

**Dokuz Eylül Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi Dergisi
Özel Sayı 2011**

BRT SİSTEMİNİN İZMİR'DE UYGULANABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

**Mustafa ÖZUYSAL¹
Serhan TANYEL²
Yalçın ALVER³**

ÖZET

Bu çalışmada, otobüs ve hafif raylı sistemin kendine özgü avantajlarını bir arada barındıran hızlı otobüs sistemi, planlama ve uygulama açısından irdelenmiş; planlamada ve karar aşamasında karşılaşılabilecek problemler ortaya konulmaya çalışılmıştır. İzmir kenti örneği üzerinde, planlamanın ilk aşamasını oluşturabilecek basit bir mevcut sistem verimlilik analizi uygulanmış; kent merkezini körfezin güney şeridiyle birleştiren bir hızlı otobüs uygulamasının yararlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toplu Ulaşım, Hızlı Otobüs Sistemi, Verimlilik Analizi.

THE EVALUATION OF THE APPLICABILITY OF BRT SYSTEMS IN İZMİR

ABSTRACT

In this study, bus rapid transit systems which include some specific advantages of urban bus and light rail transit systems are investigated for planning and application points of views and the problems which may be encountered in decision making process are evaluated. An elementary efficiency analysis for urban bus systems which may be reconstructed for a bus rapid system is suggested. The analysis of İzmir urban bus system shows that a bus rapid system connecting the central business district and south coast of the İzmir Bay can be an efficient transportation investment.

Keywords: Public Transit, Bus Rapid Transit, Efficiency Analysis.

GİRİŞ

Hızlı Otobüs Taşımacılığı [Bus Rapid Transit (BRT)], otobüs modunun sağladığı esneklik ile raylı sistemlerin sağladığı düzenlilik ve hizmet kalitesini bir arada sunabilen bir toplu taşıma modu olarak tanımlanmaktadır (U.S. Federal Transit Administration). Birçok açıdan hafif raylı sistemin [Light Rail Transit (LRT)] lastik tekerlekli olarak değerlendirilebilen BRT, işletme açısından LRT'ye göre

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Araş.Gör.Dr
mustafa.ozuysal@deu.edu.tr

² Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doç.Dr.serhan.tanyel@deu.edu.tr

³ Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yrd.Doç.Dr. yalcin.alver@ege.edu.tr

daha fazla esneklik; daha düşük ilk yatırım ve işletme maliyeti sağlamaktadır. BRT, genel özellikleri itibariyle, diğer tüm toplu taşıma sistemlerinden daha avantajlı görünmesiyle beraber, bu tür bir sistemin verimliliğinin ve uygulanabilirliğinin analizi, karma yapısı sebebiyle, diğer transit modlarından farklı bir analiz prosedürü gerektirmektedir. Ayrıca politik karar verme sürecinde hafif raylı sistemler; BRT'nin daha düşük konfora ve kapasiteye sahip olması, çevre kirliliği bakımından dezavantajlı olması ve tamamen diğer trafikten izole edilmiş bir hattının olmaması gibi nedenlerle ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle, BRT ve LRT toplu taşıma sistemlerinin, yatırım, işletme ve uygulama bakımından ön plana çıkan farklılıkları detaylı bir şekilde irdelenmiş; dünyada işletilmekte olan bazı BRT uygulamalarından örnekler verilmiş ve bunların toplu taşıma üzerindeki etkilerine ilişkin bazı rakamsal göstergelere değinilmiştir. Daha sonra, toplu taşıma planlamasında özel bir konu oluşturan BRT planlamasında, dikkat edilmesi gereken hususlar vurgulanmış ve planlamanın ana hatlarıyla ilgili bilgi verilmiştir. Son olarak, İzmir'de BRT sistemi uygulaması için genel bir değerlendirme yapılmış; mevcut otobüs hatlarına ait veriler, BRT planlaması için gerekli ilk adımı oluşturacak düzeyde irdelenmiştir.

1. BRT'NİN HAFİF RAYLI SİSTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Toplu taşıma alternatifleri değerlendirilirken, açıkça ortaya konmuş bir fayda-masraf analizi gerekmektedir. Faydanın belirlenmesinde, maddi getirinin ötesinde rakamsal olarak ifade edilebilecek, kullanıcı kitlesi, kullanıcı başına maliyet, ulaşım süresi tasarrufu gibi diğer fayda unsurları üzerinde durulmalıdır. BRT sistemi birçok açıdan, daha önce de değinildiği gibi, LRT sistemiyle karşı karşıya gelmekte ve ikisi arasında bir tercih yapılması yoluna gidilmektedir. Aşağıda BRT sisteminin öne çıktığı farklılıklar sıralanmıştır.

- BRT'de, işletmeye başlandıktan sonra, güzergâhın bazı kesimlerinde ortaya çıkabilecek talep artışları için, koridorun ve servis sıklığının yeniden düzenlenmesi açısından daha yüksek bir esneklik söz konusudur.
- BRT'nin ilk yatırım maliyeti, özellikle güzergâhın oluşturulması açısından düşüktür; elektrifikasyona gerek duyulmamasının yanında, araç parkuru, bakım-onarım ünitesi ve manevra sahası gibi tesisler, inşa bakımından basittir ve büyük alanlar gerektirmez.
- BRT, işletmede meydana gelebilecek aksaklıklar durumunda, büyük bir problemle karşılaşılması ihtimali düşük olduğundan, özel bir kontrol ve sinyalizasyon sistemi gerektirmez.
- BRT'de ana hatta bağlanacak toplayıcı ve dağıtıcı tali hatlar, aktarma gerektirmeden sisteme dahil edilebilmektedir.
- Farklı tipte ve boyutlarda araçların kullanımı mümkündür.
- Okul ve işyeri özel servislerinin sistem içine dahil edilmesi imkanı vardır; bu şekilde kamusal işletmeye ek gelir de sağlanabilmektedir.
- Tesis inşa malzemesi ve araç temini LRT'ye göre daha kolaydır; teknoloji ithali çoğu zaman zorunlu değildir.

