



Araştırma Makalesi / Research Article

**İSTANBUL METROBÜS TOPLU TAŞIMA SİSTEMİNDE KULLANILAN
OTOBÜS TİPİNİN İSTASYONLARDA BEKLEME SÜRELERİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ***

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF BUS TYPE USED IN ISTANBUL BRT PUBLIC
TRANSPORTATION SYSTEM ON DWELL TIMES AT STATIONS**

Abdulhamit ÇETİN¹

Mustafa ILICALI²

<https://doi.org/10.55071/ticaretfbd.981138>

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
abhcetin@gmail.com

Geliş Tarihi / Received
10.08.2021

Kabul Tarihi / Accepted
20.12.2021

Öz

Lastik tekerlekli toplu taşıma sisteminde çığır açan BRT sistemi, raylı sistemlere göre proje ve uygulamada daha esnek ve daha ekonomik seçenekler sunmaktadır. Bu nedenle ulaşım otoritelerinin sisteme olan rağbetinin her geçen gün artmasına, diğer yandan yolculuk sürelerinin daha kısa, sefer sıklığının daha fazla olması da yolcuların ilgisine yol açmaktadır. Bu kadar yoğun talep gören sistemde, araç kuyruklarının oluşmasına ve yolcu kapasitesinin düşmesine sebep olan bekleme süreleri, farklı uzunluklardaki araçlar için incelenmiştir. Sefaköy ve Yenibosna arasında araçların yüksek hızlara ulaşması sonucu, Yenibosna istasyonunda 6,28 saniye araçların kuyrukta bekledikleri tespit edilmiştir. Farklı uzunluklardaki araçlar için yapılan test sonucuna göre istasyonlarda yolcu sirkülasyonunun daha hızlı olması için 18 m uzunluğundaki araçların yerine 20 m ve üzerinde yüksek yolcu kapasiteli araçların kullanılması gerektiği saptanmıştır. Metrobüs sisteminde araçların istasyonlarda bekleme sürelerinin azaltılması ile planlanan sefer aralıklarına uyum sağlanması, istasyonlarda araç kuyruklarının ve sonraki istasyonlarda yolcu birikmelerinin önlenmesi, sistemin itibarının ve yolcu memnuniyetinin artması beklenilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bekleme süresi, istasyon, metrobüs, otobüs kapısı, toplu taşıma.

Abstract

BRT system, offers more flexible and more economical options in project and application compared to rail systems. For this reason, the demand of transportation authorities for the system is increasing day by day, and on the other hand, the shorter travel times and the higher frequency of travel cause the interest of passengers. In such a high demanding system, dwell times for buses of different lengths, causing bus queues and reducing passenger capacity, were examined. According to the test result, it has been determined that buses with a high passenger capacity of 20 m and above should be used instead of buses with a length of 18 m in order to ensure faster passenger circulation. With the reduction of dwell times, it is expected to adapt to the planned headway frequencies, prevent vehicle queues and passenger accumulation at subsequent stations, and increase the reputation of BRT system and passenger satisfaction.

Keywords: BRT, bus door, dwell time, public transport, station.

*Bu yayın Abdulhamit ÇETİN isimli öğrencinin İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Programındaki Lisansüstü tezinden üretilmiştir.

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. abhcetin@gmail.com, Orcid.org/0000-0003-4143-2718.

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sütluçe, İstanbul, Türkiye. milicali@ticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0001-6453-7753.

1.GİRİŞ

Türkiye'nin en büyük şehirlerinden birisi olan İstanbul, tarihi yapısının yanında kültürel, sosyal ve ekonomik açıdan cazibe merkezi olarak varlığını sürdürmektedir. Türkiye'nin farklı şehirlerinden çalışmak amacıyla göç eden insanların barınma ihtiyaçlarının karşılanması için şehir doğuda Kocaeli, batıda Tekirdağ istikametinde sürekli genişlemektedir. Kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Marmara denizi nedeniyle sınırlanan şehirde ulaşım altyapısı, bilinçli planlamayı gerekli kılmaktadır. Sürekli genişleyen şehirde yaşayanların ve turistik amaçla şehri ziyaret eden misafirlerin ulaşım ihtiyaçlarının karşılanması için hem merkezi yönetim hem de yerel yönetimler çözümler geliştirmektedir. İstanbul'da toplu taşıma hizmetleri, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) himayesinde İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri (İETT) Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. İBB İstanbul'da trafik yoğunluğunu azaltmak, hızlı ulaşımı sağlamak ve trafik kaynaklı ekonomik kayıpların azaltılması için hızlı otobüs taşımacılığı olarak bilinen ve dünyada giderek yaygınlaşan Metrobüs sistemini, 2006 yılında planlamış ve 2007 yılından itibaren 4 aşamada Beylikdüzü – Söğütlüçeşme güzergâhında hizmete almıştır. Metrobüs sisteminde, toplu taşıma otobüsleri ile diğer araçların yolu ayrı olması nedeniyle trafik yoğunluğu kaynaklı gecikmelerin önüne geçilerek trafikte geçen yolculuk süreleri kısalmıştır.

Artan yolcu talebi nedeniyle her geçen gün iyileştirme çalışmaları yapılan Metrobüs sisteminde zaman zaman aksaklıklar yaşanabilmektedir. Metrobüs hattında gidiş ve dönüş için tek şeridin olması, sollama şeridinin olmaması, istasyon içerisinde araç arızalanması, yolcu indirme ve bindirme esnasında oluşan bekleme sürelerinin sefer aralıklarından uzun olması gibi durumlarda uzun araç kuyruklarının oluşması kaçınılmaz olmaktadır.

Araçın kapı genişliği, kapı sayısı, koltuk sayısı, ayakta yolcu durma alanı, alçak tabanlı olup olmaması, kartlı veya nakit ödeme sisteminin araç içinde olup olmaması gibi parametreler yolcu iniş ve binış sürelerini etkilemektedir.

