

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

**İSTANBUL'UN SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM
HEDEFLERİ KAPSAMINDA, ÖZEL
OTOMOBİL VE METROBÜS SİSTEMİ
ARAÇLARININ SEYİR ÇEVİRİMLERİNİN
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

SERDAR DOĞUŞ ERİÇOK

Tez Danışmanı: DR. NURBANU ÇALIŞKAN

İSTANBUL, 2012

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

Tezin Adı: İstanbul'un Sürdürülebilir Ulaşım Hedefleri Kapsamında, Özel Otomobil ve Metrobüs Sistemi Araçlarının Seyir Çevrimlerinin İncelenmesi
Öğrencinin Adı Soyadı: Serdar Doğuş ERİÇOK
Tez Savunma Tarihi: 27/04/2012

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

Doç.Dr. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdürü
İmza

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

Prof.Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü
İmza

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

_____ Jüri Üyeleri _____

_____ İmzalar _____

Tez Danışmanı
Dr. Nurbanu ÇALIŞKAN

Üye
Prof.Dr. Mustafa ILICALI

Üye
Y.Doç.Dr. Pelin ALPKÖKİN

ÖZET

İSTANBUL'UN SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM HEDEFLERİ KAPSAMINDA, ÖZEL OTOMOBİL VE METROBÜS SİSTEMİ ARAÇLARININ SEYİR ÇEVİRİMLERİNİN İNCELENMESİ

Serdar Doğuş Eriçok

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Dr. Nurbanu Çalışkan

Nisan 2012, 60 sayfa

Bu çalışmada amacımız, İstanbul Metrobüs Sistemi Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme güzergahında çalışan metrobüs araçlarının ve bu güzergaha paralel yol üzerinde seyreden özel otomobillerin seyir çevrimi diyagramlarını elde etmektir. Bu kapsamda Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme güzergahında Pazartesi, Çarşamba, Perşembe ve Cuma günleri zirve saatlerde GPS aletiyle ölçümler yapılmış ve buradan elde edilen veriler “ExpertGPS” adlı bilgisayar programına işlenerek saniye bazında hız değerleri elde edilmiştir. Bu hız değerleri kullanılarak metrobüs ve özel araç için seyir çevrimi diyagramları elde edilmiştir. Sonuç olarak Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme güzergahında elde edilen bu seyir çevrimi diyagramları karşılaştırılarak metrobüs sisteminin sürdürülebilirlik açısından uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Metrobüs, Seyir Çevrimi

ABSTRACT

THE ANALYZING OF SPECIAL AUTOMOBILE'S AND ISTANBUL BUS RAPID TRANSIT SYSTEM VEHICLE'S DRIVING CYCLE WITHIN THE SUSTAINABLE TRANSMISSION GOAL OF ISTANBUL

Serdar Doğuş Eriok

Urban Systems and Transport Management

Supervisor: Dr. Nurbanu alıřkan

April 2012, 60 pages

Our aim in this project is to obtain driving cycle diagrams for Istanbul Bus Rapid Transit System on the route of Zincirlikuyu-Sütlüeřme and special automobile on the paralel road of this route. In this comprehension some measurements are made on the route of Zincirlikuyu-Sütlüeřme with GPS tool on Monday, Wednesday, Thursday and Friday in peak hours and velocities for every second are obtained by operating this measurements to "ExpertGPS" software. Driving cycle diagrams for Istanbul Bus Rapid Transit System and special automobile are obtained by using this velocities. As a result of this project, the obtained driving cycle diagrams on the route of Zincirlikuyu-Sütlüeřme are compared and this comparison shows that Istanbul Bus Rapid Transit System is suitable for sustainability.

Keywords: Sustainability, Bus Rapid Transit, Driving Cycle

İÇİNDEKİLER

TABLolar	vii
ŞEKİLLER	viii
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	3
2.1 SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK TANIMLARI	3
2.2 GÜNÜMÜZDE ULAŞTIRMA SEKTÖRÜ VE ÇEVRESEL ETKİLER	3
2.3 DOĞAL ÇEVRENİN TÜKETİMİ VE ULAŞTIRMA SEKTÖRÜ	4
2.4 ULAŞTIRMA SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	4
2.5 SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM İÇİN NELER YAPILMALI	4
2.6 SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM POLİTİKASI OLARAK YAKIT TÜRLERİNİN KONTROLÜ	5
2.7 SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM POLİTİKASI OLARAK ÇEVREYE DOST TÜRLERİN DESTEKLENMESİ VE ÖZEL ARABA KULLANIMI KONTROLÜ	5
2.8 TOPLU ULAŞIMIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ İÇİN TEMEL FAKTÖRLER	6
3. METROBÜS SİSTEMİ[BUS RAPID TRANSIT]	7
3.1 METROBÜS SİSTEMİ NEDİR?	7
3.1.1 Metrobüs Sisteminin Altyapı Özellikleri	8
3.1.1.1 Metrobüs Yolunun Özellikleri	8
3.1.1.2 Metrobüs Araçlarının Özellikleri	9
3.1.1.3 Ödeme Sistemleri	10
3.1.2 Sistem Performansı	11
3.2 DÜNYADAKİ METROBÜS ÖRNEKLERİ	11
3.2.1 Curitiba - Brezilya	12
3.2.2 Bogota - Kolombiya	13
3.2.3 Sao Paulo - Brezilya	14
3.2.4 Mexico City Metrobüs - Meksika	15
3.2.5 Pittsburgh - ABD	16
3.2.6 Amsterdam - Hollanda	17
3.3 İSTANBUL METROBÜS	18
4. EDINBURGH'DA YAPILAN BİR ÇALIŞMA: EDINBURGH SEYİR ÇEVİRİMİ ÖLÇÜMÜ	24

5. İSTANBUL'DA SEYİR ÇEVİRİMİ ÖLÇÜMÜ ÇALIŞMASI.....	27
6. SEYİR ÇEVİRİMİ DİYAGRAMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	46
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKÇA	54
EKLER	
Ek 1 İstatistiki bölge birimleri sınıflaması 1 . düzeye göre, taşıt türleri ve motorlu kara taşıtları sayısı	58
EK 2 İstatistiki bölge birimleri sınıflaması 1. düzeye göre yıl içinde kaydı yapılan motorlu kara taşıt sayısı	59
EK 3 İstatistiki bölge birimleri sınıflaması 1. düzeye göre yıl içinde kaydı silinen motorlu kara taşıt sayısı	60

TABLÖLAR

Tablo 3.1 : Curitiba Metrobüs Sistemi	12
Tablo 3.2 : Bogota Metrobüs Sistemi	13
Tablo 3.3 : Sao Paulo Metrobüs Sistemi	14
Tablo 3.4 : Mexico City Metrobüs Sistemi	15
Tablo 3.5 : Pittsburgh Metrobüs Sistemi.....	16
Tablo 3.6 : Amsterdam Metrobüs Sistemi	17
Tablo 3.7 : İstanbul Metrobüs Sistemi'nin genel özellikleri.....	19
Tablo 3.8 : Metrobüs öncesi ve sonrası değerler.....	21
Tablo 3.9 : İstanbul Metrobüs Sistemi'nin genel özellikleri.....	23
Tablo 6.1 : Verilerin ayrıntılı analizi.....	48
Tablo 6.2 : İstanbul seyir çevrimi, EDC ve ECE'nin birlikte analizi.....	50

ŞEKİLLER

Şekil 3.1	: AutoTram	10
Şekil 3.2	: Avcılar-Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme Metrobüs Güzergahı	18
Şekil 3.3	: Altunizade Metrobüs Durağı'ndan metrobüs hattı ve Kızıltoprak-Boğaziçi yönünde seyreden taşıtların durumu (07/05/2012 Saat: 08.26).....	22
Şekil 3.4	: Altunizade Metrobüs Durağı (07/05/2012 Saat: 08.26)	22
Şekil 4.1	: Edinburgh Driving Cycle diyagramı.....	26
Şekil 5.1	: Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme Metrobüs Güzergahı.....	28
Şekil 5.2	: 28 Kasım 2011 Pazartesi sabah Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı - Metrobüs	29
Şekil 5.3	: 28 Kasım 2011 Pazartesi sabah Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs	29
Şekil 5.4	: 28 Kasım 2011 Pazartesi akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs	30
Şekil 5.5	: 28 Kasım 2011 Pazartesi akşam Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs.....	31
Şekil 5.6	: 30 Kasım 2011 Çarşamba sabah Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs	31
Şekil 5.7	: 30 Kasım 2011 Çarşamba sabah Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs	32
Şekil 5.8	: 23 Kasım 2011 Çarşamba akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs	32
Şekil 5.9	: 23 Kasım 2011 Çarşamba akşam Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs	33
Şekil 5.10	: 15 Aralık 2011 Perşembe sabah Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs.....	33
Şekil 5.11	: 15 Aralık 2011 Perşembe sabah Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs.....	34
Şekil 5.12	: 24 Kasım 2011 Perşembe akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs	34
Şekil 5.13	: 24 Kasım 2011 Perşembe akşam Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs	35

Şekil 5.14 : 16 Aralık 2011 Cuma sabah Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs.....	35
Şekil 5.15 : 16 Aralık 2011 Cuma sabah Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs.....	36
Şekil 5.16 : 25 Kasım 2011 Cuma akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs	36
Şekil 5.17 : 25 Kasım 2011 Cuma akşam Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Metrobüs	37
Şekil 5.18 : 12 Aralık 2011 Pazartesi sabah Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç.....	38
Şekil 5.19 : 12 Aralık 2011 Pazartesi sabah Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç	38
Şekil 5.20 : 12 Aralık 2011 Pazartesi akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç	39
Şekil 5.21 : 12 Aralık 2011 Pazartesi akşam Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç.....	39
Şekil 5.22 : 14 Aralık 2011 Çarşamba sabah Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç	40
Şekil 5.23 : 14 Aralık 2011 Çarşamba sabah Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç.....	40
Şekil 5.24 : 14 Aralık 2011 Çarşamba akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç.....	41
Şekil 5.25 : 14 Aralık 2011 Çarşamba akşam Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç	41
Şekil 5.26 : 08 Aralık 2011 Perşembe sabah Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç	42
Şekil 5.27 : 08 Aralık 2011 Perşembe sabah Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç.....	42
Şekil 5.28 : 08 Aralık 2011 Perşembe akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç	43
Şekil 5.29 : 08 Aralık 2011 Perşembe akşam Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç	43
Şekil 5.30 : 09 Aralık 2011 Cuma sabah Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç.....	44

Şekil 5.31 : 09 Aralık 2011 Cuma sabah Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç.....	44
Şekil 5.32 : 09 Aralık 2011 Cuma akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç	45
Şekil 5.33 : 09 Aralık 2011 Cuma akşam Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı – Özel Araç	45

KISALTMALAR

BRT	:	Bus Rapid Transit
LRT	:	Light Rail Transit
TRAFIX	:	Trafik Akım İndeksi
EDC	:	Edinburgh Seyir Çevrimi
ECE	:	Avrupa Seyir Çevrimi
İETT	:	İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü

1. GİRİŞ

Ulaşım ve ulaşılabilirlik, insan yaşamının en önemli gereksinimlerinden biridir. Bu gereksinim, günümüzde özellikle büyük kentlerde yaşayan kişiler için toplu taşıma olanaklarının yetersiz olduğu durumlarda problem haline gelmekte, kişiler ulaşım sorunlarını ağırlıklı olarak özel otomobil ile çözme yoluna gitmektedirler.

Türkiye'nin en kalabalık ve iktisadi açıdan en önemli kenti olan İstanbul da, ulaşım konusunda benzeri sorunlara sahip çok büyük bir metropoldür. Belediye sınırları göz önüne alınarak yapılan sıralamaya göre, nüfus açısından dünyanın beşinci, Avrupa'nın ise en büyük kentidir.

İstanbul, Asya ve Avrupa kıtalarını birleştiren konumu, Akdeniz ve Karadeniz'i birleştiren Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nı içinde bulundurması, kısacası coğrafi konumu nedeniyle ülkemizin ticari, sanayi, kültürel ve turizm bakımından merkezidir. Bu nedenle de bu sektörlerde çalışan insan çokluğu, doğal ve tarihi güzellikleriyle yerli ve yabancı turistlerin ilgi odağı olması, İstanbul'u idari anlamda olmasa da Türkiye'nin merkezi yapmıştır.

Kente olan bu yoğun talep ve kentin yakın geçmişte aldığı göçler, kent nüfusunun artması sonucunu doğurmuş, bu durum da kentteki araç sayısının artışını beraberinde getirmiştir. Giderek artan motorlu taşıt sayısı ve bu artışa karşın yeterli önlemlerin alınmamış olması, kentteki ulaşımı olumsuz etkilemiş ve ulaşım problemi her geçen gün daha da kötüye gitmiştir.

İstanbul'da konut, ticaret, eğitim ve sosyal mekanların yoğunlaştığı cazibe merkezleri ve kentin Avrupa ve Asya yakası arasındaki ulaşım talebinin çözümü için yeterli düzeyde toplu taşıma arzının bulunmaması, özel otomobil sahipliğinin artmasına yol açmıştır. Bu olgu, petrole bağlı enerji tüketiminin artmasına ve bunun kaçınılmaz sonucu olarak da hava kirliliğinin insan sağlığı için tehlikeli boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır. Özellikle büyük şehirlerde motorlu taşıt kaynaklı hava kirliliğinin, toplam kirlilikteki payının yüzde 70'leri aştığı ve ısınma kaynaklı hava kirliliğinden en az iki kat daha fazla kirliliğe neden olduğu saptanmıştır. (Güvendik ve Koçer 2003)

Bütün bu hususlar, tüm büyük kentlerde olduğu gibi İstanbul'da da ulaşım sorunlarının çözümünde toplu taşımanın büyük önem arz ettiğini, iyi ve yeterli düzeydeki toplu taşıma ağının, kentin sürdürülebilir ulaşım hedeflerine erişilebilmesinde rolünün büyük olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin toplam motorlu araç sayısının (TUİK verilerine göre) yaklaşık beşte birinin İstanbul'da bulunduğu göz önüne alındığında, tüm motorlu taşıtların birlikte kullandığı yollardaki tıkanıklıklar sebebiyle lastik tekerlekli toplu taşımanın yetersiz kaldığı görülmüş ve soruna bir çözüm getirebilmek amacıyla, dünyanın birçok kentinde uygulanmakta olan Bus Rapid Transit (BRT) – Metrobüs sistemi İstanbul'da da uygulanmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada İstanbul'un sürdürülebilir ulaşım hedefleri kapsamında, metrobüs sisteminin Avrupa Yakası'ndaki Zincirlikuyu Durağı ve Asya Yakası'ndaki Söğütluçeşme Durağı arasındaki bölümü göz önüne alınmış ve bu bölümde çalışan metrobüs araçları ile bu koridora paralel Boğaziçi Köprüsü ve Çevreyolu üzerinde seyreden özel otomobillerin seyir çevrimi diyagramlarının (driving cycle) elde edilmesi amaçlanmıştır.

Belirtilen amaçla; ilk olarak (2. bölümde) sürdürülebilirlik kavramı ve sürdürülebilirlik ulaştırma ilişkisi incelenmiş, sonraki bölümde (3. bölümde) ise metrobüs sisteminin genel özellikleri ve dünyadaki metrobüs sistemlerinden örnekler verilmiş, İstanbul'da 2007 yılından beri işletilmekte olan metrobüs güzergahları ile ilgili bilgiler aktarılmıştır. 4. bölümde İskoçya'nın başkenti Edinburgh'da özel otomobil ile yapılan "Seyir Çevrimi Diyagramı" çalışması özetlenmiştir. 5. bölümde, İstanbul'daki metrobüs sisteminin Zincirlikuyu-Söğütluçeşme güzergahında servis veren metrobüs araçları ile aynı güzergaha paralel Boğaziçi Köprüsü ve Çevreyolu üzerinde seyreden özel otomobillerin seyir çevrimi diyagramlarının elde edilmesine çalışılmıştır. 6. bölümde, elde edilen bu diyagramlar değerlendirilmiş, 7. bölümde ise sonuç ve öneriler dile getirilmiştir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Taşıt sayısının ve enerji tüketiminin fazlalığı çevreyi olumsuz etkilemekte ve bu zararlı etkiler sürdürülebilirlik ilkelerine ters bir durum oluşturmaktadır. Sürdürülebilirlik konusunda en önemli çalışmalardan birisi 1987 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'na hazırlanan “Ortak Geleceğimiz (Our Common Future)” isimli çalışmadır. Bu çalışma Brundtland tarafından yapıldığı için “Brundtland Raporu” olarak anılır. Bu rapor, yoksulluğun kaldırılması, doğal kaynaklardan elde edilen yararın eşit dağılımı, nüfus kontrolü ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi gibi sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda çözümler sunmaktadır.

2.1 SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK TANIMLARI

- a) Gelişme (ve ulaşım) insan sağlığına ve ekosistemem zarar vermemeli. (Litman 2007)
- b) Sürdürülebilirlik sosyal sermayenin korunması demektir. (Goodland 2002)
- c) Sürdürülebilirliğin amacı su, toprak, hava ve minerallerden oluşan doğal sermayeyi koruyarak insan refahını arttırmaktır. (Goodland 2002)
- d) Sürdürülebilirlik ekonomik sermayenin korunmasıdır. Bu sermayenin korunması, gelecek nesillerin de aynı sermayeden yararlanabilmesi demektir. (Goodland 2002)
- e) Olumsuzluklardan ötürü yapılan harcamalar Gayri Safi Yurtiçi Hasıla açısından ekonomik büyümeyi sağlasa bile, gerçek anlamda bir kalkınmanın sağlanıp sağlanmadığı tartışma konusudur. (Litman 2007)
- f) Sürdürülebilir planlama; yerel ve kısa vadeli çözümlerin stratejik, bölgesel, küresel ve uzun vadeli hedeflerle tutarlı olmalarını sağlar. (Litman 2007)

2.2 GÜNÜMÜZDE ULAŞTIRMA SEKTÖRÜ VE ÇEVRESEL ETKİLER

Ulaştırma sektörü ve iklim değişikliği:

Avrupa Birliği sınırlarında yapılan 1998 tarihli çalışmada karbondioksit emisyonlarının yüzde 28'inin ulaştırma sektörü kaynaklı olduğu bulunmuştur. Diğer insan etkinliklerinde yaratılan Karbondioksit miktarları azalmakta, ulaşım sektöründe yaratılan Karbondioksit miktarları hızla artmaktadır. Avrupa Birliği 2001 yılı “White Paper” dökümanında 2000 – 2010 yılları arasında ulaşım sektörünün yarattığı Karbondioksit miktarının yüzde 50 oranında artacağı tahmininde bulunmuştur. Karbondioksit emisyonlarının sera etkisinde büyük payı vardır.

Ulaşım sektöründe yaratılan diğer gazlar da iklim değişikliği, çevre kirliliği ve ekolojik sistemin tahribi açısından tehlike taşımaktadır. Bunlar metan, azot monoksit ve azot oksitler(havayolları kaynaklı) ve kloroflorokarbondur(soğutma sistemleri kaynaklı).

2.3 DOĞAL ÇEVRENİN TÜKETİMİ VE ULAŞTIRMA SEKTÖRÜ

Ulaşım altyapısı en temel arazi kullanım türlerinden biridir. Ulaşım sistemleri ve bağlantıları (özellikle otoban ve diğer karayolları) doğal alanları kullanırlar. Ulaşım ile kent çeperlerine erişim arttıkça kentler yayılarak doğal çevreyi ve rezerv arazileri işgal ederler.

Karayolu ve havayolu çevreyi en çok kirleten, demiryolu ve denizyolu ise çevresel etkisi en az olan ulaşım türleridir. Ulaştırma sektöründe ortaya çıkan karbondioksit emisyonlarının yüzde 84'ü karayolu sektörü kaynaklıdır (AB White Paper 2001). Ayrıca karayolu ve havayolu en çok petrol tüketen ve en çok arazi işgal eden ulaştırma sektörleridir.

2.4 ULAŞTIRMA SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Yolcu ve yük taşımacılığında en ağırlıklı sektör karayolu sektörüdür. Havayolunun yolcu ve yük taşımacılığında payı azdır, ancak taşımada en çok artış gösteren sektörlerden biri havayolu sektörüdür.

Kentsel ulaşımında çevreye dost türler; toplu taşıma (özellikle raylı sistemler), bisiklet ve yaya olarak gösterilebilir. Kentler arası ve kentsel ulaşımında (yük ve yolcu taşımada) hakim olan sistemler sürdürülebilir değildir.

2.5 SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM İÇİN NELER YAPILMALI ?

Sürdürülebilir ulaşım için;

- a) Karayolları ve arabanın hakimiyeti dikkate alınarak, temiz yakıt türlerinin kullanılması özendirilmeli,
- b) Karayolları ve arabanın hakimiyetini değiştirmek için, çevreyi en az kirleten ulaşım türleri kullanılmalı (Demiryolları, deniz ve su yolları, toplu taşıma, yaya ve bisiklet),
- c) Arazi kullanım ve kent planlarıyla araba kullanım gereksinimini azaltan; toplu taşıma, yaya ve bisiklet kullanımını özendiren kentler tasarlanmalı,

d) Ulaşım gereksinimini ve talebini azaltmak için iletişim teknolojilerindeki gelişmelerden faydalanılmalıdır.