- Yatırım süresi LRT'ye göre oldukça kısadır; kısa sürede işletmeye geçilebilir. Özellikle krediyle yürütülen yatırımlarda bu konu büyük önem taşımaktadır.
- BRT sisteminin aşama aşama gerçekleştirilmesi ve proje revizyonu LRT'ye göre çok daha kolaydır; LRT'de, beklenen kullanıcı kitlesine hitap etmeyen bir proje kesiminin revize edilmesi, ekonomik açıdan imkansızdır.
- BRT, farklı uzmanlıklara sahip ekstra teknik ve yönetim personeli gerektirmez; mevcut otobüs sistemini işleten ekipte küçük boyutta değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmesi mümkündür.
- Hazırlanan hatta bir aksaklık meydana gelmesi durumunda, araçların mevcut başka servis yollarına yönlendirilmesi imkanı vardır; işletmeyi aksatacak veya durduracak ciddi bir problem yaşanması ihtimali düşüktür.
- BRT'nin potansiyel kapasitesi daha yüksektir; talebe göre yapılabilecek araç konfigürasyonu ve sefer sıklığı daha esnektir.
- Araç tipi ve sefer sıklığındaki esneklik, pik saatlerde LRT'ye göre daha yüksek hizmet seviyesi elde edilmesine imkan verir.

Toplu taşıma sistemleri çok büyük yatırımlar gerektirdiğinden BRT ve LRT'nin ekonomik açıdan karşılaştırılması büyük önem taşımaktadır. Aynı saatlik kapasite değeri için Kanada'nın Ottawa kentine ait toplu taşıma sistemleri için yapılan maliyet karşılaştırmaları Tablo 1'de verilmiştir (Khan vd., 2004). Sonuçlar daha önce farklı şehirlere ait sistemlerde gerçekleştirilmiş çalışmalarla (Gravel ve Bowes 1997, Leicester 1999) paralel niteliktedir.

Tablo 1. Ottawa BRT ve LRT için Güzergah Uzunluğu için Maliyet Karşılaştırmaları

Sistem	Yatırım Maliyeti (KD*/yolcu)	İşletme ve Bakım (KD*/yolcu)	Toplam Maliyet (KD*/yolcu)
BRT			
12.2 m'lik otobüs	0.74	0.91	1.64
18.3 m'lik otobüs	0.70	0.64	1.34
LRT			
5 vagonluk dizi	1.85	0.42	2.27

* 15.000 yolcu/saat kapasite ve 15 km'lik güzergah boyu için Kanada Doları

Tabloda görüldüğü gibi BRT, LRT'ye göre yolcu başına daha düşük maliyet sağlamaktadır. LRT'de toplam maliyetin büyük bir kısmını yatırım maliyeti oluştururken BRT'de yatırım ve işletme maliyetleri birbirine yakındır.

Ekonomik karşılaştırmada yaygın olarak kullanılan bir diğer ölçüt de "maliyet etkinliği" dir. Aynı çalışmada, genelleştirilmiş maliyetin yolcu-km'ye bölünmesiyle elde edilen maliyet etkinliği değerleri ve sistemlerin kapıdan-kapıya ortalama hızları Tablo 2'de verilmiştir (Khan vd., 2004).

Tablo 2. Ottawa BRT ve LRT için Maliyet Etkinliği ve Kapıdan-Kapıya Ortalama Hız

	BRT	LRT
Maliyet/yolcu-km (2000\$)	0.11	0.15
Ortalama hız (km/sa.)	38.4	36.1

LRT, BRT'ye göre daha yüksek işletme hızı sağlamasına rağmen, BRT'nin maliyet etkinliğinde sağladığı avantaj oransal olarak daha büyüktür. Bu durum, LRT sistemi ile kazanılacak hız artışının BRT'ye kıyaslandığında ekonomik açıdan anlamlı bir seviyede olmadığını göstermektedir.

2. DÜNYADAN ÖRNEKLER

Uygulamadaki BRT sistemleri, basit ve kompleks sistemler olmak üzere iki ana sınıfa ayrılabilir (Rendek, 2002).

i) Basit Sistemler :

- BRT hattı, trafik akımı içinde yer alıp yol hakkı önceliklidir, sınırlı sayıda durağa sahiptir, pik saatlerde genellikle ekspres olarak işletilir.
- BRT şeritleri özel kaplama ile diğer trafik şeritlerinden ayrılır.
- İstasyonlar normal otobüs duraklarından farklı şekilde dizayn edilir.
- Alçak döşemeli otobüsler kullanılır.
- Ücret toplama işlemi, tüm kapılardan binişi sağlama amacıyla, istasyon girişlerinde yapılır. Bu yüzden istasyonlar diğer yaya trafiğinden ayrılmıştır.

ii) Kompleks Sistemler :

- BRT hattı, araç trafiğinden tamamen ayrıdır; müsait yerlerde, ekspres yolların orta refüjleri ve kullanım dışı olan demiryolu koridorları hat için kullanılır.
- İstasyonlar mod değişikliğini tamamlayıcı her türlü detayla donatılmıştır.
- Yolcular, elektronik kontrol sistemleri yardımıyla, yaklaşan otobüslerle ilgili bilgilendirilir.
- Yüksek döşemeli, tek veya çift körüklü ve genellikle hibrid araçlar kullanılır.
- İstasyonlar arasında minimum 10 dakikalık bir mesafe bulunur (Amundsen, 2001).

Dünyada işletilmekte olan birçok BRT sistemi mevcuttur. Bu çalışmada aşağıda sıralanan belli başlı uygulamalar hakkında bir miktar bilgi verilecektir.

- City Express ve Country Express, Ottawa-Kanada,
- Honolulu BRT, Hawaii-A..B.D.,
- X-49 Western Rapid Bus, Chicago-A.B.D.,

- Metro Rapid, Los Angeles-A.B.D. ve
- Curitiba BRT, Curitiba-Brezilya'dır.

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 BRT uygulamasının LRT'ye göre inşa açısından %50, işletme açısından ise %20 daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum, faaliyetler ve nüfusal açıdan geniş dağılım gösteren kentlerde BRT uygulamasının tercih edilebilirliğinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir (Crowley ve Watson, 1991). Bu tip bir karaktere sahip yerleşimlerde saatlik talep 15.000 yolcuyu geçmemektedir; bu sınıra yakın değerlerde BRT koridorunun ileride raylı sisteme dönüştürülmesine müsait şekilde projelendirilmesi tavsiye edilmektedir (Cervero, 1998).