İstanbul Metrobüs saha gözlemlerinde, bu parametrelere ilave olarak özellikle yolcu yoğunluğu olan saatlerde, kapıların araç içine açılmasının veya dışarıya açılmasının da bekleme süresini etkilediği müşahade edilmiştir. Araç içerisinde yolcu yoğunluğu fazla olduğunda kapı kenarlarında bulunan yolcular, kapıların açılıp kapanmasına engel olabilmektedir. Kapılarda yolcu sıkışmasını önlemek için mevcut olan sistem devreye girerek kapıların kapanması gecikmektedir. İstanbul Metrobüs sistemindeki araçlarda “içe açılır” ve “dışa açılır” kapı tipleri kullanılmaktadır. Kapıların bu özelliği, araçların ve yolcuların duraklarda geçirdiği süreyi kısaltabilir veya uzatabilir.

Bu makalede kullanılmak üzere İstanbul Metrobüs hattındaki farklı uzunluğa sahip araçların sabah yoğun saatlerde Avcılar – Zincirlikuyu arası istasyonlarda bekleme süreleri, İETT'nin geliştirmiş olduğu bir programdan alınarak raporlanmıştır. Raporlama, akıllı ulaşım sistemlerinin gereği olarak araçlarda bulunan CAN-Bus sistemi ile elektronik kontrol üniteleri arasındaki sinyal iletişimi sayesinde oluşturulmuştur. Araçların hız, motor devri, soğutma su sıcaklığı, kapı açık-kapalı durumu, arıza uyarı ve konumu gibi bir çok özellikleri dijital ortamda online takip edilebilmektedir. Araştırma kapsamında Mercedes Conecto, Mercedes Capacity ve Phileas araçların yaptıkları kilometreye göre kapı arızaları, arkadan çarpma nedeniyle oluşan kazalar ile istasyonlar arası mesafeler, platform genişlikleri yolcu taşıma kapasitesi açısından incelenmiştir.

Araç bekleme süresi, yüksek frekanslı, yüksek yolculu toplu taşıma hatlarında yolcu kapasitesini ve hizmet kalitesini belirleyici önemli bir parametredir. Bekleme süresi, araç yolculuk süresini, belirli bir zaman içerisinde çalışması gereken araç sayısını ve hattın kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Sefer sıklığının değişmesi, araçlara binecek yolcu dağılımının düzensizliğine ve artan kalabalıktan dolayı yolcuların verilen hizmetten memnun olmamalarına yol açabilir. Yolcu

sayısının az olması, sefer aralığının yüksek olması ve ödemenin araç dışında olması durumunda istasyonda bekleme süresi önemli bir parametre olmayabilir ancak tam tersi durumda ödemenin araç dışında olması bile bekleme süresinin önemli hale getirebilir.

Bekleme süresi, istasyonlardan araçların geç ayrılması ve diğer istasyonlarda yolcu birikmesi nedeniyle sadece kapasiteyi değil tüm sistemi olumsuz etkileyebilecektir. Metrobüs sisteminde araçların istasyonlarda bekleme sürelerinin azaltılması ile planlanan sefer aralıklarına uyum sağlanması, istasyonlarda araç kuyruklarının ve sonraki istasyonlarda yolcu birikmelerin önlenmesi, sistemin itibarının ve yolcu memnuniyetinin artması beklenilmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Metrobüs toplu taşıma sisteminin kalitesinin artırılması ve karşılaşılan sorunlarla ilgili pek çok araştırma yapılmıştır. Literatür taramasında Metrobüs sisteminin ilk fikir olarak ortaya atılmasından sonra sistemden elde edilen başarı sonucu dünyaya yayılması, daha sonra istasyonlarda iniş biniş esnasında oluşan bekleme süreleri ve sistemde kullanılan platform özelliklerinin bekleme sürelerine etkileri ile ilgili önceki çalışmalar incelenmiştir.

Son yıllarda çok gündeme gelen ve Türkiye’de Metrobüs ismiyle bilinen BRT sistemi, yeni bir sistem olmayıp 1930 yılından itibaren farklı BRT alternatifleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda 1937 senesinde Chicago, 1956 senesinde Washington, 1959 senesinde St. Louis ve 1970 senesinde Milwaukee için planlanmasına rağmen gerçek anlamda ilk olarak 1974 yılında Brezilya’nın Curitiba şehrinde hayata geçirilen ve ‘Rede Integrada de Transporte’ yani ‘Entegre Ulaşım Ağı’ olarak bilinen toplu ulaşım türüdür. Metrobüs sistemi, trafik tıkanıklığı ve kentsel yayılma konularına karşı mücadelede oldukça etkili olduğu görülünce birçok kentin ilgisini çekmeyi başarmıştır (Akı, 2012; Levinson ve ark., 2002).

Candem ve Tanyel, hızlı raylı sistemle ilgili bildirisinde raylı ulaşımlarda bekleme süresinin 15 ile 40 saniye arasında değişkenlik gösterdiğini, pik saatlerde yoğun istasyonlarda bu sürenin 45 saniyenin üzerine çıkabildiğini, güvenlik artırıcı ek süre olan operasyon sınır zamanının Metrolarda genellikle 15 -25 saniye kabul edildiğini belirtmiştir (Candemir & Tanyel, 2005).

Metrobüs işletimi bekleme süresinde meydana gelen değişiklikler bir domino etkisine neden olabilir ve hizmet güvenilirliğinde ve hattaki otobüs kapasitesinde azalmaya neden olabilir (Jaiswal ve ark., 2010).

El-Geneidy ve Vijayakumar, körüklü otobüslerin bekleme ve işletme sürelerine etkisini ele aldığı araştırmasında, Levinson ve ark. (2002) körüklü otobüslerin Metrobüs sisteminin bir parçası olarak kullanılmasını önerdiğini belirterek körüklü otobüslerin her durakta iniş biniş hızını artırabileceği gibi hatta ihtiyaç duyulan otobüs sayısını azaltabileceğini belirtmiştir (El-Geneidy & Vijayakumar, 2011; Levinson ve ark., 2002).

