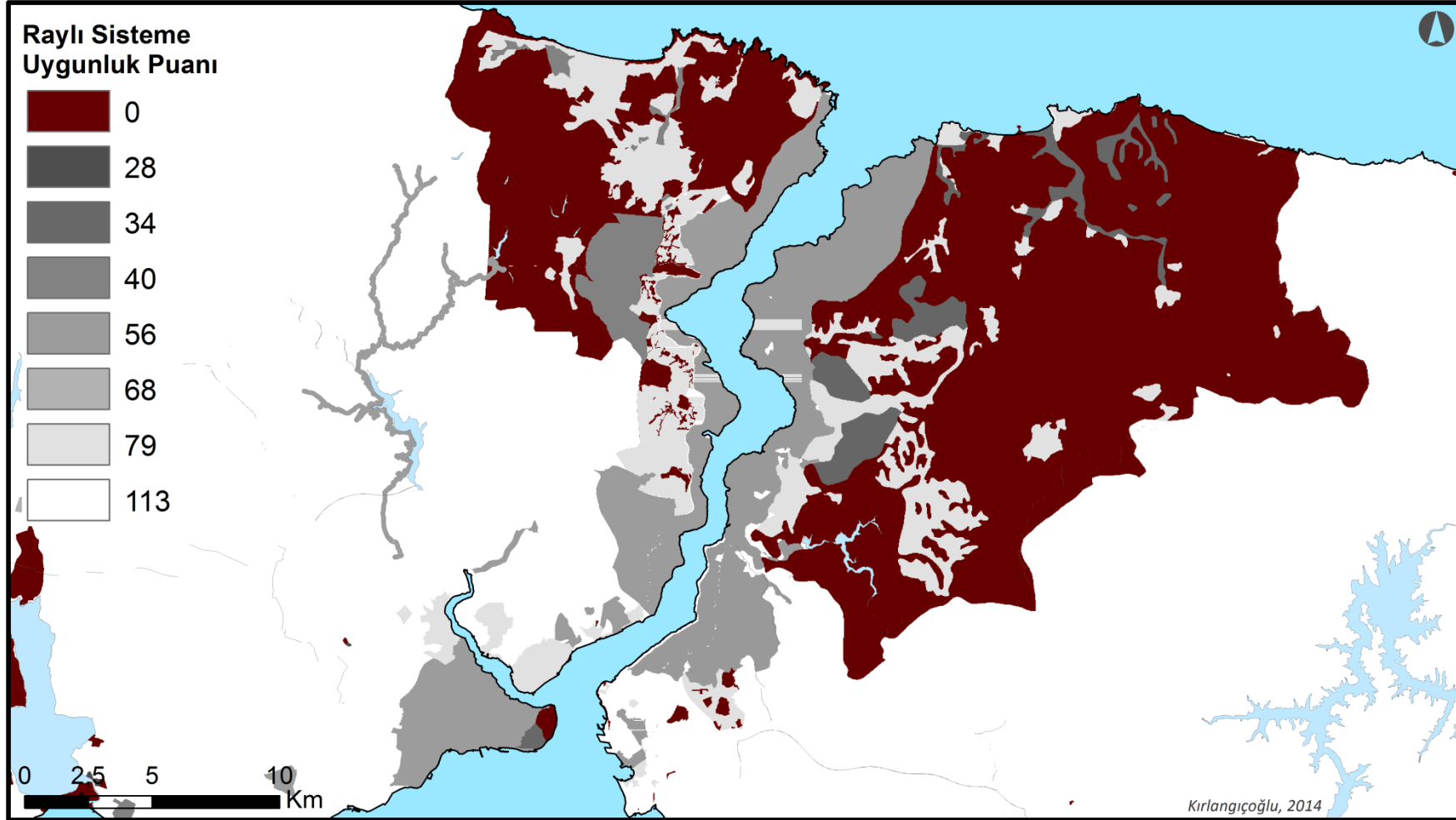
Şekil 53: Sit Alanları

Sit alanlarına olan mesafeye göre İstanbul genelinde bir yakınlık analizi gerçekleştirilmiştir. Sit alanlarının içi ya da yakın bölgeleri en düşük puanı almakta ve tercih edilmemektedirler. Diğer yandan, sit alanlarından ne kadar uzaklaşırsa, o alanlar raylı sistem için o kadar elverişli manasına gelmektedir. Aşağıdaki tabloda verilen puanlama bu doğrultuda hazırlanmıştır (Tablo 20).

Tablo 20: Sit Alanlarına Mesafelerin Önem Puanları

Sit Alanlarına Uzaklık	Puan	Kriterin Genel Önem Derecesi	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 - 100 m.	0,0	0,113	0,001	0
100 - 250 m.	0,2	0,113	0,023	23
250 - 500 m.	0,4	0,113	0,045	45
500 - 1.000 m.	0,6	0,113	0,068	68
1.000 - 2.500 m.	0,8	0,113	0,090	90
2.500 +	1,0	0,113	0,113	113

Bu puanlar mekânsal bazda da değerlendirilmiş ve aşağıdaki analiz haritası ortaya çıkmıştır (Şekil 54). Haritada bordo renk ile ifade edilen alanlar 1. Derece sit alanlarıdır ve kesinlikle girilmemesi gereken alanlardır. Renk beyaza doğru açıldıkça uygunluk puanı artmakta ve raylı sistem için tercih edilmesi gereken alanlar ortaya çıkmaktadır.



Şekil 54: Sit Alanları – Raylı Sisteme Uygunluk Puanları

Aşağıda İstanbul geneli sit alanlarına yakınlık analiz paftasından detay bir görünüm verilmiştir (Şekil 55).

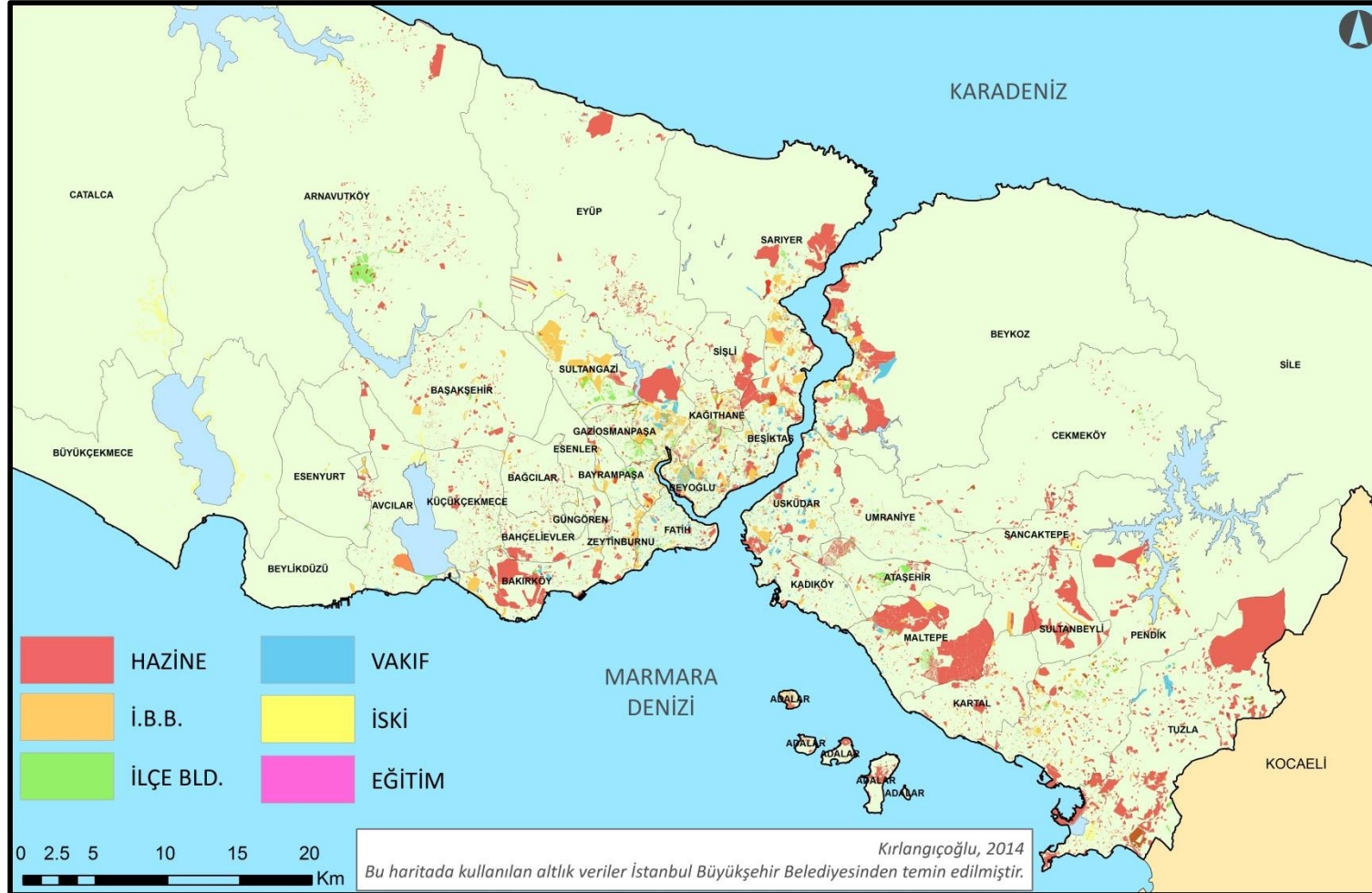


Şekil 55: Sit Alanları – Raylı Sisteme Uygunluk Puanları (Detay Görünüm)

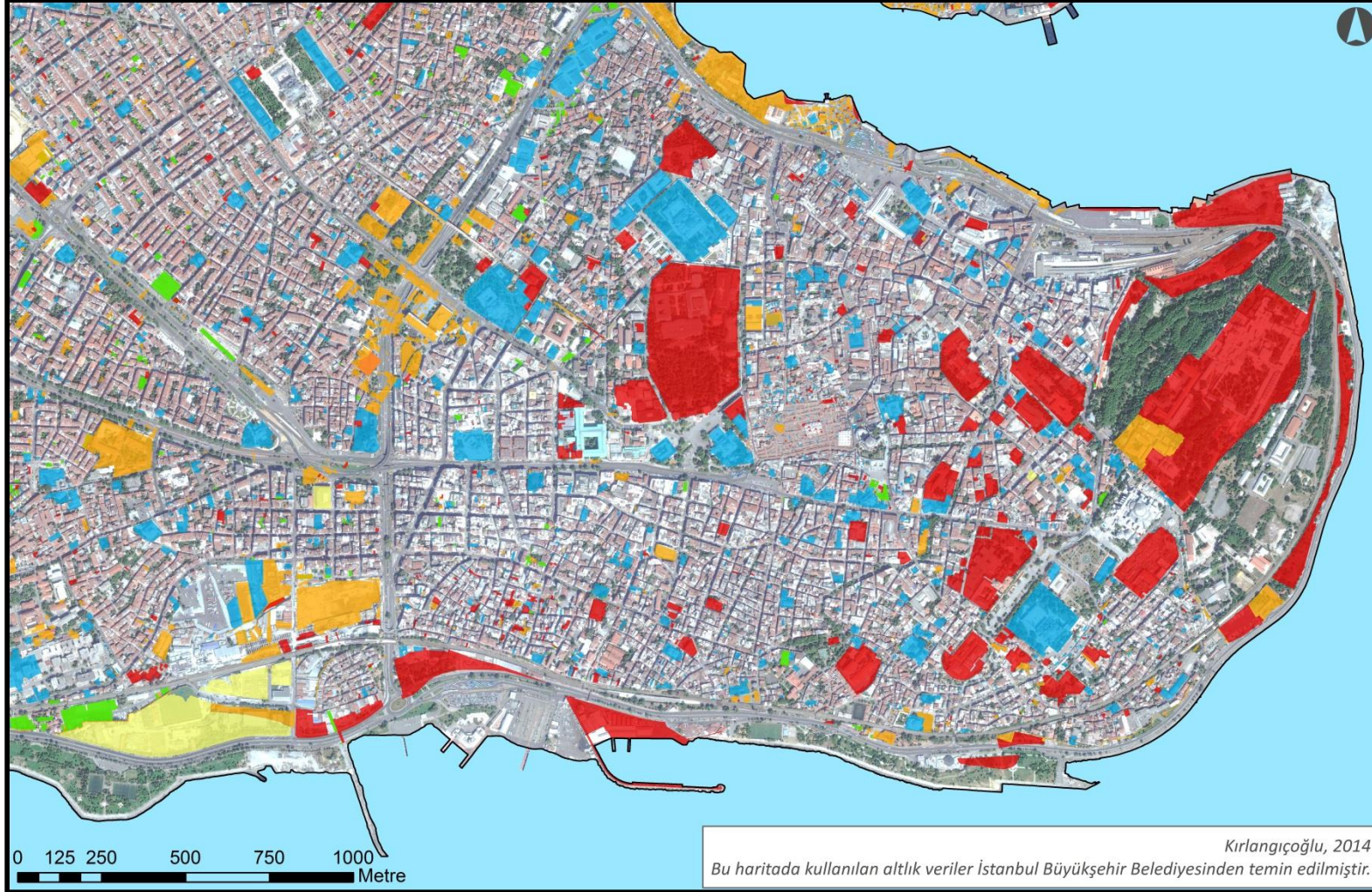
Yukarıdaki detay analiz haritasında, raylı sistem geçişi için en uygun ve sit alanlarına en uzak alanlar en yüksek puanı almışlardır. Bu alanlar beyaz renk ile sembolleştirilirken, renk siyaha doğru koyulaştıkça puan düşmekte ve raylı sistem güzergâhı için uygunluk puanı düşmektedir.

3.1.5. Mülkiyet Faktörü

Raylı sistem çözümlerinde sık karşılaşılan problemlerden biri de kamulaştırma maliyetidir. Raylı sistemlerin geçeceği güzergâhta kamulaştırma maliyetinin çok düşük olması, hatta mümkünse hiç olmaması beklenir. Raylı sistem hattı ve istasyonları hazine arazileri ya da daha önceden kamulaştırılmış alanlardan geçirilmeye çalışılmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda belediyelere, vakıflara, İSKİ vb. devlet kurumlarına ait gayrimenkullerden geçiş tercih edilmeye çalışılır. Kamulaştırma maliyetinin en düşük olacağı mülkiyetleri gösterir harita (Şekil 56) ve detay görünüm için seçilen Tarihi Yarımada'nın bir kısmındaki mülkiyetleri gösterir harita (Şekil 57) aşağıda verilmiştir. Geri kalan alanlar özel mülkiyete ait alanları ifade etmektedir.



Şekil 56: Mülkiyet Haritası



Şekil 57: Mülkiyet Haritası – Detay Görünüm

Raylı sistem hattının geçirileceği güzergâh ve istasyon bölgelerinde kamulaştırma olması demek, doğal olarak maliyetlerin yükselmesi anlamına gelmektedir. Bu maliyetler, bazen çok yüksek değerlere ulaşmakta, hattın ekonomik ve mali analizlerini olumsuz etkileyerek güzergâhın değiştirilmesine kadar varan sonuçlara neden olmaktadır. Fakat güzergâh tasarımcılarına göre maliyet sorunu bir şekilde çözüle bile, esas sorun bazen yıllarca sürebilen kamulaştırma sürecidir.

Kamulaştırmanın yasal süreçlerinden doğabilecek gecikmeler hattın inşasını ve dolayısıyla da hizmetin insanlara ulaştırılmasını geciktirebilmektedir. Bu sebeplerden ötürü raylı sistem güzergâhlarının daha önce kamulaştırılmış olan yol vb. alanlar ile kamulaştırması kolay alanlardan geçirilmesi hem maliyet hem de süreç olarak çok daha avantajlı olacaktır.

Bu kapsamda; hazine, maliye, vakıf, büyükşehir belediyesi, ilçe belediyesi vb. kurumlara ait parsellerin belirlenerek tasarım sürecinde dikkate alınmaları gerekmektedir. Hangi mülkiyet türünün tasarım sürecinde diğer mülkiyet türlerine göre ne kadar etkili olduğunu gösterir tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 21).

Tablo 21: Mülkiyet Türlerinin Önem Derecelerine Göre Puanları

Mülkiyet	Puan	Kriterin Genel Önem Puanı	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
İ.B.B.	1	0.097	0.097	97
İlçe Belediyesi ve İSKİ	0.8	0.097	0.078	78
Hazine	0.6	0.097	0.058	58
Eğitim	0.4	0.097	0.039	39
Vakıf	0.2	0.097	0.019	19

Tablodan da anlaşılacağı üzere; güzergâh tasarımı ve istasyon yer seçimi yapılırken İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne (İBB) ait parseller birinci derecede tercih edilen parsellerdir. Çünkü zaten İstanbul için yapılan bir çalışmada İBB'ye ait bu alanların raylı sistem kullanımına tahsis edilmesi ve bu şekilde imar planlarına işlenmesi sürecinin diğer mülkiyet türlerine göre çok daha zahmetsiz ve hızlı olduğu tespit edilmiştir.

Raylı sistem geçirilmesi planlanan güzergâh yakınında İBB parseli olmaması durumunda, ikincil derecede tercih edilebilir olan İSKİ ve İlçe Belediyelerine ait parseller tercih edilebilir. İSKİ bir devlet kurumu olduğu için, kendi ihtiyacı için kullanmak zorunda olmadığı ve yapılaşma yasağı bulunmayan alanları bu tip kullanımlara devredebilir. Bazı durumlarda İSKİ'den alınan araziler karşılığında, bu kuruma başka yerlerden eşdeğer araziler verilerek anlaşılabilir.

İlçe Belediyeleri için de aynı durum geçerlidir. Süreç ve hız açısından bu iki mülkiyet tipi birbirine yakın süreçlere sahip olduklarından, bu mülkiyet tipi İSKİ ile aynı gruba dâhil edilmiş ve aynı puanı almıştır.

Hazine arazileri çok tercih edilebilir parseller olmakla beraber, belediyenin kendi mülkiyetindeki alanlar olmadığı için kamulaştırma süreçleri bazen uzun ve zahmetli olabilmektedir.

Eğitim alanları yine devlete ait araziler olmakla beraber, çok zorunlu olmadıkça tasarımcılar bu alanlara girmeyi ve eğitime ayrılmış alanları azaltmayı tercih etmemektedirler.

Vakıf arazileri ise genelde karşılıklı anlaşmaya ve vakfın rızasına bağlı olan; bazen hızlı ve kolay şekilde çözülebilen fakat bazen de vakfın tutumuna göre çok zorlu ve uzun süreçler gerektirebilen mülkiyetlerdir. Bu nedenle tasarımcılar tarafından en düşük derecede tercih edilmektedir ve en düşük puanı almıştır.

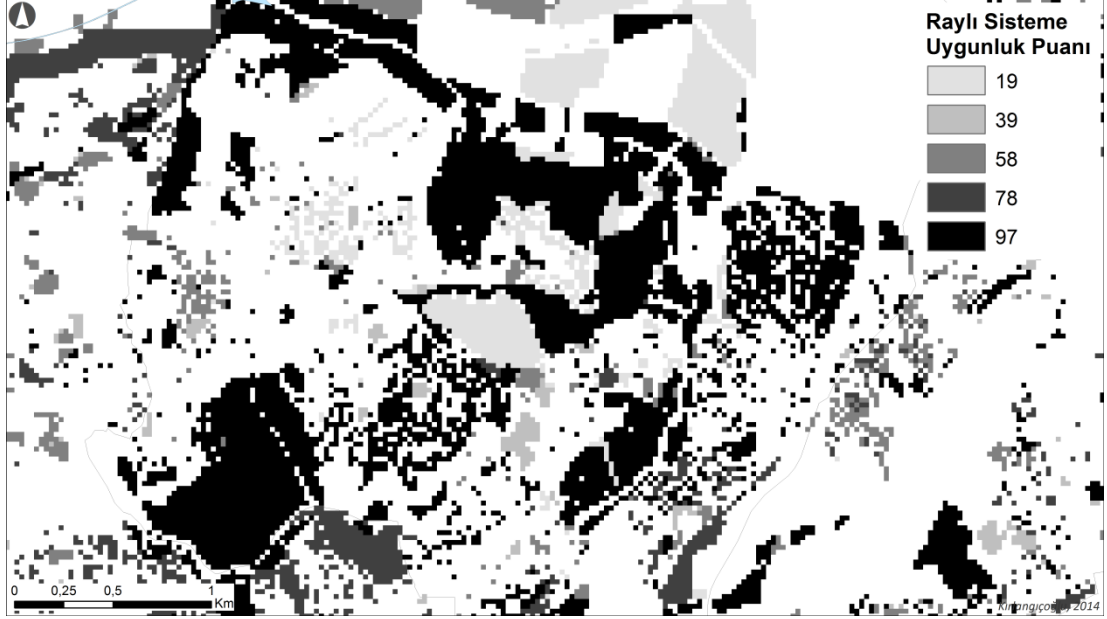
Daha önce verilen İstanbul geneli mülkiyet haritası, çok kriterli karar verme aşamalarında kullanılmak üzere raster görüntü formatına dönüştürülmüştür. Bu sayede diğer faktörlere ait raster haritalar ile üst üste konularak gerekli analizler gerçekleştirilebilecektir.

Aşağıda verilen İstanbul geneli analiz paftası, mülkiyet tiplerinin konumlarını ve aldıkları puan doğrultusunda renklerini göstermektedir (Şekil 58). En koyu renkli parseller en çok tercih edilen İBB mülkiyetinde iken, renk açıldıkça tercih edilirlilik seviyesi azalmaktadır.



Şekil 58: Mülkiyet Durumuna Göre Öncelik Seviyeleri

Aşağıda İstanbul genelinden alınmış ve parsellerin mülkiyetlerine göre aldıkları puanları gösteren detay bir harita verilmektedir (Şekil 59).



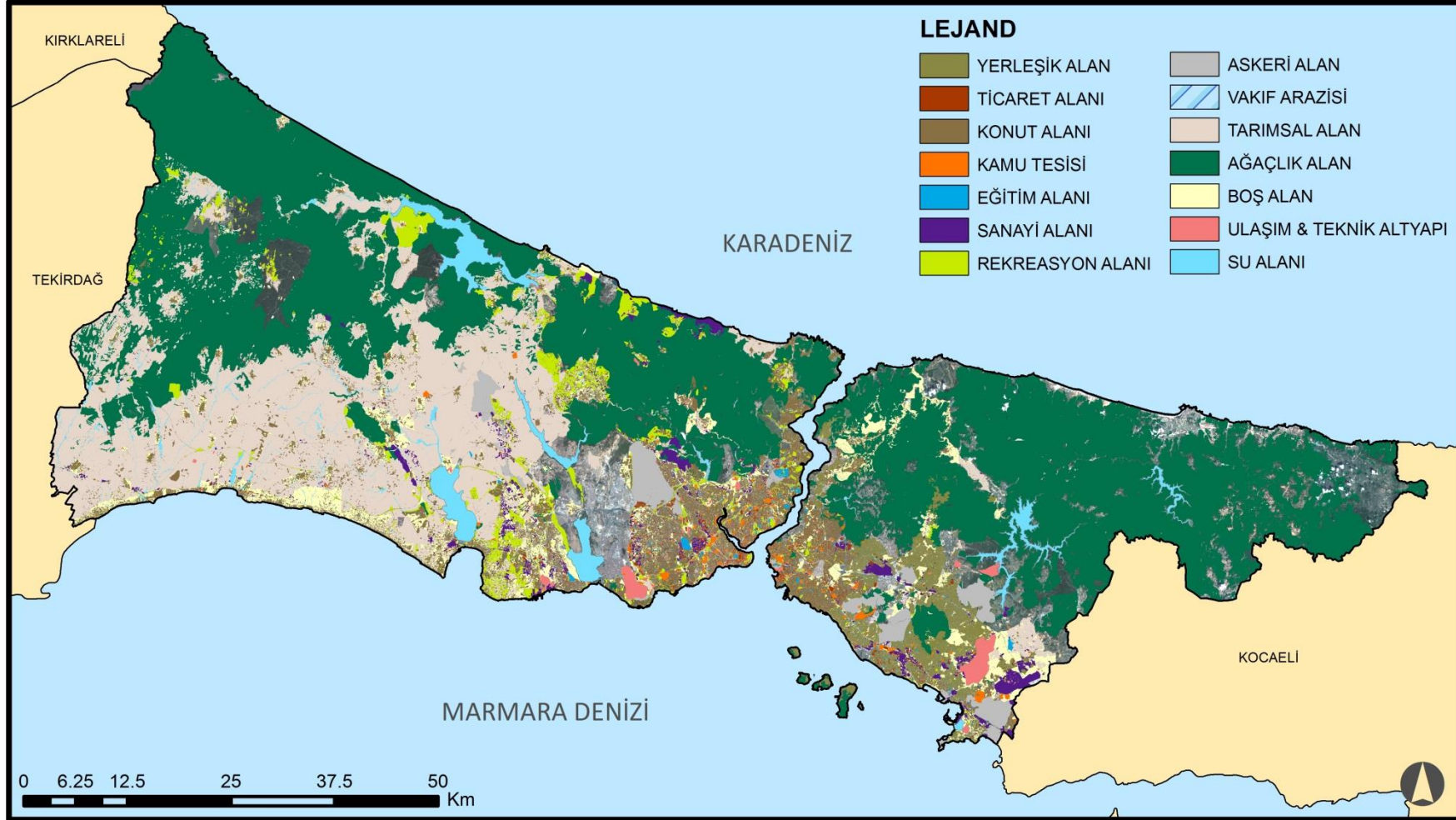
Şekil 59: Raster Formatlı İstanbul Geneli Mülkiyet Puanları – Detay Görünüm

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere, mülkiyet verisi 25x25 metrelik raster görüntü formatına dönüştürülmüş ve diğer faktörlere ait analiz paftaları ile uyumlu hale getirilmiştir.

3.1.6. Ticaret ve Sanayi Alanlarına Yakınlık Faktörü

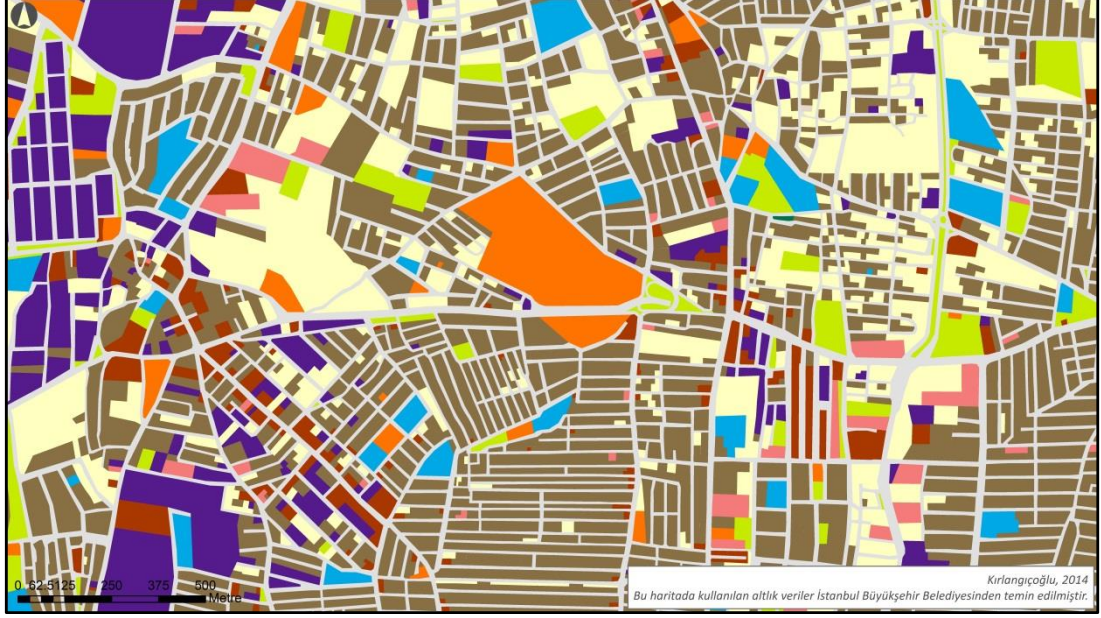
Gün içinde bir yerden bir yere seyahat eden yolcular ile yapılan hanehalkı anketlerinde; evden işe işten eve, evden okula okuldan eve vb. cevaplar ile yolculuk amaçları tespit edilmiş durumdadır (İBB, 2011). Fakat yolculuk edilen bölgelerin mekânsal konumlarını da iyi analiz etmek gerekir.

Yolculukların üretim ve çekim noktalarının tespiti için İBB tarafından hazırlanmış olan İstanbul İli Arazi Kullanım haritasından istifade edilecektir. Arazi kullanımı; yeryüzündeki tarım, inşaat, yerleşim ve ulaşım ağları gibi insanlar tarafından yapılan ve yeryüzünün doğal örtüsünü değiştiren faaliyetlerin bütünü olarak tanımlanabilir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından belirlenen arazi kullanımları aşağıdaki haritada verilmiştir (Şekil 60).