Honolulu'da kentinde inşa edilen BRT sisteminde iki aşama işletmeye geçilmiş; ilk aşamadaki 9 km'lik kesimle haftaiçi günler için kullanıcı kitlesinde ortalama 2220'den 3500'e yükselme gözlenmiş; 10 km'lik ikinci aşamanın da işletmeye açılmasıyla bu değer 6000'in üzerine çıkmıştır. Banliyö bölgesinde hizmete açılan kesimde, proje öncesi aylık talep 83.500 olarak dikkate alınmış; işletmeye açıldıktan kısa bir süre sonra aylık talep 126.500 yolcuya ulaşmıştır (Rendek, 2002). Bu değerler, BRT'nin otomobil kullanımını azaltıp toplu taşımaya yöneltmede ne kadar etkin bir sistem olduğunun göstergesidir. LRT sisteminde güzergah belirleme esnekliği daha düşük olduğundan, yerleşim ve iş merkezlerine yakın koridorlardan geçilmesi zor olmaktadır. BRT'de ise, büyük bir iş veya yerleşim merkezinin çevresinde dolaşan bir hat oluşturma imkanı olduğundan, kullanıcı için daha az yürüme mesafeli bir toplu taşıma alternatifi sunulabilmekte; böylece otomobil kullanımını düşürmede büyük ilerlemeler katedilebilmektedir.

Chicago'daki BRT uygulaması, mevcut eski otobüs hatları üzerinde gerçekleştirilmiş ve seyahat hızında %25'lik bir artış sağlanmıştır. Sistemin işletmeye açılmasını takip eden 2 yıllık sürede, haftaiçi günlük kullanıcı kitlesinde 4400 yolcu ile %17'lik bir artış gözlenmiştir. Yapılan anket çalışmasında, zamanında servis, düşük bekleme süresi, güzergah yeterliliği ve seyahat süresindeki azalma bakımından %82'lik bir kullanıcı memnuniyeti tespit edilmiştir (Chicago Transit Authority, 2000).

Los Angeles'taki BRT uygulaması, 2 bağımsız hattan oluşmaktadır. Yukarıda değinilen "basit sistemler" sınıfına giren uygulamada; otobüs öncelikli sinyalizasyon, eş seviyede iniş-biniş (alçak döşemeli araçlar) ve kalkış zamanı çizelgesi yerine zaman aralıklı hareket gibi uygulamalar yardımıyla, işletme hızı iki farklı hatta %29 ve %23 oranlarında artırılmıştır. Kullanıcı kitlesinde de, önceki otobüs hatlarına göre %33 ve %26'lık yükselme gözlenmiştir. Ayrıca, %13'lük kısmı yüksek gelir düzeyinde olmak üzere, 1/3 oranında bir yeni kullanıcı kitlesi kazanılmıştır.

Curitiba BRT, dünya çapında en bilinen ve en başarılı BRT uygulaması olup arazi kullanımını en iyi şekilde destekleyen ulaşım ağı olarak kabul edilmektedir (Kruckemeyer, 1999). Sistem, 60 km'lik ayırık otobüs şeridi, 25 transfer istasyonu ve 221 duraktan oluşmaktadır. Kent merkezinde 1.6 milyon ve çevresinde 1 milyon olmak üzere toplam 2.6 milyonluk nüfusa sahip bir şehirde günde 1550 servis sayısı ile 1.9 milyon yolcu taşınması, birçok toplu taşıma sisteminde rastlanılması zor bir başarıdır. Özellikle her 2.4 kişiye 1 otomobilin düştüğü Curitiba gibi bir şehirde böyle bir kullanıcı kitlesine ulaşılması, BRT sisteminin bu konudaki etkinliğinin açık bir göstergesidir. Şehirde toplu taşımanın %70'i BRT ile sağlanmaktadır; inşaa ve işletme bedelinin tamamı gelire kısa sürede geri kazanılmıştır.

3. BRT PLANLAMASI

3.1. Planlamada Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

BRT planlamasında en kritik hususlar, diğer lastik tekerlekli toplu taşıma modlarıyla analitik açıdan çakışması ve raylı sistemlerinin tercih edilebilirliğinin daha yüksek olduğu yönündeki görüşlerdir (Levinson vd., 2003). Planlama öncesinde objektiflik açısından özümsemesi gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- 1- Mod alternatifleri arasında herhangi bir önyargı olmamalıdır. Mevcut durum ve yeni alternatifler objektif olarak dikkate alınmalıdır.
- 2- Planlamada en etkili sayısal faktörler, transit sisteminin sunulduğu kullanıcı kitlesinin büyüklüğü ve sistem maliyetidir (ilk yatırım, işletme, bakım-onarım maliyetleri). Bu yüzden bunların tespitinde büyük hassasiyet gösterilmeli; gerçek değerinin üstünde ve altında saptamalardan kaçınılmalıdır.
- 3- Dünyanın her yerinde, raylı toplu taşımanın tercih edilebilirliğinin yüksek olduğu şeklinde bir öngörü mevcuttur. Bu öngörünün dayanakları;
 - o Otobüs temelli transit sistemlerinin daha düşük kaliteli oluşu ve daha az kullanıcı kitlesine hitap ettiği,
 - o Otobüs temelli sistemlerin, raylı sistemlere kıyasla, çevre kirliliği açısından daha zararlı olduğu,
 - o Raylı sistemlerin işletme açısından daha güvenilir ve sürekli olduğu gibi nedenlerdir.

Bu öngörü, birçok uygulamada arazi kullanımının geliştirilmesine yönelik projeksiyonlara olumsuz etkimekte ve özellikle yerel yönetimler üzerinde, gerçekleştirilmiş BRT sistemlerinin normal yol kullanımlı otobüs hatlarına dönüştürülmesi yönünde bir baskı yaratmaktadır. Bu yüzden BRT planlamasında bu tür bir öngörünün ortadan kaldırılması gerekmektedir.