Kılıoğlu, Metrobüs sisteminde kapasite artışı ile ilgili yapmış olduğu tezinde, istasyonların ikili-üçlü grup kalkışlarına izin verdiğini ifade ederek duraklarda indi-bindi sürelerinin 2 katına artırılabilirliğini belirtmesinin yanında mevcut sistemde yoğunluktan dolayı iki kere aracın durmasıyla kayıp sürelerin arttığını belirtmiştir. Ayrıca ilk duraklarda yaşanan gecikmenin son durakta 9 dakikaya çıktığını tespit etmiştir (Kılıoğlu, 2010).

Deng ve Nelson (2011) Metrobüs ile ilgili dünyadaki son gelişmeleri ve Metrobüsün bölge gelişimine etkisini ele aldığı araştırmasında, hızla artan trafik sıklığı nedeniyle trafik sorunlarını azaltmak amacıyla ulaşım ile ilgili karar verenlerin, yüksek kapasiteli ve kaliteli farklı

ulaşım modlarına sevk ettiğini belirtmiştir. Yıllarca ulaşım iyileştirme seçeneği olarak raylı sistemlerin tercih edildiğini ancak yüksek yatırım maliyeti ve bütçe sınırı olan şehirlerin bu durumdan olumsuz etkilendiğini, dünya çapında birçok şehirde maliyet etkinliği dolayısıyla Metrobüsün raylı sistemin tamamlayıcı olarak görüldüğünü ifade etmiştir (Deng & Nelson, 2011). Yurdagül araştırmasında, yolculuk talebinin yoğun olduğu saat ve yönlerde araçların ilk istasyondan gecikmeli kalkmasının, ara istasyonlarda yoğunluğu ve iniş biniş süresini artırdığını, sistemin kapasitesini düşürdüğünü, araçların birbirlerini sollayamaması ve dolu kalkan araçların ara istasyonlarda beklemesi nedeniyle ileriki duraklara boş araç gönderilmesinin önemli bir rahatlama sağlayamadığını belirtmiştir (Yurdagül, 2012).

Pamuk (2017), Metrobüs istasyonlarındaki kameralar aracılığıyla her bir istasyonda 10 aracın ortalama bekleme sürelerini incelemiş ve bekleme sürelerini düşürmesi amacıyla yolcu davranışlarını da göz önünde bulundurmıştır. Duraklarda bekleme sürelerini azaltıp kapasite artışı sağlamak için 3'lü grup kalkışları, eşdeğer uzunluktaki araçların çalıştığı istasyonlarda uygun kılavuz çizgileri ile yolcu hareketlerinin düzenlenmesini önermiştir (Pamuk, 2017).

Önden, Doğan ve Eldemir (2019) Metrobüs istasyonlarının belirlenmesi ile ilgili araştırmasında Metrobüsün, metro yatırımlarına göre daha hızlı gerçekleştirilebilen ve lastik tekerlekli alternatiflerine göre yüksek kapasiteli taşıma hizmeti sunabilen bir taşıma türü olduğunu belirterek, istasyon seçimlerinde sadece uzman görüşüyle yenilmemesini, analitik etütlerin gerekliliğini ifade etmiştir (Önden ve ark., 2019).

3. TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİ

Toplu taşıma, Türk Dil Kurumu tarafından “Bir şehir halkının ulaşım gereksiniminin, çok sayıda insan taşımaya elverişli büyük taşıma araçlarıyla karşılanmasını sağlayan ulaşım sistemi” olarak tanımlanmıştır (TDK, 2021).

3.1 Toplu Taşıma İhtiyacı

Şehirlerin gelişmesiyle birlikte günümüzde insanların evden başlayıp işe, okula, diğer yerlere olan veya ev uçu olmayan yolculuklarının karşılanması için şehirde yaşam kalitesini artıran ve yaşamı kolaylaştıran bir toplu taşıma sistemi zaruri bir ihtiyaç olarak görülmektedir. Toplu taşıma sisteminin yetersiz kaldığı durumlarda insanlar ihtiyaçlarını, bireysel araçlarla veya kendiliğinde ortaya çıkan ve disipline edilmekte zorlandığı bilinen dolmuşlarla (DPT, 2001; Saatçioğlu & Yaşarlar, 2012) karşılamak zorunda kalmaktadır. Bu durum daha sonra mevcut yolların kapasitesinin aşması ile hem trafik yoğunluklarına hem de çevresel gürültü/görüntü kirliliklerine yol açabilmektedir. Şehir içinde insanların hareketliliklerinin sağlanması için toplu taşıma sistemi olarak karayolu, demiryolu (raylı sistemler) ve denizyolu araçları kullanılmaktadır.

3.2 Toplu Taşıma Sistemleri

18. yüzyılda ulaşımın atlı arabalar ve kayıklarla sağlandığı İstanbul'da, dünyanın ilk tramvayı New York'ta (1842), dünyanın ilk metrosunun Londra'da (1863) hizmete girmesinin ardından 1869 yılında Eugene Henri Gavand adlı Fransız mühendisin Galata'dan Pera'ya dünyanın ikinci yeraltı demiryolunun yapılması için girişimde bulunması ve aynı yıl ilk atlı tramvayın Tophane - Ortaköy hattında çalışmaya başlaması ve sonrasında Dersaadet Tramvay Şirketinin (1871) kurulmasıyla toplu taşıma sisteminin temelleri atılmıştır. 1939 yılında Elektrik, Tramvay ve Tünel İşletmelerinin millileştirilmesi sonucu günümüzde toplu taşıma denilince akla ilk gelen isim olan İETT çatısı altında şirketler toplanmıştır. 1981 yılında ilk ekspres seferler, 1987 yılında ilk deniz otobüsü

seferleri ve 1988 yılında ilk Hafif Raylı Sistem seferleri ile toplu taşıma sistemi gelişmeye devam etmiştir (İETT, 2021).

Zamanla artan şehir nüfusu ve teknolojik gelişmelere göre toplu taşıma sistemlerinde kullanılan otobüsler, biletler, duraklar, yolcu bilgilendirme gibi birçok alanda değişiklikler görülmüştür.