Şekil 60: İstanbul Arazi Kullanım Haritası

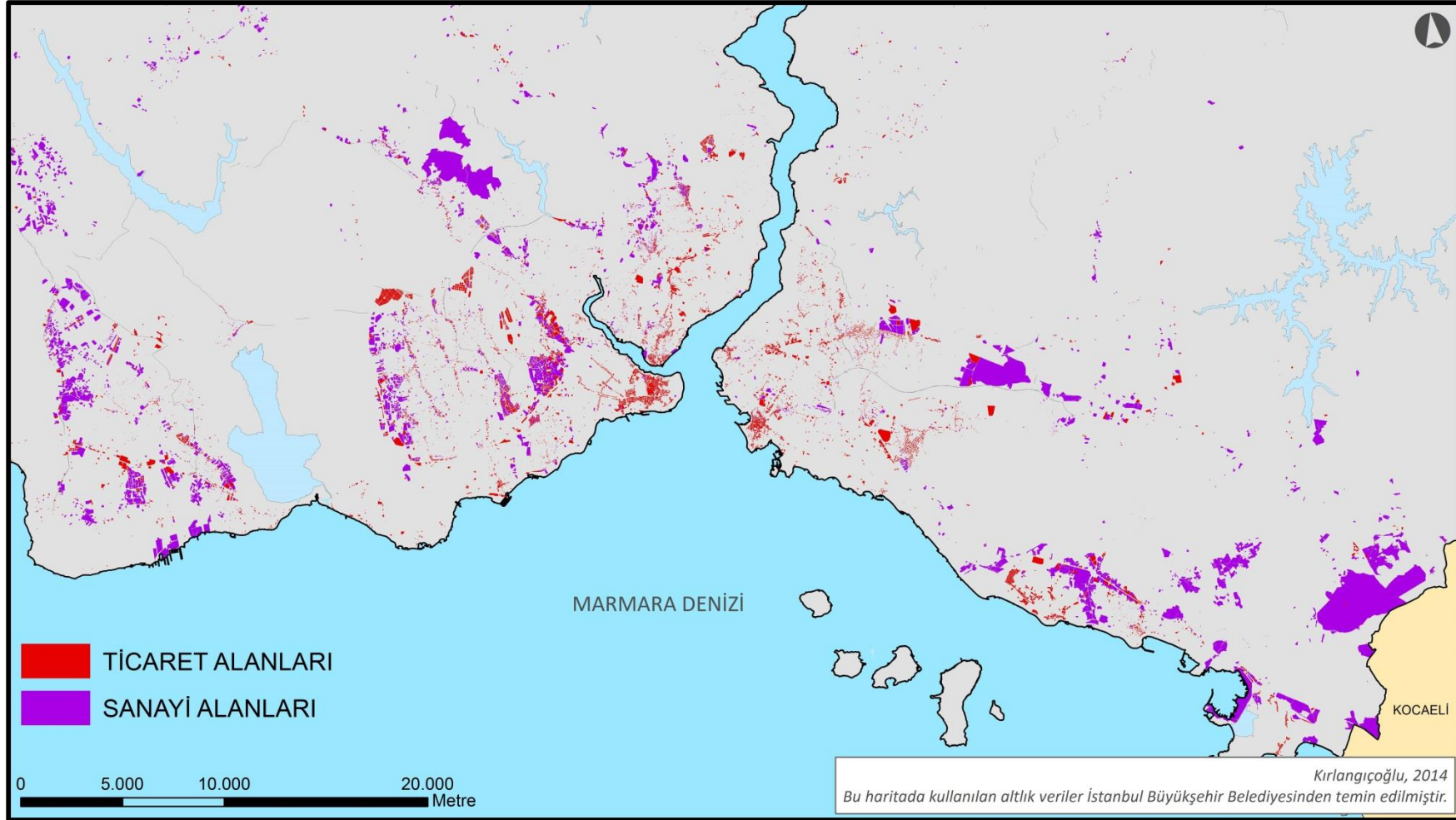
Arazi kullanım haritasının içeriğinin daha iyi anlaşılabilmesi için detay görünüm hazırlanmıştır (Şekil 61).



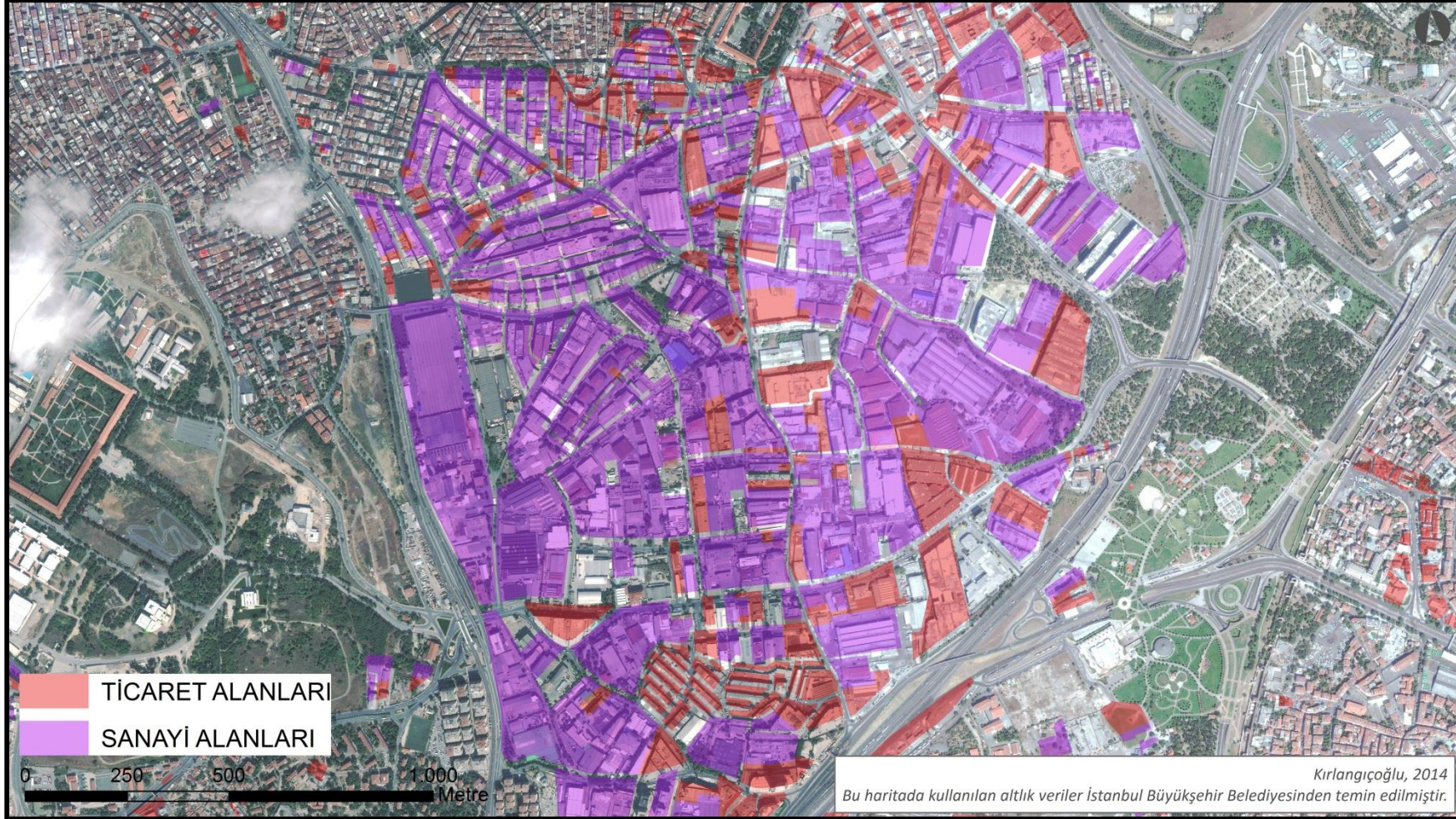
Şekil 61: İstanbul Arazi Kullanım Haritası – Detay Görünüm

Özellikle merkezi iş alanları, sanayi bölgeleri vb. alanlar evden işe ve işten eve olan yolculukların temelini oluşturmaktadırlar. Buna ek olarak gün içinde, bu bölgelerde çalışmayan ama bu bölgelerde işi olan insanların da bu bölgelere ulaşımının düşünülmesi gerekmektedir. Aşağıda verilen ilk haritada, İstanbul genelindeki sanayi ve ticaret alanlarının lokasyonları ve parsel sınırları gösterilmektedir (Şekil 62). Daha sonra ise bu alanların uydu görüntüsü ile entegrasyonundan detay bir görünüm verilmektedir (Şekil 63).

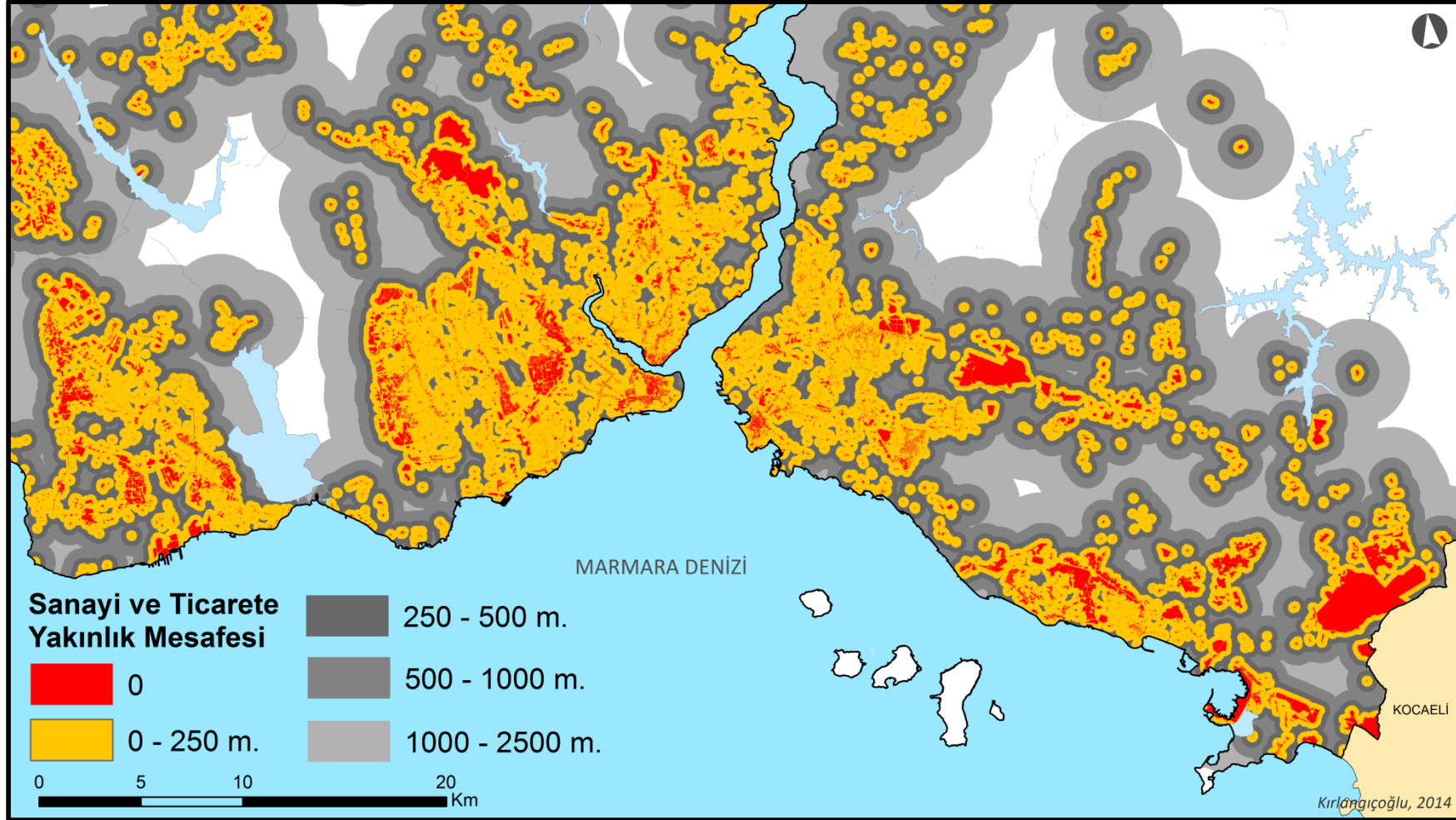
Sanayi ve ticaret alanlarının yerlerinin tespitinin ardından ise, bu alanlara ait yakınlık analizleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 64). Bu analizin amacı, raylı sistem güzergâh seçimi yapılırken, bu kriter bazında hangi bölgelerin en çok tercih edilmesi gerektiğini bulmaktır. Sanayi ve ticaret alanları içinde kalan ya da yakınında bulunan bölgeler en çok tercih edilen alanlardır. En çok tercih edilen alanlar analiz haritalarında kırmızı renk ile ifade edilmişlerdir Bu alanlardan uzakta kalan bölgelerin ise tercih edilirlilik dereceleri giderek azalmakta ve piksellerin aldıkları puanlar düşmektedir.



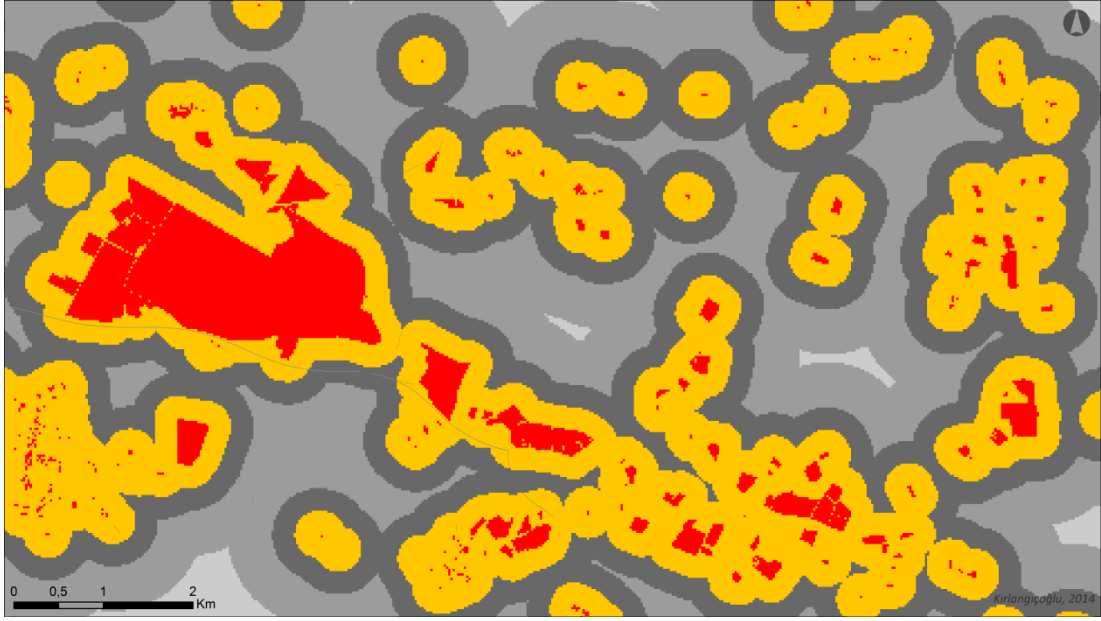
Şekil 62: Sanayi ve Ticaret Alanları



Şekil 63: Sanayi ve Ticaret Alanları



Şekil 64: Sanayi ve Ticaret Alanları Yakınlık Analizi (Raster Format)



Şekil 65: Sanayi ve Ticaret Alanları Yakınlık Analizi – Detay Görünüm

Yukarıdaki haritada kırmızı renkli alanlar sanayi ve ticaret alanlarının içi olup 0,081 tam puan almaktadırlar. Bu bölgelerden uzaklaştıkça puan düşmektedir (Tablo 22).

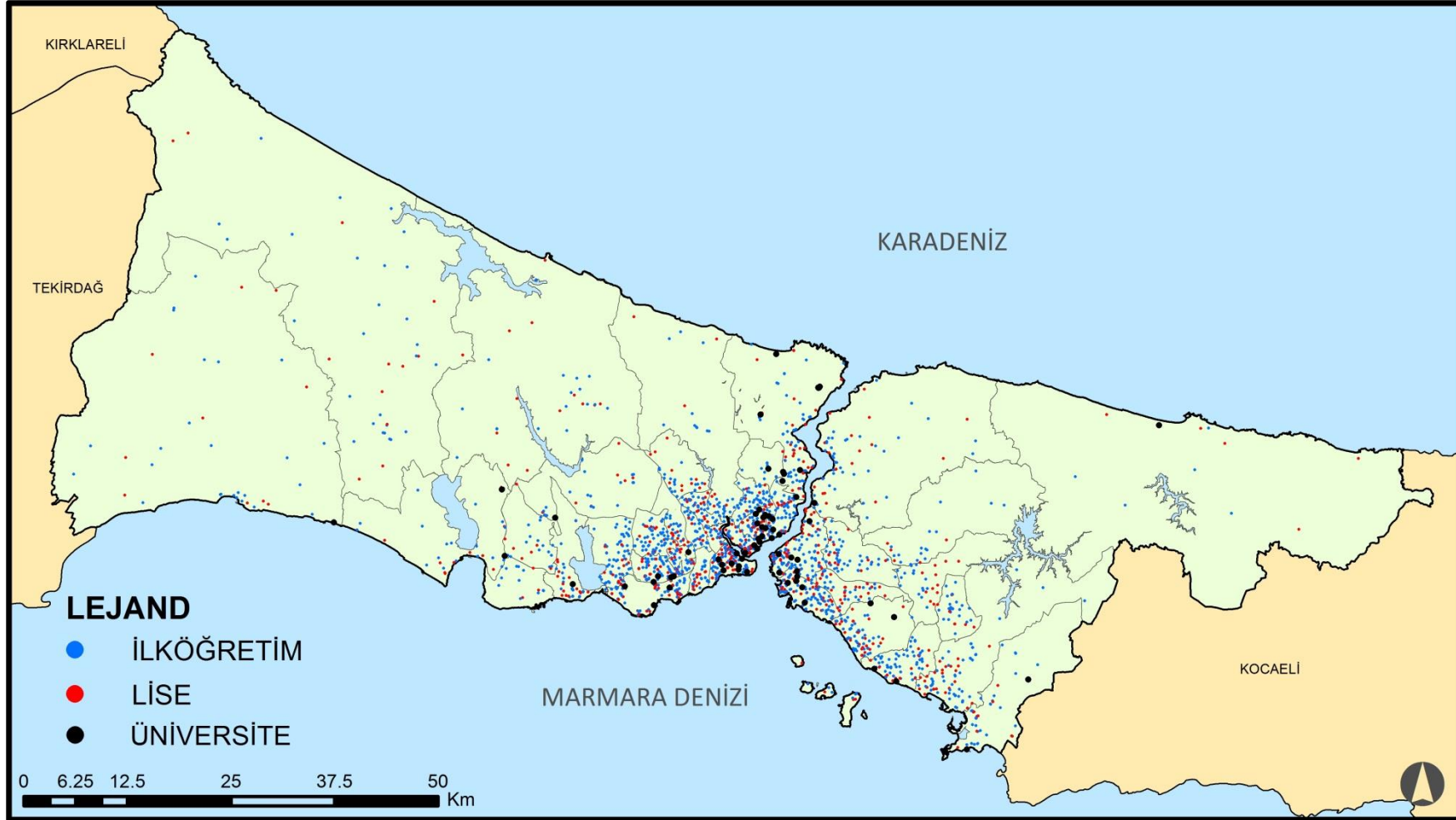
Tablo 22: Sanayi ve Ticaret Alanlarına Mesafelerin Önem Puanları

Sanayi ve Ticarete Yakınlık	Puan	Kriterin Genel Önem Puanı	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
Sanayi ve Ticaret Alanının İçi	1	0,081	0,081	81
0 - 250 m.	0,8	0,081	0,065	65
250 - 500 m.	0,6	0,081	0,049	49
500 - 1.000 m.	0,4	0,081	0,032	32
1.000 - 2.500 m.	0,2	0,081	0,016	16

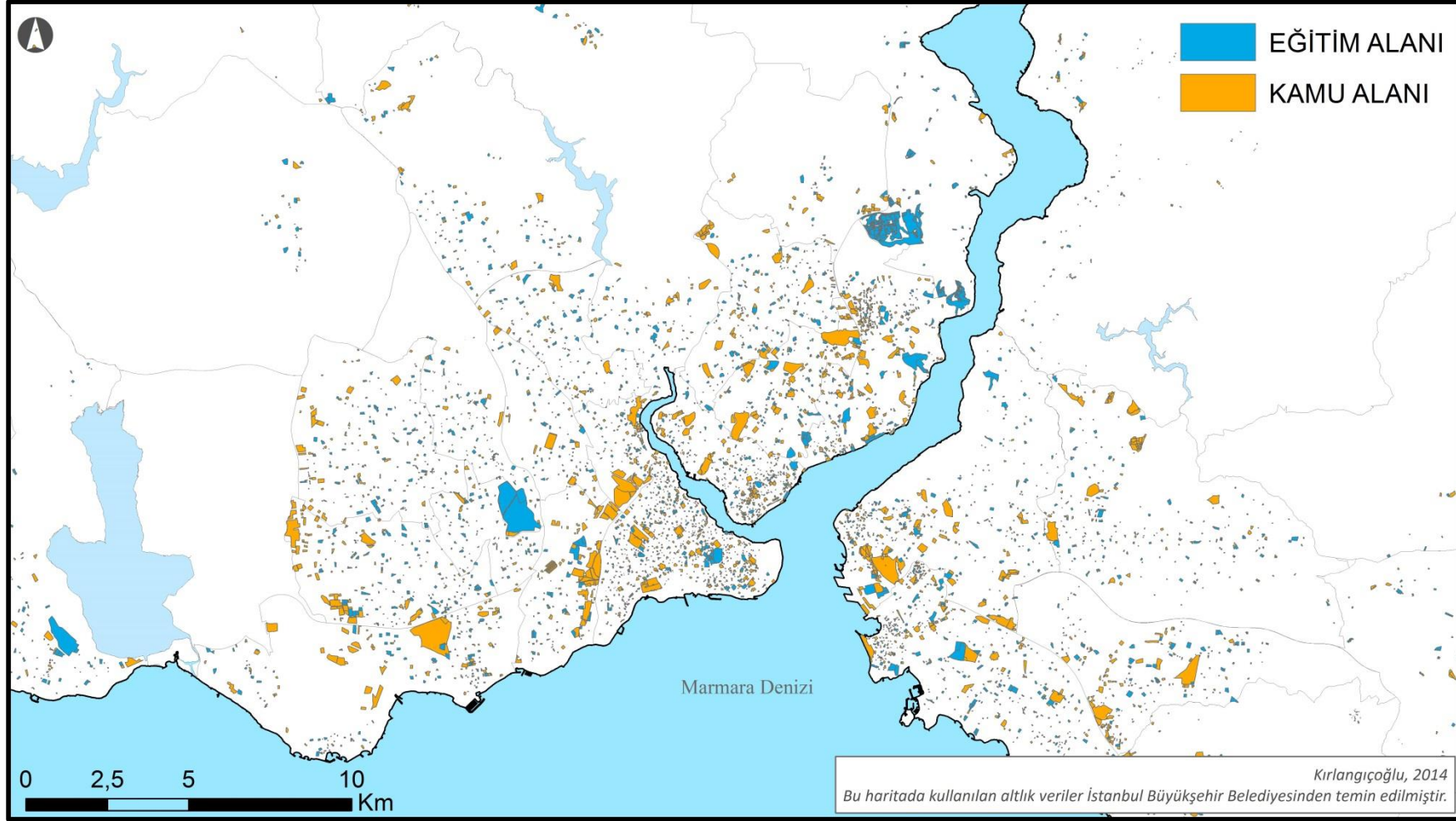
Sanayi ve Ticaret alanlarına yakınlık analizleri neticesinde ortaya çıkan puanlar, çok kriterli karar verme yöntemleri gereği ileride yapılacak analizlerde kullanılacaklardır.

3.1.7. Kamu ve Eğitim Kurumlarına Yakınlık Faktörü

İstanbul'da her gün çok sayıda yolculuğun yapıldığı ve raylı sistem için öncelikli alanlardan olan kamu ve eğitim kurumlarının lokasyonlarını gösterir noktasal harita (Şekil 66) ve alansal harita (Şekil 67) aşağıda verilmiştir.

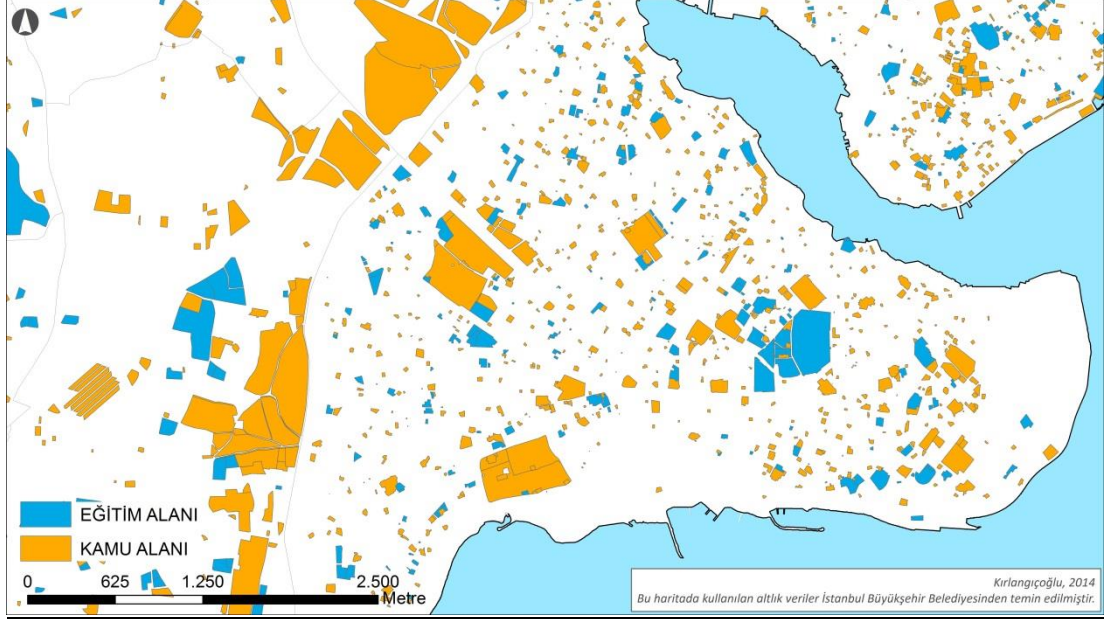


Şekil 66: Eğitim Kurumlarının Dağılımı



Şekil 67: Kamu ve Eğitim Alanları

Kamu kurumlarının ve eğitim alanlarının dağılımının ve kullanılan verinin detay seviyesinin daha iyi anlaşılması amacıyla aşağıda hem alansal (Şekil 68) hem de noktasal (Şekil 69) verilerden detay görünüm verilmiştir.



Şekil 68: Kamu ve Eğitim Alanları - Detay Görünüm



Şekil 69: Eğitim Kurumlarının Dağılımı – Detay Görünüm

Kamu ve eğitim alanlarının lokasyon bilgileri kullanılarak, bu alanlara dair yakınlık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz kapsamında özellikle büyük eğitim alanlarının

ve üniversite kampüslerinin sınırları dâhilinde ya da çok yakınlarında yapılabilecek raylı sistem düzenlemeleri en çok puanı almaktadırlar. Aynı durum, geniş kullanım alanına sahip kamu kurumları için de geçerlidir.

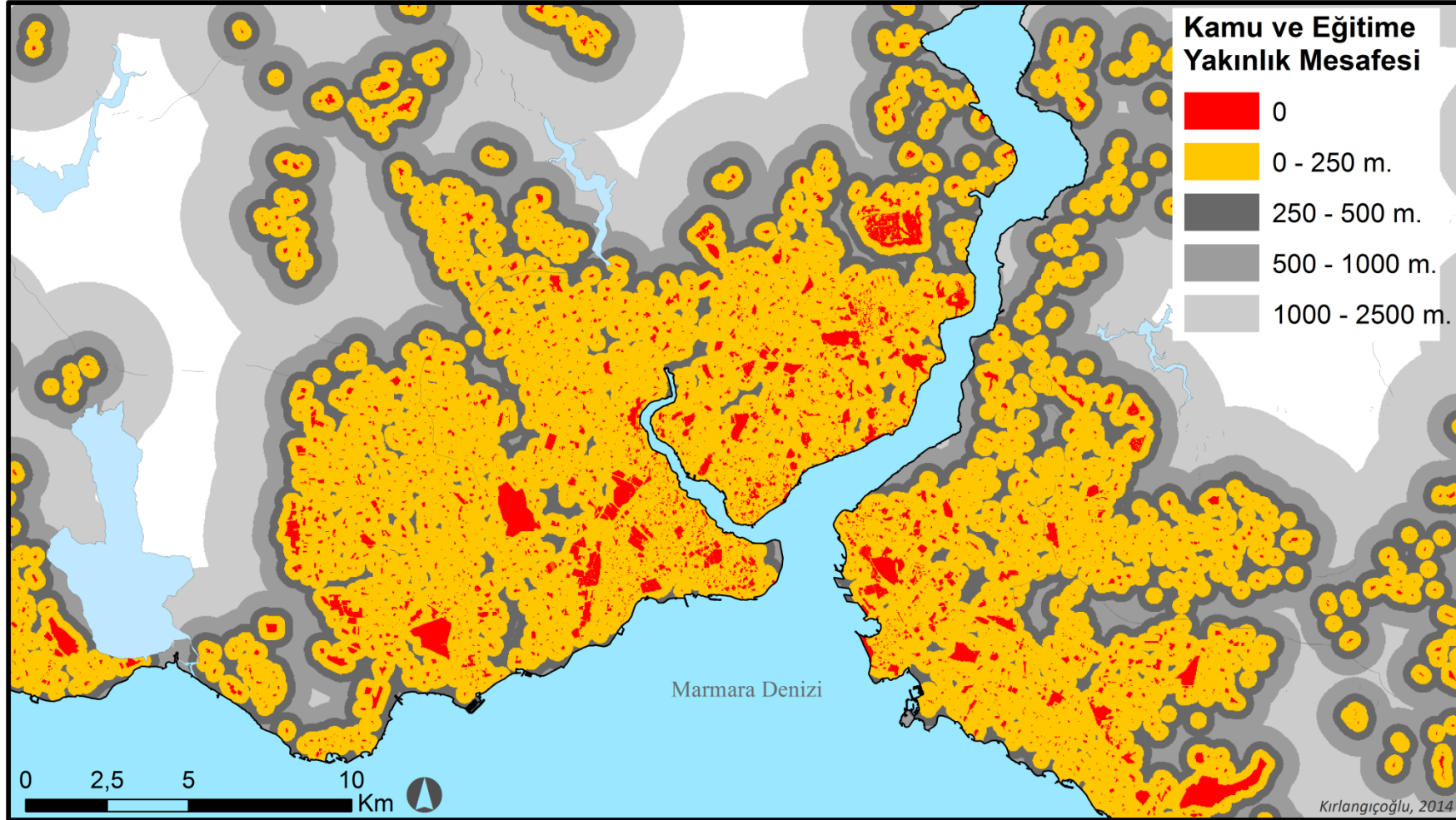
Kamu çalışanlarının ve öğrencilerin ulaşımını kolaylaştırmak adına bu bölgelerde raylı sistem istasyonlarının olması, hem hizmet kalitesini artıracak hem de yüksek kullanım kapasitesiyle trafik yoğunluğunun azalmasına katkıda bulunacaklardır.