- 4- BRT hatları için yeterli kullanıcı kitlesine hitap eden uygun koridorların bulunması gerekmektedir. BRT'de genellikle otobüs yolu veya otobüs şeridi olarak dikkate alınan "yol hakkı" unsurunun, yoğunluğun fazla olduğu şehir merkezlerinde sağlanması çoğunlukla mümkün olmamaktadır. Bununla beraber, öncelikli yol hakkının sağlanabildiği kullanım dışı olan demiryolu hatları, ekspres yol orta refüjleri gibi kesimler, yeterli kullanıcı kitlesine hitap edememektedir. Ayrıca bu tür kesimlerde, yayalar için uygun ve güvenli bir hareket ortamı sağlamak kolay olmamaktadır. Bu yüzden BRT uygulaması için, yeterli yol platformuna sahip koridorlar seçilmeli; nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu dar platformlu kesimlerde ise, tamamı ile otobüse ayrılmış şeritlerden kaçınılmalı, otobüse öncelik tanınmış karma yol hakkına sahip koridorlar üzerinde durulmalı ve bu kesimlerde durak sayısı minimuma çekilmelidir. Karma yol hakkına sahip hatlarda, sürücü davranışları ve yasal yaptırımlar büyük önem taşımaktadır.
- 5- BRT hatları oluşturulurken, otobüs şeritlerinin düzenlenmesinde otobüse ayrılacak şeritlerin normal araç kullanımına kapatılması durumunda pik saat trafik akımının ne duruma geleceği iyi etüd edilmelidir. Mevcut yoldan otobüs şeridi alınması durumunda ortaya çıkabilecek ciddi kapasite düşüşlerinden kaçınılmalıdır.
- 6- Kentiçi ulaşım sisteminin işletiminden sorumlu yönetimler çoğu zaman, BRT sistemini mevcut otobüs taşımacılığının bir uzantısı olarak görmekte; bu sebeple işletme maliyeti ile gelirleri dengeleme amacıyla, araç ve istasyon dizaynı, ücret toplama sistemi gibi önemsiz gibi görünen kritik unsurlara yatırım yapmaktan kaçınabilmektedir. Bu durumda BRT asıl fonksiyonunu yerine getirememekte ve bundan kaynaklanan başarısızlığın faturası BRT sistemine kesilebilmektedir. Bu yüzden, BRT'nin başlı başına bağımsız bir toplu taşıma sistemi olduğu gerçeği özümsemelidir.

3.2. Planlamanın Ana Hatları

Birçoğu herhangi bir toplu taşıma modunun planlanmasında da geçerli olan ve modlar arasında tercih yapılmasında etkili olan ana kriterler şunlardır (Levinson vd., 2003):

- Şehirleşmiş bölgedeki yerleşimin yoğunluğu, gelişmişlik derecesi ve karakteri
- Toplu taşımaya mevcut ve gelecekteki potansiyel talep
- Kentsel kesimin gelecekteki genişleme projeksiyonu
- BRT için potansiyel arterlerde, platform genişliği ve bunun hat boyunca devamlı olup olmadığı, arterlerin kapasitesi ve pik saat akım değerleri
- Yaya akımı için arter çevresindeki alan yeterliliği
- Potansiyel BRT güzergahlarının çevresindeki iş ve konutsal yerleşimlerin durumu
- Potansiyel kullanıcı kitlesinin toplu taşımaya yönelik davranış ve tutumları

- Kullanıcı kitlesinin maddi olanakları
- Proje için sağlanabilecek kaynak

BRT sistemleri, çok değişkenli kompleks sistemler olduğundan, sistem donanımı, servis tipi ve hizmet seviyesi gibi değişkenlerin farklı kombinasyonları şeklinde alternatiflerin analizi gerekmektedir. Alternatiflerin etkinliğinin belirlenmesi çoklu kriterlerin dikkate alınmasını gerektirmektedir (Fuhs, 1990). Bu kriterler mobilite, çevresel etki, arazi kullanımı, maliyet ve kullanıcı kitlesidir (Levinson vd., 2003). Mobilite kriteri için; iş, hizmet ve yerleşim merkezlerine erişim, normal otobüs işletimine göre seyahat süresi kazanımı, diğer trafik akımı üzerindeki etki, yolcu-km cinsinden hitap edilecek kullanıcı kitlesi ve hattın işleme uygunluğu analiz edilmesi gereken değişkenler olarak sıralanabilir. Çevresel etkiler olarak ise; otomobil kullanımında beklenen azalma, emisyon değişimi, sabit tesis inşaatı için kullanılması gereken araziler üzerindeki etki dikkate alınmalıdır. Bölgesel arazi gelişim politikasına uyumluluk, ulaşım kaynaklı arazi kullanımı ve ekonomik gelişime katkı ölçütleri, şehir planlama açısından analizi gerekli etkenlerdir. Ekonomik açıdan yatırım maliyeti, işletme maliyeti, maliyet etkinliği (her alternatif için yolculuk veya yolcu-km başına düşen toplam birim maliyet) ve proje kaynak olanakları, etüd edilmelidir. Kullanıcı kitlesi projeksiyonu; işletmeye açılış yılı, olgunlaşma yılı(açılıştan 5 yıl sonraki) ve 20 yıl sonraki dönemler için yapılmalıdır; projeksiyonların güvenilirliği bunun için geliştirilmiş özel yöntemlerle sınanmalıdır.