2.6 SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM POLİTİKASI OLARAK YAKIT TÜRLERİNİN KONTROLÜ

Çevreye zararlı yakıt kullanımında denetleme ve ceza sistemlerine örnek verilecek olursa; AB 2001 “White Paper” politika dökümanı uyarınca, karayolu araçları çevreye olan olumsuz etkilerine göre ücretlendirileceklerdir. Petrole alternatif yakıt kullanan araçlar için ücretlendirme olmayacaktır. “Çevreyi kirleten öder” ilkesine dayalı ücretlendirme politikası tüm birlik kapsamında uygulanacak olup, aday ülkelerde de buna uyumlu sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Petrole alternatif yeni teknolojiler şu şekildedir;

- a) Elektrik enerjisi kullanan araçlar,
- b) Güneş enerjisi kullanan araçlar,
- c) Rüzgar enerjisi kullanan araçlar.

2.7 SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM POLİTİKASI OLARAK ÇEVREYE DOST TÜRLERİN DESTEKLENMESİ VE ÖZEL ARABA KULLANIMI KONTROLÜ

Sürdürülebilir ulaşımın gereği olarak çevreye dost türlerin desteklenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda demiryollarının yaygınlaştırılması ve modernize edilmesi, denizyollarının yaygın kullanımı ve hizmet düzeylerinin artırılması hedeflenmelidir. Ayrıca oluşturulan sistemler arasında entegrasyonun sağlanması gerekmektedir.

Kentsel ulaşımında çevreye verilen zararı azaltmak için toplu taşıma, yaya ve bisiklet ile ulaşımına ağırlık verilmelidir. Bu bağlamda metro, hafif raylı sistem, tramvay ve otobüs yolları gibi yeni sistemlerin geliştirilmesi hedeflenmeli ve trafikte hafif raylı sistem, tramvay ve otobüs sistemlerine öncelik veren çözümler üretilmelidir. Bunların yanında yayalaştırma, yaya yolları ve yaya öncelikli kent mekanları tasarımı yapılmalı, ayrıca bisiklet yolları, bisiklet parkları ve bisiklet öncelikli trafik çözümleri üretilmelidir.

Sürdürülebilir ulaşımı sağlayabilmek için özel araba kullanımının kısıtlanması son derece önemlidir. Özel araba kullanımını kısıtlamak konusu iki başlık altında toplanabilir;

- a) Fiziksel müdahaleler ile özel araba kullanımını kısıtlama;
 - Kent merkezinde yayalaştırma, trafikte toplu taşıma önceliği,
 - Toplu taşıma hatlarına özel yol tahsis ederek araba yolu kapasitesini azaltma,
 - Kaldırımları genişleterek araba yolu kapasitesini azaltma,
 - Merkezi alanlarda araba parkı kapasitesini sınırlı tutma.
- b) Parasal yöntemler ile özel araba kullanımını kısıtlama;
 - Petrol fiyat ve vergilerinde artışlar,
 - Araba park fiyatlarında artışlar,
 - Kent'in belli bölgelerine(örneğin kent merkezi) araba ile girişin ücretlendirilmesi.

Sürdürülebilir ulaşım politikaları kapsamında kent planları da önemli yer tutmaktadır. Bu kapsamda özel araba kullanım gereksinimini en aza indirerek toplu taşıma, yürüme ve bisiklet ile ulaşımı özendirici tasarımlar yapılmalıdır.

2.8 TOPLU ULAŞIMIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ İÇİN TEMEL FAKTÖRLER

Toplu ulaşımın sürdürülebilirliği açısından 5 temel faktör şu şekilde sıralanabilir:

- a) Güvenlik
- b) Hız
- c) Güvenilirlik / Düzenlilik
- d) Konfor / Rahatlık
- e) Ekonomiklik / Ucuzluk
- f) Çevreye duyarlılık

3. METROBÜS SİSTEMİ[BUS RAPID TRANSIT]

3.1 METROBÜS SİSTEMİ NEDİR ?

Türkiye'deki adı ile Metrobüs, dünyada yaygın olarak kullanılan adı ile BRT yüksek standartlı bir toplu taşıma sistemidir. Hızlı, rahat, konforlu ve altyapı maliyeti düşük bir sistem olması en önemli özelliğidir. Ayrılmış yol veya ayrılmış şerit uygulamalı bu sistem aynı sayıda araçla daha fazla yolcu taşımaya sağlamaktadır.

Metrobüs genelde modern raylı sistemlerle otobüs merkezli toplu taşıma sistemleri arasında bir hibrid uygulama olarak ortaya çıkmış, bunda da raylı sistemlerin performansı ve rahatlığını daha ucuza mal etme çabası ve isteği belirleyici olmuştur. Genelde bir BRT sistemi Light Rail Transit (LRT)'den 4–20 kat daha ucuzdur. Bu oran Metro'daysa 10–100 arasında değişir.

Sistemin genel adı BRT olmasına rağmen dünyanın farklı yerlerinde farklı isimler de verilmektedir. Bunlara birkaç örnek vermek gerekirse :

High Capacity Bus Systems,

High Quality Bus Systems,

Metrobus,

Surface Metro,

Express Bus Systems,

Busway Systems.

Kullanılan isim farklı olsa da Metrobüs sisteminde temel prensip aynıdır :

Yüksek kaliteli, otomobillerle rekabet edebilen (hızlı), maliyeti etkin ve ucuz bir toplu taşıma sistemidir.

Metrobüs'ün tarihi 1937'de Chicago'da üç şehir içi raylı sistemin ekspres otobüs koridoru olarak dönüştürülmesine dayanmaktadır. Daha sonra Amerika'da Washington DC (1955-1959), St. Louis (1959) ve Milwaukee (1970) özel otobüs yolu planları geliştirilmiştir. Ancak, otobüs önceliği sistemi 1960'lara kadar gerçek hayata geçirilmemiştir. 1966'da Amerika'da St. Loise'de ve Belçika'da Liege'de ilk defa otobüsler için kılavuz yolları ortaya çıkmıştır. İlk otobüs yolu 1972'de Via Expresa adı ile Peru'da geliştirilmiş ve günümüzde de hala etkin bir

şekilde kullanılmaktadır. “Surface Metro” olarak adlandırılan Brezilya Curitiba’da geliştirilen yol sistemi 1974’de hizmete girene kadar metrobüsün sunacağı hizmetin tam olarak farkına varılamamıştır. Halen São Paulo Metrobüs’ü dünyadaki en uzun koridora sahiptir ve günlük 2 milyondan fazla yolcuya hizmet vermektedir. 1990’lı yıllarda ayrılmış otobüs yolu Amerika ve Avrupa dışında da rağbet görmeye başlamıştır. (Demir, Bayar ve Aksu 2012)

3.1.1 Metrobüs Sisteminin Altyapı Özellikleri

Metrobüs sistemini kurarken ilk olarak sistemin altyapısı projelendirilir. Metrobüs sistemi uzun vadeli olarak projelendirildiğinden, en önemli gider unsuru altyapı harcamalarıdır. Metrobüs Sistemi’nde altyapı, genel olarak, aşağıdaki bileşenlerden oluşur:

- Metrobüs yolunun altyapısı (Busway infrastructure)
- Şebeke hattı (Feeder infrastructure)
- İstasyonlar (Stations)
- Aktarma yapılabilen istasyonlar (Intermediate transfer stations)
- Kontrol merkezi (Control centre)
- Trafik kontrol sinyalleri (Traffic control signals)
- Entegrasyon altyapısı (Integration infrastructure)
- Arazi (Landscape) (Demir, Bayar ve Aksu, 2012)

3.1.1.1 Metrobüs yolunun özellikleri

Metrobüsler, sahip oldukları yolun özelliğine göre 3 ana grupta değerlendirilebilir:

1) Sadece Metrobüs’ün Kullandığı Ayrılmış Yol (Running Way Segregation):

Maliyeti en yüksek yol grubu olmasına karşın, metrobüslerin en hızlı, rahat ve güvenli şekilde hizmet verebildiği yollardır. Ayrılmış yollar bazı trafik akış noktalarında şehrin ana trafiğine(bizde Boğaziçi Köprüsü’nde olduğu gibi) açılabilir. Özel bölme ile diğer ana yollardan ayrılmıştır. Başka taşıtlar giremez.

2) Metrobüs Öncelikli Yol (Running Way Marking):

Ayrılmış yolların çeşitli işaretler vasıtası ile belirtilmiş olduğu yollardır. Ayrı bir yol söz konusu değildir. Dolayısı ile maliyet bakımından uygundur. Fakat metrobüsün özel bir yola sahip olmaması seyahat hızının daha düşük, seyahat güvenirliliğinin de daha az olmasına neden olmaktadır. Metrobüs öncelikli yollarda, metrobüsler geçiş önceliğine sahiptir.

3) Kılavuzlu Yol (Guided Way):

Trenlerin raylar üzerinde gitmesine benzetilebilir. Metrobüsler arasında yaygın kullanılan bir sistem değildir. Daha yumuşak ve kontrollü bir seyahat, istasyonlara çok hassas yanaşabilme gibi özellikler taşır. Kılavuzlu yol sistemi mekanik, elektro-manyetik veya optik sistemlerden oluşur. (Demir, Bayar ve Aksu 2012)

3.1.1.2 Metrobüs araçlarının özellikleri

Metrobüs sisteminin en önemli parçası kullanılan araç tipidir. Araç tipinin seçimindeki kriterler, aracın; maliyeti ,kapasitesi, sefer hızı, yol geometrisine uygunluğu ve çevreye olan etkisidir. Metrobüs araçlarının kapasitesi 200 kişiye kadar çıkabilmektedir. Bu araçların maliyeti 300.000\$ ile 1.500.000\$ arasındadır. Çevreye etkileri açısından incelendiğinde ise dizel, biyolojik yakıt ve hibrit sistem ile çalışanları vardır. Hibrit, kelime anlamı olarak, iki farklı güç kaynağının bir arada bulunması anlamına gelmektedir. Hibrit arabalar diğer klasik arabalara (benzinli) göre hem daha verimli çalışmakta hem de çevreyi çok daha az kirletmektedirler. Günümüzde yeni üretilen Metrobüs araçları hibrit özelliği nedeni ile ön plana çıkmakta ve tercih edilmektedir. (Demir, Bayar ve Aksu 2012)

Petrol kaynaklarının giderek tükenmesi ve azalmasıyla birlikte alternatif bir yakıt biçimi olarak hayatımıza merhaba diyen elektrikli otomobil modellerini her geçen gün bir yenisi daha eklenmeye devam ediyor. Pek çok dünya ülkesinde birçok elektrikli binek araç ve motorsikletler kullanılmaya başlanılırken, bu teknoloji yavaş yavaş toplu taşıma araçlarına da merhaba demeyi amaçlıyor. Günün hemen hemen yarısını yolcu taşıma ile geçiren araçlar için sık sık şarj olma gibi bir ihtimal mümkün kılınmazken, bu bakımda seyahat esnasında edilebilen çözümlerin gerektiği bildiriliyor. Bu proje üzerinde çalışan Alman Fraunhofer Enstitüsü araştırmacıları tamamen elektrikli ve kendini şarj edebilen metrobüs versiyonu AutoTram'ı geliştirirken, projede her durakta yolcu indirip bindirme yapan metrobüsün bu güzergahı bir avantaja çevrilerken aracın bu zaman dilimi içerisinde şarj edilmesi mümkün kılınıyor. Her durakta 30 saniye bekletildiği varsayılan metrobüsün bu zaman dilimi içerisinde 1.5 kilometrelik bir şarj alabildiği bildirilirken, bu şarj aracın bir sonraki durağa ulaşması için yeterli oluyor. Kendini şarj edebilen metrobüs versiyonu olan AutoTram Şekil 3.1'de görülmektedir.

Şekil 3.1 AutoTram



3.1.1.3 Ödeme sistemleri

Ödeme sistemlerinin şekli; yolcuların evlerinden durağa ulaşabilme zamanı, rahatlığı ve kolaylığı ile güvenlik ve servis güvenilirliği ölçüsünde yolcuları etkiler. (FTA 2009)
Ödemeler 2 şekilde yapılabilir:

- a) Geleneksel araç içinde ödeme,
- b) Turnikede ödeme.

Ödeme sistemlerinin yolcuya sağladığı kolaylık, sistemin daha hızlı işlemesine katkıda bulunur.

3.1.2 Sistem Performansı

Sistem performansını belirleyen bileşenler aşağıda maddeler halinde verilmektedir;

- a) Seyahat zamanı,
- b) Güvenilirlik,
- c) İmaj (Markalaşma),
- d) Güvenlik,
- e) Kapasite,
- f) Erişilebilirlik. (FTA 2009)

3.2 DÜNYADAKİ METROBÜS ÖRNEKLERİ

Dünyada işletilmekte olan birçok metrobüs sistemi mevcuttur. Ottawa'da yapılan uygulama 30,9 kilometre uzunluğundadır ve 28 istasyona sahiptir. Şehir ve çevresi, banliyö tipi gelişim ve yayılıma sahip olduğundan, bölgeye ait planlama çalışmalarında metrobüs uygulamasının hafif raylı sistemlere göre inşa açısından yüzde 50, işletme açısından ise yüzde 20 daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum faaliyetler ve nüfusal açıdan geniş dağılım gösteren kentlerde metrobüs uygulamasının tercih edilebilirliğinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir (Crowley & Watson 1991). Bu tip bir karaktere sahip yerleşimlerde saatlik talep 15.000 yolcuyu geçmemektedir; bu sınıra yakın değerlerde metrobüs koridorunun ileride raylı sisteme dönüştürülmesine müsait şekilde projelendirilmesi tavsiye edilmektedir (Cervero 1998).

Dünyadaki metrobüs uygulamalarından bazıları şu şekildedir;

3.2.1 Curitiba – Brezilya

Tablo 3.1 Curitiba Metrobüs Sistemi

Sistem Özellikleri	Sistemin Açılış Yılı	1972
	Sistemin Günlük Yolcu Taşıma Kapasitesi (yolcu/gün)	2.000.000
	Durak Sayısı	123
	Ortalama Durak Mesafesi (m)	540
	Metrobüse Ait Yol Uzunluğu (km)	72
	Aracın Ortalama Seyir Hızı (km/ saat)	19
	Bilet Ücreti (\$)	0,75
Yol Özellikleri	Yol Özelliği	Her Yönde Tek Şerit
	Yolun Yapıldığı Malzeme	Asfalt Betonu
Araç Özellikleri	Aracın Uzunluğu (m)	24
	Aracın Yolcu Kapasitesi	>200
	Çevreye Duyarlı Araç (Euro3 ve üstü)	Yok
Maliyetler	Altyapı Maliyeti (milyon \$/ km)	1,1 – 6
	Araç Maliyeti (milyon \$)	0,4

Kaynak: www.itdp.org

Metrobüs sisteminin ilk örneğidir. Curitiba Metrobüs Sisteminin toplam ağ uzunluğunun, durak sayısının ve taşıdığı yolcu sayısının fazlalığı, sistemin kentin içine yayılmış bir ağ yapısı olduğunu düşündürmektedir. Ne yazık ki araçlar çevreye duyarlı değildir. Bu da sürdürülebilirlik ilkelerine uymamaktadır.

3.2.2 Bogota – Kolombiya

Tablo 3.2 Bogota Metrobüs Sistemi (TransMilenio)

Sistem Özellikleri	Sistemin Açılış Yılı	2000
	Sistemin Günlük Yolcu Taşıma Kapasitesi (yolcu/gün)	1.500.000
	Durak Sayısı	107
	Ortalama Durak Mesafesi (m)	500
	Metrobüse Ait Yol Uzunluğu (km)	84
	Aracın Ortalama Seyir Hızı (km/ saat)	27
	Bilet Ücreti (\$)	0,6
Yol Özellikleri	Yol Özelliği	Her Yönde İki Şerit
	Yolun Yapıldığı Malzeme	Asfalt Betonu
Araç Özellikleri	Aracın Uzunluğu (m)	18,5
	Aracın Yolcu Kapasitesi	>200
	Çevreye Duyarlı Araç (Euro3 ve üstü)	Var
Maliyetler	Altyapı Maliyeti (milyon \$/ km)	5
	Araç Maliyeti (milyon \$)	0,2

Kaynak: www.itdp.org

Bogota Metrobüs Hattı'nın en önemli özelliği, her yönde iki şeride sahip olmasıdır. Bu özellik, hem kaza anında hem de araçların birbirlerini geçme anında bekleme yapmalarını önlemektedir.

84 km'lik ayrılmış yolun haricinde, 2,5 km uzunluğunda da kentiçi trafikle karma yola sahiptir. TransMilenio hattını kullanan yolcuların yüzde 15'inin, daha önce özel otomobil kullandığı tespit edilmiştir. Seyahat hızı, kullanıcı konforu, sistemin güvenilirliği ve ücretin düşüklüğü yolcular için çekici olmuştur. (Matrisch & Weiss 2008)

3.2.3 Sao Paulo – Brezilya

Tablo 3.3 Sao Paulo Metrobüs Sistemi

Sistem Özellikleri	Sistemin Açılış Yılı	2003
	Sistemin Günlük Yolcu Taşıma Kapasitesi (yolcu/gün)	2.780.000
	Durak Sayısı	235
	Ortalama Durak Mesafesi (m)	500
	Metrobüse Ait Yol Uzunluğu (km)	129,5
	Aracın Ortalama Seyir Hızı (km/ saat)	22
	Bilet Ücreti (\$)	1
Yol Özellikleri	Yol Özelliği	Her Yönde Tek Şerit
	Yolun Yapıldığı Malzeme	Asfalt Betonu
Araç Özellikleri	Aracın Uzunluğu (m)	18,5
	Aracın Yolcu Kapasitesi	>200
	Çevreye Duyarlı Araç (Euro3 ve üstü)	Yok
Maliyetler	Altyapı Maliyeti (milyon \$/ km)	5
	Araç Maliyeti (milyon \$)	0,4

Kaynak: www.itdp.org

Brezilya'nın en önemli şehirlerinden biri olan Sao Paulo'daki metrobüs sisteminin hem toplam hat uzunluğu hem de durak sayısı fazladır. Bunun yanı sıra taşıdığı günlük yolcu sayısı da çok fazladır. Kullanılan araçlar çevreye duyarlı değildir. Bilet ücreti çok yüksektir.

3.2.4 Mexico City Metrobüs – Meksika

Tablo 3.4 Mexico City Metrobüs Sistemi

Sistem Özellikleri	Sistemin Açılış Yılı	2005
	Sistemin Günlük Yolcu Taşıma Kapasitesi (yolcu/gün)	600.000
	Durak Sayısı	112
	Ortalama Durak Mesafesi (m)	600
	Metrobüse Ait Yol Uzunluğu (km)	66
	Aracın Ortalama Seyir Hızı (km/ saat)	19
	Bilet Ücreti (\$)	0,45
Yol Özellikleri	Yol Özelliği	Her Yönde Tek Şerit
	Yolun Yapıldığı Malzeme	Asfalt Betonu
Araç Özellikleri	Aracın Uzunluğu (m)	18,5
	Aracın Yolcu Kapasitesi	160
	Çevreye Duyarlı Araç (Euro3 ve üstü)	Var
Maliyetler	Altyapı Maliyeti (milyon \$/ km)	1.5
	Araç Maliyeti (milyon \$)	0,24

Kaynak: www.itdp.org

Mexico City metrobüs sisteminde yol yalnızca metrobüs araçlarına aittir. Çevreye duyarlı araçların varlığı, kentteki sürdürülebilir ulaşım ilkelerine yardımcı olmaktadır.

3.2.5 Pittsburgh - ABD

Tablo 3.5 Pittsburgh East Busway Sistemi

Sistem Özellikleri	Sistemin Açılış Yılı	1983
	Sistemin Günlük Yolcu Taşıma Kapasitesi (yolcu/gün)	26.000
	Durak Sayısı	9
	Ortalama Durak Mesafesi (m)	1.350
	Metrobüse Ait Yol Uzunluğu (km)	14,7
	Aracın Ortalama Seyir Hızı (km/ saat)	40,1
	Bilet Ücreti (\$)	1,75
Yol Özellikleri	Yol Özelliği	Her Yönde Tek Şerit
	Yolun Yapıldığı Malzeme	Beton
Araç Özellikleri	Aracın Uzunluğu (m)	18,3
	Aracın Yolcu Kapasitesi	80
	Çevreye Duyarlı Araç (Euro3 ve üstü)	Var (Hibrit)
Maliyetler	Altyapı Maliyeti (milyon \$/ km)	12,5
	Araç Maliyeti (milyon \$)	0,36

Kaynak: www.itdp.org

Amerika'nın Pittsburgh şehrindeki BRT sisteminin adı "Busway"dir. Bu sistem doğu, güney ve batı (East, South and West Busway) olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. East Busway'e ait bilgiler Tablo 3.5'te verilmektedir. South Busway 6,92 km, West Busway ise 8,21 km uzunluğundadır. Her üç Busway de ayrılmış yol(off street) niteliğindedir ve bu Busway'lerin gidiş ve geliş yönleri farklı kotlardadır(Grade Seperated). (FTA 2009)

Yol kaplaması beton olan ender BRT örneklerinden biridir. Beton yolların ilk yapım maliyeti, asfalt kaplamaya göre oldukça fazladır. Bu sebeple Pittsburgh Busway Sistemi'nin altyapı maliyeti çok yüksektir.