Aşağıda verilen İstanbul geneli yakınlık analizinde kırmızı renk ile ifade edilen alanlar, raylı sistem projeleri için en çok tercih edilmesi gereken alanları göstermektedir (Şekil 70).

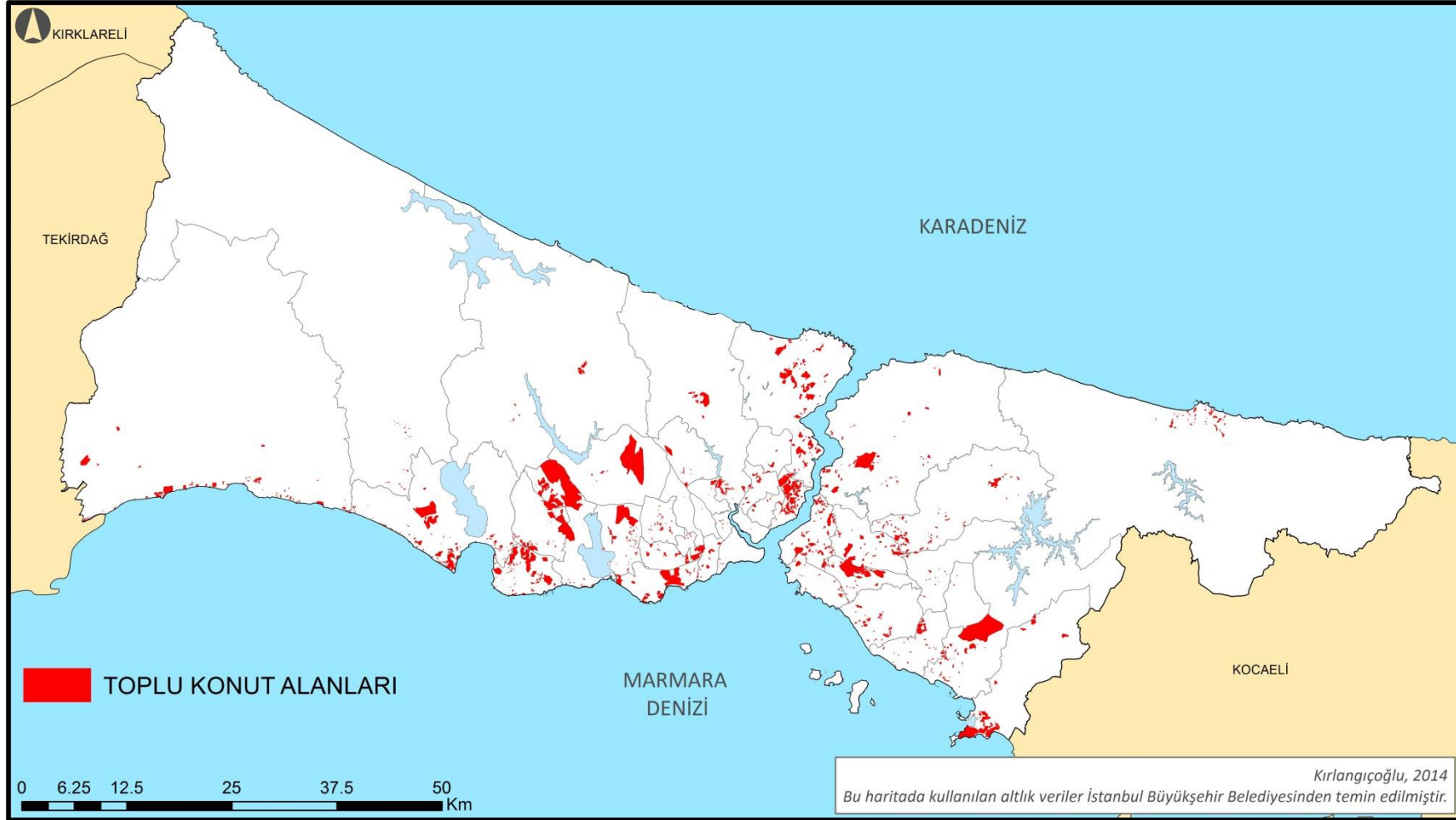
Bu alanlardan uzak bölgeler çok tercih edilmemekte ve bu yüzden düşük puan almaktadırlar. Yakınlık analizi puanları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 23).

Tablo 23: Kamu ve Eğitim Kurumlarına Mesafelerin Önem Puanları

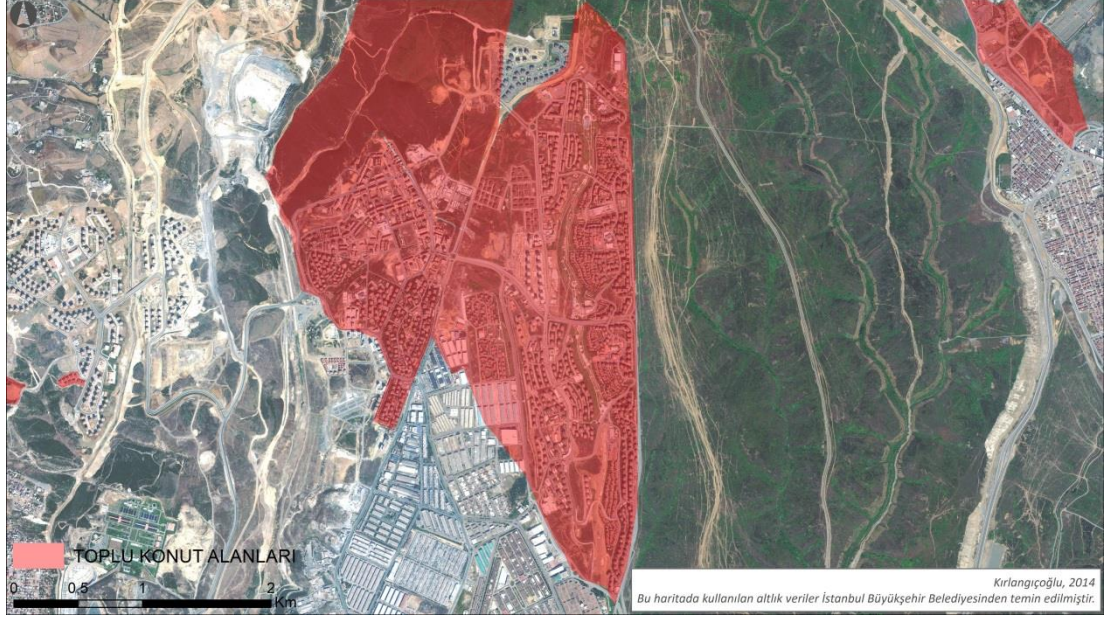
Kamu ve Eğitime Yakınlık	Puan	Kriterin Genel Önem Derecesi	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
Kamu ve Eğitim Alanının İçi	1	0,073	0,073	73
0 - 250 m.	0,8	0,073	0,058	58
250 - 500 m.	0,6	0,073	0,044	44
500 - 1.000 m.	0,4	0,073	0,029	29
1.000 - 2.500 m.	0,2	0,073	0,015	15



Şekil 70: Kamu ve Eğitim Alanları Yakınlık Analizi



Şekil 72: Toplu Konut Alanları

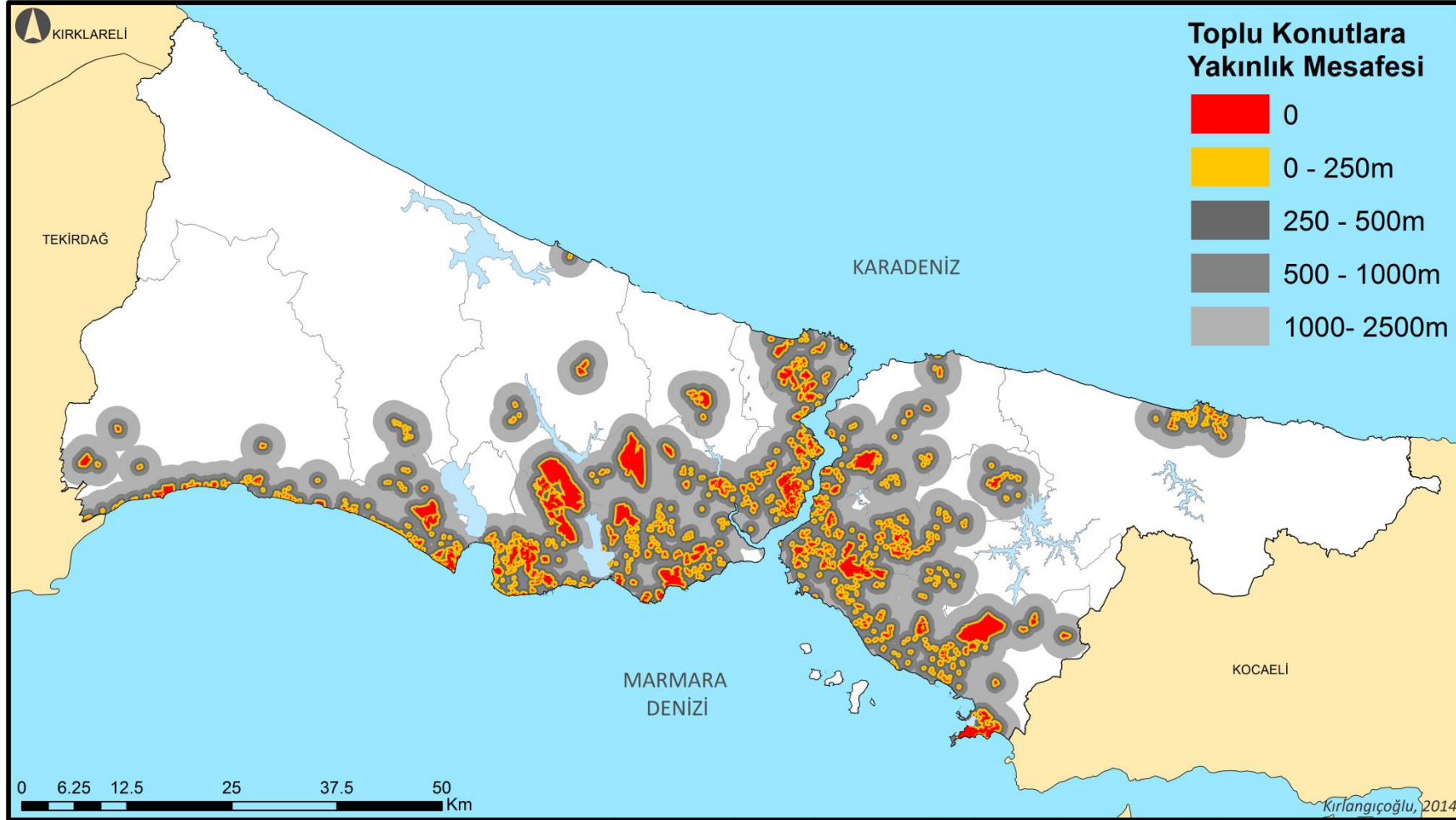


Şekil 73: Toplu Konut Alanları - Detay Görünüm

Toplu konut alanlarının sınırları dâhilinde ya da yürüme mesafesi kadar yakınında raylı sistem istasyonu bulunması tercih edilir bir durumdur. Böylece binlerce insan uzun mesafeler kat etmek zorunda kalmadan toplu taşımaya ulaşabilecek ve gidecekleri yerlere en hızlı şekilde ulaşabileceklerdir. Bu bölgelerde yaşayan kişiler özel araçlarını otoparklarında bırakacak ve trafiğin rahatlamasına katkıda bulunmuş olacaklardır. Bu nedenle, toplu konutlara ait alansal veriler kullanılarak İstanbul geneli için bir yakınlık analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 74). Toplu konut alanından uzaklaştıkça yürünen mesafeler artacak hatta belki de ek bir vasıtaya daha ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle bu alanlar tercih edilebilirlik açısından düşük puan almışlardır (Tablo 24).

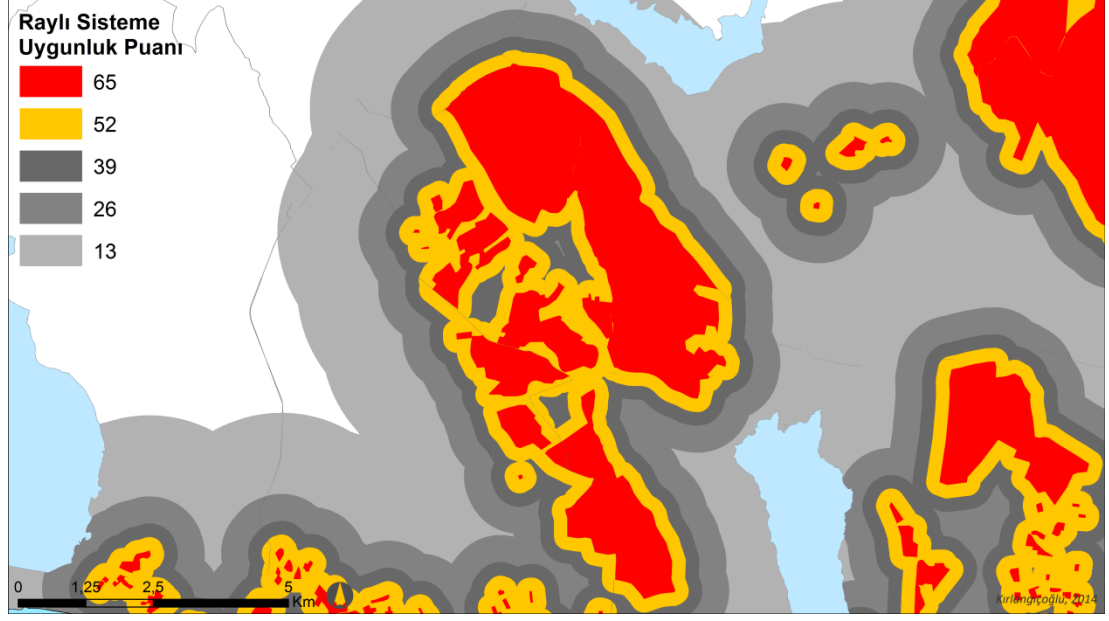
Tablo 24: Toplu Konutlara Mesafelerin Önem Puanları

Toplu Konuta Yakınlık	Puan	Kriterin Genel Önem Puanı	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
Toplu Konut Alanının İçi	1	0,065	0,065	65
0 - 250 m.	0,8	0,065	0,052	52
250 - 500 m.	0,6	0,065	0,039	39
500 - 1.000 m.	0,4	0,065	0,026	26
1.000 - 2.500 m.	0,2	0,065	0,013	13



Şekil 74: Toplu Konut Alanları Yakınlık Analizi

Gerçekleştirilen mekânsal yakınlık analizi neticesinde raylı sisteme uygunluk açısından hangi bölgelerin ne kadar puan alması gerektiği hesaplanmıştır. Aşağıda verilen örnek bir alanda bu puanlama verilmektedir (Şekil 75).

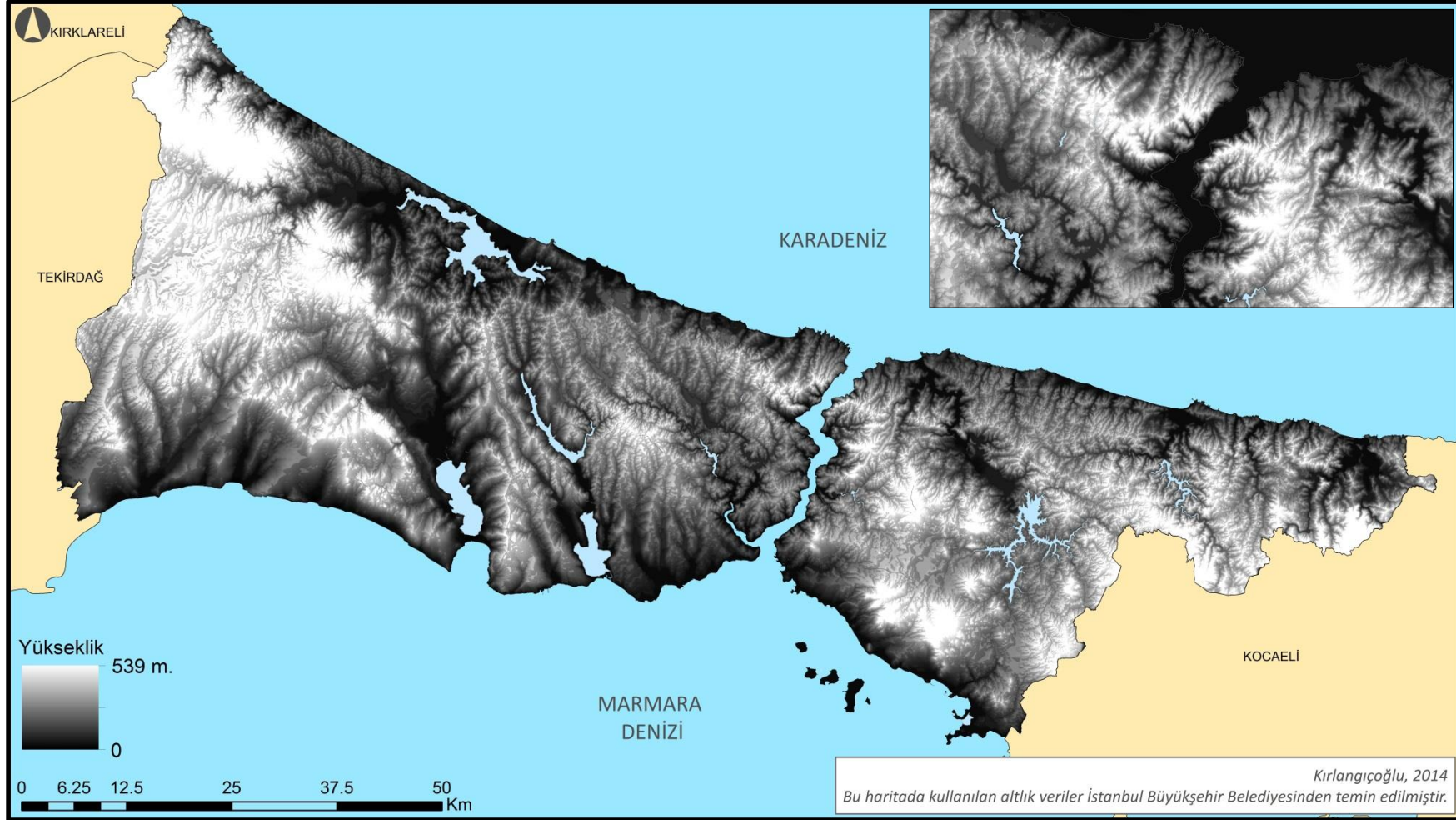


Şekil 75: Toplu Konut Alanları Raylı Sisteme Uygunluk Puanları

İstanbul'un merkezi alanlarının dışında kalan yazlık siteler de toplu konut kapsamında değerlendirildiği için, toplu konut alanlarının kapsamı yolculuk talebinin fazla olmadığı alanlara kadar uzanmaktadır. Bu alanlar yine de analizlere dâhil edileceklerdir, fakat yolculuk talebi, nüfus yoğunluğu vb. diğer faktörler açısından düşük puan alacakları için bu alanların raylı sistem güzergâhı için tercih edilmeyecekleri düşünülmektedir.

3.1.9. Topografya Faktörü

Fiziki coğrafya koşullarının diğer faktörlere göre etkileri biraz daha farklıdır. Tasarım sürecine etkileri çok fazla değildir çünkü daha tasarım sürecine başlamadan önce fiziki olarak 'kesinlikle' uygun olmayan alanlar belirlenmektedir. Bu alanlar daha baştan elenmekte ve kriter olarak kullanılmamaktadır. Mesela tramvay güzergâhı normalde %7 ve maksimum %12'den yüksek eğime sahip alanlardan geçemeyeceği için, bu alanlar tramvay odaklı bir güzergâh çalışmasında en baştan değerlendirme dışı bırakılmaktadır. Bu nedenle, tasarım sürecine dâhil edilen fiziki coğrafya



Şekil 77: İstanbul İli Sayısal Yükseklik Modeli

SYM verilerine göre oluşturulan aşağıdaki tablo, İstanbul'da hangi yükseklik değerlerinin ne kadar alan kapladığını ifade etmektedir. Bu değerlerin üretilebilmesi için ArcGIS yazılımı, Spatial Analyst Modülü, Reclassify komutu kullanılmıştır. Bu komut, kullanıcı tarafından belirlenen yükseklik değer aralıklarında kalan gridlerin sayısını kullanıcıya verir. Her bir gridin eni 10m ve boyu 10m olmakta ve 100 m² alan kaplamaktadır. Grid sayısı ile 100 m² alanın çarpımı sonucunda da alan hesabına ulaşılır (Tablo 25).

Tablo 25: İstanbul İli Yükseklik Değerleri ve Alansal Dağılımları

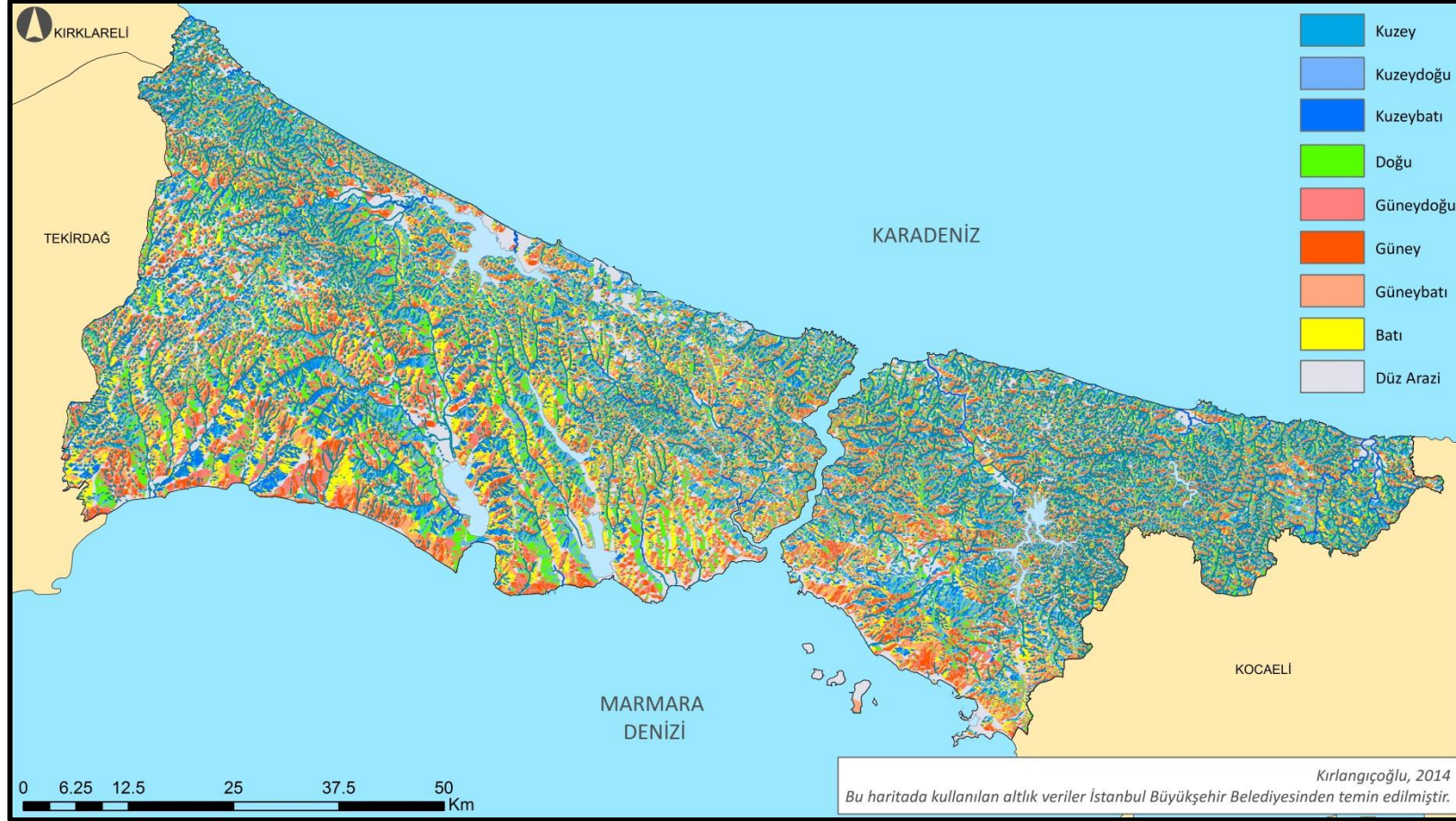
YÜKSEKLİK DEĞERİ (m.)	ALAN (km ²)
0 - 50	1171
50 - 100	1437
100 - 150	1322
150 - 200	883
200 - 250	438
250 - 300	113
300 - 350	62
350 - 400	19
400 - 450	5.3
450 - 539	1.4

Sayısal Yükseklik Modelinin görsel olarak daha anlaşılabilir hale getirilmesi için ArcGIS platformunda yer alan Spatial Analyst Modülünün 'Hillshade' fonksiyonu kullanılmış ve aşağıdaki rölyef haritası üretilmiştir (Şekil 78).



Şekil 78: İstanbul Rölyef Haritası

SYM verisi aynı zamanda bakı haritasının üretilmesinde de kullanılmıştır. Bakı, topoğrafyada yer alan yükselti yamaçlarının baktıkları yön olarak ifade edilebilir. ArcGIS yazılımındaki 'Aspect' komutu ile üretilen Bakı Haritası aşağıda verilmiştir (Şekil 79).



Şekil 79: Bakı Haritası

Yukarıda görülen bakı haritasından üretilen değerlere göre oluşturulan aşağıdaki tablo, bakı yönleri ve kapladıkları alanları ifade etmektedir (Tablo 26).

Tablo 26: Bakı Yönleri ve Alansal Dağılımları

BAKI YÖNÜ	ALAN (km²)
KUZEY	1526
KUZEYDOĞU	491
DOĞU	619
GÜNEYDOĞU	604
GÜNEY	488
GÜNEYBATI	560
BATI	636
KUZEYBATI	527

Bütün bu haritalardan yola çıkılarak, İstanbul iline ait eğim haritası üretilmiştir. Eğim, topoğrafyanın yatay düzlemle yaptığı açı olarak ifade edilebilir. Sayısal Yükseklik Modelinde 2 farklı yükseklik değerine sahip 2 grid arasındaki mesafe bellidir. Aradaki yükseklik farkının aradaki mesafe ile bölünmesinden ortaya çıkan değer kotanjantı, arazinin o bölümüne ait eğim derecesini verir.

Bu kural, daha önce oluşturulan SYM üzerinde uygulanmış ve ArcGIS Spatial Analyst Modülünde yer alan Slope fonksiyonu vasıtasıyla aşağıdaki eğim haritası üretilmiştir (Şekil 80).



Şekil 80: İstanbul İli Eğim Analizi

İstanbul ili eğim değerleri ile kapladıkları alan arasındaki ilişkiyi gösterir tablo aşağıda verilmiştir (Tablo 27).

Tablo 27: İstanbul İli Eğim Değerleri ve Alansal Dağılımları

EĞİM (°)	ALAN (km ²)
0 - 3 ⁰	1981
3 - 6 ⁰	1153
6 - 10 ⁰	1049
10 - 15 ⁰	712
15 - 25 ⁰	476
25 - 45 ⁰	72
45 ⁰ +	9

Tramvay tasarımı için en uygun %0 - %7 eğim aralığı olmakla beraber, günümüzde ek teknolojik desteklerle tramvaylar %7-%12 eğim aralığında da hizmet verebilmektedirler. Fakat bu eğimlere çıkıldıkça özel teknolojilere olan ihtiyaç artmakta ve bu da hem ilk yatırım hem de işletme maliyeti açısından ek yükler getirmektedir. Bu nedenle, bu eğim aralığında tasarım çok gerekli olmadıkça yapılmamakta, bu alanlar değerlendirmede ikinci planda kalmaktadırlar. Bir tramvay aracının %12'den fazla eğim çıkması ise günümüz koşullarında hem işletme hem de uygulama maliyetlerini çok fazla artırdığı gerekçesiyle kesinlikle tercih edilmemektedir.

Daha önce de belirtildiği üzere, her bir eğim aralığı için belli bir puanlama yapılacaktır ve çalışmanın sonunda diğer faktörlerin mekânsal puanları ile toplanacaktır. Eğim bazlı yapılan değerlendirme sonucunda aşağıdaki eğim aralıklarına sahip alanlar (raster görüntüdeki pikseller) şu ağırlıklı puanları alacaklardır (Tablo 28).