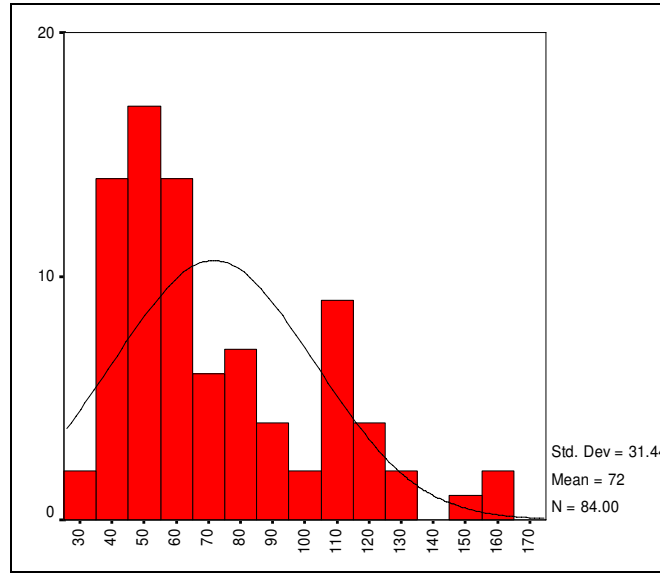
4. İZMİR'DE BRT SİSTEMİ UYGULAMASI İÇİN BİR DEĞERLENDİRME

BRT uygulaması dünyanın birçok yerinde ilk aşama olarak, mevcut otobüs hatlarının BRT'ye dönüştürülmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir. BRT sisteminin, bir kentte en çok hangi koridorda verimli olabileceğini de, en iyi mevcut güzergahlardaki talep göstermektedir. Çalışmanın bu bölümünde, İzmir kentindeki mevcut otobüs toplu taşıma güzergahlarının bazı rakamsal verileri incelenerek, BRT'nin uygulanabilir olduğu hatlar irdelenmeye çalışılmıştır. BRT'nin planlanması, yukarıda da belirtildiği gibi, çoklu kriterlerin birlikte analizini gerektiren; geomterik ve demografik veriler de dahil olmak üzere, çok değişkenli ve master plan ölçeğinde geniş kapsamlı bir süreçtir. Bu çalışmada gerçekleştirilen irdeme, planlamadaki ilk aşama ve nereden başlanması gerektiğini gösteren bir ön hazırlık niteliğindedir. Kullanılan kriterler, temin edilebilen genel verileri kapsamakta olup basit istatistiksel sınamalardan oluşmaktadır. Uygulamaya yönelik bir planlamada, bu kriterlerin çoğaltılıp daha rasyonel hale getirilmesi gerekmektedir.

İzmir'de 2003 yılı verilerine göre 282 adet otobüs hattı işletilmektedir (Eshot, 2003). Bu çalışmada, hatların 2003 yılı Nisan, Ağustos ve Ekim aylarına ait servis ve taşınan yolcu toplamları kullanılmıştır. Hatları işletim verimliliği bakımından birçok farklı kritere göre değerlendirmek mümkündür. Öncelikle aylık kullanıcı ortalaması en yüksek olan hatlar tespit edilmiştir. Hatlar kullanım yoğunluğuna

göre sıralandığında 65.000 yolcu seviyelerinde bir kopma noktası gözlenmekte; bu değer üzerinde tedrici bir artış, altında ise standart sapması yüksek olmayan bir dağılım gözlemlenmektedir. Bu yolcu talebinin üzerindeki hat sayısı 84'tür.

Mevcut hatların değerlendirilmesinde bir sonraki aşama olarak, bir serviste taşınan yolcu sayıları elde edilmiştir. Bu değer, otobüslerin doluluk oranları hakkında fikir verdiğinden, bir ölçüde, olası bir BRT sistemi ile yüksek kapasiteye ulaşılmasına gerek olup olmadığını yansıtmaktadır. Servis başına düşen yolcu sayısı, servis sıklığına bağlı olmakla beraber, birçoğu ESHOT tarafından uzun süredir işletilmekte olan büyük talebe sahip hatlarda servis zaman aralıkları optimum seviyede tutulmaktadır. Bu yüzden çoğu hatta, servis sayısındaki değişimle yolcu talebi arasında orantısız bir ilişki mevcuttur. Bu yüzden, servis sayısındaki yetersizlik nedeniyle verimliliğin yüksek görünmesi ihtimali düşüktür. Servis başına düşen yolcu sayısı için hatların frekans dağılımı yapıldığında, ortalama değer olan 72 yolcu/servis'in hemen altında, servis başına yolcu sayısının, yaklaşık 5 yolcu ile, büyük bir miktarda azaldığı görülmüştür. 84 otobüs hattına ait yolcu/servis frekans dağılımı Şekil 1'de verilmiştir. BRT açısından ekstrem hatlar incelendiğinden, servis başına yolcu değeri 40-60 aralığında seyreden normal işletimli hatlarda, BRT gibi hizmet seviyesini artırıcı yeni bir toplu taşıma uygulamasına gerek yoktur. Grafikten de görüldüğü gibi, ekstrem bölge 70 ve üzeri değerlerde oluşmaktadır. Buna göre, frekans dağılımının atlama noktasına da sadık kalınarak 72 yolcu/servis'ten düşük değerli hatlar elenmiş; bu eleme kriteriyle eldeki hat sayısı 36'ya düşmüştür.

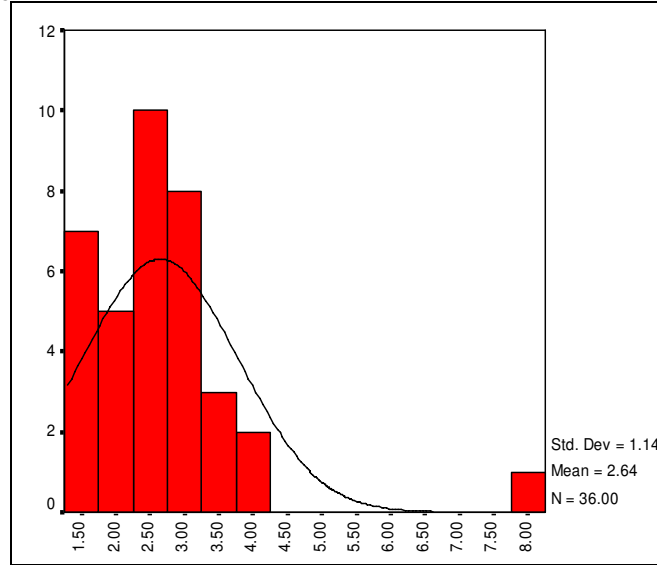


Şekil 1. Kalan 84 Hat için Yolcu/Servis Frekans Dağılımı

Bir serviste taşınan yolcu sayısı önemli bir gösterge olmakla beraber, hatlarda güzergah uzunluğu arttıkça, muhtemel iniş-biniş sayısının artmasıyla bu kriter, hat

verimli çalışmamasına rağmen yüksek değerler verebilmektedir. Bu yüzden bir sonraki aşamada, servis başına yolcu sayısı hat uzunluğuna bölünerek bu etki ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Son aşamada kalan 36 otobüs hattına ait verim kriterlerinin ortalaması 2,64, standart sapması ise 1,14 olarak elde edilmiştir. Kalan hatlara ait frekans dağılımı Şekil 2'de görülmektedir. Bu verim ölçütünün 2 ve üzerinde olması, güzergahın her bir kilometresinde 2 adet toplu taşıma kullanıcılarına hizmet verildiğini göstermektedir ki bu ekonomik açıdan kabul edilebilir bir seviye olarak düşünülebilir. Kalan 36 hattın sıralamasında atlama noktası 2,18 olarak tespit edilmiş ve bu değer altında verimliliğe sahip hatlar elenerek BRT açısından dikkate alınabilir hat sayısı 25'e indirilmiştir.