İstanbul'da 2019 yılında 15,2 milyon civarındaki şehir içi toplu taşıma yolculuk sayısının, %19'u raylı sistemler, %77'si karayolu ulaşım sistemleri ve %4'ü denizyolu ulaşım sistemleri ile gerçekleşmiştir (İETT, 2019). En fazla yolculuk payına sahip olan karayolu ile yapılan günlük yolculukların %49'u minibüs ve servis araçları ile sağlanırken, %39'u otobüslerle, %12'si taksi ve taksi dolmuş araçları ile sağlanmıştır. Raylı sistemleri ile taşınan günlük yolculukların yaklaşık %60'ı metro ve hafif metro araçları ile gerçekleşmiştir. En az yolculuk payına sahip olan denizyolu araçları ile taşınan günlük yolculukların yaklaşık %40'ı özel tekne ve motorlarla yapılmıştır. Denizyolu ulaşımı için elverişli bir şehir olan ancak bu imkandan yeterince yararlanamayan İstanbul'da karayolundaki toplu taşıma yükünü ve şehir trafiğini azaltmak amacıyla denizyolu ulaşımının öncelik verilmesi gerekmektedir.

4. BRT SİSTEMLERİ

4.1 BRT Tanımlamalar

BRT sistemi, Sürdürülebilir Taşımacılık Merkezi (2006) tarafından hızlı, konforlu ve maliyet etkin bir ulaşım ve yolculuk imkanı sağlayan, sadece otobüslere ait şeritler ile raylı taşıma sisteminin performansını daha ucuz maliyetle gerçekleştirmeye çalışan bir toplu taşıma sistemi olarak tanımlanmıştır (Kılıoğlu, 2010).

Ülkemizde Metrobüs olarak bilinen BRT sistemi, yüksek hızlı otobüs taşımacılığı (HOT) (Önden ve ark., 2019) olarak da isimlendirilmektedir. Diğer ülkelerde ise BRT sistemi; yüksek kapasiteli otobüs sistemleri, yüksek kaliteli otobüs sistemleri, Metrobüs, hızlı otobüs sistemleri ve otobüs yolu sistemleri gibi farklı isimlerle bilinmektedir (Orhan, 2010).

Metrobüs sistemi, yer altı metro sistemlerinde olduğu gibi trafikten ayrılmış yalnızca kendine tahsisli özel bir hatta yüksek kapasiteli ve alçak tabanlı otobüsler ile sık sefer aralıklarıyla işletilen dakik, konforlu, hızlı, kaliteli ve maliyet – etkin bir toplu taşıma sistemidir. Sistemin özelliği metro gibi yüksek yolcu kapasitesini otobüs sisteminin esnekliği ve maliyet avantajlarıyla sağlamasıdır. Metrobüs sistemlerini diğer otobüs sistemlerinden veya raylı sistemlerden ayıran kendilerine has özellikleri mevcuttur (Cirit, 2014).

4.2 BRT Sisteminin Başlıca Elemanları ve Performans Kriterleri

BRT sisteminin kurulması esnasında başlıca 7 elemanı üzerinden değerlendirilmektedir. Bunlar; seyir yolları, istasyonlar, araçlar, servisler, hat yapısı, ücret toplama ve akıllı ulaşım sistemleridir (Deng & Nelson, 2011; Levinson ve ark., 2003).

BRT sisteminin değerlendirmesinde öne çıkan başlıca performans kriterleri olarak yolculuk süresi, güvenilirlik, güvenlik, sistemin kapasitesi ile kimlik ve imajı olarak 5 özellik dikkate alınmaktadır (Güven, 2008).

- Yolculuk süresi; yolculuğun başlangıç ve bitiş noktaları arasında bekleme, iniş biniş ve taşıt içinde hareket halindeyken geçen sürelerinin toplamını ifade etmektedir.

- **Güvenilirlik;** yolcuların sistem üzerinde meydana gelen olumsuzluklardan etkilenmeden tutarlı bir şekilde hizmetten yararlandırılması ve önceden planlanan ve bildirilen hizmetin sürekliliği olarak bilinen güvenilirlik, trafik koşulları, araç arızaları ve kazaları, hattın uzunluğu, durak sayısı, düzensiz yolcu dağılımı gibi unsurlardan etkilenir. Trafığın farklı özelliklerine bağlı olarak yolculuk süresinde görülen değişiklikler sonucu, ilk duraktan uzaklaştıkça ve durulan durak sayısı arttıkça güvenilirlik düşmesine karşı toplu taşıma işletmecileri hat uzunluklarını kısaltma ve entegrasyona uygun noktalarda aktarma imkânı sunarak yolcuların istedikleri yere ulaştırmaya çalışmaktadır (Ilıcalı ve ark., 2015).
- **Güvenlik;** yolcuların can güvenliğinin sağlanması ve BRT sisteminin korunması için muhtemel araç kazalarına ve potansiyel tehlikelere karşı gerekli tedbirlerin alınmasıdır.
- **Kapasite;** BRT sisteminde bir noktadan geçirilebilen maksimum toplu taşıma taşıtı veya maksimum yolcu sayısını ifade edilmektedir. Wright (2004), BRT sistemlerinde kapasitenin taşıt yolcu kapasitesine, taşıt sayısına, iki taşıt arasındaki süreye ve taşıt geçiş sıklığına, taşıt doluluk oranlarına, devir hızını artıracak teknolojilere, servis ve işletme yapısına, güvenlik, konfor ve uygun ücretlendirmelere göre değişmektedir (Deli, 2015).
- **Kimlik ve imaj;** marka kimliği (BRT sisteminin alternatif ulaşım tercihlerini ve diğer toplu taşıma sistemleri ile entegrasyonunu içeren potansiyel kullanıcılara kullanım kolaylığı sunan ve cazip gelen bir özellik) ve çevresel tasarım (BRT sisteminin çevresindeki bölge ile uyumluluğu için etkin tasarımı öne çıkaran bir özellik) olarak iki elemanı bulunmaktadır (Güven, 2008).