Tablo 28: Farklı Eğim Aralıklarının Önem Derecelerine Göre Puanları

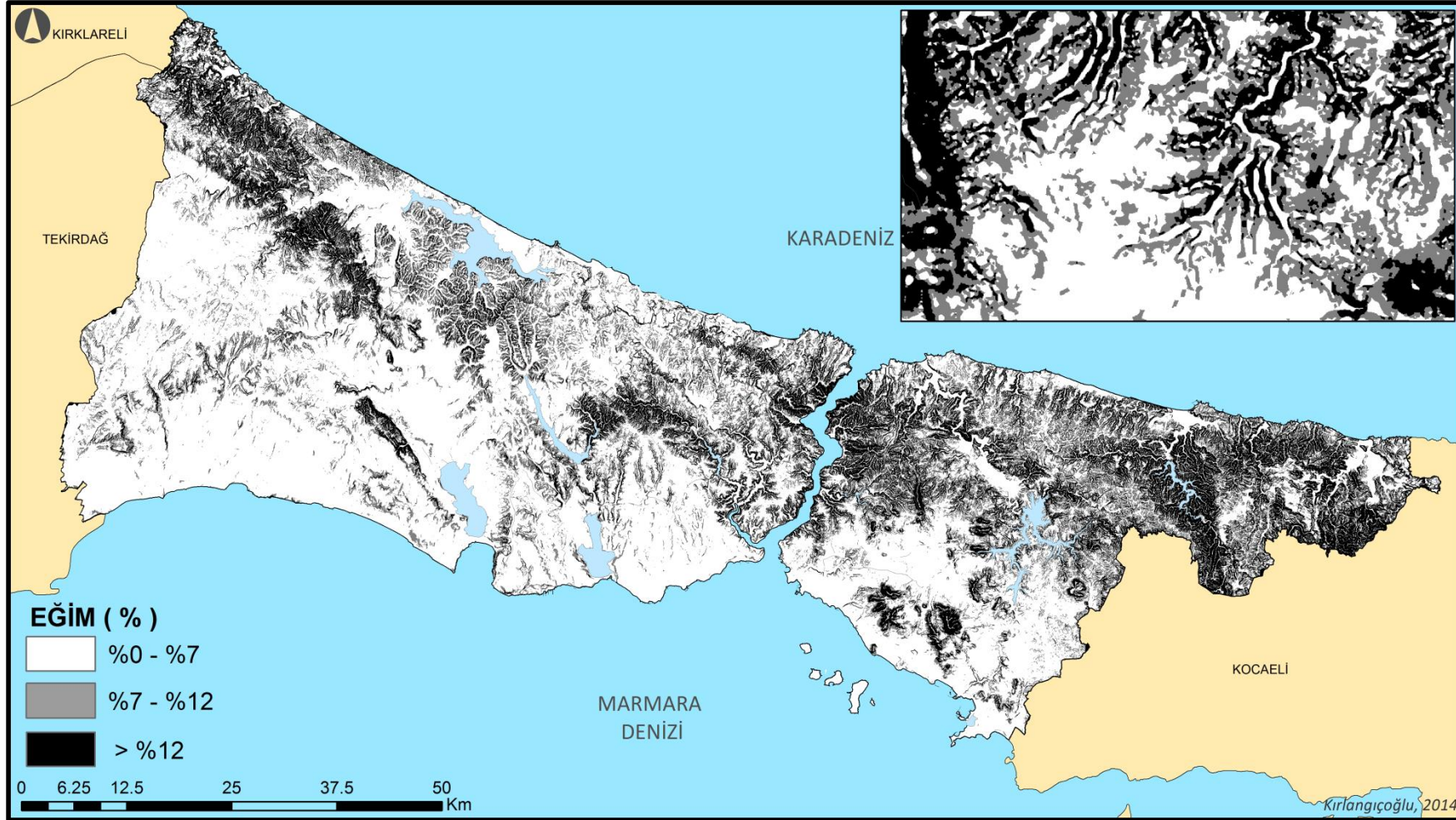
Eğim (%)	Puan	Kriterin Genel Önem Puanı	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 - 7	1	0.048	0.048	48
7-12	0.5	0.048	0.024	24
>12	0	0.048	0.000	0

Ağırlıklı puan hesaplanırken, öncelikle eğim aralıklarına tercih edilebilirliklerine göre 1 üzerinden puan verilir. Burada raylı sistem güzergâh tasarımcıları tarafından en çok tercih edilen eğim aralığına 1 tam puan, daha az tercih edilen aralığa 0.5 puan, değerlendirme dışı tutulacak alana ise 0 puan verilmiştir.

Bu puanlar, eğim kriteri için daha önce belirtilen önem derecesi ile çarpılmış ve netice olarak eğim aralıklarına ait ağırlıklı puanlar elde edilmiştir. İstanbul geneli eğim haritasındaki her bir piksel, sahip olduğu eğim derecesine göre bu ağırlıklı puanı alacaktır.

Aşağıdaki haritada, raylı sistem için uygun olan ve olmayan alanlar sınıflandırılmıştır. Beyaz renkler güzergâh için hiçbir sorun teşkil etmeyen çok uygun alanları, gri renkler çok tercih edilmeyen fakat yine de uygun olabilecek alanları göstermektedir. Siyah renkler ise kesinlikle tercih edilmeyen %12'den fazla eğime sahip alanları ifade etmektedir (Şekil 81).

Bu eğim değerleri genel olarak tramvay odaklı olarak belirlenmiştir ve metro gibi yer altından gidecek sistemler için daha detaylı çalışma yapılması gerekmektedir. Metro güzergâhı eğimden çok etkilenmemekle beraber, eğimin bir neticesi olarak bazı bölgelerde istasyon derinlikleri çok ciddi seviyelere çıkmakta ve bu da yolcu erişiminde sorunlar meydana getirmektedir. Dolayısıyla topografya her türlü raylı sistem için belirleyici faktörlerden birisidir.



Şekil 81: Eğim Olarak Raylı Sisteme Uygun Olan ve Olmayan Alanlar

3.1.10. Litolojik Yapıya Uygunluk Faktörü

Raylı sistem tasarımında litolojik yapının önemi yüksektir. Sağlam zemin üzerinde tasarlanmayan hatlarda zaman içinde çökmeler ve deformasyonlar meydana gelebilecektir. Bu nedenle, güzergâh tasarım analizlerinde kullanılmak üzere, İstanbul iline ait litolojik yapı haritası temin edilmiştir (Şekil 82). Bu haritada yer alan litolojik yapıların isimlerinin ve özelliklerinin yer aldığı bir adet tablo da haritanın altına eklenmiş ve aşağıda verilmiştir (Tablo 29).

Raylı sistem hattının inşa edileceği zeminin mümkün olduğunca sert ve stabil olması gereklidir. Aksi takdirde zeminde oluşabilecek kaymalar ve çökmeler ileride hatta zarar verebilir. Jeolojik yapının iyi bilinmesi ve uygun olmayan zeminlerin tercih edilmemesi gerekmektedir. Bu nedenle İstanbul Büyükşehir Belediyesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü tarafından hazırlanan genelleştirilmiş jeolojik yapı haritası temin edilmiş ve hangi litolojik yapının raylı sistem için ne kadar uygun olup olmadığı konusunda bilgi edinilmiştir (Şekil 83).

Her ne kadar zorunlu durumlarda, günümüz teknolojilerinin de yardımıyla zemin iyileştirmeleri yapılabilmekte ve her tür raylı sistem hattı her tür zemine inşa edilebilmekteyse de, risk oluşturabilecek zeminlerin mümkün olduğunca tercih edilmemesi gerekmektedir.



Şekil 82: İstanbul Litoloji Haritası (İBB, 2008)

Tablo 29: İstanbul’da Mevcut Olan Litolojik Yapılar ve Sembolleri (İBB, 2008)

YAŞI	FORMASYON ADI	SİMGE	ÜYE ADI	SİMGESİ	LİTOLOJİ
Holosen	Alüvyon	Qal			ÇAKIL-KUM-SILT-KİL (Karadeniz’e ve Marmara’ya dökülen akarsular boyunca ve onların denize kavuştuğu alanlarda aşınma ve taşınma nedeniyle çakıllı ve bloklu gereç, akarsuların özellikle akışacağı kesimlerinde vadi içlerine doğru ilerleyen kum-mil boyu ince gereçli alüvyon birikintileri gelişmiştir.)
	Dolgular	Qyd			DOLGU: (Antik ve Güncel, Köşeli Blok Çakıl, Kum boyutlu inşaat molozu, tuğla, Kiremit parçaları)
	Yamaç Molozu	Qym			YAMAÇ MOLOZU (Yüksek eğimli ve dik yamaçlı akarsular boyunca yamaç eğimlerinin ani olarak azaldığı alanlarda birikmiş olan çakıllı ve bloklu gereçten oluşur).
	Seki Birikintisi	Qs			ÇAKIL (Çakıl, kil, mil, blok)
	Kuşdili Formasyonu	Qkş	Haliç Çökelleri	Qkş	KİLLİ KUM, MİL (Koyu mavimsi, koyu kül rengi, yer yer siyahımsı vb. killi mil-kum boyutlu kuvars, kuvarsit parçalı haliç çökellerden oluşur.)
Pleyistosen	Domuz Deresi Formasyonu	TQd			ÇAKIL (Çakıl, kil, mil, blok)
	Altıntepe Formasyonu	PIQa			ÇAKIL-BLOK (Başlıca kuvarsit ve arkoz türü köşeli az yuvarlanmış, çakıl ve bloklardan oluşan tutturulamamış birikinti.)

Üst Miyosen	Çekmece Formasyonu	Tç	Bakırköy	Tçb	KİREÇTAŞI (Kil ve marn ara katkılıdır. Kireçtaşı kirli beyaz-krem rengi, ince-orta-kalın katmanlı, boşluklu-gözenekli, genellikle algli, onkoidlidir; kil-killi kireçtaşı-marn ara düzeylerini kapsar. Kil-kireç oranı çok değişkendir.)
			Güngören	Tçg	KİL (Kum-mil ara katkılı killerden oluşur; üst düzeylerinde makrofosil kavkılı ince, kireçtaşı ara katmanlıdır.)
			Çukurçeşme	Tçç	KUM (Çekmece Formasyonu'nun en alt düzeyini oluşturan Çukurçeşme Üyesi, seyrek olarak çakıl mercekleri ve kil ara katkılı başlıca kumlardan oluşur.)
Alt- Orta Miyosen	Kıraç Formasyonu	Tkr	Velimeşe	Tkrv	KUM ÇAKIL MIL: Tutturulmamış kızıllımsı, açık kahve-boz, büyük bölümüyle çakıl ve daha az oranda kum-mil boyu gereçten oluşur. İrili ufaklı, omurgalı kemiği ve yer yer büyüklüğü 1-2 metre küpü bulan, köşeleri yuvarlaklaşmış, silisleşmiş ağaç parçaları içerir.
			Yarmatepe	Tkry	KABA KUM, ÇAKIL (Tutturulmamış, büyük bölümüyle çapraz tabakalı çakıl ve daha az oranda kum boyu gereçten oluşur.)
Orta Oligosen-Alt Miyosen	Danişmen Formasyonu	Td	Ağaçlı Üyesi	Tda	KUM-ÇAKIL (Kömür ara katkılı yeşilimsi-külrengi kil düzeyleri ile sarımsı-boz, kirli beyaz-açık külrengi, orta zayıf boylanmalı, yuvarlanmış-yarı yuvarlanmış kum-çakıldan oluşur).

			Sinekli Üyesi	Tdsi	ÇAKIL (Çakıl, kil ve tuf ara düzeylerinden oluşur.)
			Çantaköy Üyesi	Tdç	VOLKANİT (Felsik, uçuk pembe, gri, kirli beyaz renkli, kalın katmanlı tuf-tüfit).
			Silivri Üyesi	Tdss	ŞEYİL (Şeyl, Sittaşı, kumtaşı yer yer kömür mercekleri ve jips içerir).
			Gürpınar Üyesi	Tdg	KİLTAŞI (Gevşek tutturulmuş kumtaşı ve miltaşı ara katkılı kıltaşı-şeyil türü ince kırıntılılardan oluşur; ince linyit ve tuf-tüfit ara düzeylidir).
			Süloğlu Üyesi	Tds	KUMTAŞI (Kumtaşı, çakıltaşı ve miltaşı arakatlı, kıltaşı ve şeyil, tuf-tüffit ve kömür (liniyit) aradüzeylerinden oluşur).
Orta Oligosen-Alt Miyosen	Ömerli Formasyonu	Tö	Meşe Tepesi Üyesi	Töm	KUM-ÇAKIL (Çakıl-kaba kum birikintileri, Çoğunlukla kuvars, kuvarsit, çakmaktaşı, daha az oranda arkoz, kireçtaşı, kumtaşı ve volkanitlerden oluşan çakıldan oluşur.)
			Kayalıtepe Üyesi	Tök	KİLTAŞI- MİLTAŞI (Kömür arakatlı kil, ince gereçli birikintileri boz, mavimsi külrengi, mor, yatay katmanlanmalı, laminalı, ince kömür arakatlı kıltaşı, kireçli kıltaşı, miltaşından oluşur.)
			Sultanbeyli Üyesi	Tös	KUM-ÇAKIL (kum, çakıl birikintileri, kırmızımsı-sarımsı kil-mil kapsayan, iyi yıkanmamış ince-kaba kumdan oluşur.)
Alt Oligosen	Pınarhisar Formasyonu	Tp			KİREÇTAŞI_KUMTAŞI (Kireç, çimentolu çakıltaşı arakatlı, oolitli, pelletoidli, çakıllı, kumlu mikritik kireçtaşı ve

					kumtaşından oluşur)
Orta - Üst Eosen / Oligosen	Ceylan Formasyonu	Tkc	Yassıören Üyesi	Tkey	MARN (Marn-kiltaşı ardalanmasından oluşur.)
			Balıkkoyu Üyesi	Tkcb	ÇAKILTAŞI (Kalın çakiltaşı-kaba kumtaşından oluşur.)
			Şamlar Üyesi	Tkeş	KİREÇTAŞI (Nümlütlü kireçtaşı, kireçli kiltası ardalanmasından oluşur.)
	Sogucak Kireçtaşı	Tks			KİREÇTAŞI (Resifal Kireçtaşından oluşur)
	Koyunbaba Formasyonu	Tkk			ÇAMURTAŞI (Gevşek tutturulmuş kum ve çakıl birikintileriyle başlar; yanal ve düşey geçişli olarak, seyrek ve ince kömür arakatlı piritli, petrolü yeşil-koyu külrengi şeyil ve miltaşı olarak devam eder.)
Üst Paleosen / Alt Eosen	Yunuslubayır Formasyonu	Ty			KUMTAŞI (Sarımsı boz renkli, bol nümlütlü, kumtaşı, kumlu-killi kireçtaşı ve çakıl taşından oluşur.)
Üst Paleosen / Alt Eosen	Şile Formasyonu	Tş		Tş	KİLTAŞI-MİLTAKI-KUMTAŞI (Olistolit ve olistostrom merceklerini kapsayan kiltası-miltaşı-kumtaşından oluşur.)
			Ağlayankaya Üyesi	Tşa	KİREÇTAŞI (Kireçtaşı olistolitlerinden oluşur.)
			İmam Tepesi Üyesi	Tşi	KİL-MİL-KUM (Olistolit ve olistostrom ve moloz akması birikintilerini kapsayan, başlıca kil, mil, kum boyu kırıntılılardan oluşur.)

Üst Kretase / Daniyen	Çavuşbaşı Granodiyoriti	Kç			GRANODİYORİT (Yer yer çok ayrılmış Kuvarslı diyorit, Kuvars diyorit.)
Üst Kretase ve Alt Paleosen	Akveren Formasyonu	Kta		Kta	KİREÇTAŞI (Pelajik kireçtaşı, killi kireçtaşı, marndan oluşur.)
			Yunusludere	Ktay	KİREÇTAŞI-MARN (Kireçtaşı ve seyrek kumtaşı arakatmanlı, kremrengi-boz, yeşilimsi külrengi, yer yer pembe, killi kireçtaşı - kireçli kiltası - marn ve şeyil araldanmasından oluşur.)
			Ahmetli Kireçtaşı Üyesi	Ktaa	KİREÇTAŞI (Beyazımsı, boz, kremrengi, açık külrengi, kimi düzeylerde kırmızımsı-pembe, ince-orta düzgün katmanlı, ince dokulu, porselenimsi kırılmalı, planktonik foraminiferli mikrit ve biyomikrit türü kireçtaşı.)
Orta Oligosen-Alt Miyosen	Sarıyer Formasyonu	Ks		Ks	VOLKANİT (Kırıntılı ve volkanik kayaç topluluğundan oluşur.)
			Bozhane Üyesi	Ksb	KUMTAŞI-ŞEYİL (Kumtaşı-şeyil araldanmasından oluşur.)
			Garipçe Üyesi	Ksg	AGLOMERA (andezit-bazaltik andezit türü volkanit kökenli kum, çakıl, blok boyutunda kaotik gereç kapsayan, genellikle porfirik dokulu aglomera, volkanik breş ve lavlardan oluşur)
			Kısırkaya Üyesi	Ksk	VOLKANİT (Bazik volkanitler ve bordo ayrışma renkli volkanit kökenli kırıntılılar, bazaltik Lav)

Üst Triyas / Oligosen	Bakırlıkıran Formasyonu	TRgbk			KUMTAŞI-ŞEYL (Bitki kırıntılı kumtaşı şeyil Taze kırılma yüzeyi koyu külrengi, günlenme yüzeyi kahverengi-boz, ince-orta-yer yer kalın katmanlı, yer yer koşut ya da çapraz laminalı kumtaşı ile kara-koyu külrengi, yeşilimsi şeyil ardalanmasından oluşur.)
	Tepecikköy Formasyonu	Trgt			KİREÇTAŞI (Boz ve kırmızımsı renkli yumrulu kireçtaşı, şeyil, killi kireçtaşı, kireçli kiltası ve yer yer çakmaktaşının değişen oranda ardalanmasından oluşur.)
	Ballıkaya Formasyonu	TRgb			KİREÇTAŞI (Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitleri kapsayan kalın bir karbonat istifinden oluşur.)
	Demirciler Formasyonu	TRgd		TRgd	KUMTAŞI-ŞEYİL (Kumtaşı, şeyil, killi kireçtaşı ve kireçtaşının değişen oranda ardalanmasından oluşur. Alt düzeylerinde kumtaşı, üst düzeylerinde killi kireçtaşı-kireçtaşı-şeyil egemendir.)
			Erikli Üyesi	Trgde	KUMTAŞI (Şeyil arakatlı kumtaşından oluşur, alt düzeylerinde yer yer çakıltaşı merceklerini, üst düzeylerinde ise kumlu seyrek kireçtaşı arakatlıklarını kapsar.)
		Gürgendere Üyesi	TRgdg	ŞEYİL-KİREÇTAŞI (Boz, açık külrengi, pembemsi ve açık morumsu renkli şeyil, killi kireçtaşı ve kireçtaşı düzeylerinin düzensiz ardalanmasından oluşan istif, alacalı rengi ve yumuşak topoğrafyasıyla belirgindir).	

			Değirmen Kireçtaşı Üyesi	Trgdd	KİREÇTAŞI (Kireçtaşı-dolomitik kireçtaşından oluşur).
Permiyen - Alt Triyas	Kapaklı Formasyonu			PTRk	KUMTAŞI (Kızıl-mor renkli karasal çakıltaşı-kumtaşından oluşur.)
Permiyen	Sancaktepe Graniti			Ps	GRANIT (İleri derecede ayrılmış genelde kum, iri kum boyutlu yer yer çakıllı gereçten oluşur.)
Alt Karbonifer	Trakya Formasyonu	Ct		Ct	KUMTASI-MILTASI (Yer yer çakıltaşı türünden kırıntılı kayaların değişen oranda araldanmasından oluşur.)
			Acıbadem Üyesi	Cta	SEYL: Seyrek olarak siltaşı ve ince kum boyu taneli kumtaşı arakatmanlıdır. Taze yüzeyi yeşilimsi külrengi, ayrışma yüzeyi açık kahverengi, boz, ince katmanlı, yer yer siltaşı laminalı, kuvars ve mika taneli, kil hamurlu kuvars vake türü ince kırıntılılar egemendir.
			Cebeciköy Kireçtaşı Üyesi	Ctc	KIRECTASI (Koyu siyah, şeyl arakatlı)
			Kartaltepe Üyesi	Ctk	ŞEYİL (Lidit arakatlıdır.)
			Küçükköy Üyesi	Ctkç	KUMTASI-SEYL (Değişen kalılıkta kireçtaşı arakatlı ve merceklerini kapsayan, şeyil, miltaşı ve ince kum boyu kumtaşı gibi ince gereçli kırıntılıları fliş türü kalın kırıntılılardan oluşur.)

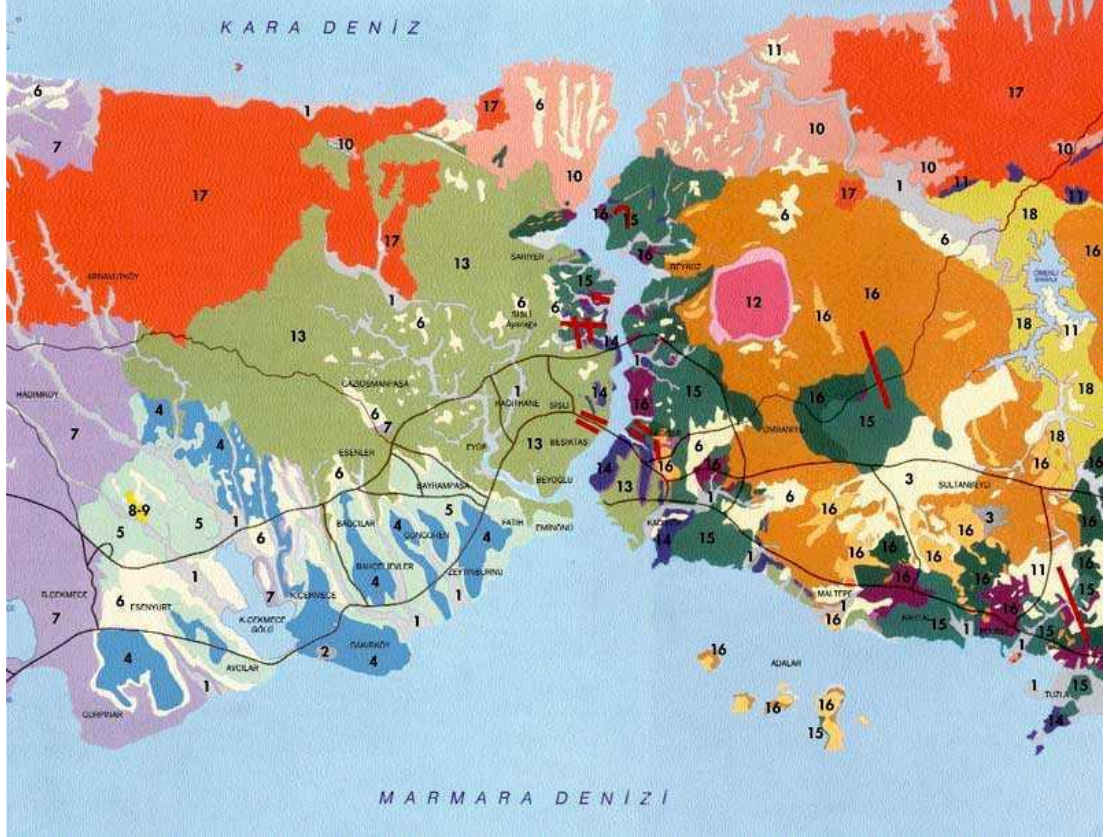
Orta - Üst Devoniyen / Alt Karbonifer	Denizli Köyü Formasyonu	DCd		DCd	KİREÇTAŞI (İnce şeyil arakatlı killi kireçtaşı, kireçtaşı, lidit, biyomikrit ve yumrulu kireçtaşından oluşur.)
			Baltalimanı Üyesi	DCdb	LİDİT (Silisli şeyil arakatlı siyah liditlerden oluşur.)
			Tuzla Üyesi	DCdt	KİREÇTAŞI (Mikrit-kavkı kırıntılı biyomikrit türü kireçtaşı-killi kireçtaşından oluşur; değişen oranda genellikle 5-10 santimetreyi geçmeyen kalınlıkta killi şeyil arakatlıdır.)
			Yürükali Üyesi	DCdy	LİDİT (İnce şeyil arakatlı liditlerden oluşur.Liditler külrengi, siyahımsı, ayrışma yüzeyi açık külrengi, ince katmanlı, şeyil arakatlıdır; üste doğru kil oranı artarak lidit arakatlı şeyillere geçilir.)
			Ayineburnu Üyesi	Dcda	KİREÇTAŞI (Küçük yumrulu kireçtaşı-killi kireçtaşı,Makro kavklı mikrit-biyomikrit türünün egemen olduğu yumrulu kireçtaşı, alt kesiminde açık külrengi, boz, üst kesimde ise pembemsi-kırmızımsı renkli ve kil arakatlıdır.)
Alt - Orta Devoniyen	Kartal Formasyonu	Dk		Dk	ŞEYİL (Mikalı şeyiller,üst düzeylerinde kireçtaşı arakatlıdır.)
			Kozyatağı Üyesi	Dkk	KİREÇTAŞI (Kireçtaşı arakatlı düzeyi kapsar. Düzeylerinde ince orta katmanlı, kil arakatlı yumrulu görünüşlü banth kireçtaşından oluşur.)

Üst Silüriyen - Alt Devoniyen	Pelitli Formasyonu	SDp		SDp	KİREÇTAŞI (Kireçtaşı,değişik düzeylerinde ince kil arakatlıdır.Şelf tipi neritik karbonatlardan oluşur.)
			Mollafenari	SDpm	KİREÇTAŞI (Kireçtaşı-killi,kumlu kireçtaşı-kireçli kıltaşı, kumtaşı ar dalanmasından oluşur.)
			Dolayoba	SDpd	KİREÇTAŞI (Açıklı koyulu pembemsi-morumsu renkli bol mercan ve makrofosilli resifal kireçtaşlarını kapsayışıyla belirgin olan bu karbonat istifi)
			Sedefadası	SDps	KİREÇTAŞI (Resifal kireçtaşı katmanlarının üzerine, kara-koyu külrengi, ince-orta katmanlı, yer yer laminalı, kireçtaşlarıyla temsil edilen kalın karbonat istifinden oluşur.)
			Soğanlık	SDpsg	KİREÇTAŞI (Yumrulu kireçtaşı)
Üst Ordovisiyen - Alt Silüriyen	Yayalar Formasyonu	OSy		OSy	KUMTAŞI (Mikalı,feldspatlı kumtaşı,mika pullu, ince-kaba kum boyu taneli kırıntılı kayalardan oluşur.)
			Gözdağ	OSyg	KUMTAŞI (Kuvarsvake,feldspatik vake türü kumtaşı.Genellikle killi hamur kapsar; kimi düzeylerinde silis çimentoludur.)
			Umurdere (Cumaköy)	OSyu	ŞEYİL: Bordo ve yeşilimsi renkli şeyil. Bordo renkli şeyilleri içinde, saçılmış halde seyrek kireçtaşı yumruları ve ince demirli (şamozit) oolitli ara düzeyler yer alır.
			Şeyhli	OSyş	KUVARS KUMTAŞI (Feldspatlı, kuvars kumtaşı)
Alt	Aydos Formasyonu	Oa		Oa	KUVARSIT (Silis çimentolu çakıltaşından

Ordovisiyen					oluşur.)
			Başbüyük	Oab	ÇAKILTAŞI (Sarımsı boz, yer yer mor renkli, köşeli.)
			Kınalıada	Oak	KUMTAŞI-ÇAMURTAŞI (Mor renkli kumtaşı,ince-orta tabakalı ve çapraz katmanlanmalı, kumtaşı-çamurtaşı ar dalanmasından oluşur.)
Alt Ordovisiyen	Kurtköy Formasyonu	Opk		Opk	ARKOZ_KUMTASI: Açıklı koyulu mor-e flatun renkli, kil, mil, kum ve çakıl boyutunda gereci kapsayan arkoz bileşimli kırıntılı kayalar,kumtaşı arakatkılı, ince laminalı kıltaşı-miltaşı, üst kesiminde ise değişik boyutlarda çakıltaşı mercek ve ara düzeylerini kapsayan, kıltaşı- miltaşı arakatkılı kaba kumtaşından oluşur.
			Bakacak	Opkb	MİLTASI_KUMTASI (Kaba kumtaşı-çakıltaşı,laminalı miltaşları üzerinde boz ve mor renk ar dalanmalı miltaş-ince taneli kumtaşından oluşur.)
			Süreyyapaşa	Opks	KUMTAŞI (Mor renkli)
	Kocatöngel Formasyonu	Opkc		Opkc	MİLTASI_KILTASI (Yeşilimsi, boz, külrengi, laminalı miltaşı, kıltaşı ve ince taneli kumtaşından oluşur.)
Premiyen	Kızılağaç Metagraniti	PzTRk		PzTRk	GNAYS (Pembemsi gri, turuncumsu beyaz renkli, kuvars, biyotit ve iri mikroklin kapsar; K-feldspat porfiroblastlı, gnays dokuludur. Seyrek olarak ap lit damarları görülür. Üzerinde ayrışmaya bağlı kaba

					elemanlı kum görünümlü seviyeler gelişmiştir.)
Paleozoik	Şermat Kuvarsiti	PzTRş		PzTRş	KUVARSİT (Kirli beyaz, bej, açık külrengi, beyaz mika ve kıt feldspatlı kuvarsitten oluşur; yer yer laminalı metakumtaşı-fillit ar dalanmalıdır.)
	Çatalca Şisti	PzTRç		PzTRm	KLORİT ŞİST (Gri külrengi-koyu külrengi, mavimsi biyotit ve beyaz mikalı fillat ve gri-yeşilimsi gri renklidir. İçerisinde yer yer kristalize kireçtaşı, kalkşist ve koyu gri-siyah renkli çört bulunur.)

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü tarafından İstanbul için Deprem Master Planı çerçevesinde hazırlanan ve yukarıda ana atlarıyla verilen litolojik yapı temel olarak 16 sınıfta değerlendirilmiştir.



Şekil 83: Genelleştirilmiş Litolojik Yapı Haritası

1- Alüvyon: Yapılaşma için sakıncalıdır ve depreme dayanıklı değildir. Genel olarak taşıma kapasitesi çok düşüktür.