Mevcut hatların değerlendirilmesinde son aşama olarak, yolcu taleplerinin mevsimselliği incelenmiştir. Bir hattaki ortalama aylık talep çok yüksek olabilmektedir. Fakat bu talep yılın farklı mevsimlerinde büyük dalgalanmalar sergiliyorsa, bu güzergahta inşa edilecek yeni bir toplu taşıma yatırımının yılın bazı dönemlerinde, işletim maliyetinden daha düşük bir gelirle çalışmasına sebep olabilir. Bu riske sahip hatların belirlenmesi için, yılın 3 farklı mevsiminde meydana gelen taleplerin standart sapmaları, o hatta ait ortalama aylık talebe bölünerek rakamsal bir ölçüt elde edilmeye çalışılmıştır. Sadece üç farklı dönemden alınmış bir zaman serisi veri grubu için bu tür bir değerlendirme, istatistiksel açıdan anlamsız olmakla beraber,



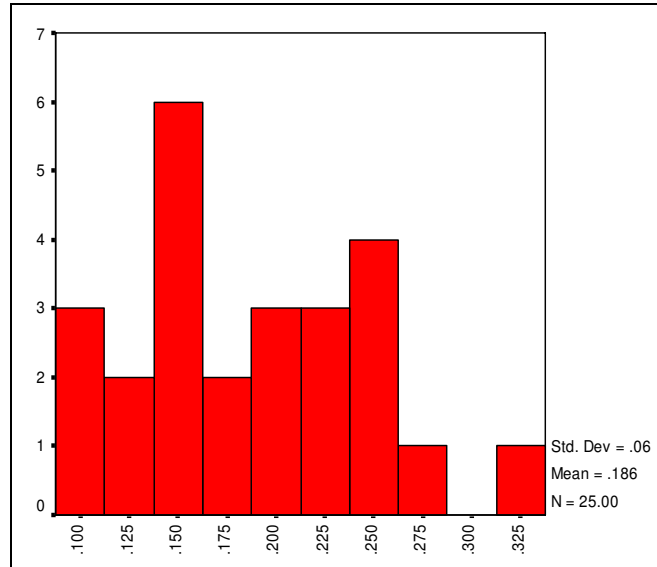
Şekil 2. Kalan 36 Hat için Yolcu/Servis-Hat Uzunluğu Frekans Dağılımı

kısıtlı veriyle mevsimsel değişimin boyutunun görülebilmesi açısından yeterli bir yaklaşımdır. Burada standart sapmanın ortalamaya bölünmesinden amaç, talepteki dalgalanmanın, beklenen değeriyle birlikte değerlendirilmesini sağlamaktır. Böylece, dalgalanmanın yüksek olduğu bir koridorda yeni yatırım gerçekleştirilmesinin riski, yüksek kullanıcı kitlesiyle sönümlenmekte; istikrarlı

fakat düşük talepli güzergahların, dalgalanmalı fakat yüksek talepli güzergahların verimlilik açısından ön plana çıkması engellenmiş olmaktadır. Kalan 25 otobüs hattına ait mevsimsellik faktörü katsayılarının frekans dağılımı Şekil 3'te görülmektedir. Talepteki dalgalanma miktarının %20'ye kadarlık bir kısmının tolare edilebileceği düşünülebilir. Bu, talebin minimum değeri ile maksimum değeri arasındaki farkın 1/5 oranının üzerine çıkmayacağı anlamına gelmektedir ki işletme ekonomisi açısından ideal bir koşul yaratmaktadır. Bu yaklaşım kriterine göre geriye kalan otobüs hattı sayısı 14'tür.

Servis başına düşen yolcu sayısına göre yapılan eleme aşaması sonrası, BRT sistemi açısından dikkate almaya değer görülen mevcut otobüs hatları ve bunlar için hesaplanan değerlendirme kriterleri, aşama-aşama elenen sıralamaya göre Tablo 3'de verilmiştir.

Yapılan irdeleme sonucunda kalan 14 otobüs hattı, değerlendirmenin ilk aşamasındaki 84 hattın toplam aylık kapasitesine göre %25'lik bir kısmını karşılamaktadır; son aşamada kalan hatlar, genel itibariyle elenen hatlardan daha yüksek talebe sahip değildirler. Bunun sebebi ağırlıklı olarak, elenen yüksek talepli hatların yolcu/servis-mesafe verimliliği açısından düşük sonuçlar vermesidir. Bu da, yüksek talepleri doğuran esas sebebin, gereğinden uzun güzergahlar olduğunu yansıtmaktadır. Uzun mesafeden kaynaklanan bu talep, servis sıklığının da verimsiz ölçülerde artırılması zorunluluğu yaratmaktadır. Kenti bir uçtan öbür uca dolaşan hatlar yerine, bu koridorların farklı hatlara bölünmesi, servis sıklığının da daha düşük tutulabilmesine imkan verecek ve hatların verimliliği büyük oranda yükselecektir.