Toplam uzunluğu diğer BRT sistemlerine göre oldukça kısa olan bu Busway'in durakları arasındaki mesafeler oldukça uzundur. Bu sebeple de ortalama hız yüksektir.

Hibrit araçların kullanıldığı Pittsburgh Busway Sistemi'nin çevreye duyarlılık açısından olumlu bir sistem olduğu söylenebilir. O halde sürdürülebilir ulaşım ilkeleri açısından da uyumlu bir sistemdir.

3.2.6 Amsterdam - Hollanda

Tablo 3.6 Amsterdam Metrobüs Sistemi

Sistem Özellikleri	Sistemin Açılış Yılı	2002
	Sistemin Günlük Yolcu Taşıma Kapasitesi (yolcu/gün)	32.000
	Durak Sayısı	33
	Ortalama Durak Mesafesi (m)	1.750
	Metrobüse Ait Yol Uzunluğu (km)	44,5
	Aracın Ortalama Seyir Hızı (km/ saat)	38
	Bilet Ücreti (\$)	1-4
Yol Özellikleri	Yol Özelliği	Her Yönde Tek Şerit
	Yolun Yapıldığı Malzeme	Beton
Araç Özellikleri	Aracın Uzunluğu (m)	18
	Aracın Yolcu Kapasitesi	130
	Çevreye Duyarlı Araç (Euro3 ve üstü)	Var
Maliyetler	Altyapı Maliyeti (milyon \$/ km)	11
	Araç Maliyeti (milyon \$)	-

Kaynak: www.itdp.org

Amsterdam Metrobüs Sistemi'nde yol kaplaması beton olduğundan altyapı maliyeti oldukça yüksektir.

Duraklar arasındaki mesafelerin fazla olması, ortalama hızın yüksek olmasını sağlamaktadır.

Beton kaplamanın, asfalt kaplamaya göre daha az pürüzlülüğe sahip olması, araçların kaplamadan daha az direnç görmeleri sonucunu doğurmakta, bu durum yakıt tasarrufuna yol açmaktadır. Dolayısıyla yol kaplaması beton olan metrobüs sistemlerinde sürdürülebilir ulaşım konusunda hassas davranıldığı düşünülmektedir.

3.3 İSTANBUL METROBÜS

İstanbul'da 2007 yılında metrobüsün hizmete açılmasıyla birlikte 2.000 Minibüs E5'ten çekilmiş olup, bu minibüslerin 300 adedi başka hatlara kaydırılırken, 1.700 adedi metrobüs ile entegreli çalışmaya başlamıştır. Ayrıca taksi ve dolmuş güzergahları yeniden düzenlenmiştir. Metrobüs projesi kapsamında 150 adet Capacity metrobüs aracı alınmıştır. İstanbul metrobüs sistemi 42 km yol uzunluğuna sahip olup toplamda 34 durak içermektedir. Duraklar arası ortalama mesafe ise 1200 m'dir. Sistemdeki araçların ortalama hızı yaklaşık 40 km/saat'tir. İstanbul metrobüs sistemiyle ilgili güzergah bilgileri ve bazı teknik bilgiler şu şekildedir; [İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü(İETT)]

Şekil 3.2 Avcılar-Zincirlikuyu-Söğütöçme Metrobüs Güzergahı



1.ETAP: AVCILAR-TOPKAPI:

AÇILIŞ TARİHİ: Eylül 2007

HAT UZUNLUĞU: 18,2 KM

YOLCU SAYISI: 160.000 YOLCU/GÜN

DURAK SAYISI: 16

ORTALAMA SEYAHAT SÜRESİ: 27 dk

ARAÇ SAYISI: 90

SİSTEM KESİT KAPASİTESİ: 14.500 YOLCU/SAAT/YÖN

ORTALAMA SEYAHAT MESAFESİ: 11.5KM

2.ETAP: TOPKAPI-ZİNCİRLİKUYU:

AÇILIŞ TARİHİ: Eylül 2008

HAT UZUNLUĞU: (ARTIŞ) 11.8 KM

YOLCU SAYISI: 310.000 YOLCU/GÜN (DAHA ÖNCE 160.000 YOLCU/GÜN)

DURAK SAYISI: 10 (EKLENEN)

ORTALAMA SEYAHAT SÜRESİ: 18 dk

ARAÇ SAYISI: 200 (AVC-ZNC:160 + AVC-TOP:40)

SİSTEM KESİT KAPASİTESİ: 18.000 YOLCU/SAAT/YÖN

ORTAMAMA SEYAHAT MESAFESİ: 14KM

3.ETAP: ZİNCİRLİKUYU-SÖĞÜTLÜÇEŞME:

AÇILIŞ TARİHİ: Mart 2009

HAT UZUNLUĞU: (ARTIŞ) 11.5KM (TOPLAM HAT UZUNLUĞU: 41.5KM)

YOLCU SAYISI: 600.000 YOLCU/GÜN

DURAK SAYISI: 7 (EKLENEN)

ORTALAMA SEYAHAT SÜRESİ: 18 dk

ARAÇ SAYISI: 315 (AVC-ZNC:170 + AVC-TOP:50 + EDN-SĞT:40 + ZNC-SĞT:55)

SİSTEM KESİT KAPASİTESİ: 20.000 YOLCU/SAAT/YÖN

ORTALAMA SEYAHAT MESAFESİ:17KM

Tablo 3.7 İstanbul Metrobüs Sistemi'nin genel özellikleri

Toplam Hat Uzunluğu	42 km
Toplam İstasyon Sayısı	33 istasyon
Avcılar-Söğütlüçeşme Seyahat Süresi	63 dk
Ortalama Hız	40 km/saat
Toplam Araç Sayısı	315 araç
Günlük Sefer Sayısı	3.300 sefer/gün
Ortalama Sefer Sıklığı	45-60 sn
Günlük Taşınan Yolcu Sayısı	600.000 yolcu/gün
Pik Saatte Taşınan Yolcu Sayısı	30.000 saat/yön
Hizmet Süresi	24 saat
Toplam Çalışan Personel Sayısı	845 kişi

Kaynak: İETT

Araç Tipleri

CAPACITY:

Metrobüs hattında 250 adet Capacity marka metrobüs bulunmaktadır.

- Uzunluğu: 19.5 m
- Geniřlięi: 2.55 m
- Düşük taban özelliği
- Kapasitesi: 193 kişi

CITERO:

Metrobüs hattında 50 adet Citero marka metrobüs bulunmaktadır.

- Uzunluğu: 18 m
- Geniřlięi: 2.55 m
- Düşük taban özelliği
- Kapasitesi: 136 kişi

PHILEAS:

Metrobüs hattında 50 adet Phileas marka metrobüs bulunmaktadır.

- Uzunluğu: 26 m
- Geniřlięi: 2.55 m
- Düşük taban özelliği
- Kapasitesi: 230 kişi

Tüm metrobüs güzergahı için Tablo 3.8’de metrobüs öncesi ve sonrası durum görülmektedir.

Tablo 3.8 Metrobüs öncesi ve sonrası değerler

METROBÜS ÖNCESİ				METROBÜS SONRASI			
Araç Sayısı	Sefer Sayısı	Seyahat Süresi	Ücret	Araç Sayısı	Sefer Sayısı	Seyahat Süresi	Ücret
1.505	6.438	180 dk.	4,5 TL	315	3.300	63 dk.	1,95 TL 3durak 1,35 TL



Kaynak: İETT

İstanbul’a metrobüsün kazandırdıkları;

-Çevreye, trafiğe katkısı ve yakıt tasarrufu;

80 bin araç trafikten çekildi,

Günlük 623 ton karbondioksit havadan eksildi,

242n akaryakıt tasarrufu sağlandı.

-Seyahat süresinden kazanç;

Günlük 109 dk/yolcu,

Yıllık 28 gün/yolcu.

-Kişisel refah;

Müşteri memnuniyeti.

İstanbul metrobüs sisteminde metrobüslerin günlük katettiği toplam yol 137.782 km olup, günlük yakıt sarfiyatı 68.878 litredir.

İstanbul'da İTÜ bünyesinde yapılan bir çalışmada 450 metrobüs yolcusu ile(246 erkek, 204 bayan) yapılan anketlerde, metrobüsü kullanan yolculardan yüzde 44'ünün özel araçlarının olmasına rağmen metrobüsü kullandıkları belirlenmiştir.

Şekil 3.3 Altunizade Metrobüs Durağı'ndan metrobüs hattı ve Kızıltoprak-Boğaziçi yönünde seyreden taşıtların durumu (07/05/2012 Saat: 08.26)



Şekil 3.4 Altunizade Metrobüs Durağı (07/05/2012 Saat: 08.26)



Metrobüs hattı ile sağlanan tahmini günlük tasarruflar Tablo 3.9’da görülmektedir.

Tablo 3.9 İstanbul Metrobüs Sistemi’nin genel özellikleri

Araç Sayısındaki Toplam Azalma Miktarı	80.000 araç
Katedilen Yol Uzunluğundaki Azalma	2.821.000 km
Yakıt Sarfiyatındaki Azalma	242.050 litre
Yakıt Maliyet Tasarrufu	690.000 TL
Karbondiyoksit Emisyon Tasarrufu	623 ton/gün
Zaman Tasarrufu	42.100 işgünü

Kaynak: İETT

İstanbul’da planlanan metrobüs hatları ise şu şekildedir;

- Avcılar – Beylikdüzü
- Yenikapı – Başakşehir
- Eminönü – Küçükçekmece
- Kozyatağı – Seyrantepe
- Altunizade – Sultanbeyli (İETT)

4. EDİNBURGH'DA YAPILAN BİR ÇALIŞMA: EDİNBURGH SEYİR ÇEVİRİMİ ÖLÇÜMÜ

İskoçya'nın Edinburgh şehri için yapılmış ve bizim çalışmamızla örtüşen bir çalışmayı özetleyecek olursak;

İskoçya'nın eski ve tarihi başkenti olan Edinburgh 449000 nüfusa sahiptir. Tarihi doğası nedeniyle şehrin yolları oldukça dardır. Son zamanlarda şehirde hava kalitesini tehdit eden en önemli unsur, araçlardan yayılan gazların yarattığı kirliliktir. Şehir merkezinin ana arterleri, günlük yaklaşık 25000-50000 araçlık trafik akımına sahip Queen St, Leith Walk, Lothian Rd, Gorgie Rd ve West Maitland St'dir.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için Renault araba desteğinde bulunmuştur. Çalışmanın temelinde, seçilen güzergahlarda yoğun trafik saatlerinde yolculuk edecek olan araçta saniye bazında hız ölçmek ve bu verilerin bilgisayara aktarılarak analiz edilmesi yatmaktadır.

Araç şehir merkezinde önceden belirlenmiş 6 güzergahta trafiğin yoğun olduğu saatlerde yolculuklar yaparak yukarıda bahsedilen ölçümleri yapmıştır. Bu çalışma iki aşama olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama 1999 yılının Haziran ayında başlayarak 1999 yılının Eylül ayının sonuna kadar sürmüştür. İlk aşamada ölçümler her hafta ve haftanın tüm günleri olarak yapılmıştır. İkinci aşama ise 1999 yılının Kasım ayında başlayarak 2000 yılının Mayıs ayında bitmiştir. İkinci aşamadaki ölçümler ayda 1 hafta olarak yapılmıştır.

Araç her gün, seçilmiş olan altı güzergahın üçünde yolculuk etmiştir. Bu günlerin hepsinde araç şu programa göre hareket etmiştir; (i) sabah yoğun saatler (08:00-10:00); (ii) gün ortası yoğun saatler (12:00-13:00); (iii) akşam yoğun saatler (16:00-18:00); ve (iv) gece (21:00-22:00). İlk üç periyod trafiğin tıkanık olduğu durumla ilgili bilgi verirken gece periyodu ise trafiğin "serbest akım" halindeki durumuyla ilgili bilgi vermektedir.

İdeal olarak, günlük ve mevsimsel trafik varyasyonlarını hesaplayabilmek için veri uzun bir zamana yayılarak toplanmalıdır. Bu çalışmada 6 aylık ölçümler sonucunda seyir çevrimini belirlemek mümkün olmuştur. Tüm güzergahlar için seyir çevrimi oluşturulabilmesi için, toplanan verilerin analizi geniş bir prosedüre ihtiyaç duymuştur. Planlama aşamasından Edinburgh seyir çevriminin(EDC) üretilmesine kadar olan süreçte izlenen adımlar şu

şekildedir: (i) verilerin toplanmasıyla Microsoft Excel yazılımında çalışma kılavuzunun oluşturulması arasındaki sürecin otomatik olarak işlemesi için FORTRAN bilgisayar programı oluşturulması; (ii)Trafik Akım İndeksinin(TRAFIX) oluşturulması metodu; (iii)İstatistiksel analizin performansı; (iv) Ağırlık faktörünün hesaplanması; ve (v) EDC'nin hesaplanması.

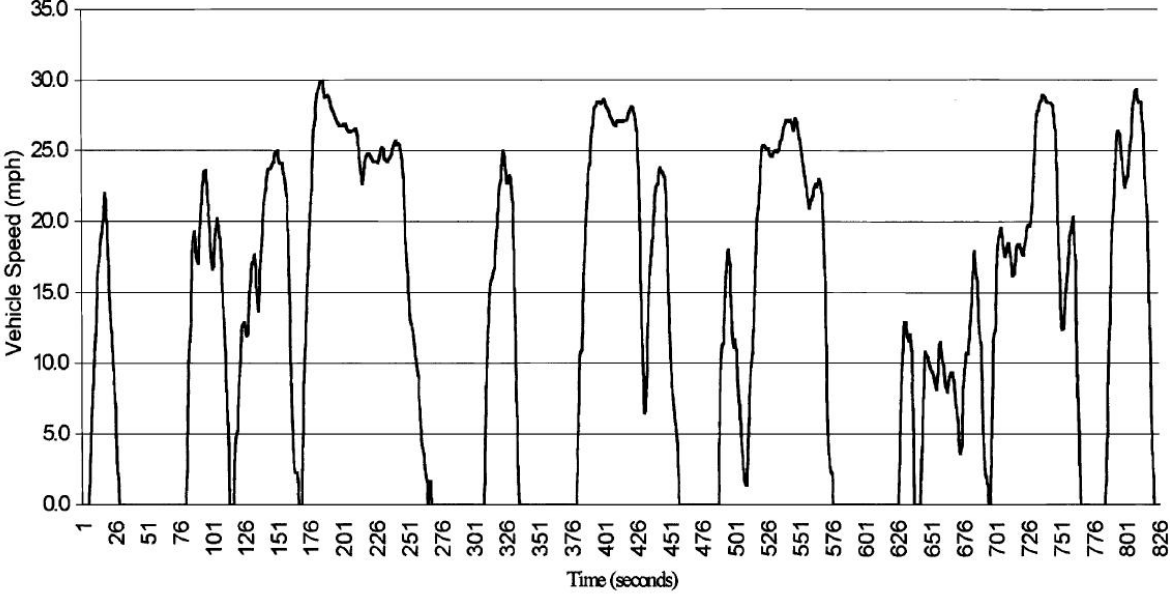
840 adet ölçülen veri kümelerinden seyir çevrimini hesaplayabilmek için TRAFIX denilen metod geliştirildi. TRAFIX ölçülen her veri kümesi için bir kod oluşturuyor. Bu kod, yolculuk boyunca aracın saniye bazındaki hızının kimliğini tanımlıyor. Daha sonra bütün ölçülen hızlar beş aralıkta gruplanıyorlar: 0 mph, 0-15 mph, 15-20 mph, 20-25 mph ve 25-30 mph. Daha sonra her saniye için kaydedilmiş veriler bu hız aralıklarından birine dahil oluyorlar, böylece özel bir kod oluşuyor. Bunun yanında hızlanma oranları için de kodlar oluşturuluyor.

Bu analizde önemli olan nokta, belirli bölgelerdeki hızlar yerine total olarak aracın hızını bilmek ve bunu irdelemektir. Diğer bir deyişle, belirli bazı bölgelerde oluşan yoğunlukları bilmek değil bu yoğunlukların toplam sıklıkları ve sürekliliklerini bilmek önemlidir.

Bu kodların analizi, hafta içi günlerin benzer bir şablon takip ettiğini, fakat Cumartesi ve Pazar günleri her birinin farklı bir şablon takip ettiğini gösterdi. Bu nedenle veriler üç farklı kümeye ayrıldı: (1) Pazartesten Cumaya hafta içi günleri; (2) Cumartesiler; ve (3) Pazarlar.

Avrupa Seyir Çevrimi(ECE) ile EDC arasında karşılaştırma yapılacak olursa; ECE, urban ve extra-urban olmak üzere iki alt döngü içermektedir. Extra-urban, bir öncekinin gelişmiş hali olup otoyol sürüş örneklerini de içermektedir. EDC otoyol içermediği için, bu karşılaştırma ECE'nin ilk alt döngüsü olan urban ele alınarak yapılacaktır. ECE ve EDC; ortalama hız, geçen zaman ve alınan mesafe açısından benzer özellikler göstermektedir. Fakat kırılma noktaları olan; rölantide olma, sabit hızla hareket durumu, hızlanma ve yavaşlama durumlarında bu iki çevrim farklılık göstermektedir. EDC tüm çevrimin yüzde 60'ı kadar hızlanma ve yavaşlama periyodu içerirken ECE toplam çevrimin üçte biri kadar hızlanma ve yavaşlama periyodu içermektedir. Bu farklılığın sebebi, EDC'nin gerçek trafik ölçümleri sonucu oluşmasına karşın ECE'nin sadeleştirilmiş bir model kullanarak yapay bir çevrim olmasıdır. (Esteves-Booth, A., Muneer, T., Kirby, H., Kubie, J. & Hunter, J. 2001) Şekil 4.1'de Edinburgh Driving Cycle diyagramı görülmektedir.

Şekil 4.1 Edinburgh Driving Cycle diyagramı



5. İSTANBUL'DA SEYİR ÇEVİRİMİ ÖLÇÜMÜ ÇALIŞMASI

İstanbul nüfusu her geçen gün artan tarihi bir şehir konumundadır. Yaklaşık 14 milyonluk nüfusuyla Türkiye'nin en kalabalık şehri olmakla birlikte, iktisadi ve kültürel açıdan da en önemli şehridir. İstanbul'da yaşayanların yüzde 64,62'si(yaklaşık 9 milyon) Avrupa Yakası'nda, yüzde 35,38'i(yaklaşık 5 milyon) de Anadolu Yakası'nda ikamet etmektedir. Sürekli artan nüfusun getirdiği yoğun talep ve bu talebi karşılayamayan ulaşım sistemleri, şehirde önemli boyutlarda trafik problemlerine sebebiyet vermektedir. 2010 yılında Türkiye'deki toplam araç sayısı 15.095.603, İstanbul'daki toplam araç sayısı ise 2.794.236 olmuştur ve her geçen yıl, hem Türkiye'deki hem de İstanbul'daki toplam araç sayısının artmaktadır. Yıl içinde kaydı yapılan araç sayısı 2010 yılında Türkiye geneli için 930.603, İstanbul için ise 313.332'dir. Bu rakamları günlük bazda verecek olursak, 2010 yılında günde yeni kayıt yapılan araç sayısı Türkiye geneli için yaklaşık 2550, İstanbul için ise 859 olmuştur. Yıl içinde kaydı silinen araç sayısı 2010 yılında Türkiye geneli için 151.700, İstanbul için ise 92.256'dır. Yine bu rakamları günlük bazda verecek olursak, 2010 yılında günde kaydı silinen araç sayısı Türkiye geneli için yaklaşık 416, İstanbul için ise 253 olmuştur. Bu durumda 2010 yılında İstanbul'da, bir günde yeni kayıt yapılan yaklaşık araç sayısından bir günde kaydı silinen yaklaşık araç sayısını çıkardığımızda bulduğumuz 606 rakamı, 2010 yılı için İstanbul'da trafiğe her gün katılan araç sayısını ortalama olarak ifade etmektedir. Bu rakamlar TUİK Motorlu Kara Taşıtları İstatistiklerinden alınmıştır. İlgili istatistikler EK 1, EK 2 ve EK 3'te görülmektedir. Sürekli artan araç sayıları yollarda tıkanıklıklara sebep olmakta, bu durum araçların trafikte geçirdikleri süreleri arttırmakta, bunun sonucunda da araçların tükettikleri enerji ve araçlardan havaya atılan gazların yarattığı kirlilik artmaktadır.