2- Kuşdili formasyonu: Taşıma kapasitesi zayıf ama önlem alınarak bina yapılabilir bir zemindir.

3- Alüvyon yelpazeleri: Depreme dayanıklılığı zayıftır. Yüksek katlı ve yoğun yapılaşma için sakıncalıdır. Ancak az katlı binalar yapılabilir.

4- Bakırköy formasyonu: İyi zemin olarak kabul edilir ve yapılaşmaya müsaittir. Fakat zeminde lokal sorunlar olabilir. Sorunlu bölgeler yapı yapılmamalıdır.

5- Güngören formasyonu: Depreme karşı zayıftır. Yapılaşma için kötü bir zemindir. Zemin, 14-15 derecelik bir eğim kazandığında heyelan meydana gelebilir.

6- Çukurçeşme formasyonu: Taşıma kapasitesi iyidir ve bina yapılabilir. Yamaç olan bölgelerde su tutar ve bu yüzden akışkanlık kazanır. Eğimli bölgelerde tehlikelidir.

- 7- Gürpınar, Karaburun ve Ceylan formasyonları: Üçü de aynı özellikleri göstermektedir. Depreme dayanıklı değildir.
- 8- Soğucak formasyonu: Sağlam zemin olarak nitelendirilmektedir. Taşıma kapasitesi yüksektir ve depreme dayanıklıdır.
- 9- Hamamdere formasyonu: Genel olarak Soğucak formasyonu ile aynı özellikleri gösterir ama taşıma kapasitesi daha azdır.
- 10- Sarıyer formasyonu: Volkanik kayalardan oluşmaktadır. Yapılaşmaya müsait ve depreme dayanıklıdır.
- 11- Kutluca, Hereke, Tepecik, Erikli, Kapaklı, Kocatarla formasyonları ve Tavşantepe Kuvarslı diyoriti: Aynı özellikleri göstermektedirler. Taşıma kapasiteleri yüksek olduğu için yapılaşmaya uygundur. Depreme dayanıklıdır.
- 12- Çavuşbaşı giyandoriti: Magmanın yüzeye çıkmasıyla oluşmuş sağlam bir kayadan oluşmaktadır. Yapılaşmaya uygun ve depreme son derece dayanıklıdır.
- 13- Trakya formasyonu: Genel olarak sağlam bir zemindir. Ama kırılma, çatlama ve faylanma gibi özelliklere sahiptir. Bu nedenle düzlük bölgeleri yapılaşmaya uygun ve depreme dayanıklıken eğimli bölgelerde çok güvenilir değildir.
- 14- Baltalimanı ve Tuzla formasyonları: Taşıma kapasitesi yüksektir. Yapılaşmaya müsait ve depreme dayanıklı bir kayadan oluşmaktadır.
- 15- Kartal formasyonu: Trakya formasyonu ile benzer özelliklere sahiptir. Yapılaşmaya uygun ve depreme daha dayanıklı bir zemindir.
- 16- Dolayoba, Gözdağı, Aydos ve Kurtköy formasyonları: Anadolu yakasının önemli bir bölümü bu zemine sahiptir. Taşıma kapasitesi çok yüksektir. Stabil ve deprem açısından sağlam bir zemindir (İBB, 2003).

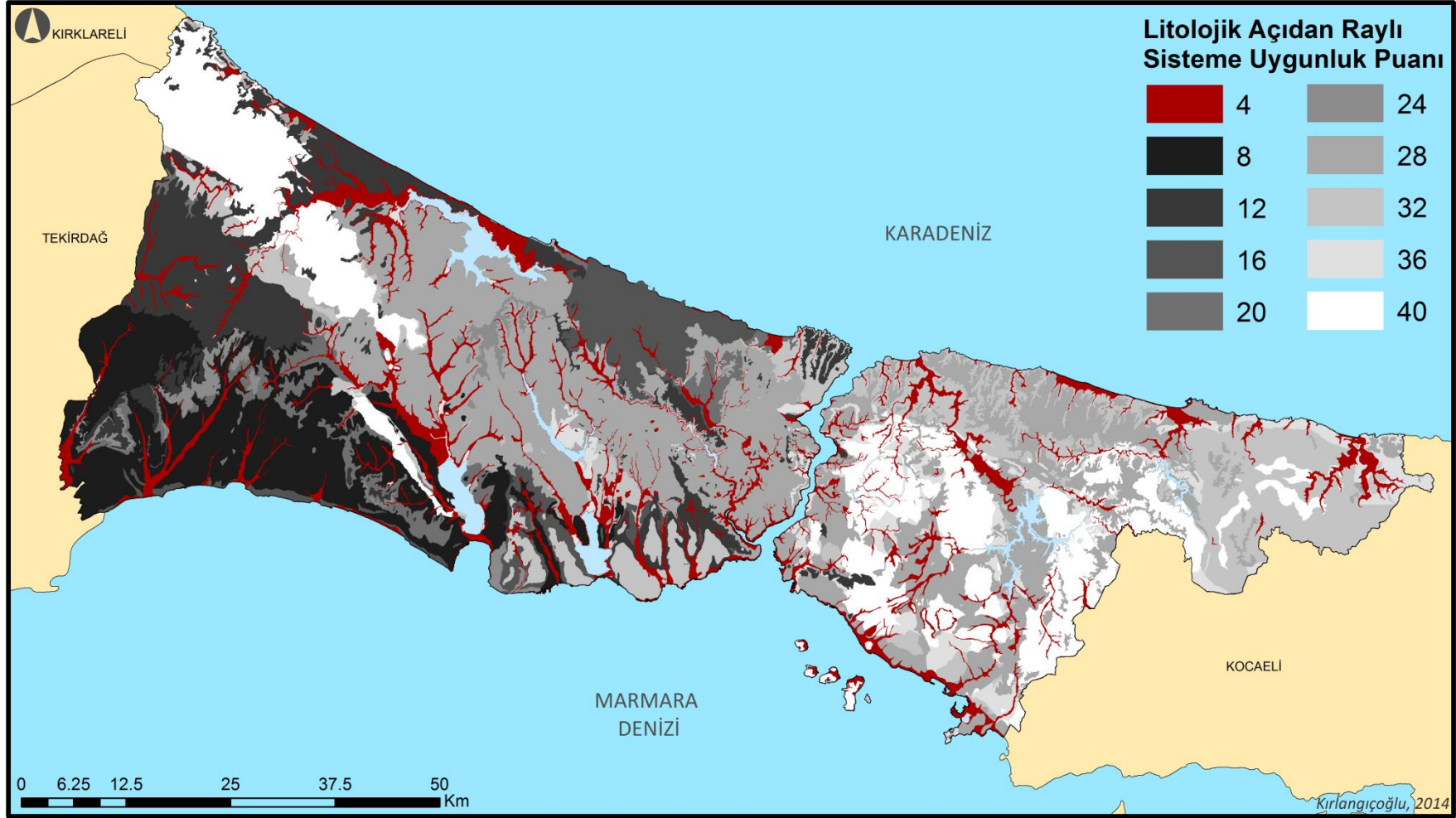
Uzmanlarla yapılan görüşmeler ve incelenen raporlar neticesinde; raylı sistem için en elverişsiz ve dolayısıyla en düşük puanlı litolojik yapıların genelde çakıl, kum ve kil ağırlıklı Kuşdili, Domuzderesi, Kırac vb. formasyonlar ile alüvyon ve dolgu alanlar olduğu anlaşılmıştır. En uygun ve en yüksek puanlı litolojik yapılar ise; granit, granodiyorit, kireçtaşı ve kuvarsit ağırlıklı Aydos, Kurtköy, Pınarhisar, Ballıkaya, Demirciler formasyonları ile Sancaktepe graniti ve Çavuşbaşı granodiyoriti olarak tespit edilmiştir. Diğer ara formasyonlar da dâhil edilerek bütün İstanbul için yapılan

litolojik uygunluk sınıflandırması neticesinde her bir zemin türünün aldığı puan aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 30).

Tablo 30: Litolojik Yapıların Raylı Sistem Güzergâhı için Uygunluk Sıralaması

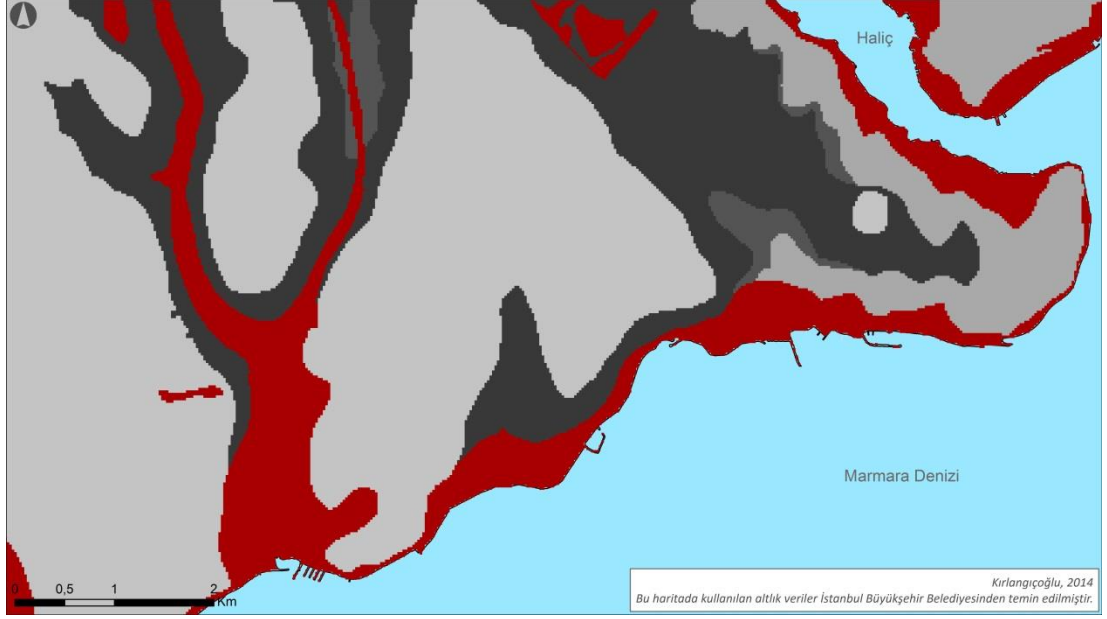
Litolojik Yapı	Puan	Kriterin Genel Önem Puanı	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
Qal, Qkm, Qkş, Qpk, Qyd, Qym	0,1	0,040	0,004	4
Qs, Tdg, Tkrv, TQd	0,2	0,040	0,008	8
PIQa, Tçg, Tkr, Tkry	0,3	0,040	0,012	12
Tçç, Tda, Tdss	0,4	0,040	0,016	16
Td, Tds, Tdsi	0,5	0,040	0,020	20
Tdç, Tkcy	0,6	0,040	0,024	24
Ct, DCdb, Dk, Osy, Tkc, Tkcb, Tkk, Tö, Ts, Ty	0,7	0,040	0,028	28
Ks, PTRk, SDp, Tçb, Tks, TRgd, TRgt	0,8	0,040	0,032	32
Ctc, DCd, Dkk, Kçm, Kta, Ktay, Opkc, Osyg, Osys, Tkcs, Tp	0,9	0,040	0,036	36
Kç, Oa, Opk, Ps, PzTR, PzTRç, PzTRk, PzTRs, TRgb	1	0,040	0,040	40

İstanbul'da hem depremsellik hem de raylı sistem güzergâhına uygunluk açısından litolojik yapıların aldıkları puanlar mekânsal veri ile birleştirilmiş ve aşağıdaki harita üretilmiştir. Bu haritada koyu kırmızı renk ile ifade edilen alanlar raylı sistemler için en tehlikeli ve en uygunsuz zeminleri ifade ederken; renk beyaza doğru açıldıkça puan yükselmekte ve raylı sistem güzergâhı için uygunluk düzeyi artmaktadır (Şekil 84).



Şekil 84: Litolojik Yapıların Raylı Sistem Güzergâhı için Uygunluk Puanları

Yukarıda İstanbul geneli için verilen analiz çalışmasından bir kesit aşağıda verilmiştir (Şekil 85).



Şekil 85: Litolojik Yapı Puanları – Detay Görünüm

3.1.11. Fay Hatlarına Uzaklık Faktörü

1999 Kocaeli ($M_w=7.4$) ve Düzce ($M_w=7.2$) depremlerinden sonra yapılan çalışmalar, Marmara denizindeki stres rejiminin değişmediği kabul edilirse, İstanbul'u etkileyebilecek aletsel büyüklüğü $M_w=7.0$ 'den fazla bir depremin meydana gelme ihtimalini %65 (+/-%15) olarak vermektedir (Parsons v.d., 2000). İstanbul'da gerçekleştirilecek tüm projelerde olduğu gibi raylı sistem güzergâh çalışmalarında da deprensellik ve fay hatları dikkate alınmak zorundadır. Gerçekleştirilecek raylı sistem projesi, faylara ne kadar uzakta tasarlanırsa o kadar güvenli olacaktır. Fay hattı üzerine ya da paralel olarak yakınına inşa edilecek raylı sistem hatları, olası bir deprem durumunda yüksek risk altında olacaklardır. Fay hatlarından ne kadar uzak durulursa risk o kadar azalacaktır. Dolayısıyla tampon bölgeler oluşturulmalı ve raylı sistem hattına en yakın bölgeler tasarım aşamasında kesinlikle değerlendirme dışı tutulmalıdır. Fay hattının sağına ve soluna doğru 50'şer metre uzaklıkta belirlenen ilk tampon bölgeden sonra ise, fay hattına en yakın bölgelere en düşük puan verilmekte ve fay hattından uzaklaştıkça puan artmaktadır (Tablo 31).

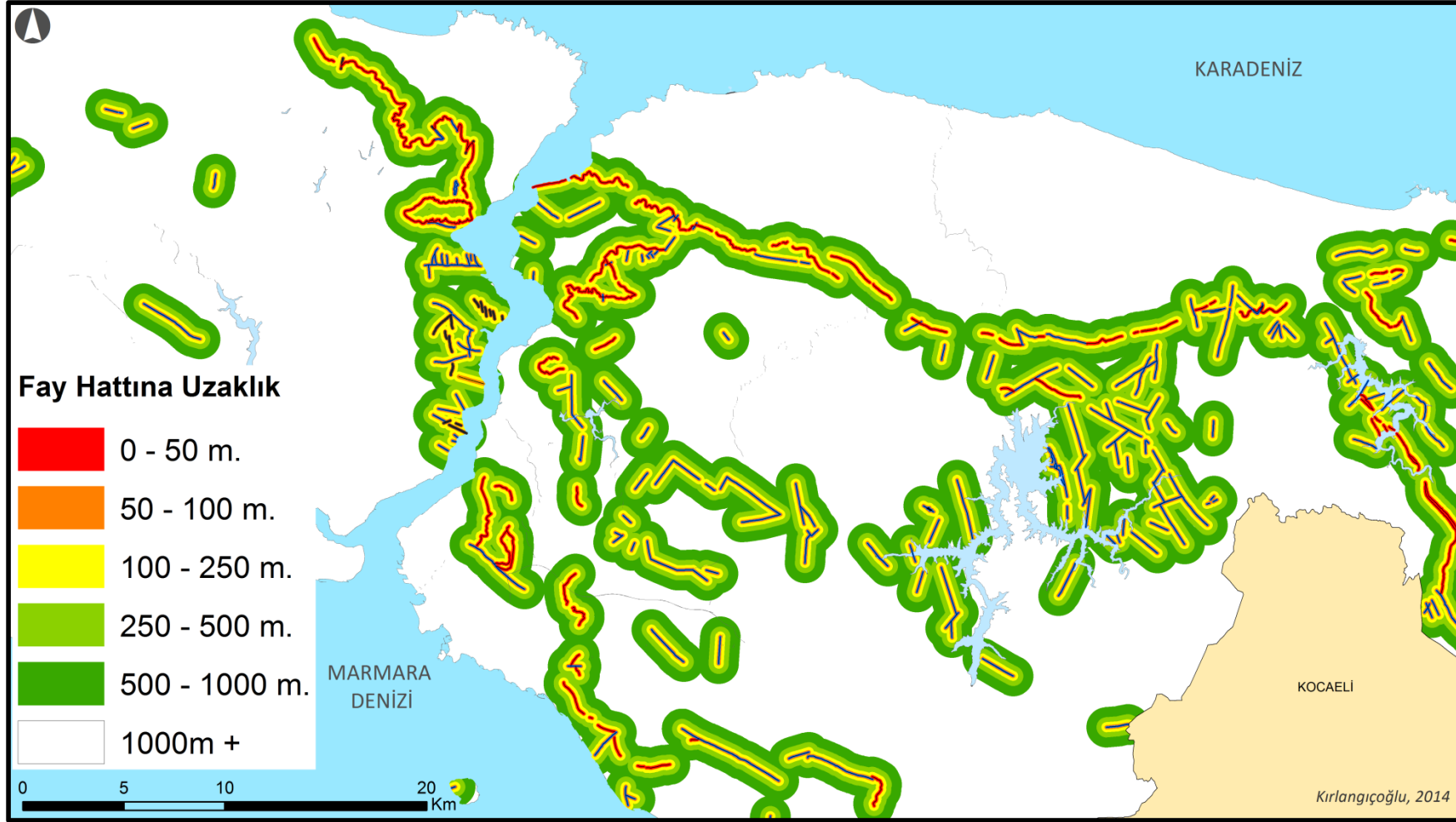
Tablo 31: Fay Hatlarına Uzaklıkların Önem Puanları

Fay Hatlarına Uzaklık	Puan	Kriterin Genel Önem Puanı	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 - 50 m.	0	0,032	0,000	0
50 – 100 m.	0.2	0.032	0.006	6
100 – 250 m.	0.4	0.032	0.013	13
250 – 500 m.	0.6	0.032	0.019	19
500 – 1000 m.	0.8	0.032	0.026	26
1000m +	1	0.032	0.032	32

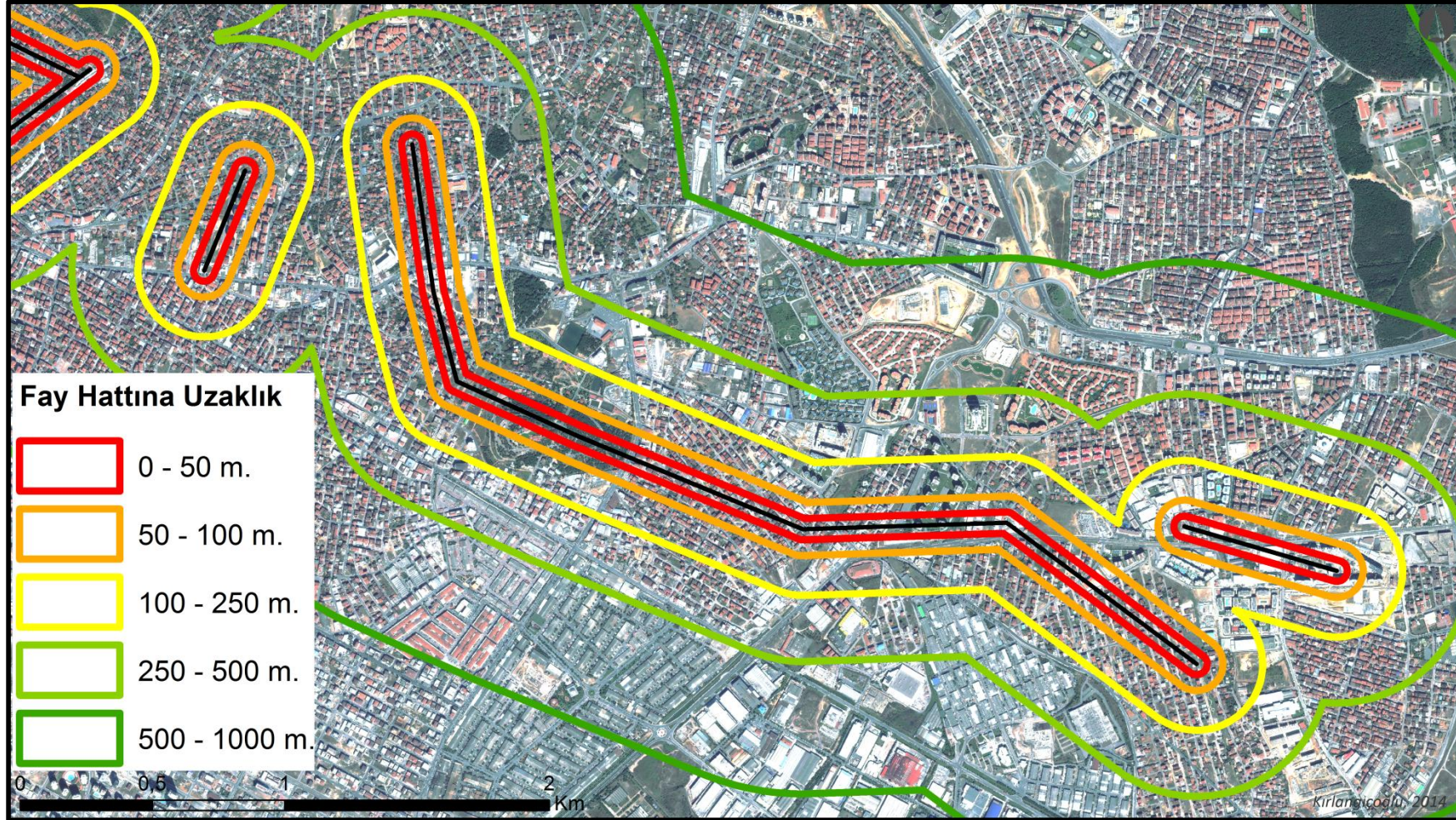
İstanbul geneli için fay hatlarına yakınlık analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 86). Haritalarda kırmızı ve turuncu renklerle ifade edilen fay hatlarına yakın bölgeler raylı sistem güzergâhı için tercih edilmemekte ve düşük puan almaktayken, fay hatlarından uzaklaştıkça puan artmaktadır.

Fay hattına uzaklıkla ilgili gerçekleştirilen analizler uydu görüntüsü ile entegre edilmiş ve genel haritadan bir kesit aşağıda verilmiştir (Şekil 87).

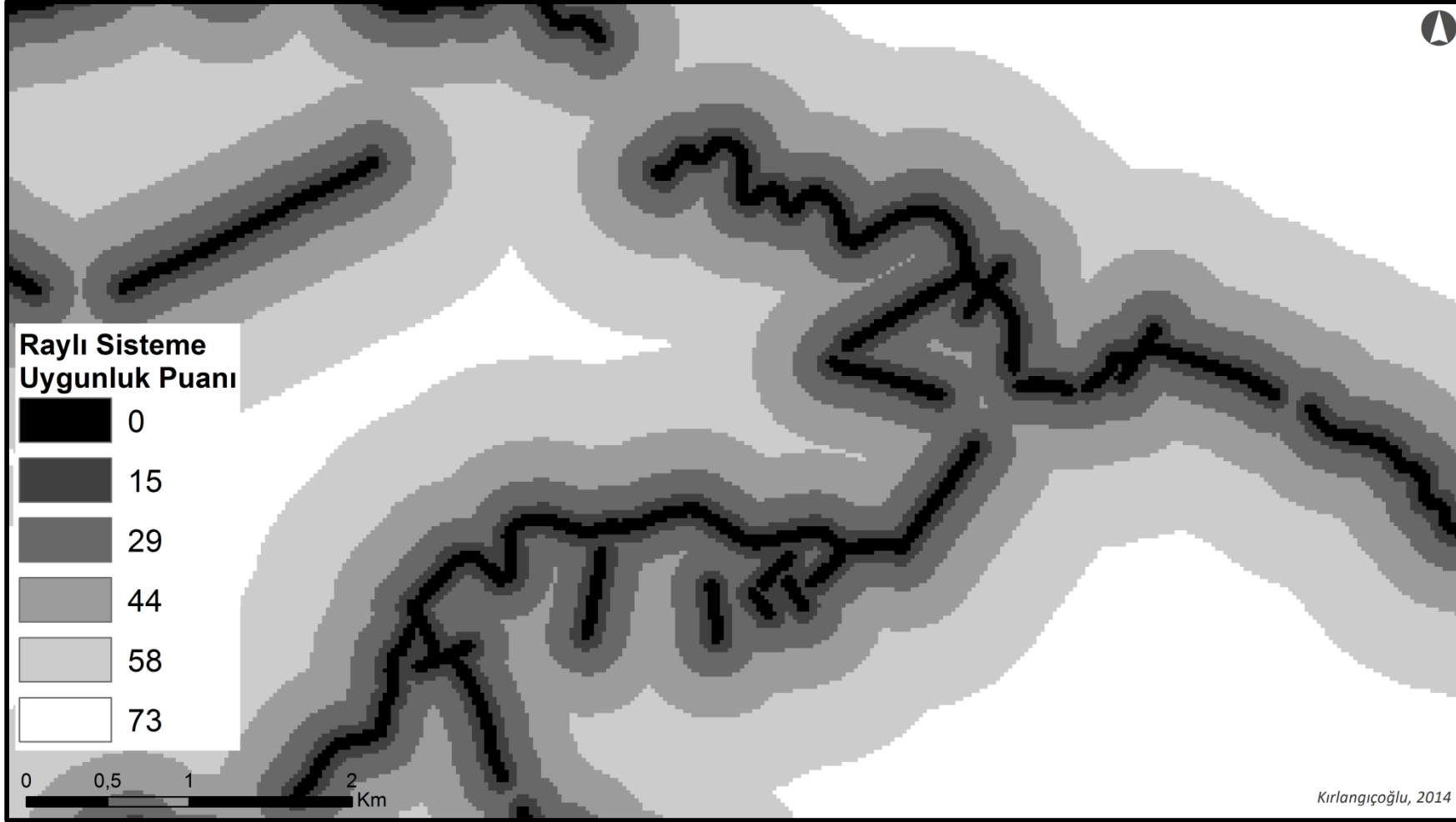
Gerçekleştirilen analizlerin Çok Kriterli Karar Verme analiz süreçlerinde kullanılabilmesi için, tüm diğer faktörler gibi raster formatına dönüştürülüp 25x25 metrelik piksellere bölünmüştür. Raster formatlı haritadan bir detay görünüm de aşağıda verilmiştir (Şekil 88).



Şekil 86: Fay Hatlarına Uzaklıklar



Şekil 87: Fay Hatlarına Uzaklıklar – Detay Görünüm



Şekil 88: Fay Hatlarına Uzaklık Bazında Raylı Sisteme Uygunluk Puanı

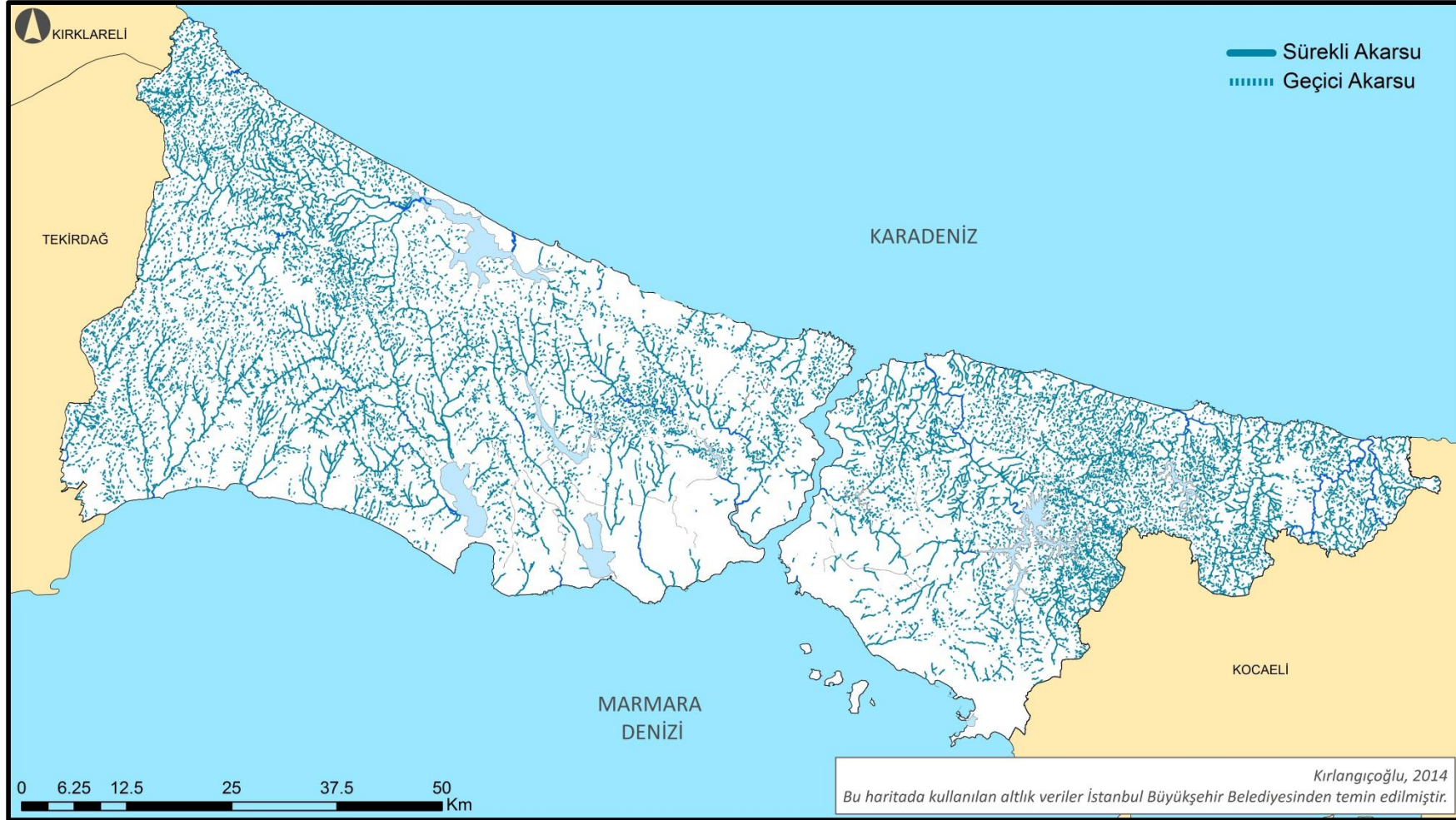
3.1.12. Su Alanlarına Uzaklık Faktörü

Eğim faktöründe olduğu gibi, su alanları için de daha en baştan belirlenen ve “kesinlikle uygun olmayan” göl, baraj vb. alanlar mevcuttur. Bu alanlar zaten tasarım sürecine katılmadıkları için tasarıma çok fazla etkileri yoktur. Fakat baraj ve göllerin etrafındaki havza koruma kuşakları kentleşmeye ciddi kısıtlamalar getirmektedir. Dolayısıyla raylı sistem güzergâh tasarımı yapılırken bu alanlar da dikkate alınmalıdır.