4.3 Dünyadaki BRT Uygulamaları

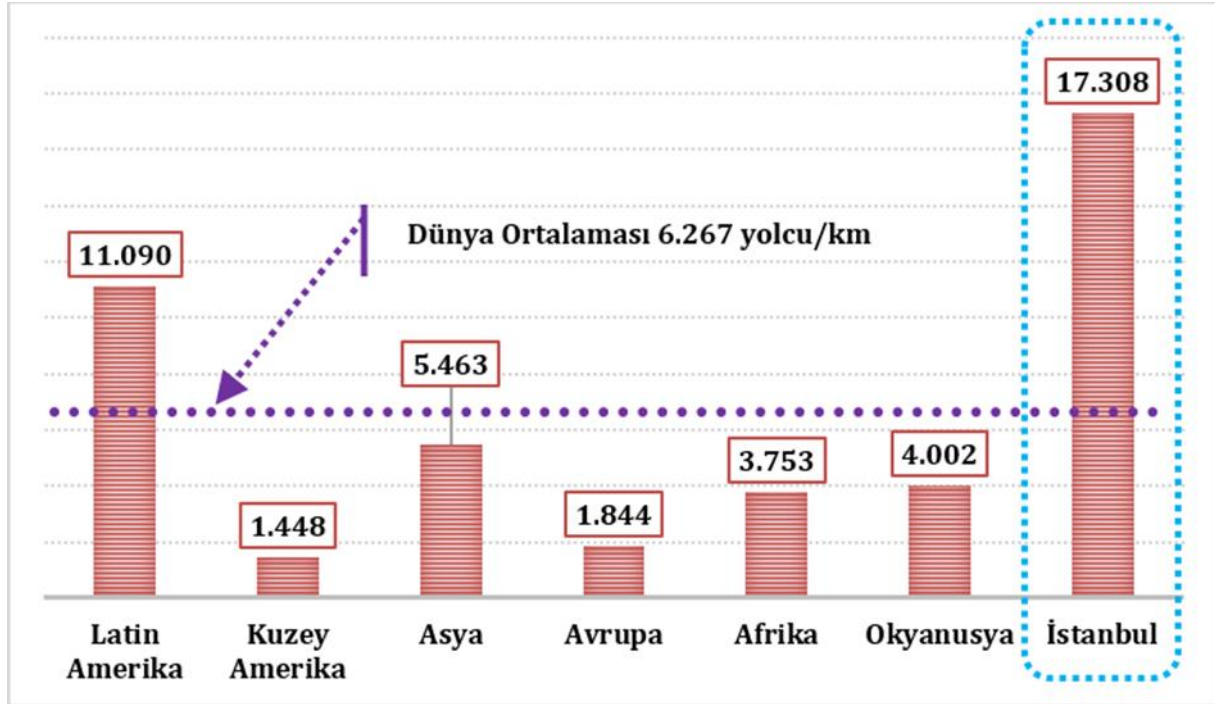
2000 yılına kadar sadece 32 şehirde bulunan Metrobüs sistemi, 2001 yılından itibaren toplam 145 şehirde daha uygulamaya konulmuştur. Günümüzde dünyada 43 ülkede, 177 şehirde, 409 koridorda toplam 5.376 kilometre uzunluğundaki Metrobüs hattı ile günlük 34 milyon civarında yolcu taşınmaktadır. Tablo 1’de kıtalara göre BRT bulunan şehir sayıları, koridor bilgileri ve günlük yolculuk bilgileri gösterilmektedir (BRT Data, 2021).

Tablo 1. Kıtalara Göre BRT Yolculuk Bilgileri

Kıta	L. Amerika	K. Amerika	Asya	Avrupa	Afrika	Okyanusya
Ülke Sayısı	13	2	12	10	3	3
Şehir Sayısı	57	21	45	44	5	5
Koridor Sayısı	186	49	99	58	8	9
Uzunluk, km	1.886	683	1.691	875	131	109
Ort. Koridor, km	10	14	17	15	16	12
Günlük Yolcu Sayısı	20.916.474	988.683	9.238.060	1.613.580	491.578	436.200
Koridor Başına Yolcu	112.454	20.177	93.314	27.820	61.447	48.467

Metrobüs sisteminin en yaygın kullanıldığı ve dünyadaki günlük taşınan yolcu sayısının %62’sine hizmet veren Latin Amerika ülkelerindeki 57 şehirdeki koridor uzunluğu ortalama 10 km’dir. Diğer kıta ülkelerine göre Latin Amerika kıtası, en düşük ortalama koridor uzunluğu sahiptir. Latin Amerika kıtasına benzer şekilde, Avrupa’daki günlük yolculukların yaklaşık %60’ı kıtada bulunan

ve 52 km koridor uzunluğuna sahip İstanbul'da gerçekleşmektedir. Kıtalara göre BRT ile kilometre başına taşınan yolcu sayısı grafikte verilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. BRT İle Kilometre Başına Taşınan Günlük Yolcu Sayısı

Dünyada BRT ile kilometre başına ortalama 6.267 kişi yolculuk yaparken İstanbul'da ise dünya ortalamasının 3 katı yolculuk gerçekleşmektedir. BRT sisteminin uzun koridorlar yerine ortalama 10 km uzunluk ile şehrin her yerine hitap eden Latin Amerika uygulamasında olduğu gibi İstanbul'da da kısa kilometreli koridorların yaygınlaştırılması ile günlük yolculukların artması, kilometre başına taşınan yolcu sayısının dünya ortalamasına yaklaşması ile konforlu yolculuğun sağlanması ve yolcu memnuniyetinin artması öngörülmektedir.

4.4 Metrobüs Sistemi İstanbul

4.4.1 Hat bilgileri

Metrobüs projesi, İstanbul'un ana arterlerindeki trafik yoğunluğunu azaltmak, hızlı ve konforlu ulaşım sağlamak amacıyla 2006 yılında Beylikdüzü – Söğütlüçeşme güzergâhında 4 etapta yapılması planlanmış, ilk etabı Topkapı – Avcılar hattı (18,3km) 2007 yılında, son etap Avcılar – Beylikdüzü hattı (10 km) 2012 yılında hizmete açılmıştır. Böylece Beylikdüzü- Söğütlüçeşme arası yolculuk süresini 83 dakikaya indiren hattın uzunluğu toplam 52 km'ye ulaşmıştır (İETT, 2012).

Metrobüs araçları, Beylikdüzü ve Zincirlikuyu ile 15 Temmuz Şehitler Köprüsü ve Söğütlüçeşme istasyonlarında kendi özel yolunda giderken, 15 Temmuz Şehitler Köprüsünde diğer araçlarla aynı yolu kullanmaktadır.