Şekil 3. Kalan 25 Hat için Mevsimsellik Faktörü Frekans Dağılımı

Yapılan irdeleme sonucunda elde edilen 14 otobüs hattının büyük bir kısmının, kent çevresindeki konutsal yerleşim ve ticari merkez ağırlıklı çevre bölgeleri kent merkezine bağlayan hatlar olduğu göze çarpmaktadır. Aylık ortalama yolcu sayısı toplamları orantılandığında, İzmir Metrosu hizmete girdikten sonra açılan ve banliyöleri metro istasyonlarına bağlayan hatların, toplamın %74'ü gibi çok yüksek bir talebe sahip olduğu görülmektedir ve bu hatların mevsimsellik faktörü oldukça düşüktür. Başlıcalarını, Balçova-Halkapınar, Balçova-Üçyol, Gaziemir-Halkapınar gibi hatların oluşturduğu istikrarlı talebe sahip bu koridorlarda BRT uygulamasına başvurulması olumlu sonuçlar verecektir. İnşa halinde olan Üçyol-Üçkuyular metro hattı işletmeye açıldığında bu hatlar üzerindeki yükün hafiflemesine yardımcı olacak; ancak, mevcut otobüs hatları gibi yoğunluklu yerleşimin içinden geçen kısa yürüme mesafeli bir güzergaha sahip olmadığından, BRT ile sağlanması mümkün verimliliğe muhtemelen ulaşamayacaktır. Bununla beraber, eski otobüs yolcusu kitlesinin azımsanamaz bir miktarını kendine çekemeyecek yeni bir toplu taşıma modundan, bundan sonraki aşama olan, mevcut otomobil kullanımını azaltması da beklenemez.

Yukarıda değinilen hatlar dışında Günaltay-Altındağ, Limontepe-Doğanlar gibi iki banliyöyü şehir merkezinden geçerek birbirine bağlayan güzergahlarda da kullanılan analiz kriterleri sağlanmaktadır. Bu durum, şehir merkezinde toplanan hatlar yerine, merkeze teğet geçen iki yönlü kısa koridorların, İzmir'de BRT uygulaması açısından daha verimli sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Bu irdelemenin dikkate değer başka bir sonucu da, İzmir kentinin ana yerleşim merkezleri olan yüksek yoğunluklu Bornova, Karşıyaka, Bostanlı gibi kesimlerden şehir merkezine bağlanan hatlarda çok fazla talebe rastlanmaması ve bu kesimlere ait hatların kullanılan kriterlere göre elenmesidir. Bunun sebebi, bu bölgelerden şehir merkezine bağlanan hatların çok sayıda alternatifinin olmasıdır. Tam tersi sonuç veren Balçova, Narlıdere, Sahilevleri gibi körfezin güney kıyısındaki yerleşimlerde ise şehir merkezine bağlanan hat sayısı düşük ve buna bağlı olarak talep ve verimlilik oldukça yüksektir.

Tablo 3. BRT Uygulaması Açısından Dikkate Değer Bulunan Mevcut Otobüs Hatları

Hat No	Başlangıç	Bitiş	Hat Uzunluğu (Km)	Aylık Ortalama Servis Sayısı	Aylık Ortalama Yolcu Sayısı (bin)	Yolcu / Servis	Yolcu / Servis / Hat Uzunluğu	Mevsimsellik Faktörü
150	GÜNALTAY	ALTINDAĞ	32.0	1178	101	86	2.68	0.091
519	BALÇOVA	GAZİEMİR	46.0	682	80	117	2.54	0.092
90	GAZİEMİR	HALKAPINAR METRO	42.0	2365	259	110	2.61	0.104
7	SAHİLEVLERİ	KONAK	33.2	1206	91	75	2.27	0.117
79	YEŞİLYURT DV. HST.	HALKAPINAR METRO	26.9	2898	270	93	3.46	0.118
245	GÜLTEPE	ESENTEPE	31.7	2341	258	110	3.47	0.141
5	NARLIDERE	KONAK	34.8	1536	152	99	2.85	0.141
86	BALÇOVA	HALKAPINAR METRO	34.2	4978	669	134	3.93	0.155
376	TINAZTEPE	GÜMRÜK	31.7	1981	145	73	2.30	0.155
361	B.ÜÇOK	KONAK	34.8	2643	211	80	2.29	0.158
663	LİMONTEPE	DOĞANLAR	51.4	578	68	118	2.29	0.162
586	BALÇOVA	ÜÇYOL	16.4	3360	434	129	7.87	0.175
370	NARBEL	KONAK	30.6	1709	173	101	3.31	0.181
81	ESENTEPE	MONTRÖ	24.0	1870	139	74	3.10	0.194
63	BOR.KAMPÜS	GÜMRÜK	32.7	3204	254	79	2.42	0.202
169	BALÇOVA	HALKAPINAR	34.6	5195	555	107	3.09	0.207
554	NARLIDERE	HALKAPINAR	40.5	929	1485	160	3.95	0.222
70	BUCA	HALKAPINAR	30.0	3906	343	88	2.92	0.222
568	EVKA-4	BORNOVA METRO	24.4	2828	222	79	3.22	0.232
514	TINAZTEPE	BOSTANLI İSKELE	57.0	1802	224	124	2.18	0.241
670	BUCA KOOP.	NARLIDERE	62.0	1834	301	164	2.64	0.244
270	BUCA KOOP.	İNCİRALTI	52.0	1694	247	146	2.81	0.251
121	MAVIŞEHİR	KONAK	43.5	2511	272	108	2.49	0.254
330	BOSTANLI İSKELE	BOR.KAMPÜS	26.3	2143	178	83	3.16	0.266
285	EVKA-1	KONAK	25.6	1490	108	72	2.82	0.330
128	EĞEKENT-2	GÜMRÜK	55.6	966	71	74	1.32	0.047
209	SİTELER	KONAK	53.0	1170	97	83	1.57	0.053
82	SİTELER	KONAK	64.0	1444	153	106	1.66	0.092
320	BADEMLER	KONAK	82.0	645	69	106	1.30	0.108
8	GÜZELBAHÇE	HALKAPINAR METRO	66.0	2002	223	112	1.69	0.118
600	K.YAKA	F.ALTAY MEY	56.8	1805	191	106	1.87	0.133
605	BALÇOVA	AYAKKABICILAR	57.0	1689	200	118	2.08	0.165
300	K.YAKA	F.ALTAY MEY	52.8	1280	99	77	1.47	0.171
342	EĞEKENT	GÜMRÜK	46.4	1047	77	74	1.59	0.190
509	GAZİEMİR	NARLIDERE	45.0	930	83	90	1.99	0.200
515	TINAZTEPE	E.Ü. KAMPÜS	55.0	2060	219	106	1.93	0.345
Ortalama :				1997	205	102	2.64	0.174
Standart Sapma :				1096	132,6	24	1.14	0.070

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, otobüs ve hafif raylı sistemin kendine özgü avantajlarını bir arada barındıran BRT sistemi, planlama ve uygulama açısından irdelenmiş; planlamada ve karar aşamasında karşılaşılabilecek problemler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Varılan noktada, aşağıda belirtilen sonuçlar ön plana çıkmıştır.