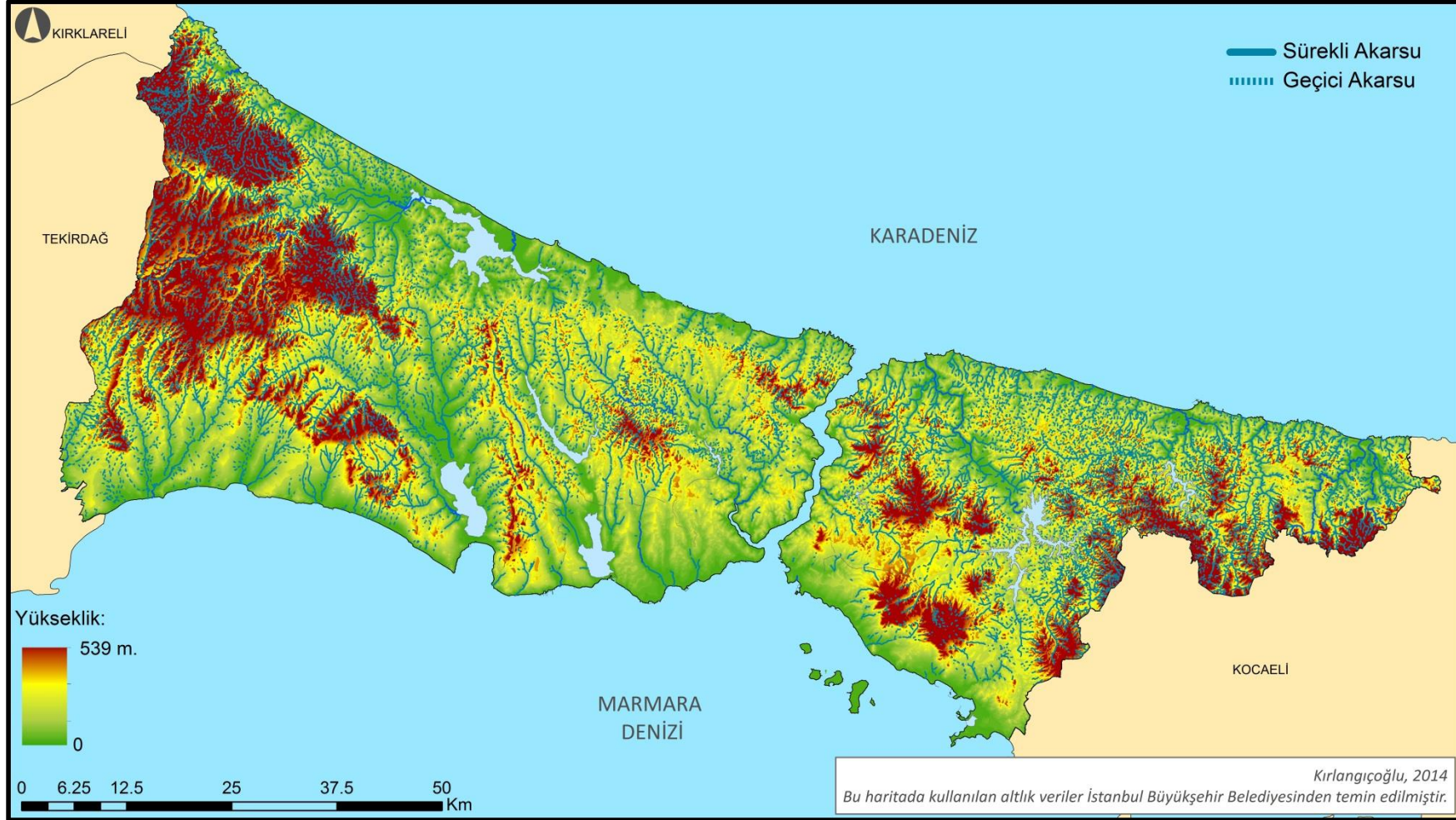
İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan ve 21.02.2003 tarihinde yürürlüğe giren ‘İçme Suyu Havzaları Koruma ve Kontrol Yönetmeliği’ne göre;

- İçmesuyu havzaları: İçme ve kullanma sularının temin edildiği ve edileceği yüzey ve yer altı suyu kaynaklarının tabii su toplama alanıdır.
- Mutlak Koruma Alanı: İçme ve kullanma suyu temin edilen ve edilecek olan suni ve tabii göller etrafında en yüksek su seviyesinde su ile karanın meydana getirdiği çizgiden itibaren yatay **300 m.** genişliğindeki kara alanıdır.
- Kısa Mesafeli Koruma Alanı: Mutlak koruma alanı üst sınırından itibaren yatay **700 m.** genişliğindeki kara alanıdır.
- Orta Mesafeli Koruma Alanı: Kısa mesafeli koruma alanı üst sınırından itibaren yatay **1000 m.** genişliğindeki kara alanıdır.
- Uzun Mesafeli Koruma Alanı: Orta mesafeli koruma alanının üst sınırından başlamak üzere su toplama havzasının nihayetine kadar uzanan bütün kara alanıdır. Orta mesafe koruma alanı üst sınırından itibaren 3.000 metre genişliğindeki alan birinci uzun mesafeli koruma alanıdır. Daha sonraki alan ise ikinci uzun mesafeli koruma alanıdır (İSKİ, 2003).

Aşağıda öncelikle akarsular haritası (Şekil 89) verilmiş ve daha sonra bu harita sayısal Yükseklik Modeli ile entegre edilmiştir (Şekil 90). Ardından da havzalar ve havza koruma kuşakları ile ilgili çalışmalar yer almaktadır.



Şekil 89: Akarsular ve Göller



Şekil 90: Akarsular ve Sayısal Yükseklik Modeli Entegrasyonu

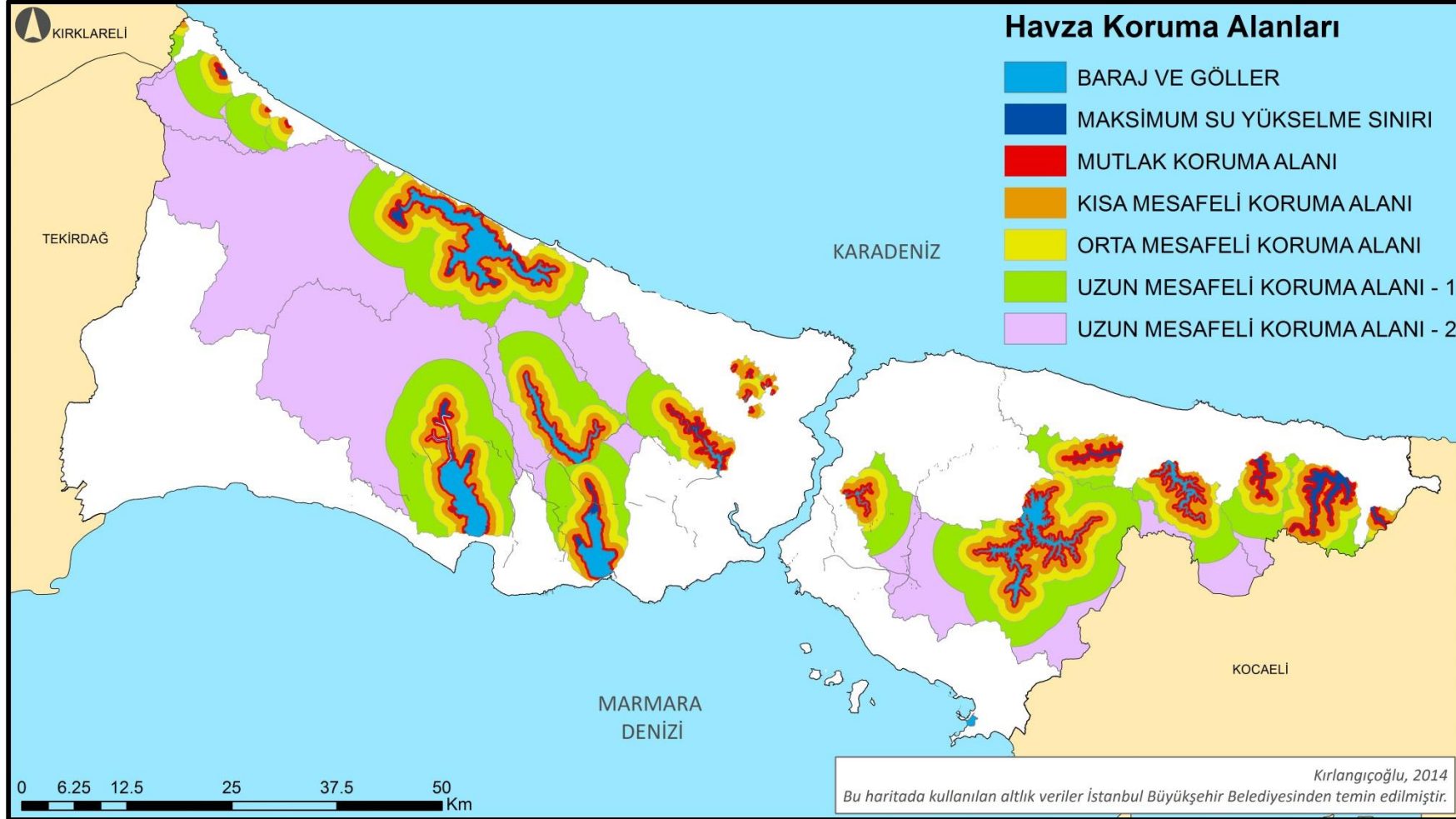
Havzalara ait mutlak koruma alanlarında arıtma tesisleri hariç hangi maksatla olursa olsun hiçbir şekilde yapı yapılamaz, iskana açılmaz. Baraj ve göllere yakın bölgelerde çok kesin ve yapılaşmayı engelleyici kurallar geçerlidir. Bu bölgelerden uzaklaştıkça bu kurallar hafifler. Raylı sisteme uygunluk puanlaması yapılırken uzmanların görüşlerine ek olarak bu kurallar da dikkate alınarak kurgulanmıştır (Tablo 32).

Tablo 32: Su Alanlarına Mesafelerin Önem Puanları

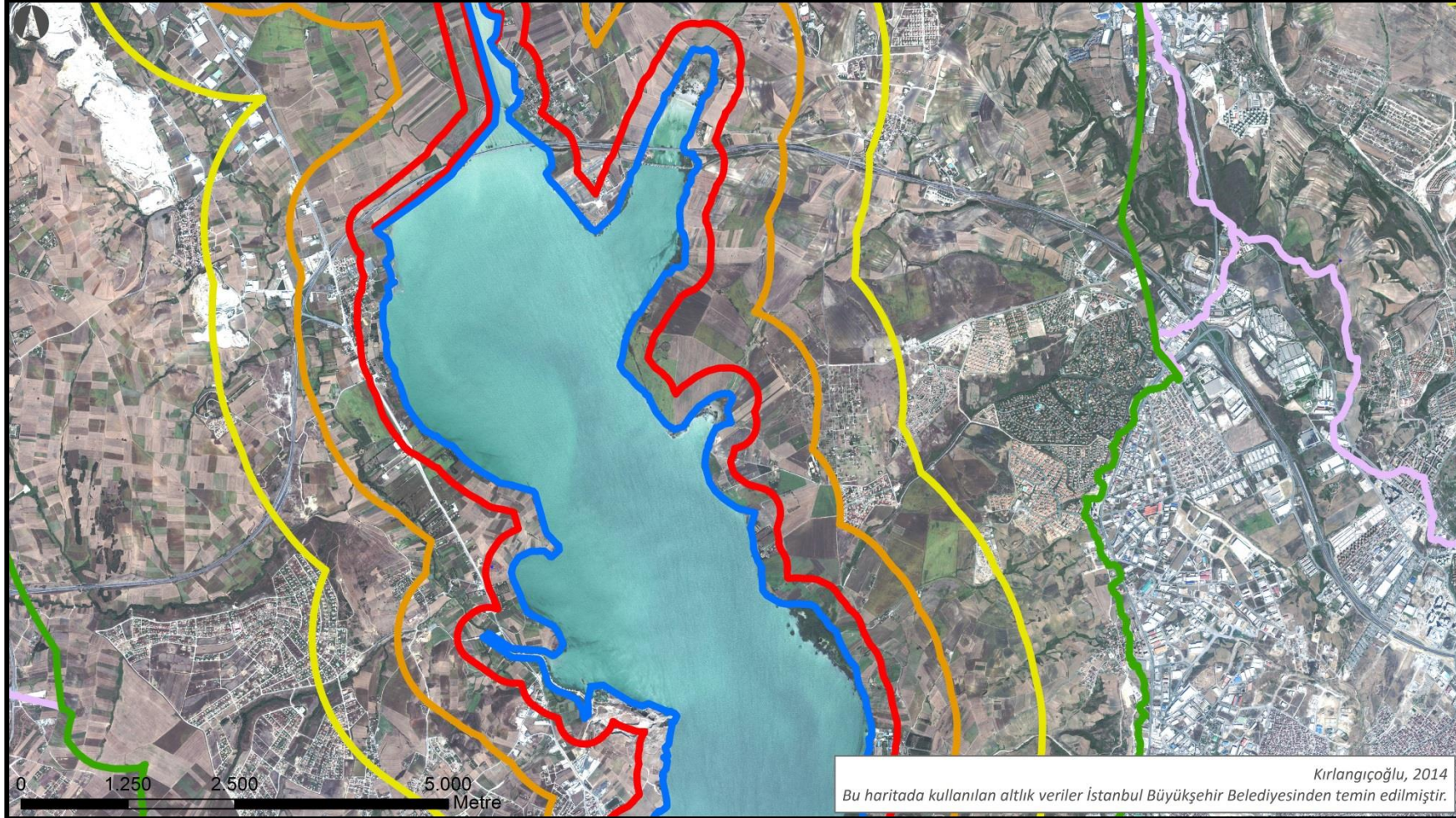
Su Alanlarına (Havzalara) Uzaklık	Puan	Kriterin Genel Önem Derecesi	Ağırlıklı Puan	Standart Puan
0 - 300 m.	0,0	0,016	0,000	0
300 - 1000 m.	0,2	0,016	0,003	3
1000 - 2000 m.	0,4	0,016	0,006	6
2000 - 5000 m.	0,6	0,016	0,010	10
5000m. - Havza Sonu	0,8	0,016	0,013	13
Havza Dışı Alanlar	1	0,016	0,016	16

Havzalara hangi mesafedeki alanların raylı sisteme uygunluk açısından ne kadar puan alacakları yakınlık analizleri neticesinde ortaya çıkarılmış ve aşağıda verilmiştir (Şekil 91).

Ardından da, sınırların daha iyi anlaşılabilmesi için Büyükçekmece'ye ait havza koruma kuşakları ile uydu görüntüsü entegre edilmiştir (Şekil 92). Bu sayede raylı sistem güzergâh tasarımı yapılırken çekilecek kırmızı çizgiler önceden belirlenebilir ve projeler o doğrultuda ilerletilebilir.

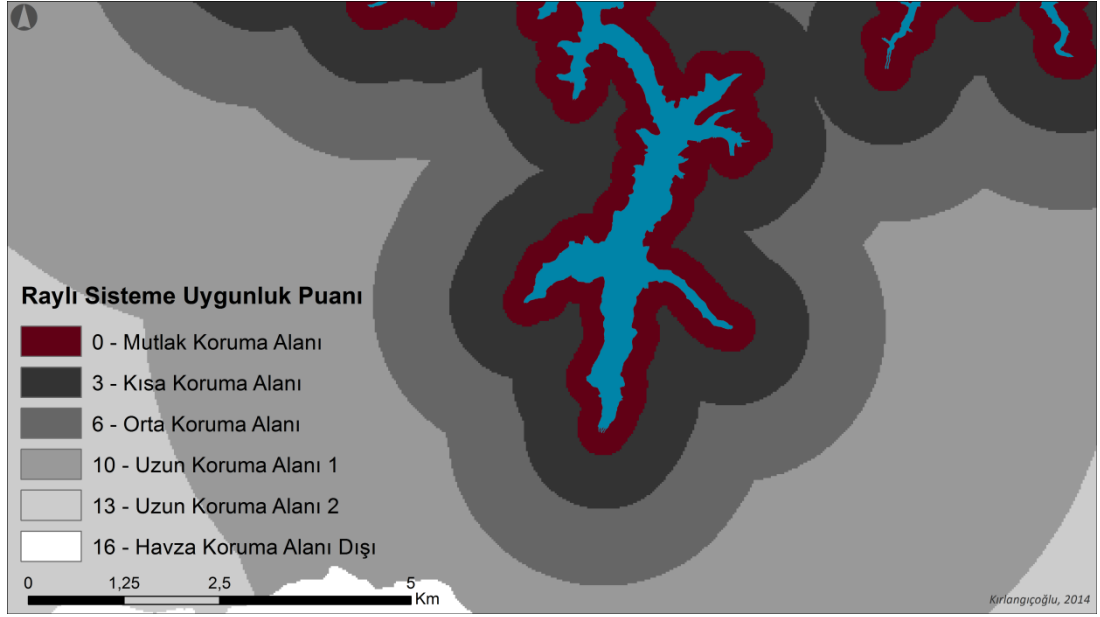


Şekil 91: İstanbul Geneli Havza Koruma Alanları



Şekil 92: Büyükçekmece Havza Koruma Alanları

Havzaya yaklaşıkça dūřen raylı sistem uygunluk puanları, havzalardan uzaklaşıkça artmaktadır. Analizlerde ortaya çıkan puanlar, çok kriterli karar verme analizlerinde kullanılmak üzere diğer faktörler gibi 25 metre çözünürlüklü raster formatına dönüştürülmüştür. Bu haritanın bir kısmı aşağıda görülmektedir (şekil 93).



şekil 93: Havza Koruma Alanları – Raster Görünüm

Yukarıdaki şekilde bordo renkli alanlar kesinlikle girilmemesi gereken alanları göstermektedir. Renk açıldıkça raylı sisteme uygunluk düzeyi artmaktadır.

3.2. Raylı Sistem Güzergâh Öneri Haritasının Oluşturulması

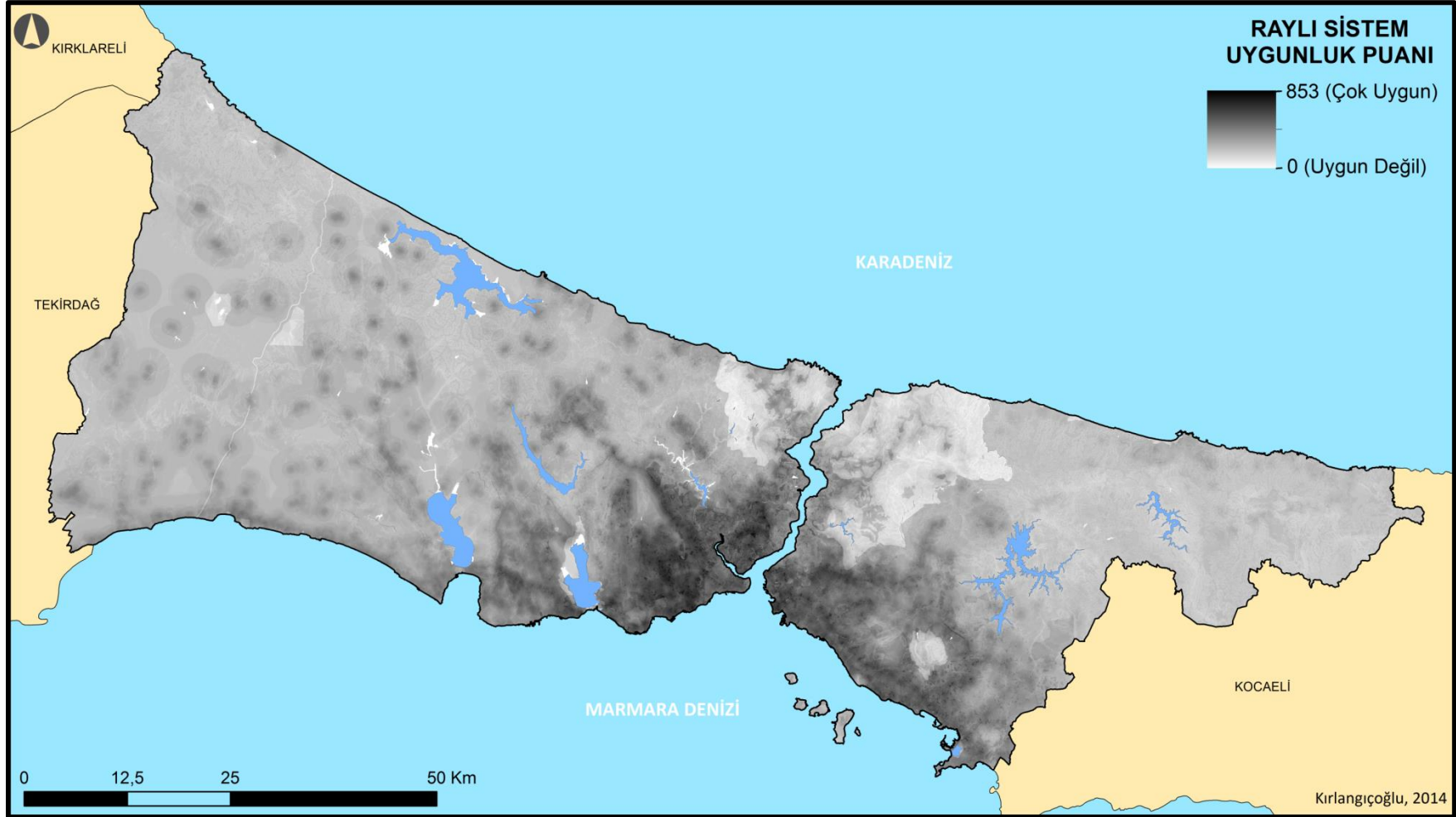
Yukarıda verilen 12 faktöre ait 12 ayrı analiz haritasının birbirine entegre edilmesi ve bir sentez paftasının oluşturulması gerekmektedir. Bu pafta, İstanbul genelinde raylı sistem ihtiyacı olan bölgeleri genel hatlarıyla gösteren bir sonuç haritası olacak ve daha sonra yorumlanacaktır.

12 faktöre ait analiz paftaları, aynı koordinat sisteminde ve tüm İstanbul'u kapsayacak şekilde aynı büyüklükte hazırlanmışlardır. Ayrıca her biri 25m x 25m boyutunda piksellerden oluşan raster formatlı görüntülerdir ve hepsinin önem derecelerinden yola çıkılarak verilen puan değerleri bulunmaktadır. Bu aşamada, 12 harita da aynı dili konuşmaktadırlar ve son adıma hazır durumdadırlar.

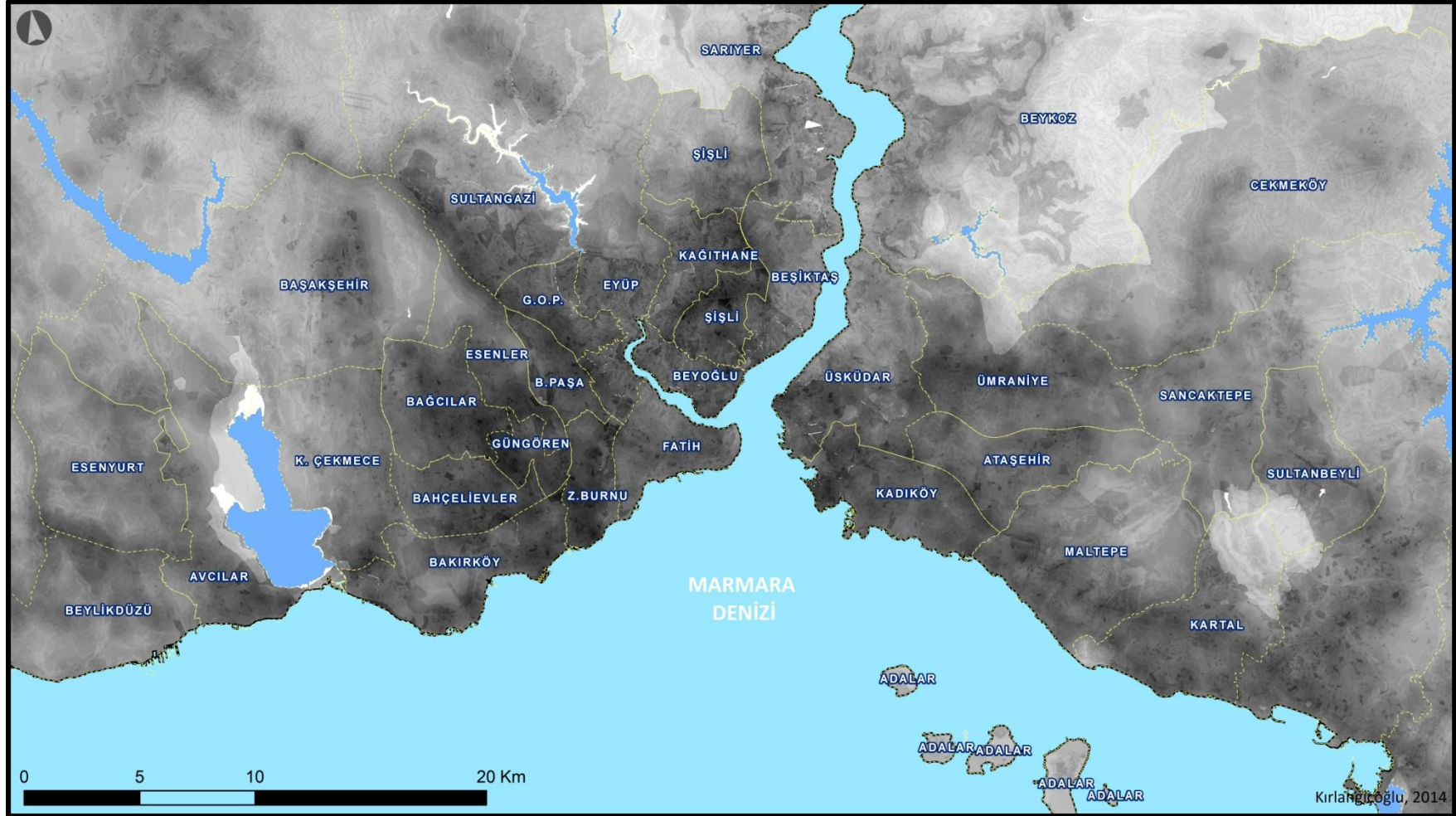
Son adım; ArcGIS yazılımındaki Raster Calculator aracı yardımıyla 12 faktöre ait haritaların üst üste konularak toplanmasıdır. Bu sayede aynı koordinattaki pikseller üst üste gelecek ve her pikselin 12 faktörden aldığı ayrı ayrı puanlar toplanarak tek bir toplam puanı halinde o piksele işlenecektir.

Bu yöntemle İstanbul genelindeki bütün pikseller ayrı ayrı puanlarını alacak ve yaklaşık puan alan bölgeler birbirleriyle aynı gruba dâhil olacaklardır. En yüksek puanı alan pikseller gruplanacak ve böylece raylı sistem güzergâhı için en uygun bölgeler tespit edilmiş olacaktır.

12 faktörün bir araya getirilmesinden oluşan ve raylı sistem güzergâh tasarımı için öncelikli olarak tercih edilmesi gereken alanları İstanbul genelinde gösteren sonuç haritası aşağıda verilmiştir (Şekil 94). Daha sonra bu harita, İstanbul ilçe sınırları haritası ile birleştirilmiş ve raylı sisteme ihtiyacı olan ilçeler ortaya çıkarılmıştır (Şekil 95).