4.4.2 İstasyon ve platform bilgileri

Metrobüs hattında ortalama 1,18 km aralıklarda 44 istasyon bulunmakta olup en kısa mesafe 0,4 km ile Okmeydanı Hastane ve Çağlayan arası iken en uzun mesafe 4,2 km ile Metrobüs özel yolundan çıkıp karışık trafikteki Zincirlikuyu ve 15 Temmuz Şehitler Köprüsü istasyonları arasındadır. Sefaköy – Yenibosna arası, 3,5 km ile Metrobüs özel yolundaki en uzun mesafedir.

Metrobüs istasyonlarında yolcular, platform seviyesindeki alçak tabanlı araçlara binmek ve araçlardan inmek için genelde aynı platformu müşterek kullanmaktadır. Fiziki olarak ayrı yerlerde bulunan sadece Zincirlikuyu ve 15 Temmuz Şehitler Köprüsü istasyonlarında inen ve binen yolcular aynı platformu kullanmamaktadır. İniş platformu olan istasyonlardan Yenibosna, Cevizlibağ, Bayrampaşa ve Okmeydanı Hastane istasyonlarında tek yönlü olarak kullanılmaktadır. Metrobüs araçlarının en çok kuyrukta bekleme yaptığı Yenibosna istasyonu (Şekil 2), indirme platformu olmasına rağmen 3,3 metre genişliği ve yolcu geçiş alanlarının çok dar olması nedeniyle yolcu sirkülasyonu yavaş gerçekleşmektedir.



Şekil 2. Yenibosna İstasyonu

Yolcu indirme ve bindirme platformu ile hatta tek sollama şeridine sahip olan Cevizlibağ istasyonu (Şekil 3), yaklaşık 300 metre uzunluğu ile en uzun platformdur.



Şekil 3. Cevizlibağ İstasyonu

Yolcu kullanım oranı en yüksek olan ve iki farklı giriş noktası bulunan Mecidiyeköy istasyonunun platform çatısı tamamen kapalı olup hatta 8,5 metre genişliği ile en geniş platformdur (Şekil 4).



Şekil 4. Mecidiyeköy İstasyonu

4.4.3 İşletme bilgileri

Metrobüs kullanan yolcuların, tüm kapılardan araçlara binmesi ve araçlardan inmesi mümkündür. Ödemeler, araç içinde değil istasyon girişlerinde alınmaktadır. Gidilen mesafeye göre iadeler istasyon dışındaki cihazlarla sağlanmaktadır.

Metrobüs seferleri, yoğun saatlerde 15 – 20 saniye, yoğun olmayan ara saatlerde 45 – 60 saniye, gece ise 30 dakika aralıklarla gerçekleştirilmektedir. 40 km/saat ticari hızı ile Dünya'daki en hızlı Metrobüs sistemi olan hatta 535 araç ve 1.184 şoför ile 24 saat hizmet verilmektedir (İETT, 2020a). Akıllı ulaşım sistemleri ile bilgisayar kontrollü kullanılan raylı sistemlerde minimum sefer aralığı 90 saniye iken (Baştürk, 2014), insan faktörünün etkin olduğu Metrobüs sisteminde 6 kat daha kısa sefer aralığı ile çalışmak oldukça iddialı görünmektedir.

Metrobüs şoförleri, her sefer sonunda son istasyonlarda araçlardan inerek aracı diğer Metrobüs şoförüne teslim etmektedir. Bu şekilde araçlar bekletilmeden çalışmaya devam ettirilmekte ve şoför personel dinlendirilmektedir. Metrobüs hattı, Edirnekapı Garajında bulunan filo yönetim merkezi aracılığıyla arıza – kaza yönetimi, yolcu bilgilendirme, istasyonlarda bulunan asansör, yürüyen merdiven gibi ekipmanların anlık kameralar ve SCADA sistemi ile takibi yapılarak sürekli açık ve faal tutulmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Metrobüs Filo Yönetim Merkezi

4.4.4 Entegrasyon bilgileri

Metrobüs hattı, 9 farklı hatta giden raylı sistemlerle 14 istasyonda entegre olarak hizmet vermektedir (Şekil 6).

Sirkeci-Halkalı	Aksaray-Havalimam	Bağcılar-Kabataş	S.çiftliği-Edirnekapı	Yenikapı-H.osman	Mecidiyeköy-Mahmutbey	Üsküdar-Çekmeköy	Kartal-Kadıköy	Haydarpaşa-Gebze
K.çekmece	Yenibosna	Z.burnu	Edirnekapı	Mecidiyeköy	Mecidiyeköy	Altunizade	Uzunçayır	S.çeşme
	Şirinevler	Cevizlibağ		Z.kuyu	Çağlayan			
	İncirli							
	Z.burnu							
	Merter							

Şekil 6. Metrobüs-Raylı Sistemler Entegrasyonu

4.4.5 Metrobüs araç bilgileri

Türkiye'nin sadece İstanbul şehrinde kullanılan ve Metrobüs olarak bilinen toplu taşıma sisteminde Mercedes Conecto (Şekil 7), Mercedes Capacity (Şekil 8) ve APTS Phileas (Şekil 9) olarak üç tip araç kullanılmaktadır. Dönüş çapı, tek körüklü Mercedes araçlarda 22,8 metre, çift körüklü Phileas araçlarda ise 25 metredir. Mercedes araçlar dizel, Phileas araçlar ise paralel hibrit (dizel + elektrik) güç kaynağı ile çalışmaktadır. Motorların en arka akslarda konumlandırıldığı araçların tahrik aksları, Conecto ve Capacity araçlarda çift lastikli 3. Akslar, Phileas araçlarda ise tek lastikli 4. Akslardır. Capacity araçların 4. Aksı, ilave direksiyon aksı olarak isimlendirilmiştir. Phileas araçların ön aks haricindeki arka aksları, direksiyon dönüş yönü ve aracın hızına göre dönebilme özelliğine sahiptir.