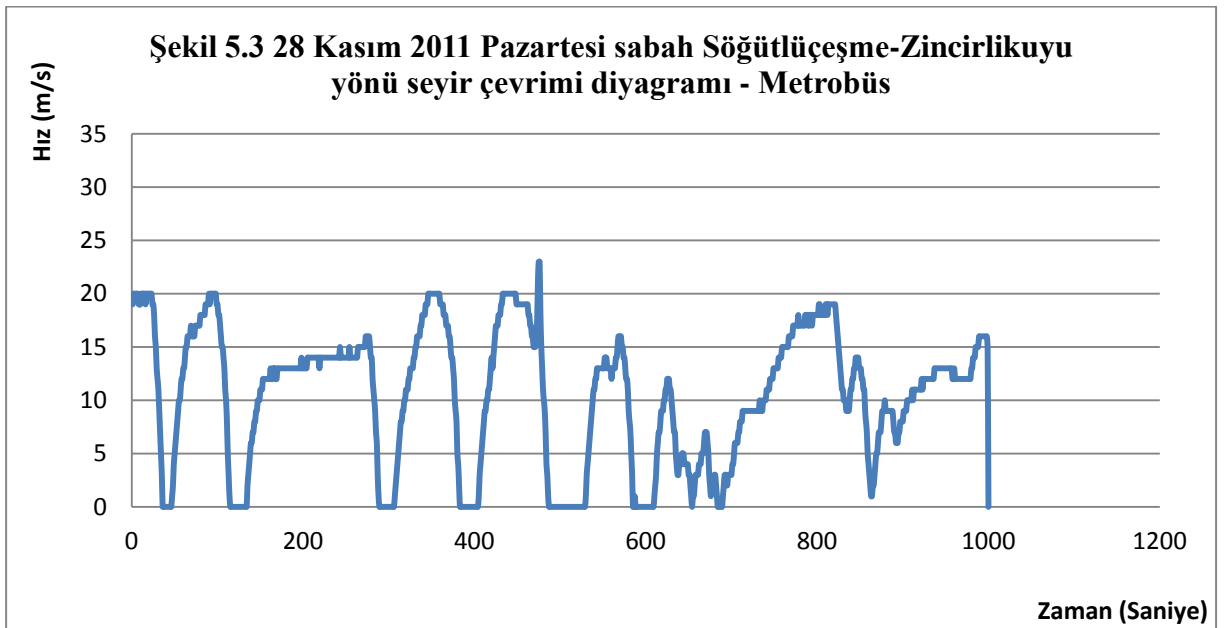
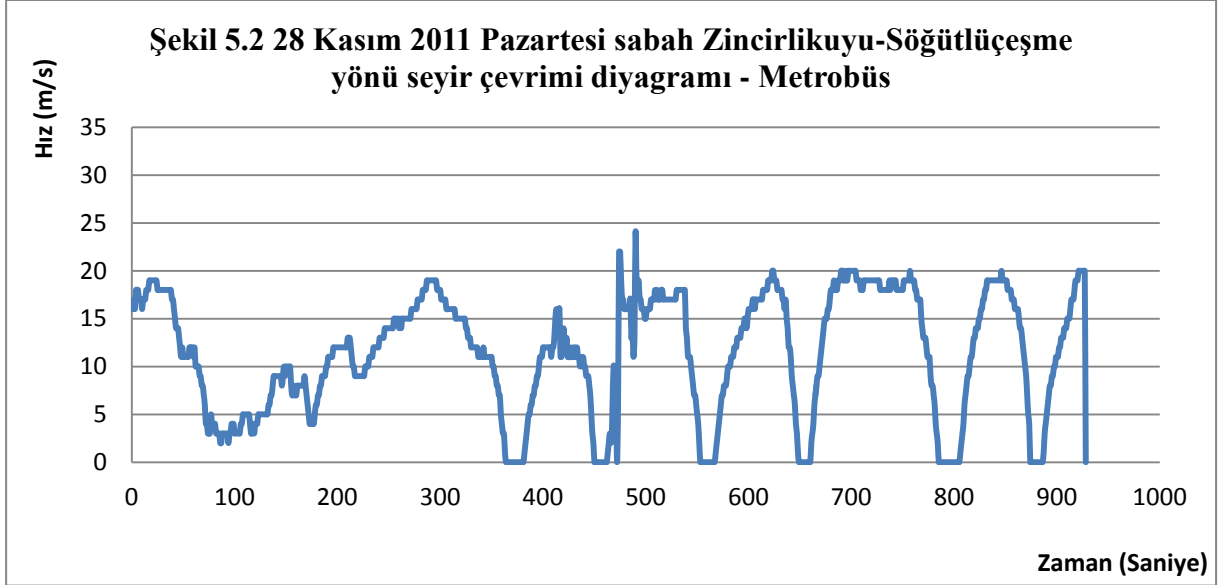
Kentin Anadolu ve Avrupa Yakaları arasındaki Boğaziçi Köprüsü ve onun çevreyollarında özellikle sabah ve akşam zirve saatlerde oluşan trafik tıkanıklıkları yıllardır bilinen bir gerçektir. Bu çalışmada; sözü edilen bu yol üzerinde sabah ve akşam zirve saatlerde seyir etmek durumunda olan bir özel otomobil ile aynı güzergaha paralel, fakat ayrılmış otobüs yolunda işletilen metrobüs araçlarının trafikte geçirdiği sürelerin saptanması amaçlanmış ve her iki yolda seyir eden bu araçların saniye bazındaki hız değişimleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmayı gerçekleştirmek için; önce İstanbul metrobüs sisteminin Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme güzergahı üzerinde Pazartesi, Çarşamba, Perşembe ve Cuma günleri sabah ve akşam zirve saatlerde her iki yönde de GPS aletiyle ölçümler yapılmıştır. Bu veriler bilgisayara ham olarak aktarıldıktan sonra “ExpertGPS” adlı bilgisayar programına işlenmiştir. Bu program yardımıyla metrobüs araçlarının saniye bazında hızları elde edilmiş ve elde edilen bu hız değerleri “Microsoft Excel” adlı bilgisayar programına işlenerek, metrobüs araçlarının ölçüm yapılan gün ve saatlere ait seyir çevrimi diyagramları elde edilmiştir. Şekil 5.1’de çalışmanın yapıldığı Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme arasındaki metrobüs güzergahının uzay fotoğrafı görülmektedir.

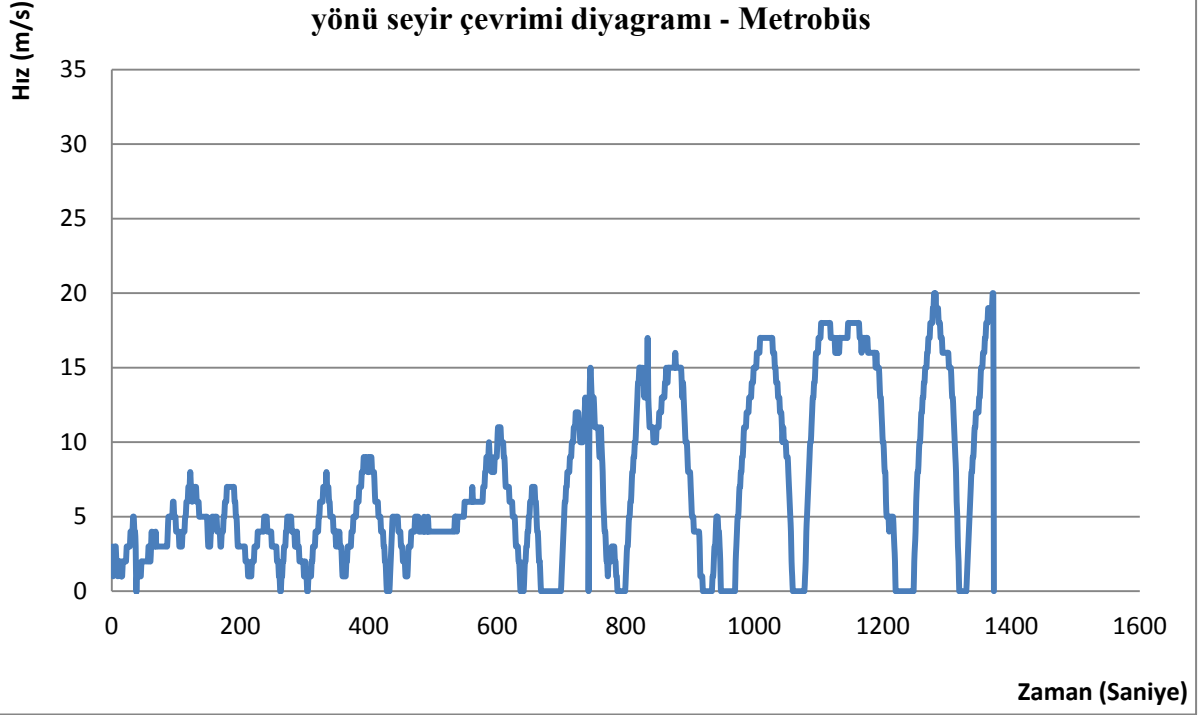
Şekil 5.1 Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme Metrobüs Güzergahı

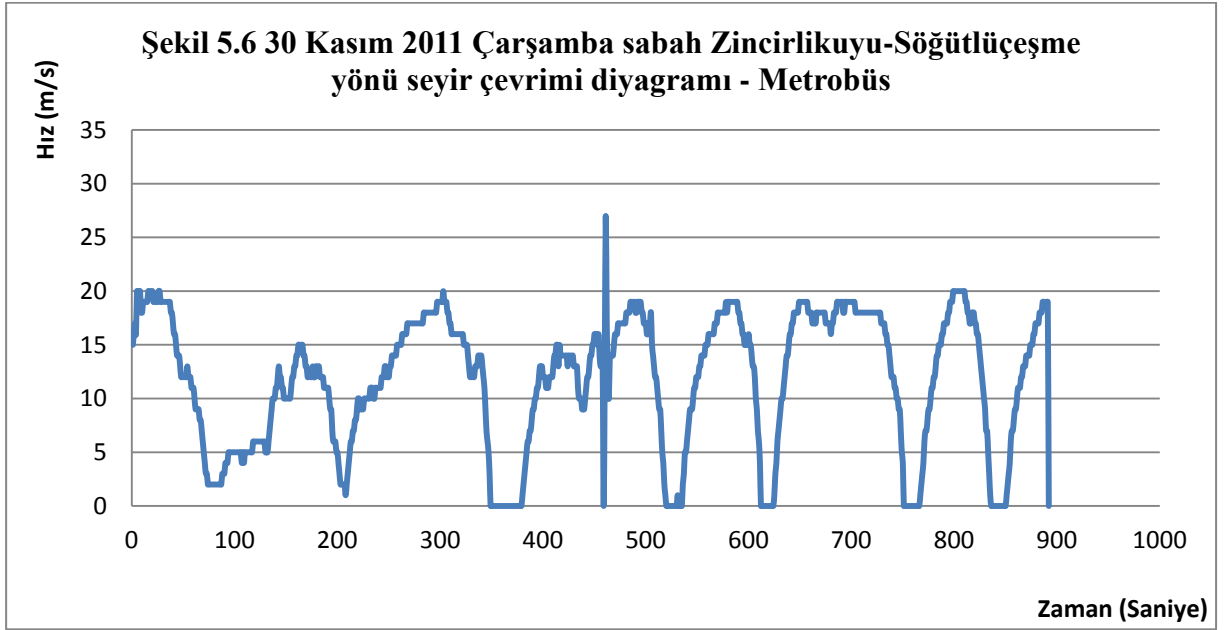
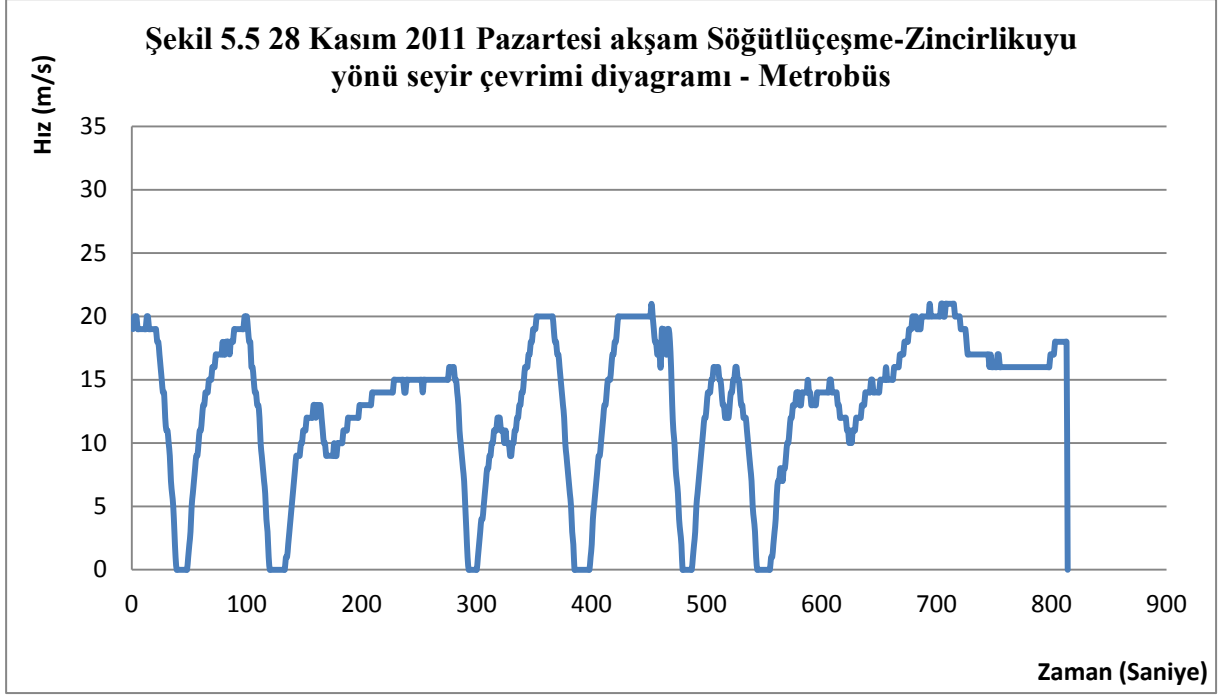


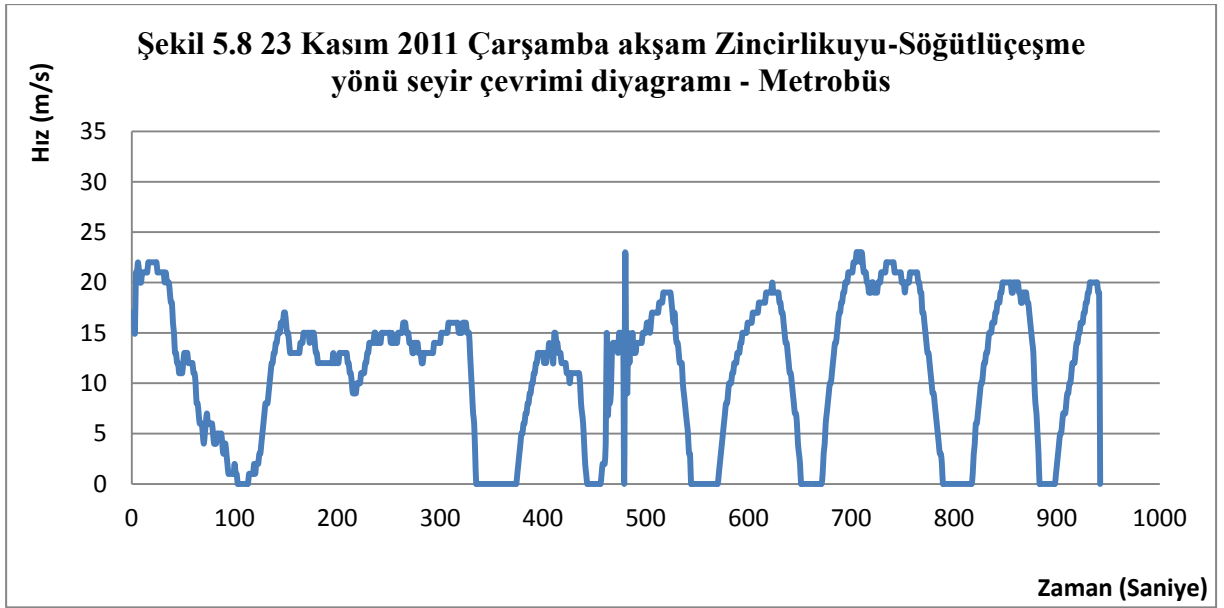
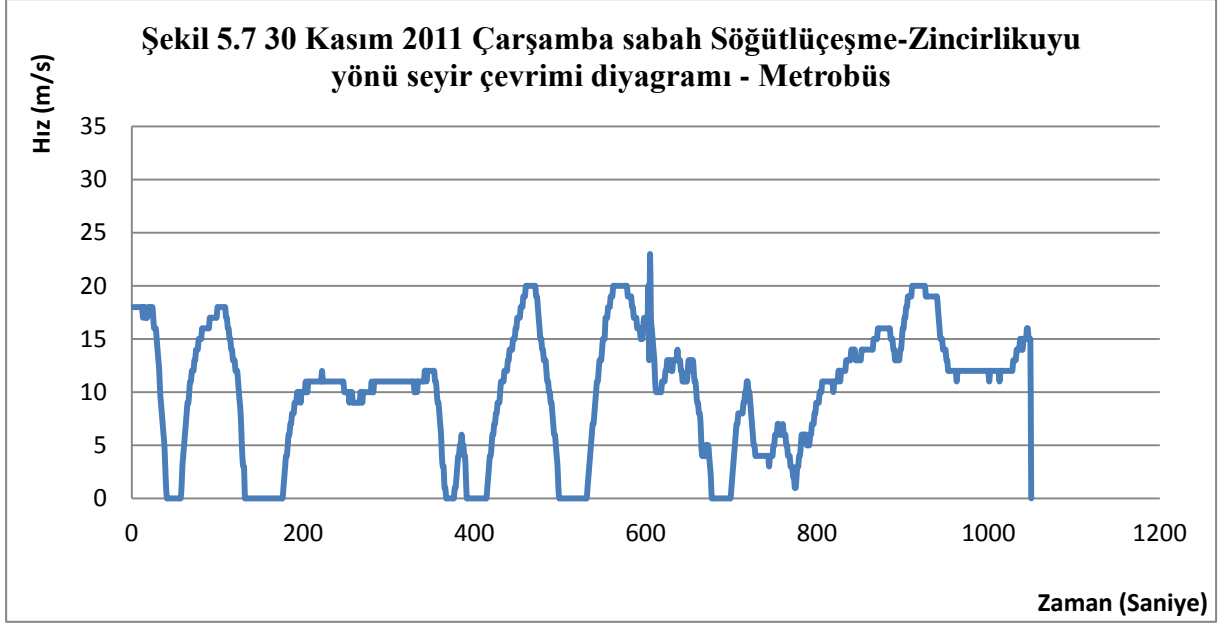
Elde edilen seyir çevrimi diyagramları aşağıda görülmektedir;