Şekil 94: Raylı Sistem Güzergâh Tasarımında Öncelik Verilmesi Gereken Bölgeler



Şekil 95: Raylı Sistem İhtiyacı Bulunan İlçeler

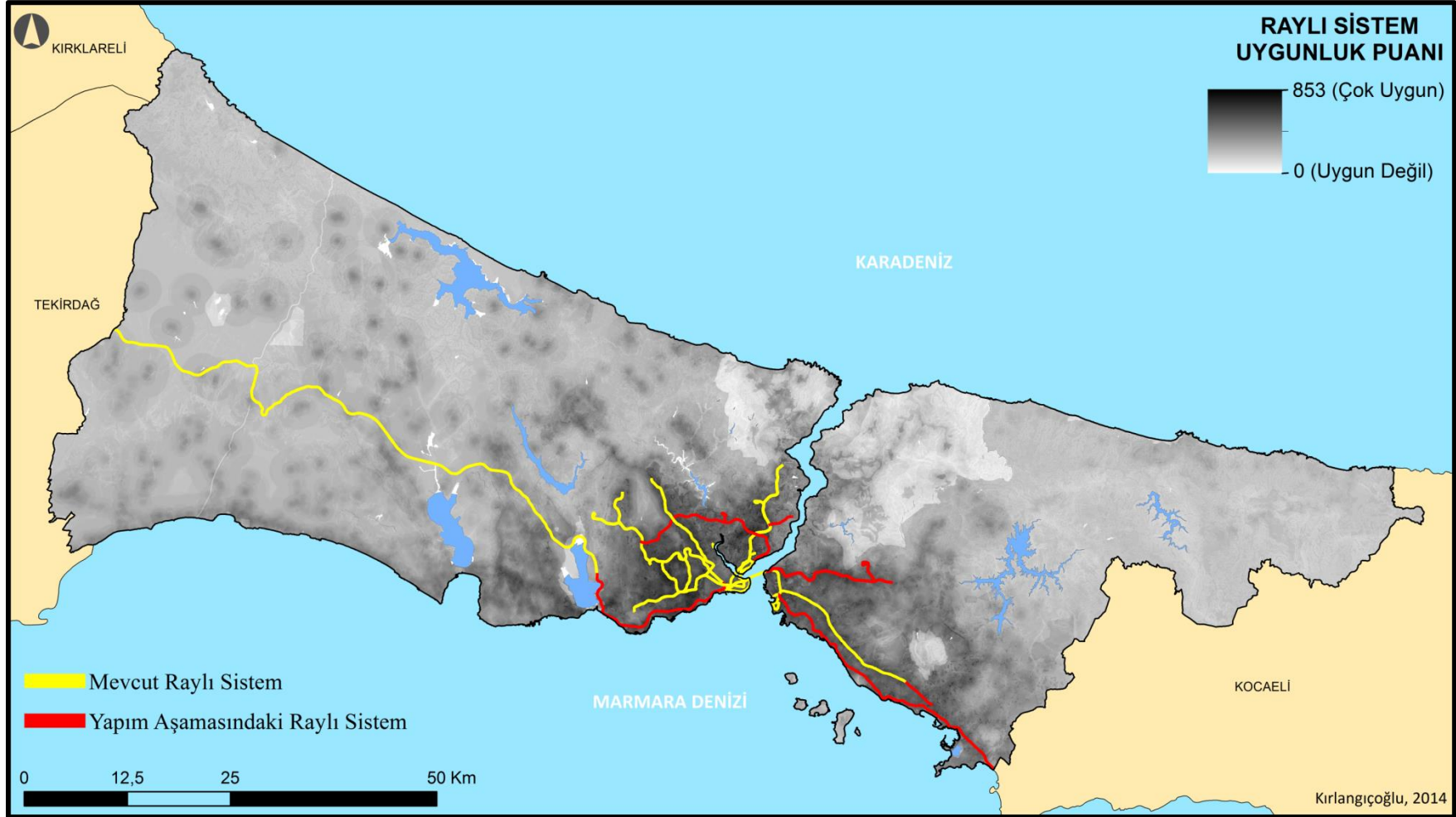
Yukarıdaki şekillerde koyu renkli siyah alanlar raylı sistem güzergâh tasarımı için en öncelikli tercih edilmesi gereken alanları temsil etmekteyken, renk açıldıkça uygunluk puanı da düşmektedir. Beyaz alanlar raylı sisteme ihtiyaç duyulmayan ve kesinlikle uygun olmayan alanları ifade etmektedir.

Haritadaki koyu renkli bölgelerin genel olarak yolculuk talebinin yüksek olduğu, diğer toplu ulaşım sistemleriyle entegrasyonun sağlandığı, yoğun nüfus alanlarını kapsadığı, merkezi iş alanları ile diğer yolculuk üretim ve çekim noktalarına hizmet götüren bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Aynı zamanda kuzeydeki sit alanlarının da beyaz renkli olarak gözükmeleri, bu alanların çok düşük puan aldığını göstermektedir. Su alanlarının çevresi ve fay hatlarına yakın alanlar da açık renklindedir. Bütün bu bulgular raylı sistem güzergâh modelinin doğru şekilde uygulandığını ispatlamakta ve modelin güvenilirliğini doğrulamaktadır.

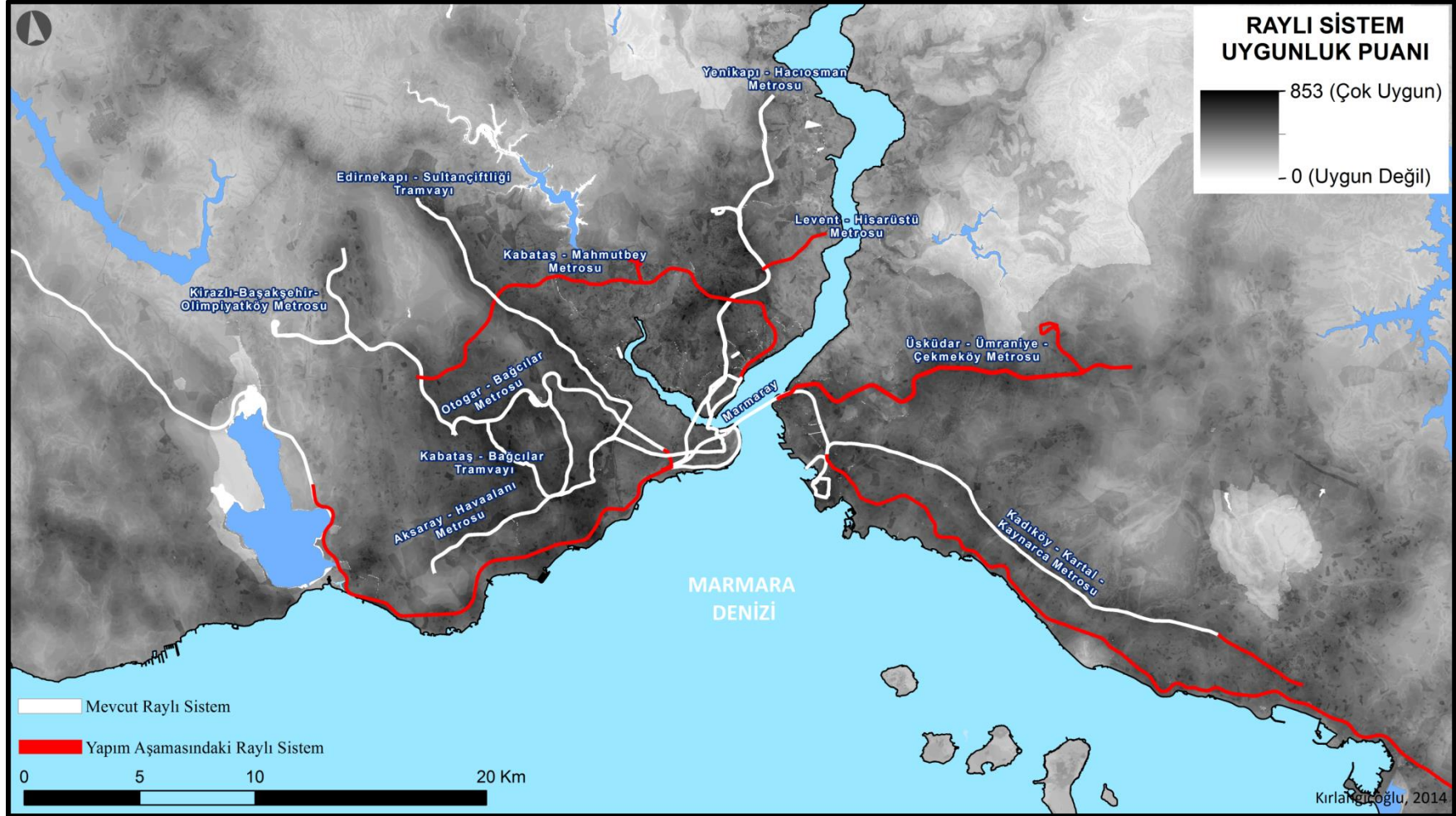
Eğer İstanbul'da şu anda hiçbir raylı sistem altyapısı olmasaydı, bu harita baz alınarak projelere ve inşaat süreçlerine başlanabilirdi. Fakat İstanbul'da şu anda 141 km mevcut ve 46.2 km inşa aşamasında raylı sistem hattı bulunmaktadır. Dolayısıyla öncelikle bu hatlar ile yukarıda verilen sonuç haritası karşılaştırılacaktır. İstanbul'da şu ana kadar yapılan ve yapılmakta olan hatlar ile bu çalışma sonucunda çıkan ihtiyaç bölgelerinin uyumlu olup olmadığı sorusunun cevabı çok önemlidir.

Uyum olduğu takdirde, hem İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından belirlenen güzergâhlar bu tez çalışması tarafından doğrulanmış olacak, hem de bu tez çalışması yüzlerce kişilik ekipler tarafından uzun yıllar ve uzun araştırmalar neticesinde oluşturulan çalışmalar tarafından doğrulanmış olacaktır. İhtiyaç tespit edilen fakat mevcut ya da inşa halinde bir raylı sistem projesi içermeyen alanlar ise İBB tarafından henüz planlanmamış alanları ifade etmektedir. Bu alanlara ilişkin üst ölçekte öneriler ilerleyen kısımlarda verilecektir.

İstanbul için raylı sistem güzergâh tasarımında öncelik verilmesi gereken bölgeleri gösteren sonuç haritası ile mevcut ve inşa halindeki raylı sistemler üst üste çakıştırılmış ve aşağıdaki haritalarda önce İstanbul geneli için (Şekil 96) daha sonra da merkez bölgeler için verilmiştir (Şekil 97).



Şekil 96: Mevcut ve İnşa Aşamasındaki Raylı Sistemlerin Sonuç Haritası ile Entegrasyonu

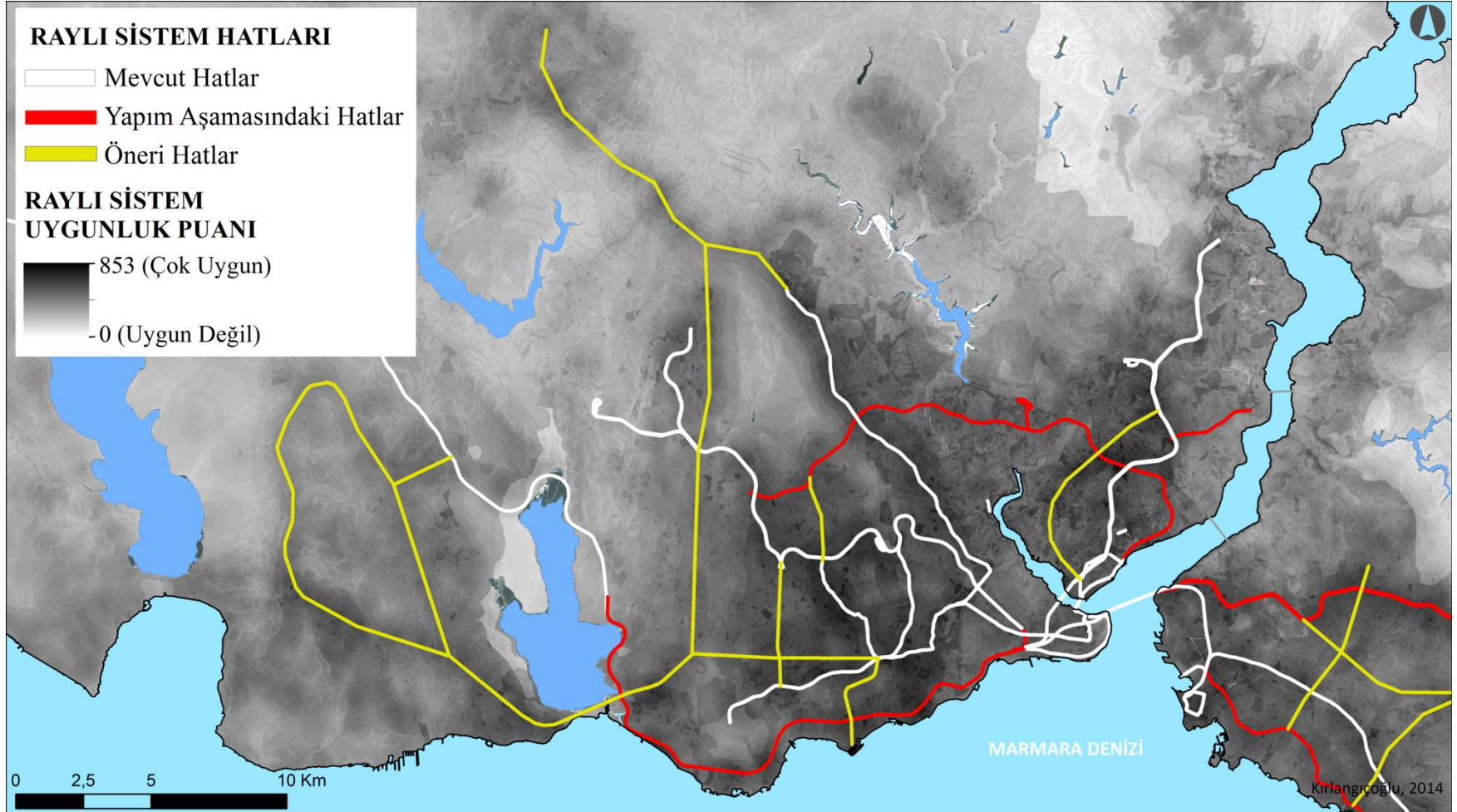


Şekil 97: Mevcut ve Yapım Aşamasındaki Raylı Sistemlerin Sonuç Haritası ile Entegrasyonu – Detay Görünüm

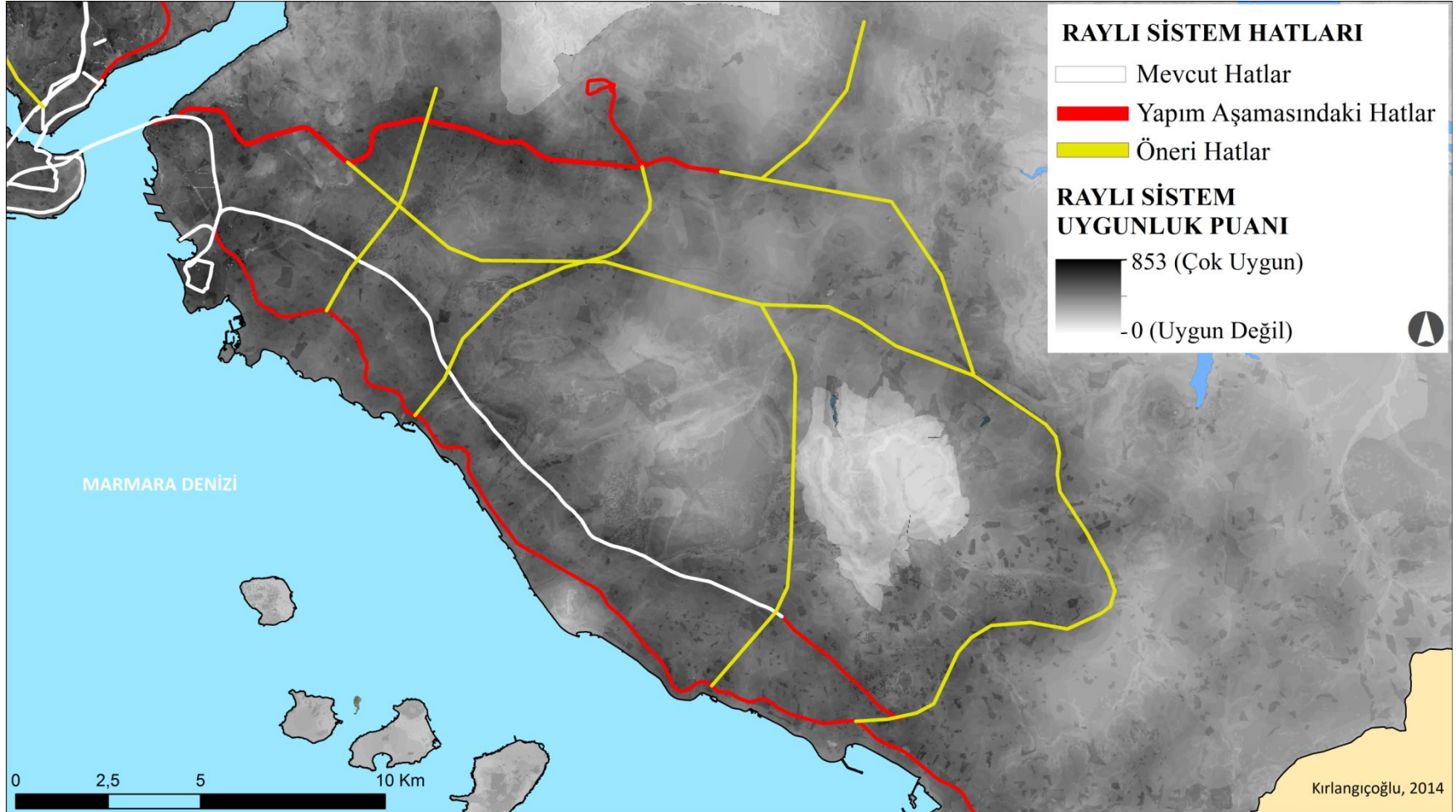
Yukarıda verilen entegrasyon haritaları göstermektedir ki; İBB tarafından bugüne kadar yapılmış ve yapılmakta olan raylı sistem hatları ile bu çalışmada en yüksek puan alan ve raylı sistem yapılması önerilen koyu renkli alanlar neredeyse birebir örtüşmektedir. Bu, modelin gerçek çalışmalar ile uyumlu olduğunu ve doğrulandığını ifade etmektedir. Haritalarda koyu renklere sahip olan fakat herhangi bir raylı sistem projesi ile örtüşmeyen alanlar da mevcuttur. Bu alanlar ya gelecekte gerçekleştirilmesi düşünülen raylı sistem projeleri ile örtüşmektedir ya da bu alanlarda henüz proje bulunmamaktadır. Sonuç haritasından yola çıkarak yeni raylı sistem güzergâhlarının nerelerden geçmesi gerektiği ile ilgili öneriler geliştirilmiş ve aşağıdaki haritalarda verilmiştir. Sonuç haritasındaki koyu renkli alanlardan çizgiler geçirilerek bazı güzergâh önerileri yapılmaya çalışılmıştır. Önerilen güzergâhlar daha sonra uydu görüntüsü ile entegre edilmiş ve hangi bölgelerden geçtikleri gösterilmiştir. Fiziki engel teşkil eden bölgelerin etrafından dolaşmıştır.

Bu öneriler sadece başlangıç ve bitiş noktaları odaklı çalışmalardır. Yüksek puanlı bölgelerden geçen tavsiye niteliğinde ve üzerinde çalışılması önerilen bölgelerdir. Bu güzergâhlara yönelik daha detaylı ve uygulamaya yönelik çalışmalarda, bu model kapsamında öngörülemedi fakat raylı sistem yapılmasına engel teşkil edebilecek sorunlarla karşılaşılabilir. Aşağıdaki haritaların oluşturulma amacı sadece genel bir fikir vermek ve ihtiyaç duyulan bölgeleri göstermektir. Kesin güzergâhın nasıl olacağı derinlemesine araştırmalar, yolculuk talep analizleri, mali ve ekonomik fizibilite etütleri ve hattın düşey profiline yönelik çalışmalar ile netleştirilmelidir.

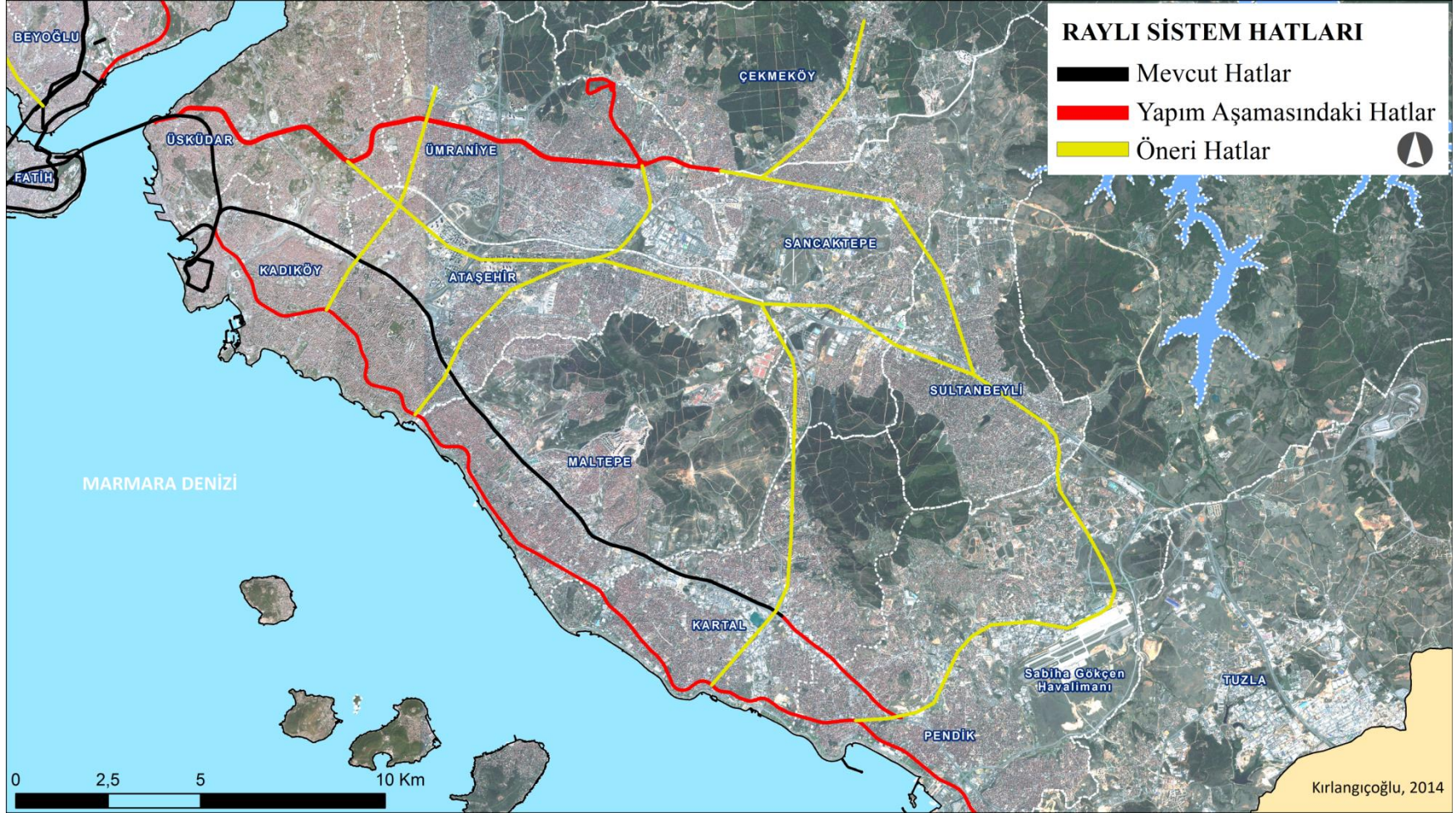
Sonuç haritasından yola çıkılarak İstanbul'un Avrupa yakası için hazırlanan raylı sistem güzergâh önerileri aşağıda verilmiştir (Şekil 98). Daha sonra öneri hatlar uydu görüntüsü üzerinde görselleştirilmiştir (Şekil 99). Aynı işlemler Anadolu Yakası için de uygulanmış ve Anadolu Yakası öneri raylı sistem hatları haritası (Şekil 100) ile bu hatların uydu görüntüsü entegrasyonu görselleştirilmiştir (Şekil 101). Haritalardaki sarı renkli çizgiler, güzergâh tasarım modelinin uygulanması neticesinde raylı sisteme ihtiyaç duyduğu tespit edilen alanlara yönelik öneri hatları ifade etmektedir.



Şekil 98: Sonuç Haritasına Göre Raylı Sistem Önerilebilecek Alanlar – Avrupa Yakası



Şekil 100: Sonuç Haritasına Göre Raylı Sistem Önerilebilecek Alanlar – Anadolu Yakası



Şekil 101: Öneri Raylı Sistemler ile Uydu Görüntüsü Entegrasyonu – Anadolu Yakası

SONUÇ VE ÖNERİLER

Raylı sistem yatırımlarının, fiziki ve beşeri coğrafya faktörleri de göz önünde bulundurularak en doğru şekilde yönlendirilmesine katkıda bulunmayı amaçlayan bu tez çalışması, İstanbul örneğinde başarı ile neticelendirilmiş ve amacına ulaşmıştır.

Çalışma kapsamında; öncelikle İstanbul'un ulaşım sorunu ele alınmış ve çözüm olarak büyük bir yoğunluğun üzerinde uzlaştığı raylı sistemler konusu mercek altına alınmıştır. İstanbul'da her yıl yüz milyonlarca yolculuğun gerçekleştiği ve çok büyük ekonomik yatırımlar gerektiren böyle bir konuda, teknolojiyi daha fazla kullanan, daha hızlı ve daha güvenilir bir güzergâh tasarım yöntemi ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bu konuda gerçekleştirilmiş ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenerek detaylı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, Türkiye'de bu alanda çalışan uzmanlarla ve akademisyenlerle görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Araştırmalar neticesinde daha doğru ve hassas raylı sistem güzergâh tasarımının yapılabilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı bir karar destek sisteminin oluşturulması ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile entegre edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Uzmanlarla yapılan görüşmeler neticesinde öncelikle, raylı sistem güzergâh tasarımına etki eden 12 ana faktör belirlenmiştir.

Gerçekleştirilen literatür taraması ve uzmanların görüşlerinden hareketle raylı sistem güzergâh tasarımında en etkili faktörün Yolculuk Talebi olduğu anlaşılmıştır. Ardından, özellikle büyük şehirlerde çok önemsenmesi gereken Toplu Taşıma Entegrasyonu gelmektedir. Planlanacak raylı sistemlere ait istasyonlara dair yer seçimi yapılırken, diğer toplu taşıma duraklarına yakın yerlerin seçilmesi yolculuğun akışını artıracak ve hem yolculara hem de ekonomiye ciddi kazançlar sağlayacaktır.

Nüfus Yoğunluğu olan bölgeler raylı sistem için öncelikli alanlar olmalıdırlar. Nüfusun olmadığı yerde yolcu da olmayacak, yolcunun olmadığı yerde de raylı sisteme ihtiyaç duyulmayacaktır. Ama bu nüfusun nereden çıkıp nereye gittiği de çok önemlidir. Çıkış noktası ve nihai dönüş noktası olarak, büyük nüfusları barındıran Toplu Konut Alanlarına hızlı ve kesintisiz erişimlerin sağlanması

gerekmektedir. Buna ek olarak; evlerinden çıkan insanların işlerine gidebilmeleri için Ticaret, Sanayi ve Eğitim alanları ile Kamu kurumlarına rahatlıkla ulaşabilmeleri ve evlerine en hızlı ve konforlu şekilde dönebilmeleri gerekmektedir. Raylı sistem uygulanması düşünülen şehrin yolculuk eğilimleri çok iyi tahlil edilmeli ve taleplere cevap verebilecek şekilde tasarımlar gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Tasarımlarda her ne kadar “Önce İnsan” felsefesi ön plana çıkarılmalıysa da gerçekleştirilecek raylı sistem projelerinin oluşturacağı Çevresel Etki de arka plana atılmamalıdır. Doğal, arkeolojik, kentsel, tarihi sit alanları ile ekolojik bölgeler mümkün olduğunca korunmalıdır. Su alanlarına girilmemeye çalışılmalı ve havza koruma kuşaklarının gerektirdiği hassasiyetler gözetilmelidir.

Ayrıca raylı sistem teknoloji seçimi çok dikkatli gerçekleştirilmelidir. İhtiyaç duyulan bir bölge için metro, tramvay, hafif metro vb. teknolojilerden hangisinin en uygun olduğu tespit edilmeli ve o doğrultuda planlama yapılmalıdır. Bu noktada topografyaya çok dikkat edilmesi ve eğim analizleri çok hassas çalışmalarla gerçekleştirilmelidir. Tramvay düşünülen bir bölge için normal şartlarda %7, çok ihtiyaç duyulan durumlarda en fazla %12 eğim çıkılabileceği göz önüne alınmalıdır. Metro düşünülen bir bölge için ise, güzergâh üzerindeki kot farklılıklarından dolayı ortaya çıkabilecek 35-40 metre derinliğinde istasyonların yolcular tarafından erişilebilirliği iyi sorgulanmalıdır.

Bu tip teknik meseleler çözülürken, hattın güvenliği asla göz ardı edilmemelidir. İşletme için elbette gerekli güvenlik önlemleri yetkililer tarafından alınacaktır. Fakat hattın inşa edileceği zeminin sağlam olması çok önemlidir. Çok sağlam olmayan zeminlerde de bugünkü teknolojik imkânlarla raylı sistem yapılabilmektedir ama yine de tercih önceliği sağlam zeminlere verilmelidir. Ayrıca fay hatlarının doğrultuları ve özellikleri de düşünülmelidir. Fay hattının üzerinde ve faya paralel doğrultuda tasarımlar gerçekleştirilmemelidir.

Bütün bu faktörler düşünülürken, hattın ne derece ekonomik olacağı konusu üzerinde de dikkatle durulmalı ve fizibilite analizleri gerçekleştirilmelidir. Hem yapım ve işletme maliyetleri iyi sorgulanmalı, hem de güzergâh üzerinde gerçekleştirilecek Kamulaştırma maliyetleri göz önüne alınmalıdır. Bu süreçte, raylı sistem hattının ve

istasyon bölgelerinin mümkünse belediyenin kendi mülkiyetinde olan parsellerde tesis edilmesi önerilmektedir. Eğer mümkün değilse hazine, vakıf vb. parseller tercih edilmelidir. Çünkü diğer mülkiyetlerdeki arazilerin kamulaştırılmaları sadece ekonomik açıdan bir külfet getirmemekte, aynı zamanda uzun süreçleri de beraberinde getirmektedir. Bu da projelerin uygulanabilirlik süresini uzatmaktadır.