Şekil 7. Mercedes Conecto



Şekil 8. Mercedes Capacity



Şekil 9. APTS Phileas

Mercedes Conecto ve Mercedes Capacity model araçların sağ tarafta içe açılır 4 adet, APTS Phileas model araçların ise her iki yanında olmak üzere dışa açılır toplam 8 adet yolcu kapısı bulunmaktadır. Metrobüs araçlarının hepsi alçak tabanlı olup yolcu girişlerinde basamak bulunmamaktadır. Metrobüs sisteminde çalışan araç tipleri ve bazı özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Metrobüs Araç Teknik Bilgileri

	Mercedes Conecto	Mercedes Capacity	APTS Phileas
Uzunluk, mm	17.940	19.540	26.035
Genişlik, mm	2.550	2.550	2550
Yükseklik, mm	3.076	3.155	3.200
İç yükseklik, mm	2.032	2313	2.250
Ön/Arka uzantı, mm	2.705/3.400	2.705/3.400	1190/1995
Dingil aralığı, mm	1-2 Aks 5845 2-3 Aks 5990	1-2 Aks 5845 2-3 Aks 5990 3-4 Aks 1600	1-2 Aks 7700 2-3 Aks 7510 3-4 Aks 7575
Dönüş çapı, mm	22.822	22.852	22.400
Kapı genişliği, mm	1.250	1.250	1.350
Kapı sayısı, adet	Sağ yanda, 4	Sağ yanda, 4	Sağ ve sol yanda, 8
Motor	M. Benz OM 457 LA, Euro 4,5	M. Benz OM 457 LA, Euro 4,5	Cummins ISLE4 340B, Euro4
Azami güç, kW	260	260	253
Motor hacmi, cm ³	11.967	11.967	8.900
Azami tork, Nm	1.600, 1.100 d/d	1.600, 1.100 d/d	1425, 1.300 d/d
Şanzıman	ZF Eco.2 Plus6HP602C	ZF Eco.2 Plus6HP602C	GM Allison Ev50
Yönlendirilebilen aks	-	4. aks	2, 3 ve 4.aks elektrohidrolik
Lastik ölçüsü	275/70R22,5 arkalar 2'li	275/70R22,5 ortalar 2'li	Ön 275/70R22,5 Arkalar 385/65R22,5
Lastik sayısı, adet	10	12	8
Yakıt/AdBlue deposu, lt	300/46	300/46	250/28
Koltuk sayısı, kişi	42	43	52
Ayakta yolcu, kişi	108	150	178
Toplam yolcu, kişi	149	193	230
Boş/Azami ağırlık, kg	15.000/28.000	18.000/32.000	21.600/37.350

4.4.6 Yolcu kapıları

Toplu taşıma sisteminde yolcuların araçlara binmeleri ve araçlardan inmeleri için araçların yan kısımlarında bulunan, araç iç kısmının dışarı ile bağlantısını sağlayan, araç ve yolcu güvenliğinde çok önemli bir yere sahip olan kapılar kullanılmaktadır.

4.4.6.1 İçe açılır kapılar (*Inward swing doors*)

Toplu taşıma sisteminde otobüslerde yaygın olarak kullanılan ve içe doğru kayma hareketini basınçlı hava veya elektrik motoru ile sağlayan tek ya da çift kanatlı bir kapı çeşididir (Şekil 10).



Şekil 10. İçe Açılır Kapı Tipi

Bu tip kapılar, daha çok karışık trafikte seyreden, yolcuların ön kapıdan bindiği ve diğer kapılardan indiği geleneksel toplu taşıma araçlarında görülmektedir. Araç içi yolcu yoğunluğunun fazla olduğu durumlarda içe açılır kapıların çalışma alanında kalan yolcuların, kapı kanadının açılıp kapanmasına engel olması sonucu aracın hareket etmesi gecikebilmektedir.

4.4.6.2 Dışa açılır kapı sistemi (*Plug Sliding Door*)

Bu kapılar, kapı kanatlarının aks mili üzerinde yatay kayması ile açılma ve kapanma işleminin sağlandığı bir kapı çeşididir. Bu tip kapılar, iç alanı artırır ve yolcuların araca hızlı bir şekilde binip inmesini sağlar. Kapı aracın yan tarafına yakın hareket eder, böylece hem içerideki yolcular hem de dışarıda bekleyenler araca kolayca girip çıkabilecekleri yeterli alana sahip olur. Kullanıldığı ortamda geniş giriş - çıkış mesafesi sağlanmasından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. Dışa Açılır Kapı Tipi

Ödemenin istasyona girişte yapıldığı yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip raylı sistem araçlarında yolcu sirkülasyonunu kolaylaştırmak amacıyla aracın yan tarafına doğru kayarak açılan buna benzer kapıların tercih edildiği görülmektedir (Şekil 12).

Metrobüs sisteminde çalışan araçlar da tıpkı raylı sistem araçları gibi kendi özel yolunda ödemenin istasyon girişinde yapılması ile tüm kapılardan yolcuların araçlara binmesine imkan tanımaktadır. Bu nedenle Metrobüs araçlarında iniş biniş esnasında yolcu sirkülasyonunu hızlandırmak amacıyla dışa açılır kapılar tercih edilebilir.



Şekil 12. Raylı Sistem Araç Kapı Tipi

4.4.6.3 Yolcu kapı arızaları

Toplu taşıma sisteminin gereği olarak yolcuların araca binerken ve inerken kapılar, yolcu talebine göre sürekli açılıp kapatılmaktadır. Çok sık kullanılan yolcu kapılarında dayanıklı yedek parçanın tercih edilmesi önemlidir. 2019 yılında meydana gelen kapı arıza sayıları, İETT'nin Arıza Takip Sistemi adlı programından raporlanmış ve aynı yıl yapılan kilometreye göre içe açılır kapılar 9.244 km'de bir, dışa açılır kapılar ise 12.818 km'de bir arızalanmıştır.