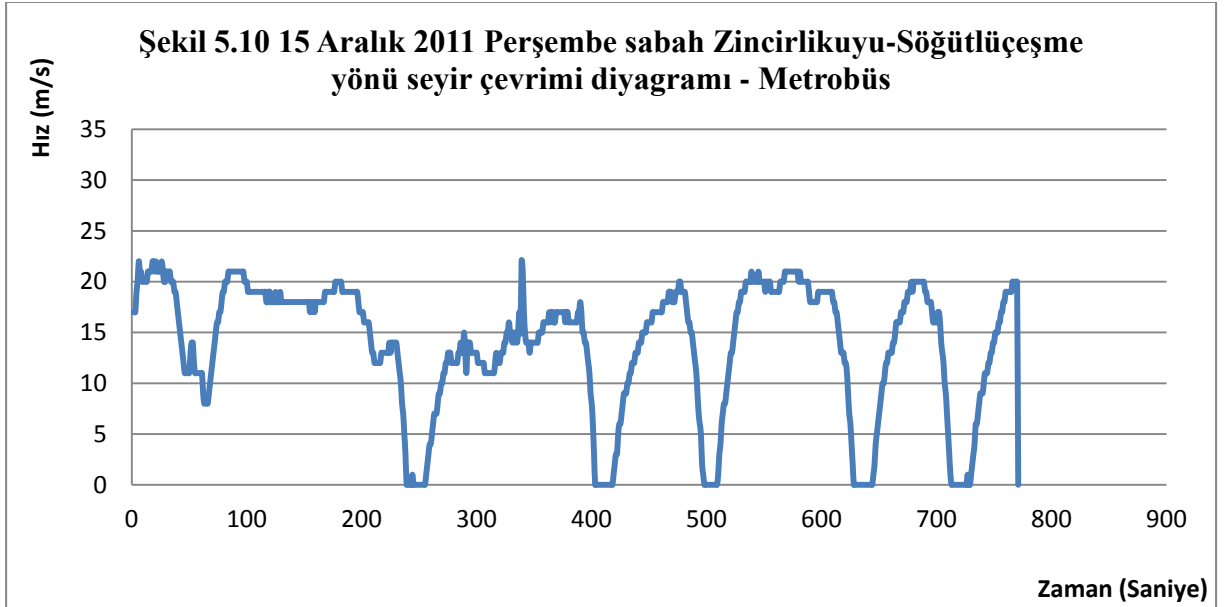
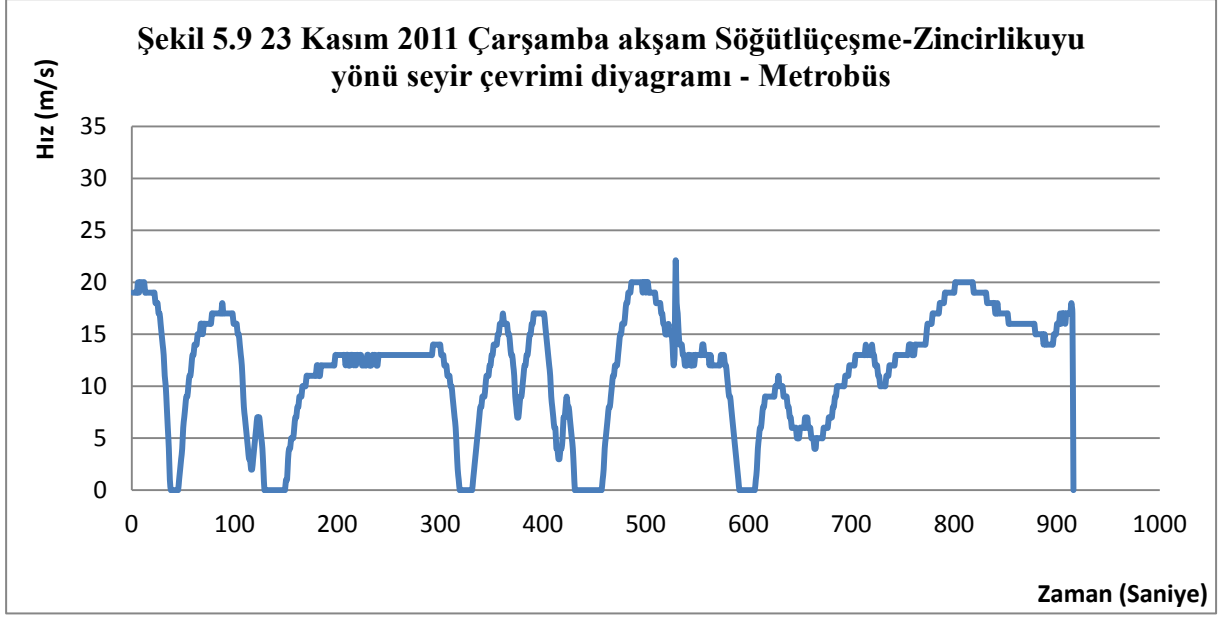


Şekil 5.4 28 Kasım 2011 Pazartesi akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı - Metrobüs

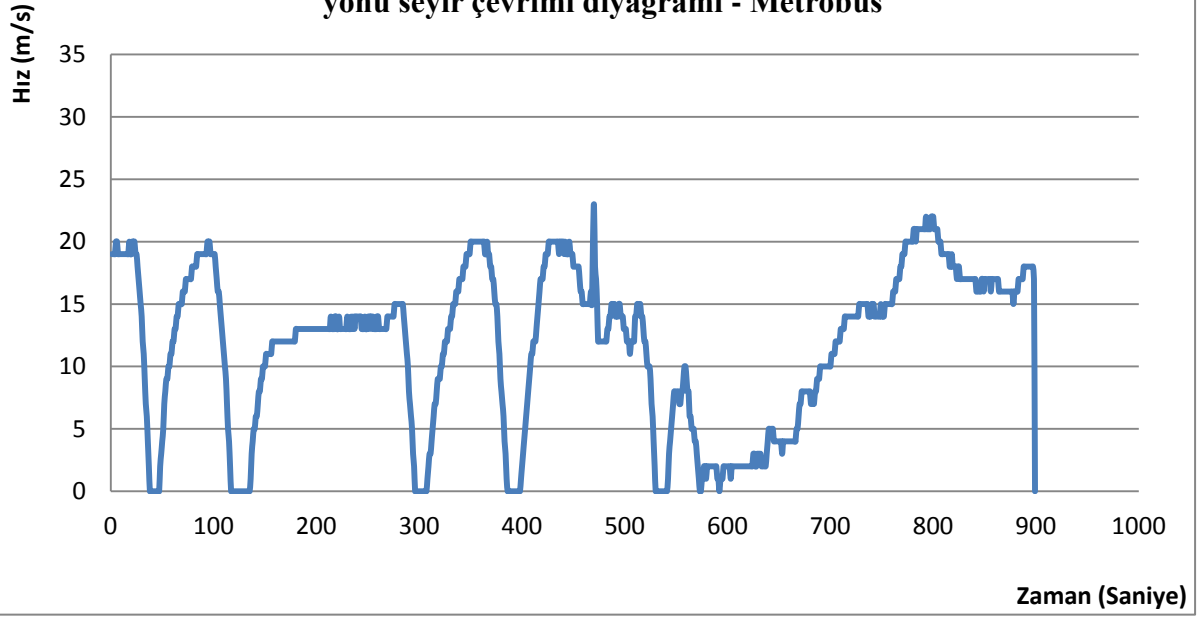




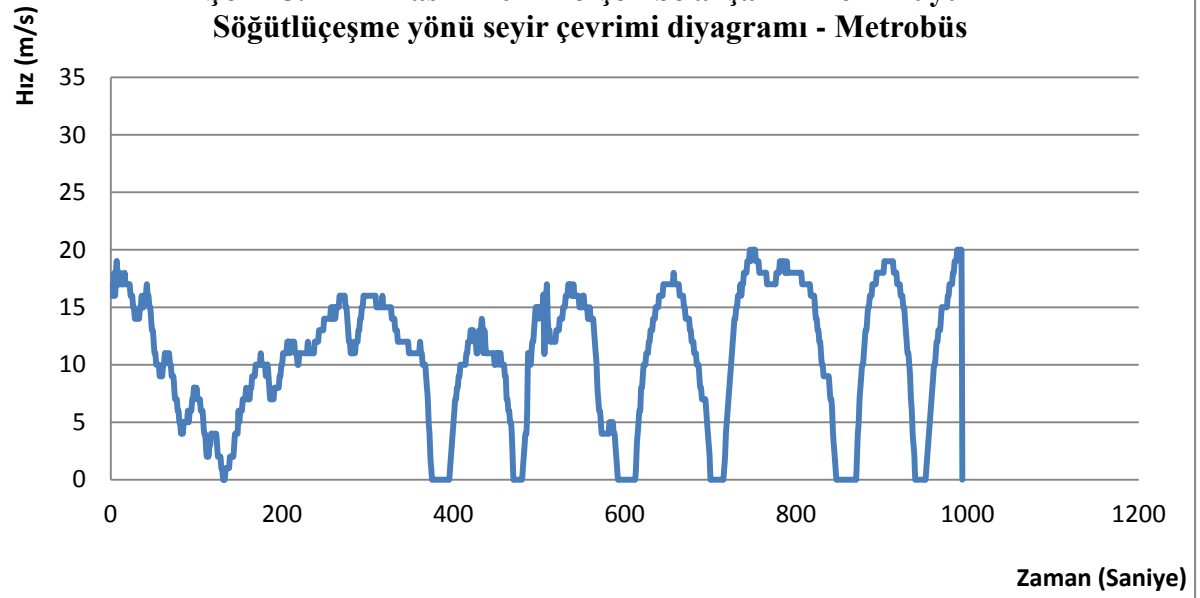




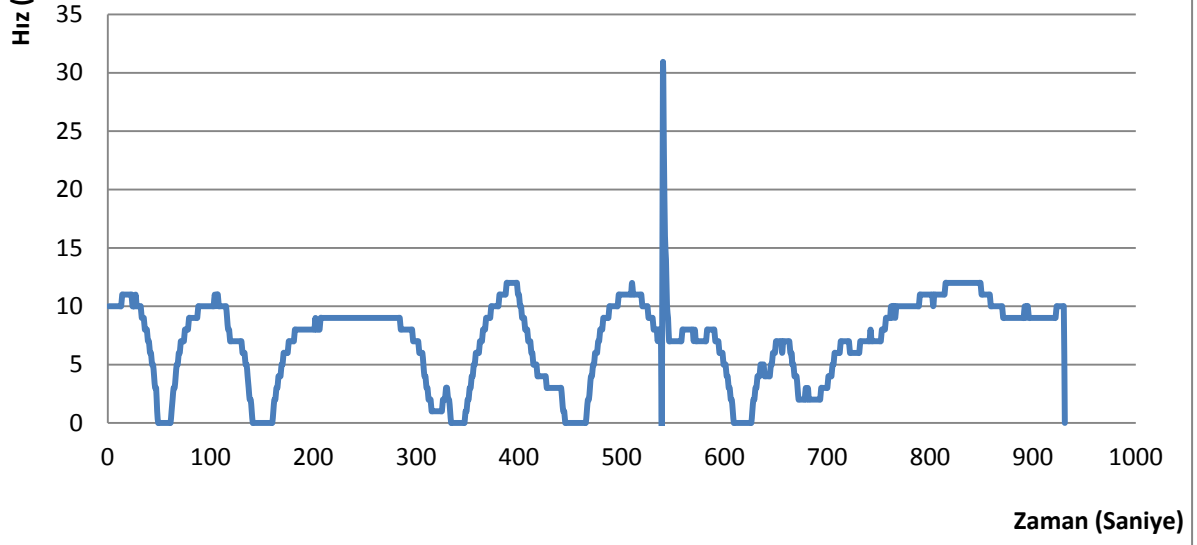
Şekil 5.11 15 Aralık 2011 Perşembe sabah Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı - Metrobüs



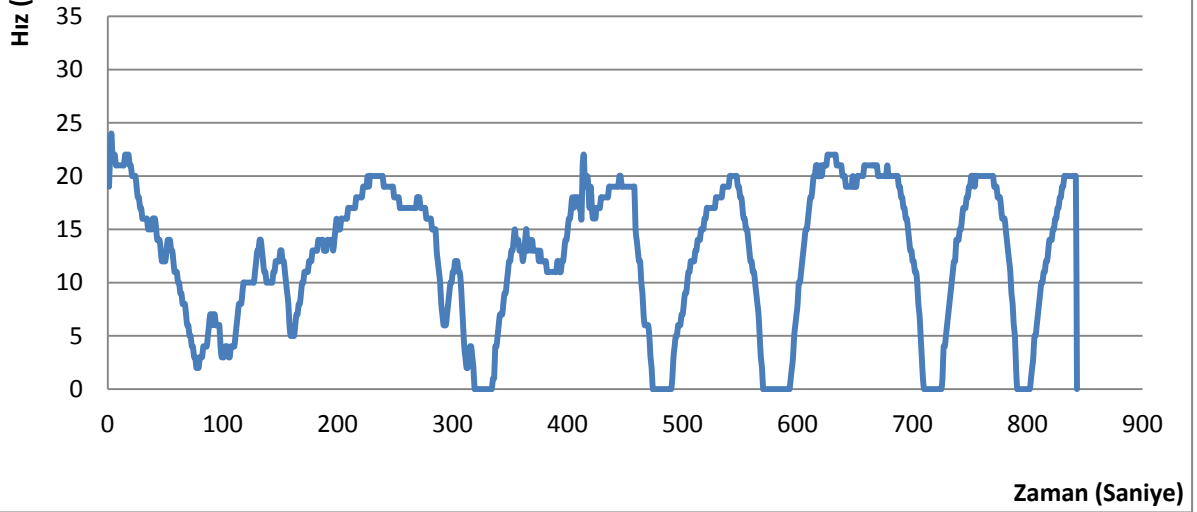
Şekil 5.12 24 Kasım 2011 Perşembe akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı - Metrobüs



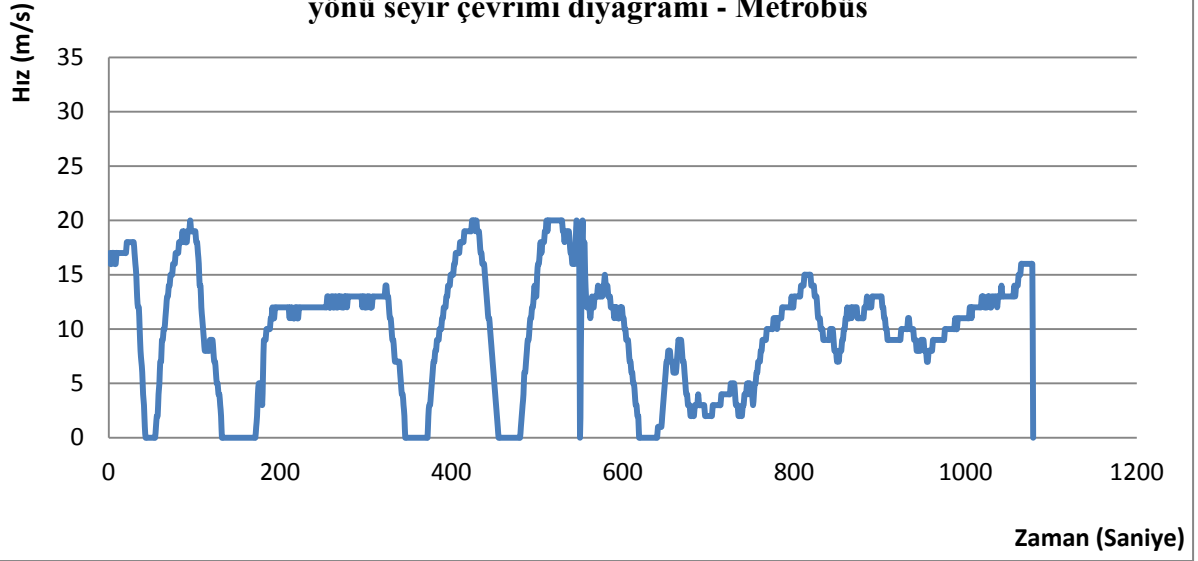
Şekil 5.13 24 Kasım 2011 Perşembe akşam Söğütluçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı - Metrobüs



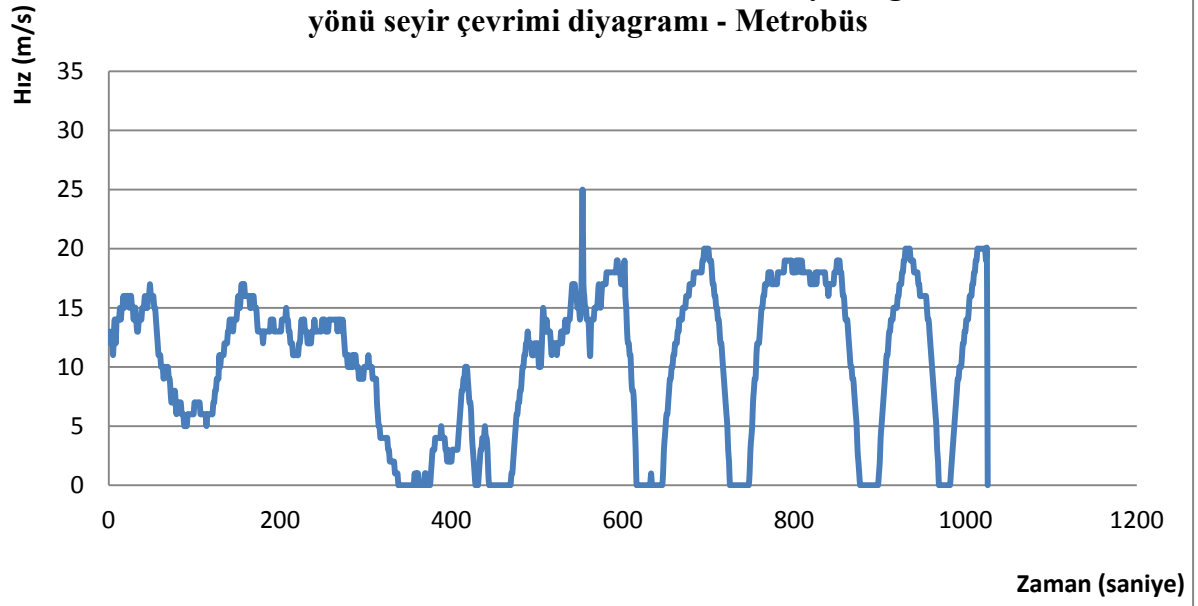
Şekil 5.14 16 Aralık 2011 Cuma sabah Zincirlikuyu-Söğütluçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı - Metrobüs



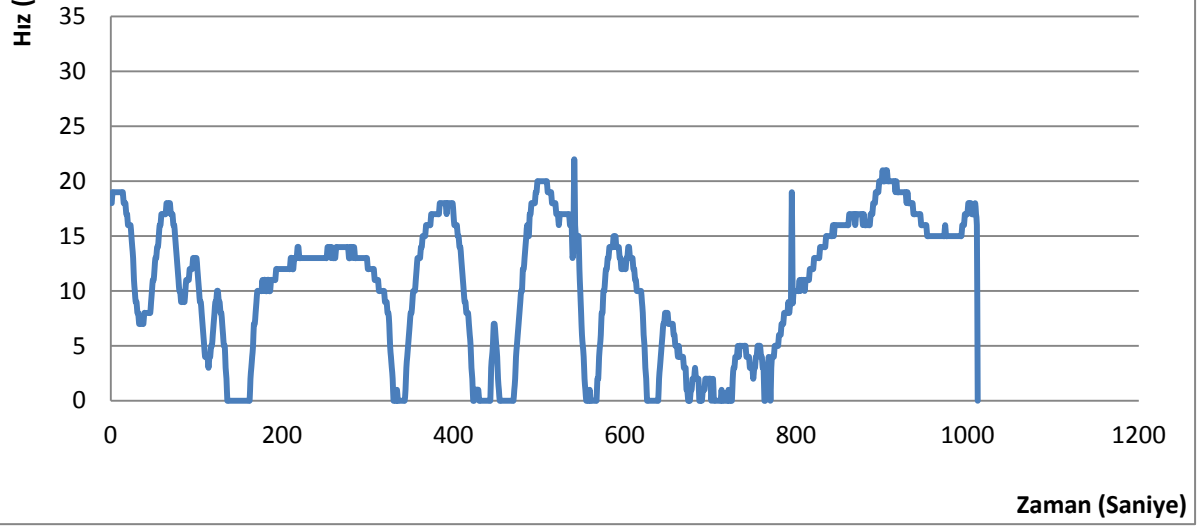
Şekil 5.15 16 Aralık 2011 Cuma sabah Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı - Metrobüs