BRT; raylı toplu taşıma sistemlerine kıyasla, inşaatı ve işletilmesi kolay, hizmet seviyesi -özellikle istasyonlara yürüme mesafesini en ekonomik şekilde kısaltması bakımından- en yüksek, esnekliği ve revizyona açık olması bakımından gelişmekte olan şehirlere en uygun toplu taşıma sistemidir. Özellikle metropol kentlerde, kentin geleceği açısından hayati önem taşıyan otomobil kullanımının azaltılması konusunda en başarılı uygulamadır. Çünkü kullanıcı kitlesine; alışkın oldukları otobüs duraklarına yürüme mesafesi ile otobüsün sunabileceğinin çok üstünde hizmet seviyesi ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Curitiba'da kişi başına 0,42'lik otomobil sahipliğine karşın 2.6 milyonluk nüfusta günlük 1.9 milyonluk BRT kullanımı gerçekleşmesi, Los Angeles'ta %13'ü yüksek gelire sahip olmak üzere %33'lük yeni kullanıcı kitlesi kazanılması gibi örnekler, bunun en somut kanıtıdır.

BRT'nin planlanmasında, hizmet seviyesi, yol önceliği, araç konfigürasyonu ve güzergah alternatifleri gibi değişkenler büyük ölçüde esnek olduğundan, bunların her bir varyasyonu için; mobilite, kullanıcı kitlesi, arazi kullanımı ve çevresel etkiler gibi birçok kriterin çoklu analizi gerekmektedir. Projelendirmede, BRT'nin tamamen bağımsız bir toplu taşıma modu olduğu yaklaşımı mümkün ölçüde özümsemelidir.

İzmir kenti üzerinde yapılan, planlamaya hazırlık amaçlı irdelemede, özellikle şehir merkezini körfezin güney kıyısıyla birleştiren koridorda bir BRT uygulamasına gidilmesinin faydalı olacağı tespit edilmiştir. Mevcut otobüs işletmesinde, bazı hatların gerekenden fazla güzergah uzunluğuna sahip olduğu ve hat alternatifi açısından kentte homojenliğin sağlanamadığı sonucuna varılmıştır. Bu heterojen dağılım, hat taleplerinin değerlendirilmesiyle varılacak sonuçların güvenilirliğini azaltmaktadır.

BRT planlaması, diğer birçok planlama faaliyetinde olduğu gibi, arazi kullanımı, yol ağının geometrik envanteri, topoğrafya, nüfus, sosyo-ekonomik faaliyet dağılımı ve mevcut toplu taşıma talebi gibi bulunduğu konumla ilişkili verilerin bir arada analizini gerektirmekte ve bu konumsal ilişki, planlamanın ilerleyişinde kritik bir rol oynamaktadır. Örneğin mevcut hat taleplerinin değerlendirilmesinde, aynı hareket noktalı iki hattın güzergahları boyunca hangi kesime kadar ortak kullanıcı kitlesine hitap ettikleri, ancak koordinatlı veri değerlendirme yöntemleriyle mümkün olabilmektedir. Benzer şekilde, başlangıç ve bitiş noktaları aynı olan, farklı güzergahlara sahip iki hat, konumsal olarak dikkate alınmadığında, aralarındaki farklı oluşturan görülmesi mümkün tek kriter hat uzunluğu olmaktadır. Bu yüzden BRT sistemi planlamasında; koordinatlı ve

koordinatsız verilerin bir arada analiz edilmesini sağlayan, verilerin bir araya getirilmesini ve depolanmasını kolaylaştıran, geliştirilecek farklı analiz algoritmalarına hazır bir ortam oluşturan ve görsel özellikleriyle sistemin genelini algılayıp kolay ve yanlış payı düşük kararlar verme imkanı sağlayan “Coğrafi Bilgi Sistemi” tabanlı dijital platformların kullanımı, kaçınılmaz bir yöntem olarak düşünülmektedir. Zaman içinde güncellenerek farklı amaçlar için de kullanımı mümkün olan bu tür bir yöntemin hayata geçirilmesinde, bu konuda uzman akademik çevrelerin ve yerel yönetimlerin büyük desteğine ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Amundsen, C. (2001). Bus Rapid Transit: Everything Old is New Again, *American City and Country*, Vol.116, No.8, pp. 44-50.

Cervero, R. (1998). *The Transit Metropolis: A Global Inquiry*, Island Press, Washington D.C., U.S.A.

Crowley, D., Watson, B. (1991). *The Implication of Demographic and Socio-Economic Trends For Urban Transit in Canada, Phase I: Trends And Implications*, Canadian Urban Transit Association, Canada.

ESHOT (2003). *2003 Yılı Nisan-Ağustos-Ekim Ayları Servis-Otobüs-Yolcu Verileri*, İzmir Büyükşehir Belediyesi, Eshot Genel Müdürlüğü, İşletme Müdürlüğü, İzmir.

Fuhs, C. A. (1990). *High-Occupancy Vehicle Facilities: A Planning, Design, and Operation Manual*, Parsons Brinckerhoff Quade & Douglas Inc., New York, U.S.A.

Khan, A. M., Taylor, S. J., Armstrong, J. M. (2004). Service and Cost Comparisons of Bus Rapid Transit and Light Rail Transit, *Proceeding of 10th World Conference on Transport Research*, İstanbul.

Kruckemeyer, K. E. (1999). *CURITIBA: An International Perspective on the City's Bus-Transit Network, in Urban Public Transportation Systems: Implementing Efficient Urban Transit Systems And Enhancing Transit Usage*, edited by Murthy V., A. Bondada, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, U.S.A.

Levinson, H. S., Rutherford, S., Bruhn, E. (2003). *Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines*, Transit Cooperative Research Program, Report 90, Transportation Research Board, Washington D.C., U.S.A.

Rendek, K. E. (2002). *Bus Rapid transit (BRT): The B-Line Services: A Transit Innovation for Greater Vancouver*, Master of Science Thesis, Master of Environmental Design Program, University of Calgary.