Yukarıda görüldüğü gibi, her bir etkili faktör ayrı ayrı değerlendirilmeli ve bütün değerlendirmeler bir araya getirilerek bir sonuca varılmalıdır. Geleneksel güzergâh tasarımında, düşünülmesi gereken her konunun farklı bir uzmanı olmakta ve bu uzmanlar çalışma sahası ile ilgili görüşlerini güzergâh tasarımını yapacak kişi ya da gruba aktarmaktadırlar. Ayrı ayrı kaynaklardan, çok farklı formatlarda gelen bu bilgileri kendi tecrübelerini de işin içine katarak yorumlayan tasarımcılar, bütün faktörleri kendi süzgeçlerinden geçirdikten sonra uydu görüntüleri, yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları, hâlihazır çizimler ve eşyüksekti eğrilerinden de istifade ederek projelerini hazırlamakta ve karar vericilere sunmaktadırlar.

Bu süreç aslında tasarımcıların kendi zihinlerinde gerçekleştirdikleri bir Çok Kriterli Karar Verme sürecidir. Fakat geleneksel yöntemle bu tasarımların yapılabilmesi için bu alanda hem karar vericiler hem de tasarımcıların çok tecrübeli olması gerekmektedir. Buna ek olarak; onları destekleyecek çok sağlam ve büyük bir ekip gerekmektedir. Ayrıca uzun toplantı süreçleri, farklı alternatiflerin hazırlanması, karar değişiklikleri vs. derken bir raylı sistem projesinin ortaya çıkması çok uzun süreler alabilmektedir. Bu hem ek maliyetlere hem de işgücü ve zaman kayıplarına sebep olmaktadır. Ayrıca, halka sunulacak raylı sistem hizmetinin gerçekleşme süresi uzamakta ve katlanarak büyüyen trafik sorunu çözülememektedir. Her yere raylı sistem yapılması elbette çok önemlidir fakat öncelikli ihtiyaç alanlarının çok doğru ve hızlı şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktada karar vericilere büyük görev düşmektedir.

Bu çalışmada ortaya konulan model, hem yöneticiler hem de güzergâh tasarımcılarının elini kuvvetlendirecek çok önemli bir Karar Destek Sistemi sunmaktadır. Bu sistem, tecrübeye saygı gösteren ve geleneksel tasarım yöntemlerini destekleyen bir model içermektedir. Fakat Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan

Algılama teknolojilerini de işin içine katarak, tüm süreçlerin çok daha hızlı ve doğru bir şekilde tamamlanmasını sağlamaktadır.

Modelin gerçek dünyaya uygulanabilirliğini anlamak amacıyla, İstanbul örnek çalışma sahası olarak seçilmiş ve modelin doğruluğu sınanmıştır. Daha önce belirlenen 12 faktör ile ilgili tüm veriler aynı koordinat sisteminde ve aynı kapsamda bir araya getirilerek ortak bir veritabanı oluşturulmuştur. Tasarım sürecine etki eden faktörler İstanbul ölçeğinde teker teker ele alınmış, raylı sistem güzergâh tasarımına yönelik olarak detaylı analiz ve sorgulamalar yapılmıştır.

Öncelikle her bir faktörün diğerlerine göre karşılaştırmalı önem derecesi tespit edilmiştir ve her faktöre genel bir ağırlık puanı verilmiştir. Daha sonra her faktörün kendi içinde değerlendirilmesi yapılmış ve genel ağırlık puanı doğrultusunda alt önem dereceleri belirlenerek kendi içinde de puanlama yapılmıştır. Sonuçta her faktör için İstanbul'un tümünü kapsayan analizler gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki adım olarak, bütün analizler 25x25 metrelik piksellerden oluşan ortak bir raster formatına dönüştürülmüştür. Son olarak ta 12 faktöre ait raster puan haritaları üst üste çakıştırılarak toplanmış ve Raylı Sistem Güzergâh Tasarımında Öncelik Verilmesi Gereken Bölgeleri gösterir sonuç haritası elde edilmiştir.

Ortaya çıkan sonuç haritası başarılı gözükmemekte ve raylı sistem uygulanabilecek yüksek puanlı bölgeler farklı renklerle ortaya çıkmaktadır. Peki, bu çalışmada önerilen model gerçekten doğru bir şekilde çalışmış mıdır ve önerilen bölgelerde gerçekten raylı sistem ihtiyacı var mıdır?

Bunu anlamak amacıyla; ortaya çıkan sonuç haritası ile mevcut ve inşa halindeki raylı sistemleri gösteren harita üst üste çakıştırılmıştır. Eğer sonuç haritasındaki yüksek puanlı bölgelerde raylı sistem projesi mevcut ise, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından gerçekleştirilen ve gerçekleştirilmekte olan projeler ile bu akademik çalışma birbirine uyumlu anlamına gelmektedir. İBB gibi raylı sistemler konusunda çok tecrübeli ve Türkiye'ye birçok konuda öncülük etmiş bir kurumun çalışmalarına paralel çıkacak sonuçlar bu modelin doğruluğunun kanıtlanması için en büyük ölçüdür. Elbette ki modelin ulusal ve uluslararası çalışmalarda ortaya konulan önceki modeller ile karşılaştırılması yapılmış ve doğruluğu konusunda olumlu

sonuçlar alınmıştır, fakat gerçekten uygulanmakta olan projeler üzerinden gelen bir doğrulama daha değerli olacaktır.

Sonuç haritası ile mevcut ve inşa halindeki raylı sistemler haritası karşılaştırıldığında çok büyük oranda bir benzerlik sağlandığı görülmüştür. Bu; hem bu çalışmada önerilen modelin doğruluğunu kanıtlamakta hem de İBB tarafından raylı sistem alanında yürütülen çalışmaların doğru yönde ilerlediğini göstermektedir. Bazı bölgelerde küçük uyumsuzluklar ortaya çıkmış olmakla beraber bu derece üst ölçekli ve tüm İstanbul genelini kapsayan bir çalışma için bu kabul edilebilir bir durumdur. Çünkü üst ölçekte verilen kararlar, uygulama aşamasına gelindiğinde çok daha detaylı bir şekilde çalışılmakta ve sahaya en uygun çözümler geliştirilmektedir.

Bu çalışma sonucunda ortaya çıkarılan sonuç haritası doğal olarak mevcut ve inşa halindeki raylı sistem hatlarının dışında kalan pek çok alana dair öneriler de getirmektedir. Bu alanlar ile ilgili İBB tarafından açıklanan gelecekteki 776 kilometrelik raylı sistemler şematik haritası ile genel olarak bir karşılaştırma yapılmış ve yetkililer ile görüşülmüştür. Bu çalışmada önerilen raylı sistem güzergâhlarının da genel hatlarıyla gelecekteki projeler arasında yer aldığı anlaşılmıştır. İstanbul'da bu alandaki yatırımlar devam etmekte ve raylı sistem projeleri hızla hayata geçirilmektedir. Fakat bu çok önemli bir iş gücü ve çok büyük bir bütçe gerektirmesinin yanı sıra uzun süreçler gerektirmektedir. Bir raylı sistem hattının hayata geçirilmesi, uzunluğuna ve istasyon sayısına göre, bazen yıllar alabilmektedir. Bu süreç boyunca ihtiyaç duyulan bölgelere diğer toplu taşıma türleri ile ek destek sağlanmalı ve mevcut raylı sistemlere yakın bölgelerde oluşturulacak besleme hatları ile tüm yolcular mümkün olduğu ölçüde raylı sisteme aktarılmaya çalışılmalıdır.

Sonuç olarak; önerilen Raylı Sistem Güzergâh Tasarım Modelinin geçerliliği üretilen karşılaştırmalı haritalarla doğrulanmış ve İstanbul örneğinde gerçekleştirilen çalışma başarıyla sonuçlandırılmıştır. Ortaya çıkarılan Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Raylı Sistem Güzergâh Tasarım Modeli tüm dünya şehirlerinde uygulanabilecek uluslararası geçerliliği olan yeni bir model olmuştur.

KAYNAKÇA

- AHMED, N., & MILLER, H. J. (2007). Time-Space Transformations of Geographic Space for Exploring, Analyzing and Visualizing Transportation Systems. **Journal of Transport Geography**, 1(15), 2-17.
- AK, A. (2010). "Kayışdağ ve Çevresinin Jeomorfolojisi. İstanbul": Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.
- AKAD, M., & GEDİZLİOĞLU, E. (2007). Toplu Taşıma Türü Seçiminde Simülasyon Destekli Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı. **İTÜ Üniversitesi Mühendislik Dergisi**, 88-98.
- AKBAYAR, N. (1994). Ormanlar. **Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi**, VI, s. 138-140.
- BEHAN, K., MAOH, H., & KANAROGLOU, P. (2008). Smart Growth Strategies, Transportation and Urban Sprawl: Simulated Futures for Hamilton, Ontario. **Canadian Geographer**, 3(52), 291-308.
- BERESFORD, A. R., & BACON, J. (2006). Intelligent Transportation Systems. **IEEE Pervasive Computing**, 4(5), 63-7.
- BLACK, J. A., PAEZ, A., & SUTHANAYA, P. A. (2002). Sustainable Urban Transportation: Performance Indicators and Some Analytical Approaches. **Journal of Urban Planning & Development**, 4(128).
- BLAINEY, S. P., & PRESTON, J. M. (2013). A GIS Based Appraisal Framework for New Local Railway Stations and Services. **Transport Policy** (25), 41-51.
- BROWN, A. L., & AFFUM, J. K. (2002). A GIS-Based Environmental Modelling System for Transportation Planners. **Computers, Environment and Urban Systems**, 6(26), 577-590.
- BRUNNER, I. (2010). "The Integration of Multiple Criteria Decision Making (MCDM) and Geographic Information System (GIS) for Transit Planning in Honolulu". Yayınlanmamış Doktora Tezi.

- BRUNNER, I., KIM, K., & YAMASHITA, E. (2011). Analytic Hierarchy Process and Geographic Information Systems to Identify Optimal Transit Alignments. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1(2215), 59-66.
- CHEN, S., TAN, J., CLARAMUNT, C., & RAY, C. (2011). Multi-Scale and Multi-Modal GIS-T Data Model. *Journal of Transport Geography*, 1(19), 147-161.
- ÇETİN, M., & LIST, G. F. (2006). Integrated Modeling of Information and Physical Flows in Transportation Systems. *Transportation Research: Part C*, 2(14), 139-156.
- DARKOT, B. (1938). *Coğrafi Araştırmalar*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayın No:62.
- DİRİKLİK, S. (2012). "Fotoğraf ve Gravürlerle Eski İstanbul". Mayıs 28, 2014 tarihinde <http://diriklik.com/eski-istanbul/cumhuriyet/cumhuriyet4.htm> adresinden alındı
- DJENALIEV, A. (2007). "Multicriteria Decision Making and GIS for Railroad Planning in Kyrgyzstan". School of Architecture and the Built Environment Royal Institute of Technology (KTH), Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Stockholm, Sweden.
- DLH. (2014). "Raylı Sistem Tasarım Kriterleri". Mayıs 8, 2014 tarihinde T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı: www.dlh.gov.tr adresinden alındı
- DÖKER, M. F. (2012). "İstanbul Kentsel Büyüme Sürecinin Belirlenmesi, İzlenmesi ve Modellenmesi". Basılmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- DSİ. (2010). "Devlet Su İşleri14. Bölge Müdürlüğü". İşletmedeki Tesisler: <http://www.dsi.gov.tr/bolge/dsi14/isletme.htm> adresinden alınmıştır
- EKİNCİ, D., & AKKAYA, Y. (2013). Ecological Analysis of the Water Draining Project from Sea to the Golden Horn (Marmara Sea, Turkey). *Academic*

Journal of Science,(2), 187-193.

EKİNCİ, D., & KURT, S. (2014). Marmara Denizi Güney Kıyılarında Tektonik Aktivite İzleri Hakkında Genel Bir Değerlendirme. **Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic** (9/2), 1049-1069.

EKİNCİ, D., & ÖZŞAHİN, E. (2010). Geovisualization: A Tool for Teaching Geomorphology. **21st International Teaching and Learning Conference**. Florida State College at Jacksonville, USA.

EKİNCİ, D., & ÖZŞAHİN, E. (2014). How was the Anatolian Side of Istanbul Formed? A Geomorphologic Assessment (NW Turkey). **Procedia Social and Behavioral Sciences** (IV), 404-413.

EKİNCİ, D., ÖZŞAHİN, E., & ÖZDER, A. (2010). Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Uzaktan Algılama Teknolojileri Yardımıyla Antakya Şehrinin Jeomorfolojik Haritasının Oluşturulması. **III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZALCBS'2010)**. Kocaeli, Türkiye.

EKİNCİ, O. (1994). **İstanbul'u Sarsan 10 Yıl 1983 - 1993**. İstanbul: Anahtar Kitaplar Yayınevi.

ELGOTZ, H. (1997). İstanbul Şehri'nin Umumi Planı. İ. Kara içinde, **İstanbul Araştırmaları 1** (s. 241). İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yayınları.

ERİNÇ, S. (1974-1977). İstanbul Boğazı ve Çevresi Doğal Ortam: Etkiler ve Olanaklar. **İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi** Sayı:20-21, 1-23.

ERTİN, G. (1993). Karayollarının Mekâna Etkisi Üzerine (TEM Otoyolu Kınalı-Gebze Kesimi) . **İ.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni** Sayı:10, 73-87.

ERUZUN, C. (1994). İmar Planları. **İstanbul Ansiklopedisi** (s. 162-164). İstanbul: Tarih Vakfı Yayınları.

ESRI. (2014). "ArcNews Online". Environmental Systems Research Institute

Haziran 2, 2014 tarihinde ArcGIS Raster Data Models: <http://www.esri.com/news/arcnews/fall04articles/arcgis-raster-data-model.html> adresinden alındı

EVREN, G. (2001, Mart). İstanbul Ulaştırmasının Dünü, Bugünü. **Türkiye Mühendislik Haberleri**, 19-24.

FARKAS, A. (2009). Route/Site Selection of Urban Transportation Facilities: An Integrated GIS/MCDM Approach. **Proceedings-7th International Conference on Management, Enterprise and Benchmarking (MEB 2009)**, (pp. 169-184). Budapeşte, Macaristan.

GALLO, M., MONTELLA, B., & D'ACIERNO, L. (2011). The Transit Network Design Problem with Elastic Demand and Internalisation of External Costs: An Application to Rail Frequency Optimisation. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, 6(19), 1276-1305.

GILAT, M., & SUSSMAN, J. M. (2003). Coordinating Transportation and Land Use Planning in the Developing World: The Case of Mexico City. **Transportation Research Board**, 102-109.

GIULIANO, G. (1989). New Direction for Understanding Transportation and Land Use. **Environment and Planning** vol. 21, issue, 145-159.

GOODCHILD, M. F. (2000). GIS and Transportation: Status and Challenges. **GeoInformatica**, 2(4), 127-139.

GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRALIA. (2003). "Design and Planning Guidelines for Public Transport Infrastructure. Bus Route Planning and Transit Streets". Australia: Public Transport Authority.

HARMET, P., & SAGAMI, L. (2010). Using GIS in a Large-Scale Transportation Planning Study. **2010 Esri International User Conference**. San Diego, CA: ESRI.

HASSE, J. (2007). Evaluating Alternate Commuter Rail Corridors in Southern New Jersey. **The Association of American Geographers 2007 Annual Meeting**. San Francisco, California: Association of American Geographers (AAG).

- HEARNE, L. (2005). Developing a "Smart" Regional Geospatial Database for Transportation. **URISA 2005 Annual Conference / GIS In Addressing Conference Proceedings / Public Participation GIS Conference Proceedings**. Kansas City, MO: URISA.
- HESS, P. M., MOUDON, A. V., & LOGSDON, M. (2001). Measuring Land Use Patterns for Transportation Research. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board** (1780), 17-24.
- HORNER, M. (2001). A GIS-Based Planning Approach to Locating Urban Rail Terminals. **Transportation** (28), 55-77.
- HWANG, D., CHO, S.-K., CHOI, Y.-S., & YU, C.-H. (2006). Applications of GIS for the Public Mass Transit Planning. **ESRI European User Conference**. Atina, Yunanistan: ESRI.
- İBB. (2002). **İstanbul 1. Kentiçi Ulaşım Şurası**, İBB Ulaşım Daire Başkanlığı. İstanbul.
- İBB. (2003). **İstanbul İçin Deprem Master Planı**. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Planlama ve İmar Dairesi, Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, İstanbul.
- İBB. (2008). **1/25.000 Ölçekli İstanbul Nazım İmar Planı Plan Raporu**, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul.
- İBB. (2009a). **1/100.000 Ölçekli İstanbul Çevre Düzeni Planı Raporu**, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul.
- İBB. (2009b). "İBB Haber - Çevre Düzeni Planı Onaylandı". 2014 tarihinde http://www.ibb.gov.tr/trTR/Pages/Haber.aspx?NewsID=17525#.U43NAfl_t8F adresinden alındı
- İBB. (2011). **İUAP-İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı Raporu**, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul.
- İBB. (2013, Kasım 18). "İstanbul Büyükşehir Belediyesi Web Sitesi". Mayıs 25, 2014 tarihinde http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/Pages/Haber.aspx?NewsID=21600#.U425x_1_t8E adresinden alındı

- İBB. (2014). **Performans Esaslı 2014 Yılı Yatırım ve Hizmet Programı**, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul.
- İDO. (2009). **İstanbul Deniz Otobüsleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. Faaliyet Raporu**. İstanbul.
- İDO. (2014). "Geçmişten Günümüze İDO". İstanbul Deniz Otobüsleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.: <http://www.ido.com.tr/tr/kurumsal/ido-hakkinda/gecmisten-gunumuze-ido> adresinden alınmıştır
- İETT. (2014a). "İstanbul'da Toplu Taşıma Web Sitesi". Nisan 13, 2014 tarihinde İETT: <http://www.iETT.gov.tr/tr/main/pages/istanbulda-toplu-tasima/95> adresinden alındı
- İETT. (2014b). "Zaman Tüneli". 2014 tarihinde <http://tunel.iETT.gov.tr/tr/tunel/foto/zaman-tuneli/139> adresinden alındı
- İLZE, S. (2013). "İzmit Körfezi Havzası'nın Jeomorfolojisi". İstanbul: Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.
- İSKİ. (2003, Şubat 21). İstanbul Su Ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, **İçmesuyu Havzaları Koruma ve Kontrol Yönetmeliği**. İstanbul.
- İSTANBUL ULAŞIM AŞ. (2014). "İstanbul Ulaşım A.Ş. Web Sitesi". Mayıs 25, 2014 tarihinde Raylı Sistemler: <http://www.istanbul-ulasim.com.tr/rayli-sistemler.aspx> adresinden alındı
- JAKIMAVICIUS, M., & BURINSKIENE, M. (2009). A GIS and Multi-Criteria-Based Analysis and Ranking of Transportation Zones of Vilnius City. *SUSISIEKIMO SISTEMOS ANALIZE IR RANGAVIMAS VILNIAUS MIESTO TRANSPORTO RAJONUOSE NAUDOJANT GIS, Technological and Economic Development of Economy* 1(15), 39-48.
- JEANSONNE, G. B., & KAPAVIK, B. D. (2003). Case Study: Site Selection of Multibillion Dollar Multimodal Transportation Center. **Esri International User Conference** (s. San Diego, CA). ESRI.

- JHA, M. K., SCHONFELD, P., & SAMANTA, S. (2007). Optimizing Rail Transit Routes with Genetic Algorithms and Geographic Information System. **Journal of Urban Planning & Development**, 3(133), 161-171.
- KAYA, Ö. (2010). Byzas'ın yerinden Konstantin'in şehrine: İstanbul. **Cihan Payitahtı İstanbul**. İstanbul: Timaş.
- KENNEDY, J. (2011). Using Cadastral Maps to Accommodate High-Speed Rail Systems in Texas. **Esri Survey & Engineering GIS Summits**. San Diego, CA: ESRI.
- KILINÇARSLAN, İ. (1980). **İstanbul, Kentleşme Sürecinde Ekonomik ve Mekansal Yapı İlişkileri**. İstanbul: İTÜ Mimarlık Fakültesi Basımevi.
- KIRLANGIÇOĞLU, C. (2005). "A New Census Geography for Turkey Using Geographic Information Systems: A Case Study On Çankaya District, Ankara". Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- KOZIOL, B., BROOKS, C., KEEFAUVER, E., POWELL, R., & SHUCHMAN, R. (2008). Transportation Planning Research with Integrated Remote Sensing and GIS. **2008 Esri International User Conference**. San Diego, CA: ESRI.
- KURTER, A., & BENER, M. (1963). İstanbul ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisine Ait İlk Not. **İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi** Sayı:13, 144-158.
- LOO, B. P., CHEN, C., & CHAN, E. T. (2010). Rail-based Transit-Oriented Development: Lessons from New York City and Hong Kong. **Landscape and Urban Planning**, 3(97), 202-212.
- MALCZEWSKI, J. (1999). **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. New York: John Wiley & Sons Inc.
- MARTIN, R., & GREENWOOD, C. (2012). High Speed Rail Alignment Generation and Optimization using GIS. **Esri International User Conference**. San Diego, CA: ESRI.
- MGM. (2014a). "T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü".

- Haziran 2, 2014 tarihinde Resmi İstatistikler: <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx#sfU> adresinden alındı
- MGM. (2014b). "T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü". Haziran 2, 2014 tarihinde Yıllık Toplam Yağış Verileri: <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx?m=istanbul> adresinden alındı
- MILLER, H. J., & WU, Y.-H. (2000). GIS Software for Measuring Space-Time Accessibility in Transportation Planning and Analysis. **GeoInformatica**, 2(4), 141-159.
- MOHAJERI, N., & AMIN, G. R. (2010). Railway Station Site Selection Using Analytical Hierarchy Process and Data. **Computers & Industrial Engineering**, 107-114.
- MOHAJERI, N., & AMIN, G. R. (2010). Railway Station Site Selection Using Analytical Hierarchy Process and Data Envelopment Analysis. **Computers & Industrial Engineering**, 1(59), 107-114.
- MTA. (2012). "Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü". Mart 25, 2014 tarihinde Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri: http://www.mta.gov.tr/v2.0/birimler/RSC_WEB/index.php?id=ua adresinden alındı
- ÖGE, H., & TAŞ, T. (2002, Şubat). İstanbul Ormanları / Kentle Doğanın Savaşı. **Atlas Dergisi** (107), s. 86-105.
- ÖZŞAHİN, E. (2009). "Marmara Denizi Havzası Deltaları". İstanbul: Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.
- ÖZŞAHİN, E. (2013). "İstanbul İlinin Anadolu Yakasının Jeomorfolojik Özellikleri". İstanbul: Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.
- PROST, H. (1997). **İstanbul (Nazım Plan Raporu) Hakkında Notlar. İstanbul Araştırmaları 3** (s. 210). İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yayınları.

- RATNER, K. A. (Nisan 2000). Relating U.S. Urban Population, Employment, and Congestion to U.S. Rail Transit Development and Success. **AAG Annual Meeting, 2000** (s. 597). Pittsburgh, Pennsylvania: Association of American Geographers (AAG).
- RAYMAN, Ö. (2008, Ekim 1). "Özer Rayman Blogspot". Mayıs 10, 2014 tarihinde http://ozer-rayman.blogspot.com.tr/2008_10_01_archive.html adresinden alındı
- SAATÇIOĞLU, C., & YAŞARLAR, Y. (2012). Kentiçi Ulaşımında Toplu Taşımacılık Sistemleri: İstanbul Örneği. **Kafkas Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 3(3).
- SAMANTA, S. (2008). "Models and Algorithms for a Rail Transit Line Alignment Using GIS and Genetic Algorithm". Morgan State University. Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- SENIOR, M. L. (2009). Impacts on Travel Behaviour of Greater Manchester's Light Rail Investment (Metrolink Phase 1): Evidence from Household Surveys and Census Data. **Journal of Transport Geography**, 3(17), 187-197.
- SHAW, S.-L., & XIN, X. (2003). GIS and Transportation: Status and Challenges. **Journal of Transport Geography**, 2(11), 103-115.
- SMITH, A. C., & DINAN, M. (2003). Developing Transportation Models Utilizing Geographic Information Systems. **Abstracts: 2003 URISA**. Atlanta, Georgia.
- SMITH, K. L., & WOODSONG, G. (2005). Beyond Maps: GIS Support of Transit-Oriented Development Planning. **2005 Esri International User Conference**.
- STEWIG, R. (1965). **Bizans, Konstantinopolis, İstanbul** (Çeviren:R.Turfan, Ş.Yazman). İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.
- SUHER, H. (2001). Planlama Açısından İstanbul'un Sorunları. **TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri** (413), 15-18.
- ŞENGÖR, C. (2001). **İstanbul Boğazı Niçin Boğaziçi'nde Açılmıştır? Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel** (s. 55-102). İstanbul: Türk

Coğrafya Kurumu Yayınları No:6.

TANÖREN, E. (2014, Mart 17). "İstanbul Raylı Sistemler Kronolojisi". Haziran 1, 2014 tarihinde Ulaşım Türkiye: <http://www.ulasimturkiye.com/viewtopic.php?t=110> adresinden alındı

TARİH VAKFI. (1993). Fikirtepe Kültürü. **Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi**, III, s. 315-317.

TAYAL, T. (2002). Optimization of Network Alignment for Light Rail Transit: Phoenix, Arizona. **Esri International User Conference, 2002**. San Diego, CA: ESRI.

TEKELİ, İ. (1992). Yüzelli Yılda Toplu Ulaşım. **İstanbul Dergisi** (2), 18-27.

TELLİ, S. (2010). "İstanbul Adalarının Jeomorfolojisi". İstanbul: Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.

TMMOB. (2014). **Şehir Plancıları Odası 3. Köprü Projesi Değerlendirme Raporu**. İstanbul.

TREPAINER, M., CHAPLEAU, R., & MORENCY, C. (2008). Tools and Methods for a Transportation Household Survey. **URISA Journal**, 1(20), 35-43.

TUNCEL, M. (2006). Üsküdar'ın Simgesi Haline Gelmiş Bir Tepe: Çamlıca. **Üsküdar Sempozyumu IV Bildiriler Kitabı** Cilt I (s. 135-144). İstanbul: Üsküdar Belediyesi.

TÜİK. (2014). **Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları 2013**. Ankara.

TÜMERTEKİN, E. (1967). İstanbul'un Merkezi İş Sahaları. **İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi** Sayı:16, 18-37.

TÜMERTEKİN, E. (1970). İstanbul Şehri ve Çevresinde Sanayi: Özellikler ve Dağılışı. **İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi** Sayı:17, 33-69.

TÜMERTEKİN, E. (1997). **İstanbul, İnsan ve Mekân**. İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları.

- TÜRKSAT. (2014). "Coğrafi Bilgi Sistemleri". Ocak 9, 2014 tarihinde <http://www.turksat.com.tr/content/view/474/253/> adresinden alındı
- ÜLENGİN, F., KABAK, Ö., ÖNSEL, S., ÜLENGİN, B., & AKTAŞ, E. (2010). A Problem-Structuring Model for Analyzing Transportation–Environment Relationships. **European Journal of Operational Research**, 3(200), 844-859.
- VERMA, A., & DHINGRA, S. L. (2005). Optimal Urban Rail Transit Corridor Identification within Integrated Framework Using Geographical Information System. **Journal of Urban Planning & Development**, 2(131), 98-111.
- WATERS, N. (2001). Modeling the Environment with GIS: A Historical Perspective from Geography. **Geographic Information Systems and Environmental Modeling** (s. 1-35). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- WEI, X. (1996). Using GIS Technology for Railway Design and Management. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**. XXXI Part B4, s. 978-981. Viyana: ISPRS Congress.
- XIE, F., & LEVINSON, D. (2009). Modeling the Growth of Transportation Networks: A Comprehensive Review. **Networks and Spatial Economics**, 3(9), 291-307.
- YALÇINKAYA, B. (2013). "İnsanın Çevre Üzerindeki Etkisi: İstanbul Örneği". İstanbul: Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı.
- YAO, X. (2007). Where Are Public Transit Needed: Examining Potential Demand for Public Transit for Commuting Trips. **Computers, Environment & Urban Systems**, 5(31), 535-550.
- YAVUZ, F., KELEŞ, R., & GERAY, C. (1978). **Şehircilik: Sorunlar, Uygulama ve Politikaları**. Ankara: SBF Yay.
- YÜCEL, A. (1996). Cumhuriyet Dönemi İstanbul'u. **Dünya Kenti İstanbul** (s. 189-207). İstanbul: Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı.

- ZHANG, W. B. (2007). Economic Geography and Transportation Conditions with Endogenous Time Distribution Amongst Work, Travel, and Leisure. **Journal of Transport Geography**, 6(15), 476-493.
- ZHONGZHEN, Y., & HAYASHI, Y. (2002). GIS-Based Analysis of Railway's Origin/Destination Path-Selecting Behavior. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, 3(17).

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında İzmir’de doğan Cem KIRLANGIÇOĞLU, 1998 yılında kaydolduğu İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Bölümü Lisans Programından 2003 yılında ikincilik derecesiyle mezun olmuştur. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümünü ise ‘A New Census Geography for Turkey Using Geographic Information Systems, A Case Study On Çankaya District - Ankara’ isimli yüksek lisans tezini savunarak 2005 yılında tamamlamıştır. Aynı yıl askerlik görevini de yerine getirdikten sonra çalışma hayatına atılmıştır.

2006 – 2009 yılları arasında Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama uzmanı olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve özel sektörde görev yaptıktan sonra 2009 Şubat ayında İstanbul Ulaşım A.Ş. Proje Müdürlüğü ekibine katılmıştır. Halen CBS uzmanı olarak görevini sürdürdüğü bu birimde birçok yurt içi ve yurt dışı raylı sistem projesinde yer almıştır. Ayrıca yaya simülasyon teknolojileri üzerine çalışmaktadır.

İlgi alanları; Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama, Yaya Simülasyonu ve 3 Boyutlu Şehir Modelleri konularıdır. Bu konularda basılmış uluslararası ve ulusal yayınları bulunmaktadır. Özellikle ArcGIS ve LEGION yazılımları üzerine uzmanlaşmıştır.

Cem KIRLANGIÇOĞLU evli ve 2 çocuk babasıdır.