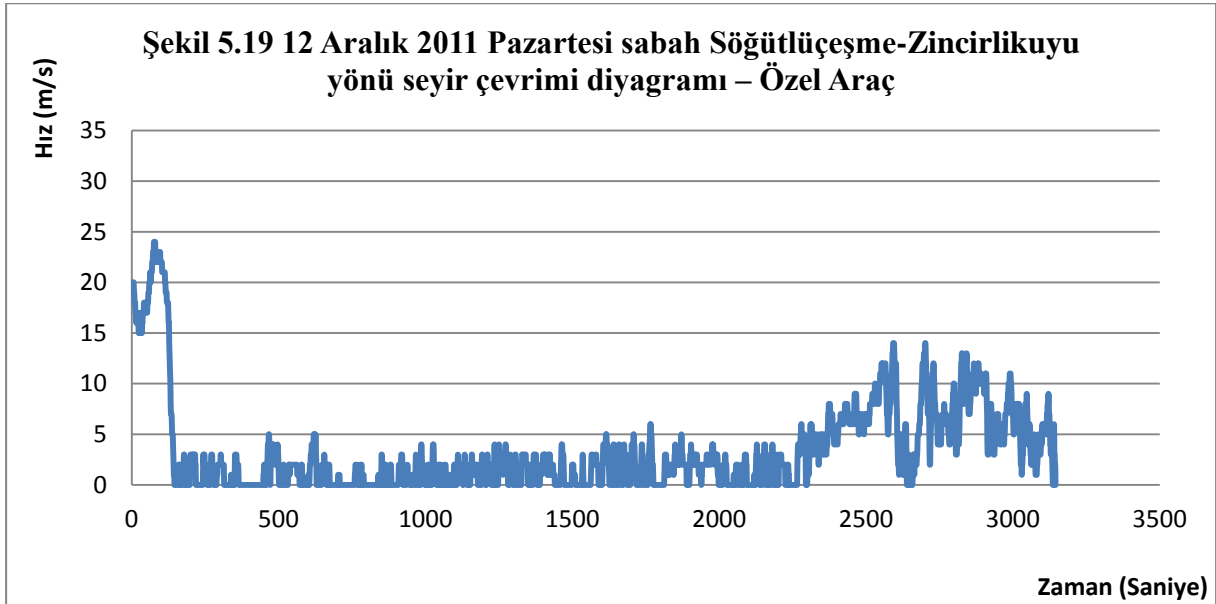
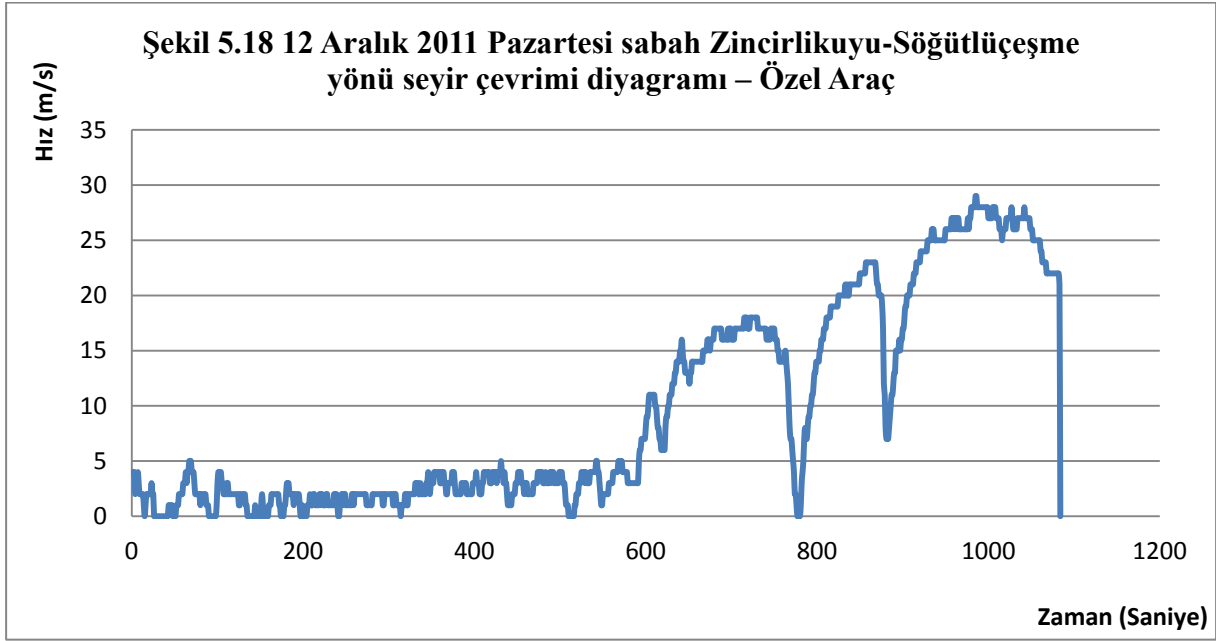
Şekil 5.16 25 Kasım 2011 Cuma akşam Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme yönü seyir çevrimi diyagramı - Metrobüs

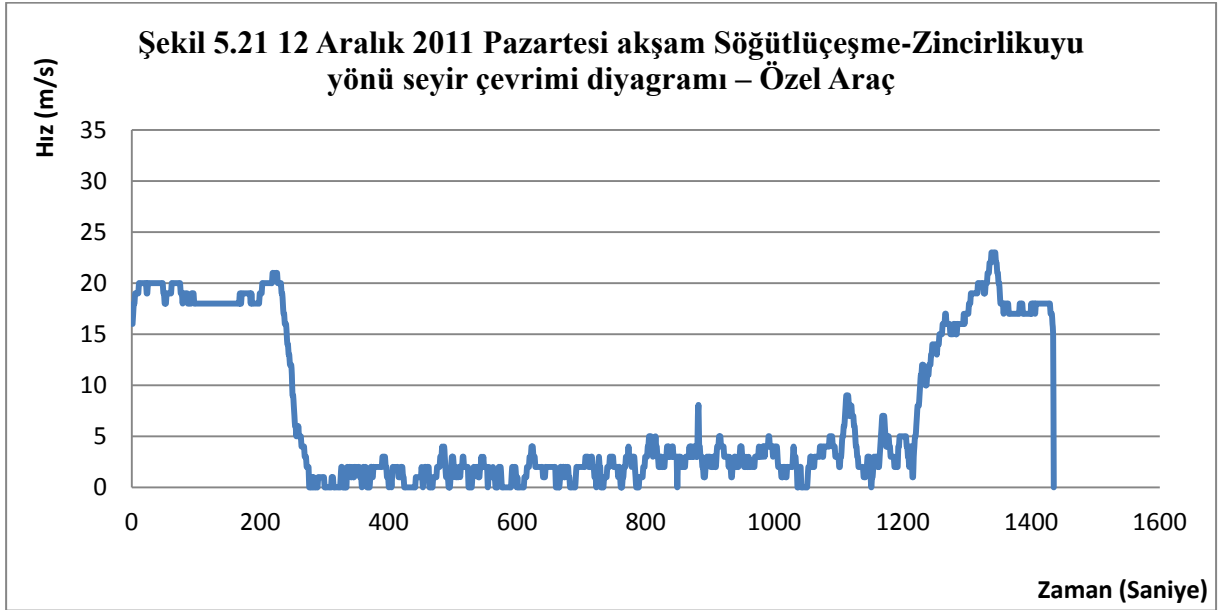
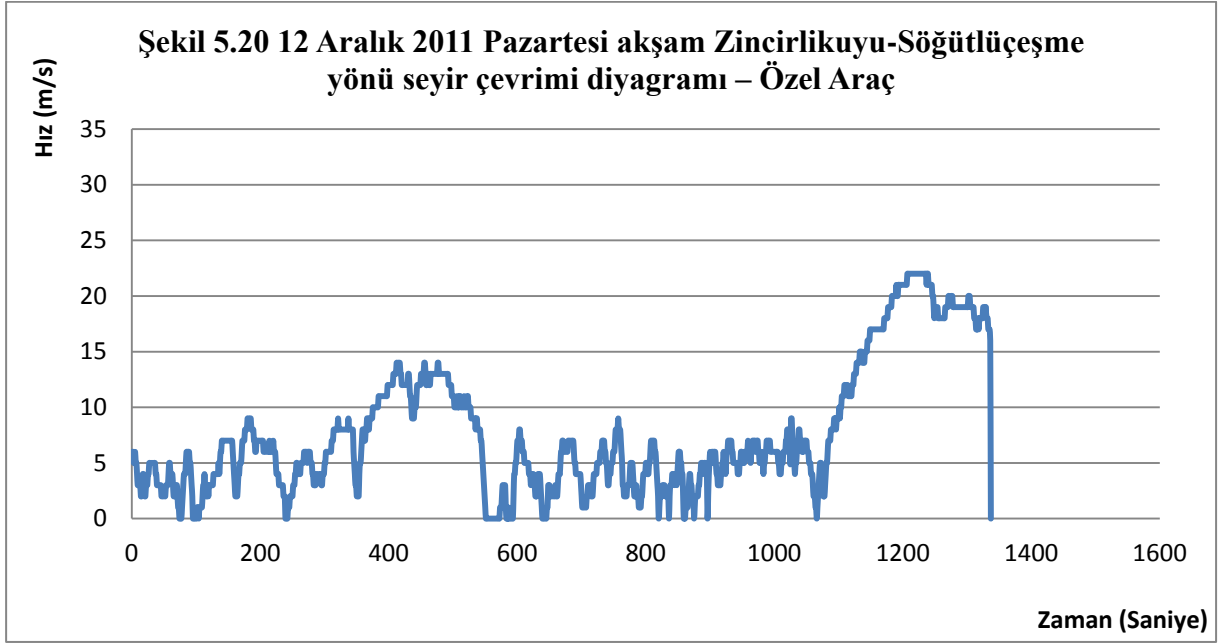


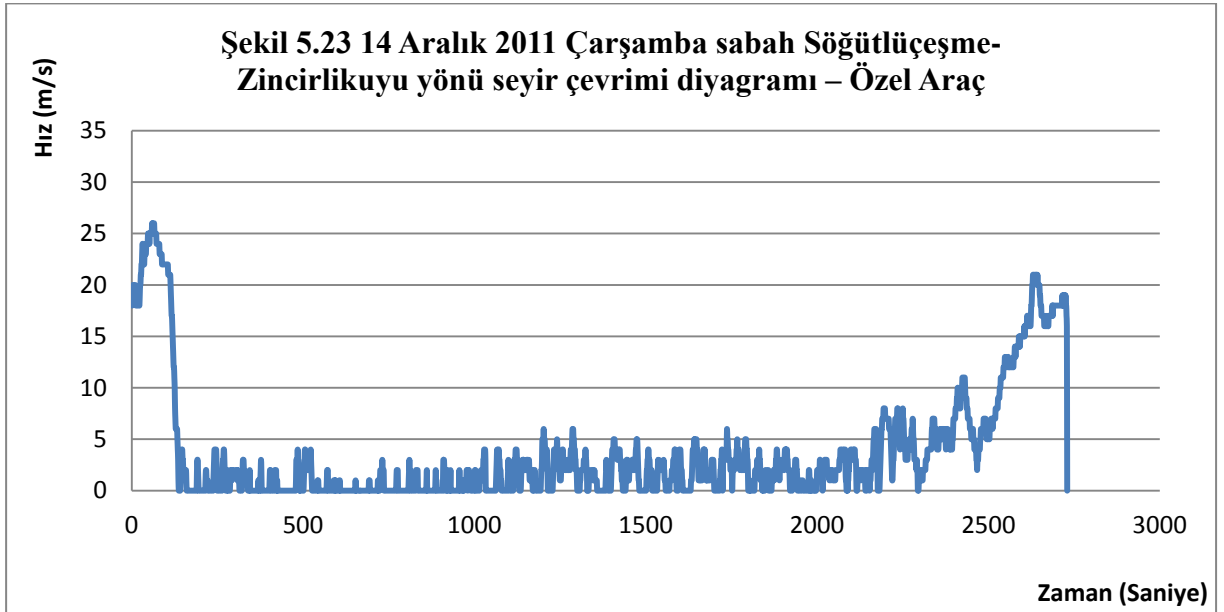
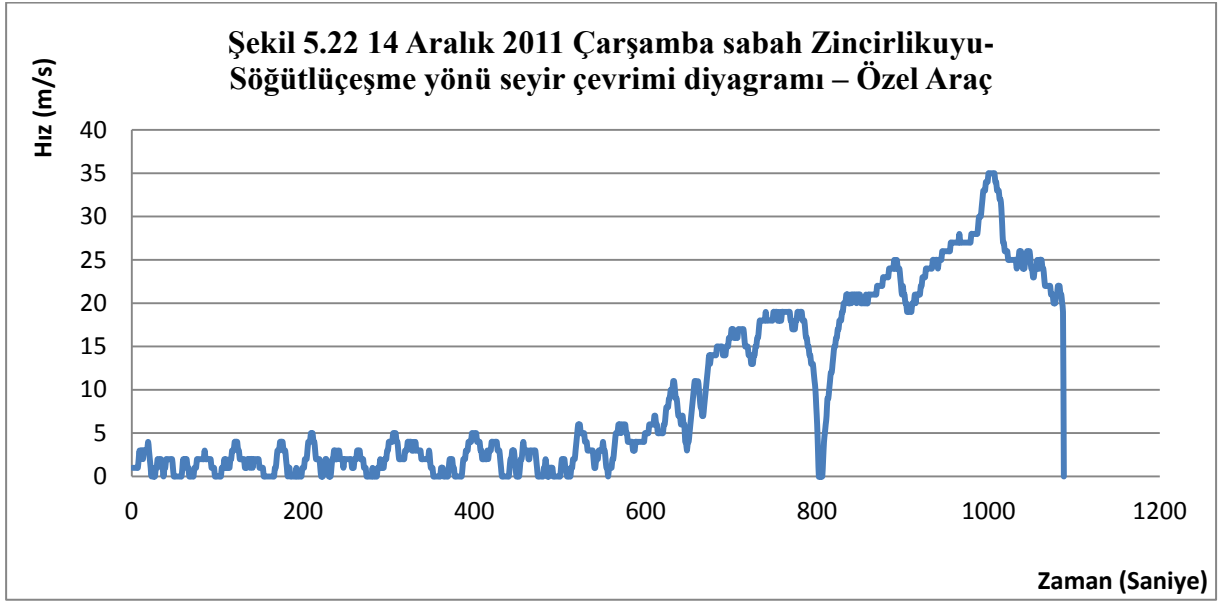
Şekil 5.17 25 Kasım 2011 Cuma akşam Söğütlüçeşme-Zincirlikuyu yönü seyir çevrimi diyagramı - Metrobüs

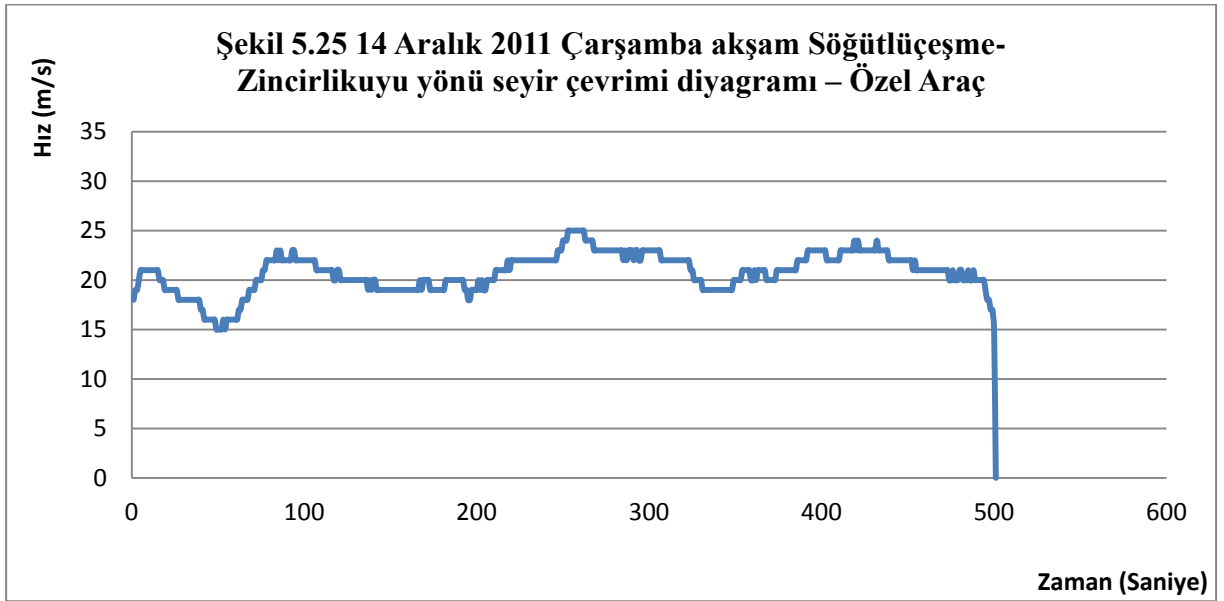
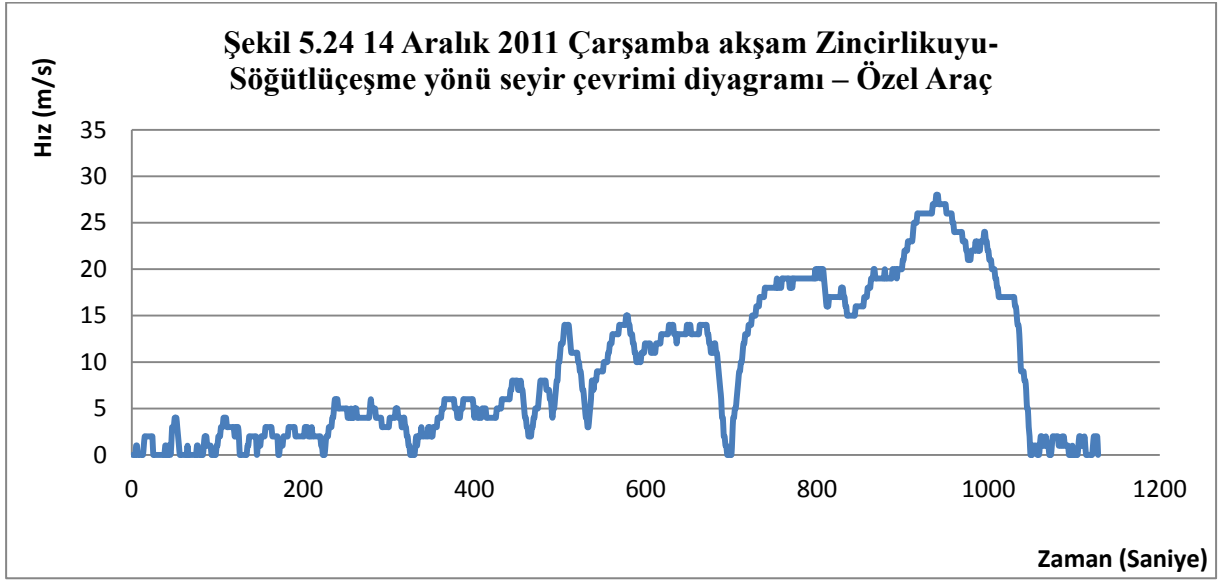


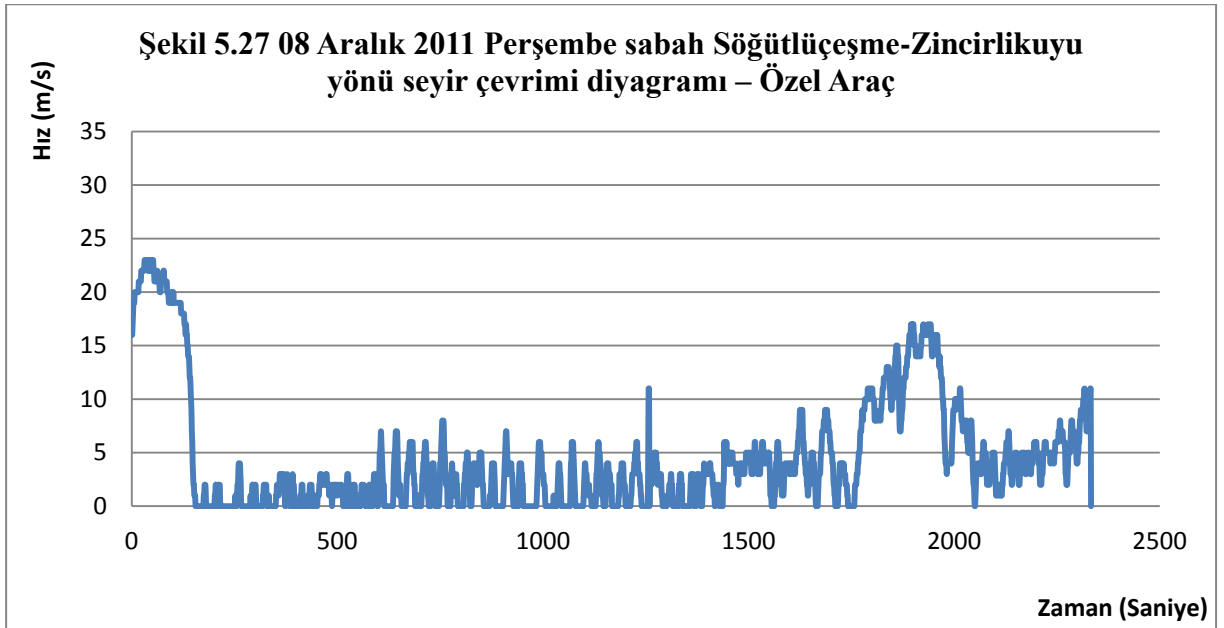
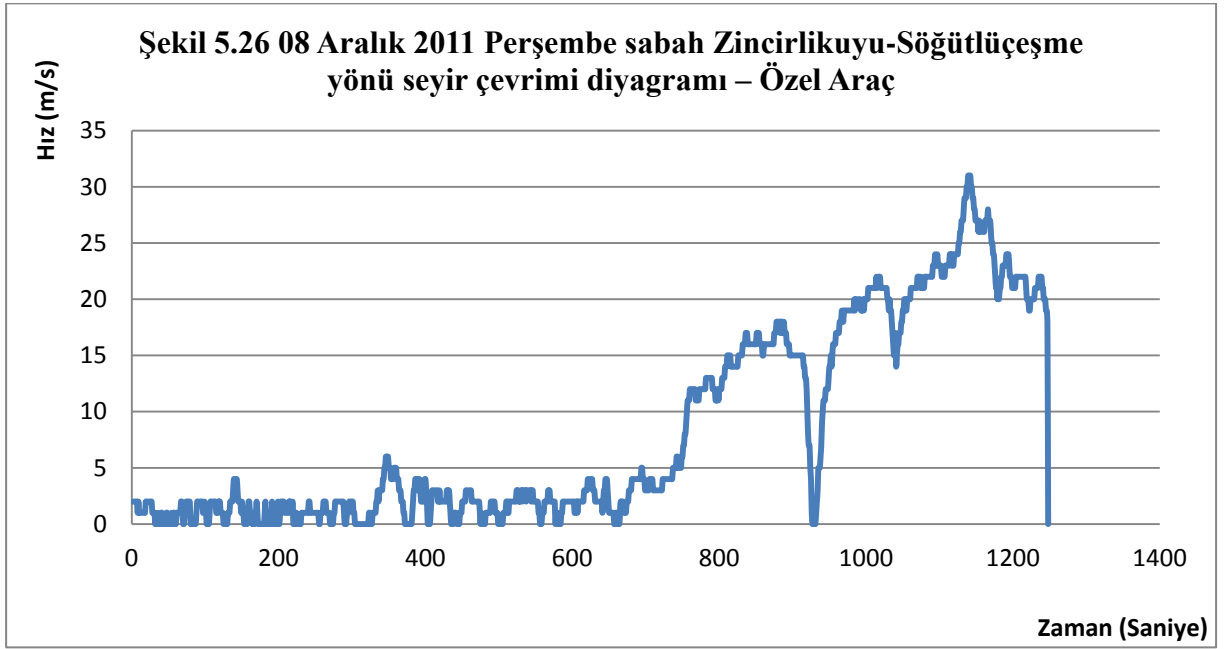
Daha sonra aynı işlemler, yine haftanın aynı gün ve saatleri seçilerek özel otomobil(Renault Broadway marka) için tekrarlandı. Bu işlemler sonucunda özel aracın ölçüm yapılan gün ve saatlere ait seyir çevrimi diyagramları elde edildi. Bu seyir çevrimi diyagramları aşağıda görülmektedir;

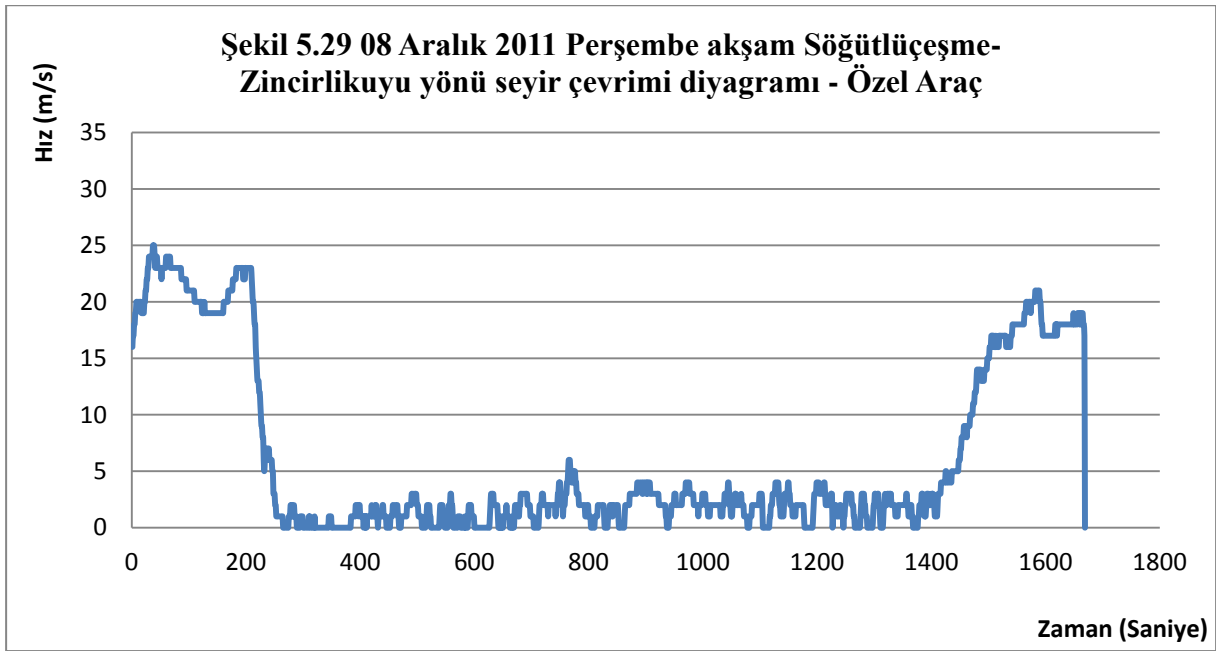
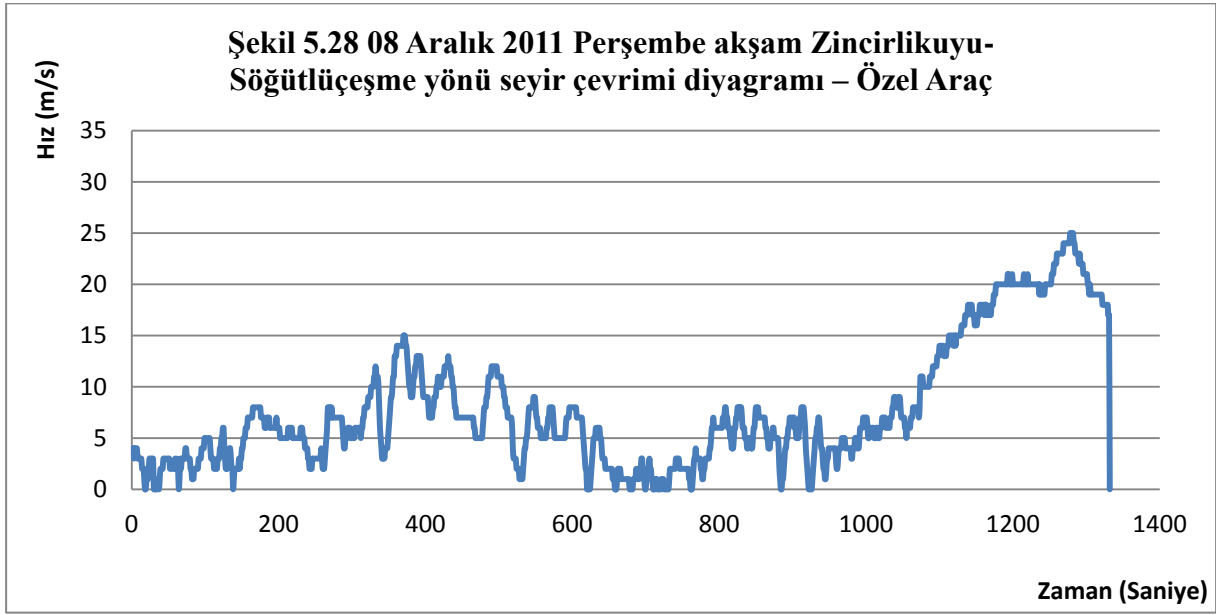


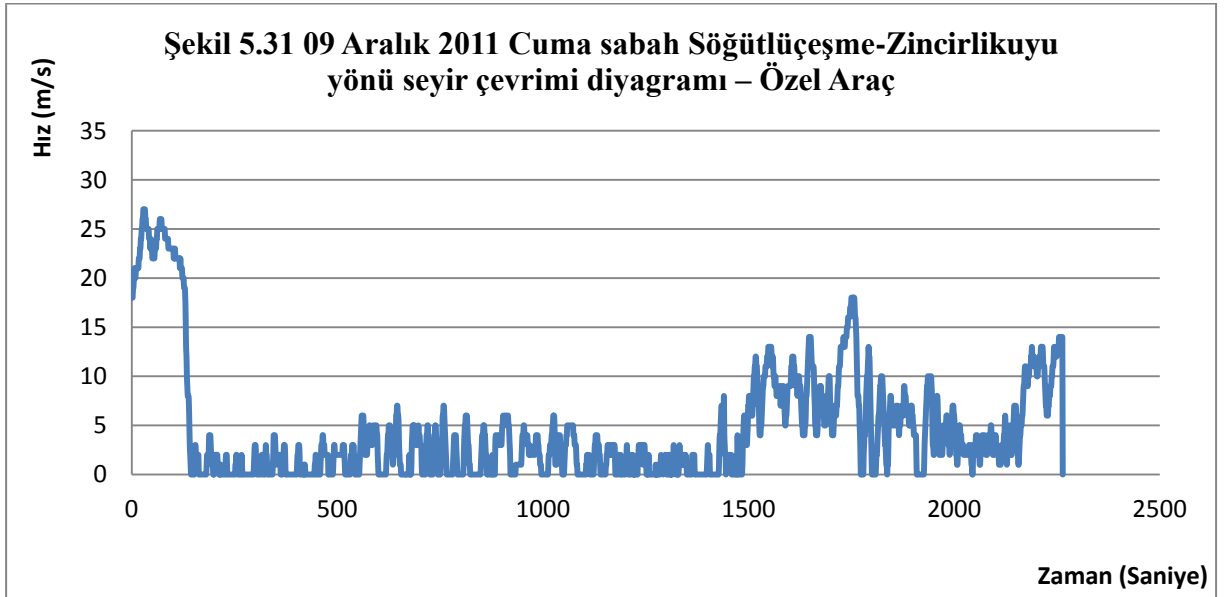
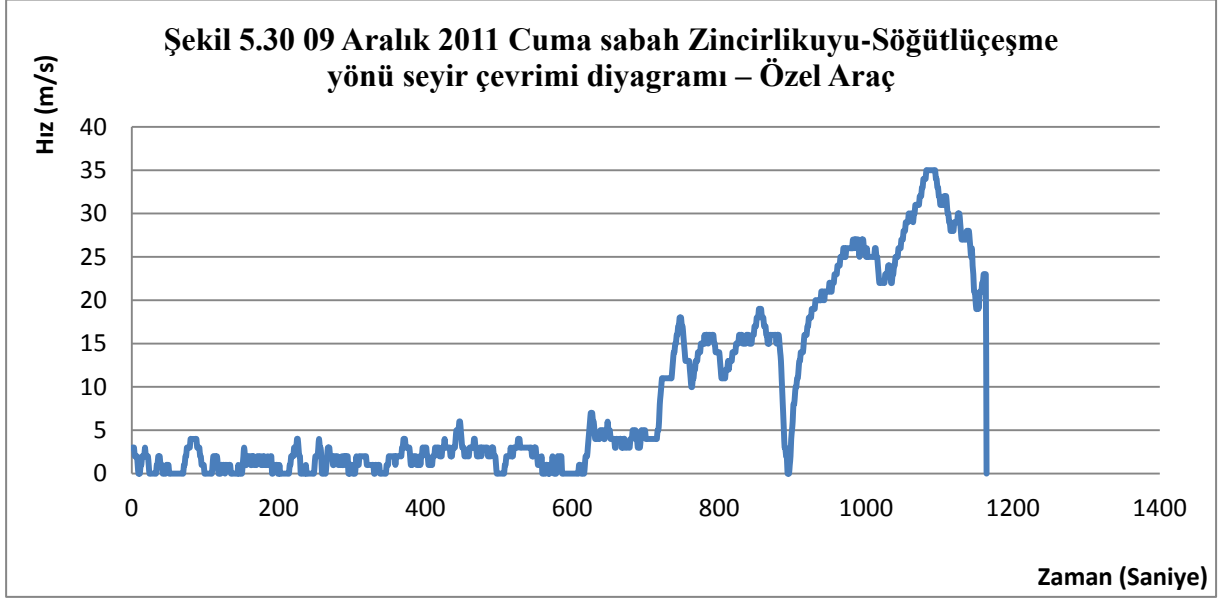


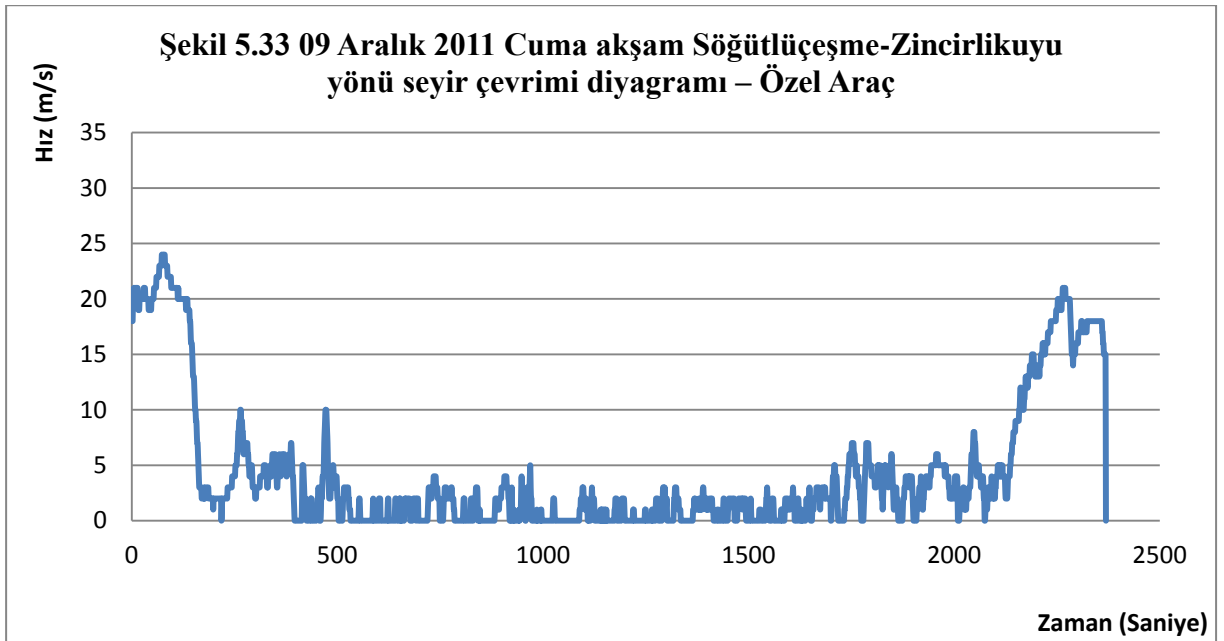
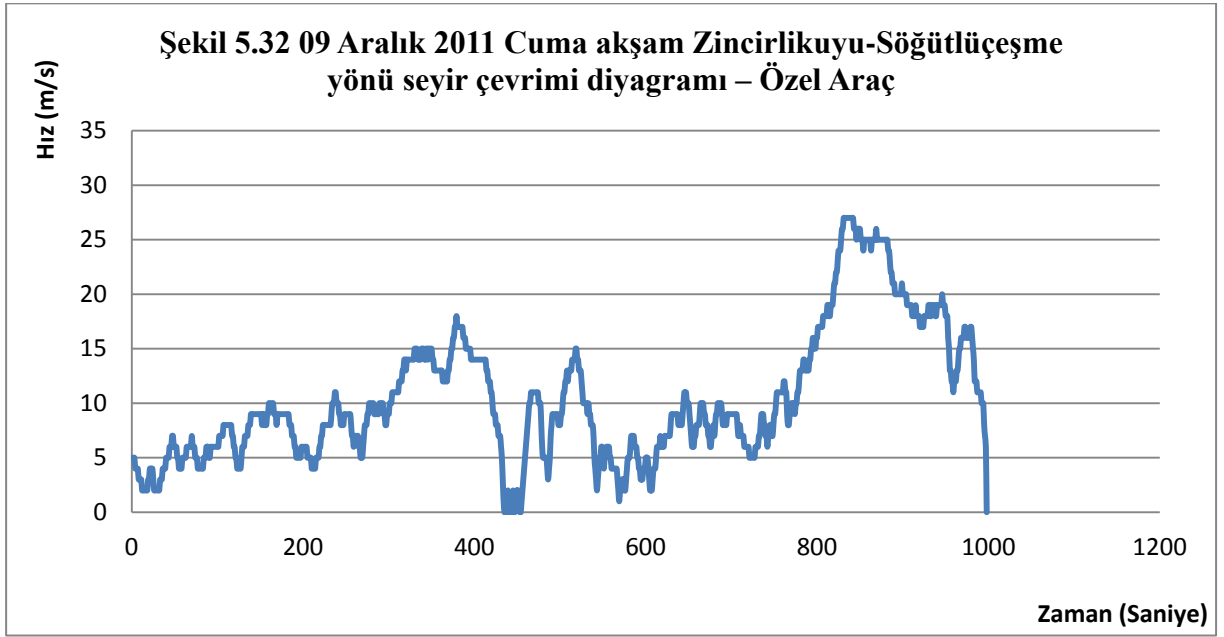












6. SEYİR ÇEVİRİMİ DİYAGRAMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan bu çalışmalar sonucunda elde edilen seyir çevrimi diyagramları metrobüs için homojen bir dağılıma sahiptir denilebilir. Metrobüste zamandan zamana farklılık gösteren olgular, köprüde oluşan trafiğin değişken olması ve yoğunluğun fazla olduğu gün ve zamanlarda duraklarda bekleme sürelerinin değişken olmasıdır. Bu kapsamda inceleyecek olursak Uzunçayır durağında bekleme süresinin ortalama 30 saniye, diğer duraklarda bekleme süresinin ise ortalama 15 saniye olduğu gözlemlenmiştir. Uzunçayır durağında en fazla bekleme süresinin ise Cuma sabahı Söğütluçeşme-Zincirlikuyu yönünde yapılan ölçümde çıktığı ve bu sürenin yaklaşık 40 saniye olduğu görülmüştür. Yapılan ölçümler incelendiğinde köprü trafiğinde geçirilen maksimum zamanın ise Pazartesi akşamı Söğütluçeşme-Zincirlikuyu yönünde çıktığı ve yaklaşık 15 dakika olduğu gözlemlenmiştir. Yine Pazartesi akşamı Söğütluçeşme Zincirlikuyu yönünde tüm metrobüs ölçümleri içindeki maksimum yolculuk süresinin ortaya çıktığı ve bu sürenin 23 dakika olduğu görülmüştür. Ayrıca tüm ölçümler içinde köprü trafiğinde geçirilen en düşük zaman Perşembe sabahı Zincirlikuyu-Söğütluçeşme yönünde 4 dakika olarak ortaya çıkmış ve tüm ölçümler içinde minimum yolculuk süresi de 12 dakika olarak bu ölçümde gözlemlenmiştir. Bu durumda bu güzergahtaki toplam yolculuk süresini en çok etkileyen etmenin köprü trafiği olduğu söylenebilir. Genel olarak bakıldığında ise bu seçilen güzergahta metrobüsün toplam yolculuk süresinin 14-18 dakika arasında değiştiği, ortalama olarakta 16 dakika olduğu söylenebilir. Bunların yanında metrobüs maksimum hız olarak 32 m/s'ye ulaşmış ve bu değer Perşembe akşamı Söğütluçeşme-Zincirlikuyu yönünde gözlemlenmiştir.

Özel araca bakıldığında ise durumun metrobüsten çok farklı olduğu aşikardır. Trafik yoğunluğunun belirsizliği özel aracın yolculuk süresini de çok değişken kılmaktadır. Özel araç seyir çevrimi diyagramlarına bakıldığında dur-kalkların en yoğun yaşandığı ve en uzun yolculuk süresinin 53 dakika ile gözlemlendiği ölçüm Pazartesi sabah Söğütluçeşme-Zincirlikuyu yönünde olmuştur. Özel araç ile minimum yolculuk süresi ise 8 dakika ile Çarşamba akşamı Söğütluçeşme-Zincirlikuyu yönünde gözlemlenmiştir. Yapılan tüm ölçümler baz alındığında, özel araç ile yolculuk süresinin ortalama 27 dakika olduğu görülmüştür. Bunların yanında tüm ölçümler içinde özel aracın maksimum hızı 36 m/s olarak gözlemlenmiş ve bu değere hem Çarşamba sabahı Zincirlikuyu-Söğütluçeşme yönünde hem de Cuma sabahı Zincirlikuyu-Söğütluçeşme yönünde ulaşılmıştır.

Özel araç ile metrobüs arasında mukayese yaptığımızda ortalama yolculuk sürelerinde metrobüs ile yolculuğun 11 dakika daha kısa olduğu görülüyor. Bunun yanında metrobüsün en önemli avantajı, seyahat süresinin yaklaşık olarak belirli olmasıdır. Özel araçta minimum gözlenen yolculuk süresi olan 8 dakika metrobüse göre yaklaşık 8 dakika daha kısadır, ancak maksimum gözlenen yolculuk süresi olan 53 dakika ise metrobüse göre yaklaşık 37 dakika daha uzundur. Görüldüğü gibi, özel araçta gözlenen minimum yolculuk süresinin getirdiği avantaj, maksimum yolculuk süresinin getirdiği dezavantajdan daha azdır ve bu da metrobüsün özel araca göre çok daha iyi bir sistem olduğunu göstermektedir.

Trafik emisyonlarının modellenmesi, araçların dur-kalk, hızlanma ve yavaşlama gibi işletme modları ile çok sıkı bir şekilde ilişkili olduğundan, oldukça karmaşık bir konudur. Bu yüzden, araçların trafikte havaya saldığı emisyonlarla ilgili modelleme yapılırken, bunların göz önüne alınması gerekmektedir. (Barth et al. 1999). Karbonmonoksit ve hidrokarbonun en yüksek emisyon oranları düşük hızlarda oluşur. Yoğun yolculukların yapıldığı şehir merkezlerinde, trafik tıkanıklıklarına bağlı olarak sık sık dur-kalk, hızlanma ve yavaşlamalar görülür. Bu şartlar, araçların emisyon kontrol sistemlerinin randımsız çalışmasına ve yakıtların daha verimsiz bir şekilde yanmasına yol açar. Hızlanma arttıkça araçlar km başına daha az yakıt tüketirler ve daha az kirletici emisyon yayarlar. (Cloke et al. 1999)

Yaptığımız ölçümler ve oluşan diyagramlardan elde edilen verileri, sabah ve akşam en yüksek seyir sürelerini içeren yolculuklar için, araçların durma süreleri, sabit hızla seyir süreleri, hızlanma süreleri ve yavaşlama süreleri olarak ayrı ayrı incelediğimizde oluşan durum Tablo 6.1'de görülmektedir. Bu tabloda ilk dört satır metrobüs ile yapılan ölçümlerden oluşmuş diyagramları, sonraki dört satır ise özel araç ile yapılan ölçümlerden oluşan diyagramları belirtmektedir.

Tablo 6.1 Verilerin ayrıntılı analizi

	Durma Süresi (sn)	Durma Yüzdesi	Sabit Hız Süresi (sn)	Sabit Hız Yüzdesi	Hızlanma Süresi (sn)	Hızlanma Yüzdesi	Yavaşlama Süresi (sn)	Yavaşlama Yüzdesi	Toplam Süre (sn)
Şekil 5.4	160	11.59	300	21.74	500	36.23	420	30.43	1380
Şekil 5.2	70	7.45	260	27.66	330	35.11	280	29.79	940
Şekil 5.17	125	12.25	380	37.25	290	28.43	225	22.06	1020
Şekil 5.15	110	10.19	380	35.19	350	32.41	240	22.22	1080
Şekil 5.26	150	11.90	310	24.60	490	38.89	310	24.60	1260
Şekil 5.20	90	6.82	340	25.76	470	35.61	420	31.82	1320
Şekil 5.19	1920	60.38	190	5.97	560	17.61	510	16.04	3180
Şekil 5.33	1280	54.70	280	11.97	415	17.74	365	15.60	2340

Tüm ölçümler dikkate alındığında metrobüs araçlarında yapılan 16 ölçümde ortaya çıkan toplam yolculuk sürelerinin aritmetik ortalaması 16 dakika, özel araç ile yapılan 16 ölçümde ortaya çıkan toplam yolculuk sürelerinin aritmetik ortalaması ise 27 dakika olmuştur. Bu ortalamaları baz alarak bir analiz yaparsak; özel araç ile bu güzergahta 27 dakikada ortalama 2 yolcu taşınabilirken, metrobüs ile bir seferde yaklaşık 193 yolcu taşınıyor. Birim zamanı dakika olarak alırsak, bu verilere göre özel aracın birim zamanda taşıdığı yolcu sayısı 0,074 olurken metrobüsün birim zamanda taşıdığı yolcu ise 12,06 olmaktadır. Görüldüğü gibi metrobüs ile birim zamanda yaklaşık 12 yolcu taşınabilirken özel araç ile birim zamanda 1 yolcu bile taşınmamaktadır. Bu sonuç, metrobüsün özel araca göre çok önemli bir avantajını göstermektedir. Nüfusun gittikçe arttığı ve bu artışla orantılı olarak insanların gidecekleri yerlere taşınma probleminin de giderek arttığı İstanbul'da, metrobüsün birim zamanda özel araca göre taşıdığı yolcu sayısının bu kadar fazla olması, metrobüsün ulaşım problemine olan katkısını açıkça ortaya koymaktadır.

Metrobüs ve özel araçta en uzun seyir sürelerinin çıktığı 8 diyagramda yapılan analizde durma süreleri, sabit hızla seyir süreleri, hızlanma süreleri ve yavaşlama süreleri ayrı ayrı çıkartılmıştır. Bu sürelere baktığımızda durma süreleri özel araçta yüzde 60'ları bulurken metrobüste en yüksek olarak yüzde 12 civarında çıkmıştır. Bilindiği gibi çevreye yayılan

gazlar ve sarfedilen yakıt araçların trafikte durma zamanları arttıkça sürekli olarak yükselmektedir. Bu durumda durma sürelerinde oluşan bu büyük fark, yoğun saatlerde metrobüsün çevreye yayılan gazlar ve yakıt sarfiyatı konularında ne derece yüksek fayda sağladığını açıkca ortaya koymaktadır. Ortalama olarak baktığımızda ise metrobüsün durma süreleri yüzdesi yüzde 10,37, özel aracın ise yüzde 33,45 olarak ortaya çıkmıştır.

Sabit hızla seyir süresi yüzdeleri doğal olarak metrobüste özel araca göre fazla çıkmıştır. En yüksek yüzde metrobüste yüzde 37,25, özel araçta ise yüzde 25,76 olmuştur.

Hızlanma ve yavaşlama yüzdelerine baktığımızda, metrobüste en yüksek hızlanma yüzdesi yüzde 36,23, özel araçta ise yüzde 38,89 olmuştur. Ortalama olarak ise metrobüsün hızlanma yüzdesi yüzde 33,05, özel aracın ise yüzde 27,46 olmuştur. Yavaşlama süreleri yüzdesi ise metrobüste maksimum yüzde 30,43, özel araçta ise yüzde 31,82 olmuş, ortalama olarak ise metrobüste yavaşlama yüzdesi yüzde 26,13, özel araçta ise yüzde 22,02 olmuştur. Özel araçtaki hızlanma ve yavaşlama yüzdeleri ortalamaları metrobüse göre az da olsa düşük çıkmıştır, bunun sebebi aynı mesafede özel aracın seyahat süresinin daha uzun olmasıdır. Ayrıca özel araçtaki durma sürelerinin fazlalığı da buna etki eden diğer bir faktördür.

Ayrıca EDC ve ECE ile bir karşılaştırma yapacak olursak; EDC’de durma süresi yüzdesi yüzde 31, ECE’de yüzde 36, bizde metrobüste yüzde 10,37, özel araçta ise yüzde 33,45 olmuştur. Sabit hızla seyir süresi yüzdesi EDC’de yüzde 9, ECE’de yüzde 30, bizde metrobüste yüzde 30,46, özel araçta ise yüzde 17,08 olmuştur. Hızlanma süresini yüzdesi EDC’de yüzde 31, ECE’de yüzde 19, bizde metrobüste yüzde 33,05, özel araçta ise yüzde 27,46 olmuştur. Yavaşlama süresi yüzdesi EDC’de yüzde 29, ECE’de yüzde 14, bizde metrobüste yüzde 26,13, özel araçta ise yüzde 22,02 olmuştur.

Bunların dışında ortalama hız konusunda bir analiz yaparsak; bizim yaptığımız tüm ölçümleri baz aldığımızda metrobüs için ortalama hız 43,12 km/saat(11,98 m/saniye) olmuş, özel araç için ise ortalama hız 37,78 km/saat(10,49 m/saniye) olmuştur. Ortalama hızların EDC ve ECE için ne çıktığına bakacak olursak, EDC’de ortalama hız 20 km/saat, ECE’de ise ortalama hız 19 km/saat olarak gözlemlenmiştir. Bu durumda İstanbul’da Zincirlikuyu-Söğütluçeşme güzergahında hem metrobüs hem de özel araç için çıkan ortalama hızların EDC ve ECE’de çıkan ortalama hızlara göre fazla olduğu görülmektedir. Yoğun saatlerde yapılan bu

ölçümlerde ortalama hızın EDC ve ECE'ye göre yüksek çıkması da İstanbul'un ulaşımı için olumlu sayılabilecek bir unsur olarak görülebilir.

Elde edilen İstanbul seyir çevrimi diyagramları, EDC ve ECE'nin birlikte analizi Tablo 6.2'de görülebilir;

Tablo 6.2 İstanbul seyir çevrimi, EDC ve ECE'nin birlikte analizi

	Durma Süresi Yüzdesi	Sabit Hızla Seyir Süresi Yüzdesi	Hızlanma Süresi Yüzdesi	Yavaşlama Süresi Yüzdesi	Ortalama Hız (km/saat)
İstanbul Metrobüs Seyir Çevrimi	10,37	30,46	33,05	26,13	43,12
İstanbul Özel Araç Seyir Çevrimi	33,45	17,08	27,46	22,02	37,78
EDC	31	9	31	29	20
ECE	36	30	19	14	19

Yakıt Analizi:

Metrobüsün km. başına yaktığı ortalama yakıt, günlük sefer sayısı, günde taşınan yolcu sayısı ve metrobüsten sonra trafikten çekilen özel araç sayısı verilerini İETT'den temin ederek, metrobüsün Zincirlikuyu-Söğütluçeşme güzergahında günlük sağladığı yakıt tasarrufu konusunda bir analiz yapacak olursak;

Özel aracın km. başına ortalama yaktığı yakıt: 0,09 litre

Metrobüsün km. başına ortalama yaktığı yakıt: 0,6 litre

Zincirlikuyu-Söğütluçeşme arası ortalama mesafe: 17 km.

Zincirlikuyu-Söğütluçeşme güzergahında bir seferde yakılacak yakıt miktarları şu şekildedir;

Özel araç için; $0,09 \cdot 17 = 1,53$ litre

Metrobüs için; $0,6 \cdot 17 = 10,2$ litre

Metrobüsün günlük sefer sayısı = 1500

Zincirlikuyu-Söğütluçeşme güzergahında günde taşınan yolcu sayısı = 200000

$1500 \cdot 10,2 = 15300$ litre (200000 yolcu için günlük metrobüsün yaktığı yakıt miktarı)

Metrobüs açıldıktan sonra Zincirlikuyu-Söğütluçeşme güzergahında trafikten çekilen araç sayısı = 24000

Bu araçlar trafikte kalsalardı, 1 günde geliş ve gidiş olmak üzere Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme arasındaki yolu 2 kez katedeceklerdi.

Özel araçların doluluk oranı ortalama 2 olarak alınabilir.

$24000 * 2 = 48000$ (24000 aracın taşıyacağı ortalama kişi sayısı)

Bu durumda 24000 araç trafikten çekilmeseydi yakacağı yakıt miktarını bulalım;

$24000 * 2 * 1,53 = 73440$ litre (Özel aracın 48000 yolcu için yakacağı miktar)

Metrobüs sayesinde Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme güzergahında günlük sağlanan yakıt tasarrufu;

$73440 - 15300 = 58140$ litre şeklinde hesaplanabilir.

Metrobüs bu güzergahta 200000 yolcu taşırken, metrobüs sayesinde trafikten çekilen 24000 aracın ortalama 48000 yolcu taşıyabileceği dikkate alınırsa bu yakıt tasarrufunun;

$200000 - 48000 = 152000$ kişi için yapıldığı söylenebilir.

Bu durumda metrobüs özel araca göre günlük 152000 fazla yolcu taşıyarak 58140 litre yakıt tasarrufu sağlamaktadır.

Sonuç olarak metrobüsün bu güzergahta sağladığı yakıt tasarrufunu kişi bazında analiz edersek;

$58140 / 152000 = 0,38$ litre/kişi olarak kişi başına düşen yakıt tasarrufu bulunur.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

6. bölümün son paragrafında belirtilen düşük hızlar ve dur-kalklarda harcanan enerjinin ve çevreye salınan emisyonların arttığı, hızlanma arttıkça tüketilen enerjinin ve havayı kirletici emisyonların azaldığı görüşünden yola çıkılarak;

Yapılan seyir çevrimi ölçümleri sonuçlarına göre; özel aracın seçilen güzergahta seyri esnasında hızının düşüklüğü, seyir süresinin fazlalığı, dur-kalklarının , hızlanma ve yavaşlamalarının çok sayıda olması göz önüne alındığında, çevreye aşırı miktarda emisyon yaydığını ve gereğinden fazla yakıt tükettiğini söylemek mümkündür.

Oysa metrobüs araçları, kendilerine ait özel yol üzerinde seyir halinde iken, duraklar ve Boğaziçi Köprüsü üzerinde karma trafik içindeki kısım hariç, dur-kalklar ve hızlanma-yavaşlanma durumlarına maruz kalmamakta, kısa sürede ve hızlı bir şekilde Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme arasındaki güzergahı tamamlamaktadırlar. Dolayısıyla metrobüs araçları hem havaya daha az kirletici emisyon salmakta, hem de daha az yakıt tüketmektedirler.

Oluşturduğumuz diyagramlar için 6. bölümde yaptığımız analizde, özel araç için durma süresi yüzdesi metrobüse göre çok fazla çıkmıştır. Bu durum, özel aracın metrobüse oranla çevreye daha fazla miktarda emisyon yaydığı ve daha fazla yakıt tükettiği sonucunu doğuran etmenlerden en önemlisidir. Hızlanma ve yavaşlama süresi yüzdelere bakıldığında metrobüsün özel araca göre yüksek çıkması ise özel aracın toplam seyahat süresinin fazla olmasındandır. Hızlanma süresi ve yavaşlama süreleri karşılaştırıldığında özel araçtaki süreler daha fazladır.

Metrobüs sisteminde çalışan bir Mercedes Capacity otobüsün bir seferde 193 kişi taşıdığı ve İstanbul'da özel otomobil doluluk oranının da 1,57 civarında olduğu verilerinden yola çıkılarak 6. bölümde yapılan yakıt tasarrufu analizi, Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme güzergahında, metrobüs açıldıktan sonra trafikten çekilen özel araçlara göre metrobüsün çok daha fazla yolcu taşıdığını ve bunun yanında yakıt tasarrufu da sağladığını göstermektedir.

Elde edilen bu çarpıcı sonuçlar İstanbul'da yapılan metrobüs sisteminin, kentin sürdürülebilir ulaşım hedeflerine çok büyük bir katkı sağladığını bize göstermektedir.

Esasen bu çalışmada elde edilen seyir çevrimi diyagramlarından faydalanılarak, her iki grup aracın da(özel otomobil ve metrobüs aracı), dur-kalklar sırasındaki hızlanma ve yavaşlamalarında saldıkları emisyonların ve tükettikleri yakıtın modellenmesi de çalışmanın bir sonraki aşaması olarak düşünülebilir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Cervero, R., 1998. *The transit metropolis: a global inquiry*. Washington D.C., U.S.A: Island Press.

Goodland, R., 2002. *Sustainability: human, social, economic and environmental*.

Litman, T., 2007. *Well measured, developing indicators for sustainable and livable transport planning*.

KAYNAKÇA

Sürelî Yayınlar

- Crowley, D. & Watson, B., 1991. The implication of demographic and socio-economic trends for urban transit in canada, phase I: trends and implications. *Canada: Canadian Urban Transit Association.*
- Esteves-Booth, A., Muneer, T., Kirby, H., Kubie, J. & Hunter, J., 2001. The measurement of vehicular driving cycle within the city of Edinburgh. *Scotland: Elsevier Science Ltd.*
- Güvendik, G. ve Yılmaz, A., 2003. Egsoz kirliliğine maruz kalan kişilerde kan karbonsihemoglobin düzeyi. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi.* **32** (4), ss. 213-219.

KAYNAKÇA

Diğer Yayınlar

AB White Paper, 2001

Barth, M., An, F., Younglove, T., et al., 1999. The development and application of a load-based model. *Transport and air pollution including COST 319 final conference. In: Proceedings of the Eighth International Symposium, 31 May-2 June 1999, Graz, Austria, pp.203-215*

Bus Rapid Policy Center, <http://www.gobrt.org> [Erişim tarihi 10 Nisan 2012]

Cloke, J., Harris, G., Latham, S., et al., 1999. Reducing the environmental impact of driving: a review of training and in-vehicle Technologies. *TRL Report 384*. Crowthorne.

Demir, C., Bayar, A. ve Aksu, S., (2012). İstanbul metrobüs sisteminin kentin sürdürülebilir ulaşım hedeflerine katkısı. *Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi.

Federal Transit Administration Office of Research Demonstration and Innovation, *Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making, 2009.*

İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü (İETT)

Institute for Transportation and Development Policy, <http://www.itdp.org> [Erişim tarihi 10 Nisan 2012]

Mattrisch, G. ve Weiss, D.M., 2008. Advanced bus transit systems-best practice mobility solutions for emerging agglomerations. *14th International Conference Urban Transport and the Environment in the 21st Century*, Eylül 2008, Malta.

EKLER

EK**EK 1 İstatistiki bölge birimleri sınıflaması 1 . düzeye göre, taşıt türleri ve motorlu kara taşıtları sayısı**

	Toplam	Otomobil⁽¹⁾	Minibüs	Otobüs	Kamyonet⁽¹⁾	Kamyon	Motosiklet
	Total	Car ⁽¹⁾	Minibus	Bus	Small Truck ⁽¹⁾	Truck	Motorcycle
TR							
Türkiye							
2005	11 145 826	5 772 745	338 539	163 390	1 475 057	676 929	1 441 066
2006	12 227 393	6 140 992	357 523	175 949	1 695 624	709 535	1 822 831
2007	13 022 945	6 472 156	372 601	189 128	1 890 459	729 202	2 003 492
2008	13 765 395	6 796 629	383 548	199 934	2 066 007	744 217	2 181 383
2009	14 316 700	7 093 964	384 053	201 033	2 204 951	727 302	2 303 261
2010	15 095 603	7 544 871	386 973	208 510	2 399 038	726 359	2 389 488
TR1							
İstanbul							
2005	2 261 356	1 590 283	60 674	43 241	349 990	114 077	75 873
2006	2 430 560	1 657 320	62 282	46 307	400 420	122 941	109 827
2007	2 570 559	1 711 773	63 816	49 640	447 530	130 790	129 819
2008	2 685 756	1 758 745	65 119	52 454	488 684	133 692	151 524
2009	2 721 203	1 775 335	61 764	52 216	507 067	128 528	164 021
2010	2 794 236	1 821 694	58 982	53 444	530 105	125 197	175 089

Kaynak: TÜİK Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri

(1) Arazi taşıtı dahildir.

EK**EK 2 İstatistiki bölge birimleri sınıflaması 1. düzeye göre yıl içinde kaydı yapılan motorlu kara taşıt sayısı**

	Toplam	Otomobil⁽¹⁾	Minibüs	Otobüs	Kamyonet⁽¹⁾	Kamyon	Motosiklet
	Total	Car ⁽¹⁾	Minibus	Bus	Small Truck ⁽¹⁾	Truck	Motorcycle
TR Türkiye							
2005	988 620	406 807	28 546	14 371	227 859	39 414	227 657
2006	1 149 744	396 542	22 696	16 139	229 824	45 022	389 503
2007	862 392	353 495	18 731	16 944	203 182	35 127	191 810
2008	829 680	353 168	16 318	16 111	186 368	29 923	192 534
2009	715 090	357 986	9 526	9 322	163 355	14 787	141 663
2010	930 603	485 619	10 628	12 708	219 167	26 347	135 608
TR1 İstanbul							
2005	325 836	184 177	15 795	7 186	77 020	11 633	24 099
2006	330 521	182 367	9 282	6 827	74 007	14 031	37 376
2007	308 757	178 879	7 486	7 090	70 748	13 256	22 846
2008	298 759	175 115	6 706	6 508	67 144	10 567	27 795
2009	252 215	164 981	3 652	3 444	53 917	4 356	19 218
2010	313 332	216 813	2 741	4 907	64 250	6 134	15 430

Kaynak: TÜİK Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri

(1) Arazi taşıtı dahildir.

EK**EK 3 İstatistiki bölge birimleri sınıflaması 1. düzeye göre yıl içinde kaydı silinen motorlu
kara taşıt sayısı**

	Toplam	Otomobil⁽¹⁾	Minibüs	Otobüs	Kamyonet⁽¹⁾	Kamyon	Motosiklet
	Total	Car ⁽¹⁾	Minibus	Bus	Small Truck ⁽¹⁾	Truck	Motorcycle
TR Türkiye							
2005	79 151	34 502	8 961	3 693	12 669	9 905	5 268
2006	68 177	28 295	3 712	3 580	9 257	12 416	7 738
2007	66 840	22 331	3 653	3 765	8 347	15 460	11 149
2008	87 230	28 695	5 371	5 305	10 820	14 908	14 643
2009	163 785	60 651	9 021	8 223	24 411	31 702	19 785
2010	151 700	34 712	7 708	5 231	25 080	27 290	49 381
TR1 İstanbul							
2005	60 986	28 479	7 834	2 879	9 793	6 028	2 119
2006	42 164	22 832	2 301	2 427	5 390	4 377	2 043
2007	31 485	15 548	1 610	2 199	4 104	4 073	2 276
2008	43 306	19 081	1 986	2 806	4 096	5 910	2 777
2009	91 652	47 665	5 251	4 837	10 505	11 484	3 197
2010	92 256	19 358	3 829	2 835	16 354	19 489	29 013

Kaynak: TÜİK Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri

(1) Arazi taşıtı dahildir.