İçe doğru açılan kapılar, açılma ve kapanma esnasında süpürme alanında kalan yolcuyla temas esnasında güvenlik açısından görevini tamamlayamamaktadır. Yolcu yoğunluğu olduğunda bu tür engellemeler çok sık görülmekte olup kapı mekanizmalarının zorlanmasına ve arızalanmasına yol açmaktadır. Dışa açılan kapılar, aracın dış gövdesine yakın kayma hareketi ile açılıp kapandığından sağ ve sol kapı kanatları arasına yolcu sıkışması haricinde engelleme bulunmamaktadır.

4.4.6.4 Metrobüs kaza verileri

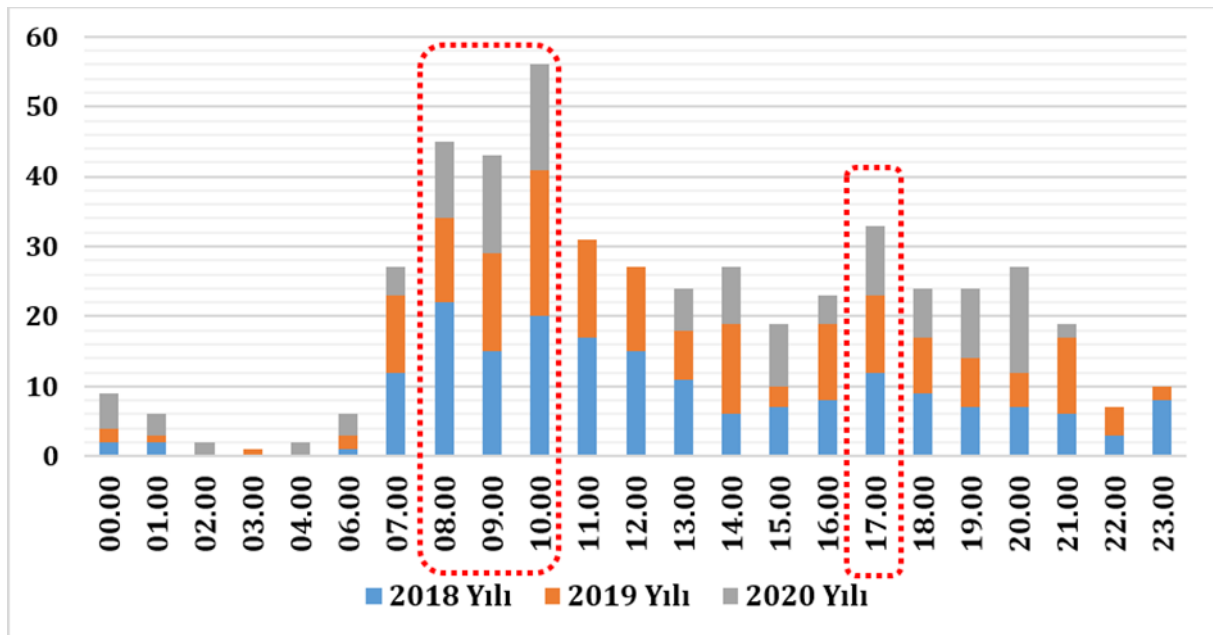
İnsanın fiziki özellikleri arasında bulunan görme özelliği, trafik güvenliği ile ilişkilidir. Görme özelliğinin bir göstergesi olarak yolda seyreden bir sürücünün veya yayanın tehlikeli bir durumu/engeli gördükten sonra ne yapacağına karar verip uygulaması için intikal reaksiyon süresine ihtiyaç duyulur. Karar verip uygulamaya kadar geçen intikal reaksiyon süresi, kişinin yaş, moral, uyku, stres gibi durumlarına göre herkes için farklı olabilir. Bu nedenle aracın engele çarpmadan frenleme ve taşıt takip mesafelerinin dikkate alınması kazaların oluşmasını önleyebilir. Birbirini izleyen iki taşıttan öndeki taşıtın sürücüsü, yol üzerinde ani olarak fark ettiği bir engele çarpmamak için sert şekilde fren yaptığında, arkadaki taşıtın öndeki taşıta çarpmaması için arada bulunması gereken en az mesafe, arkadaki taşıt sürücüsünün intikal-reaksiyon süresi içinde kat ettiği mesafe kadar olmalıdır. Ancak, uygulamada fren güçlerinin ve sürücülerin frene basma derecelerinin farklı olabileceği, arkadaki sürücünün herhangi bir sebeple öndeki taşıtın fren lambasının yanmasını fark etmede bir miktar gecikebileceği gibi hususlar söz konusu olabilecektir.

Bu nedenle takip aralığında daha uzun bir mesafenin dikkate alınması güvenlik açısından uygun kabul edilir.

Metrobüs şoförünün sürüş ve yol güvenliği açısından belirli kurallara uyması ve önündeki aracın durumuna göre sürüşünü ayarlamak zorundadır. Metrobüs koridorunda sollama imkanı olmadığı için takip mesafesine ve uyarılara uymak, kazaların önlenmesi ve yolcu güvenliği açısından oldukça önemlidir. Takip mesafesi ve uyarılara uyulmadığında sistem tıkanarak arkadan gelen araçların uzun kuyruk oluşturması söz konusudur.

İETT'nin Arıza Takip Programından elde edilen verilere göre 2018 ve 2019 yıllarında ortalama 2 günde 1, 2020 yılında ise ortalama 3 günde 1 arkadan çarpma şeklinde kaza meydana gelmiştir. 2020 yılı Mart ayından itibaren görülen koronavirüs pandemisi nedeniyle sokağa çıkma kısıtlaması uygulanmaya başlanmış ve başta okullar olmak üzere birçok işyeri kapatılmıştır. Bu durumdan doğal olarak toplu taşıma sektörü de etkilenmiş, yolcu sayılarının azalması nedeniyle sefer planlamaları seyreltilmek zorunda kalmıştır (İETT, 2020c, 2020d).

Söz konusu pandemi sonucu İstanbul Metrobüs sefer aralıkları, ortalama 22 – 38 saniye olarak güncellenmiş olup Metrobüs araçlarının birbirleri ile olan kazalarının önceki yıllara göre azalmasını sağlamıştır. Metrobüs kazalarının meydana geldiği zaman dilimleri grafikte gösterilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Metrobüs Kazalarının Meydana Geldiği Saat Aralıkları

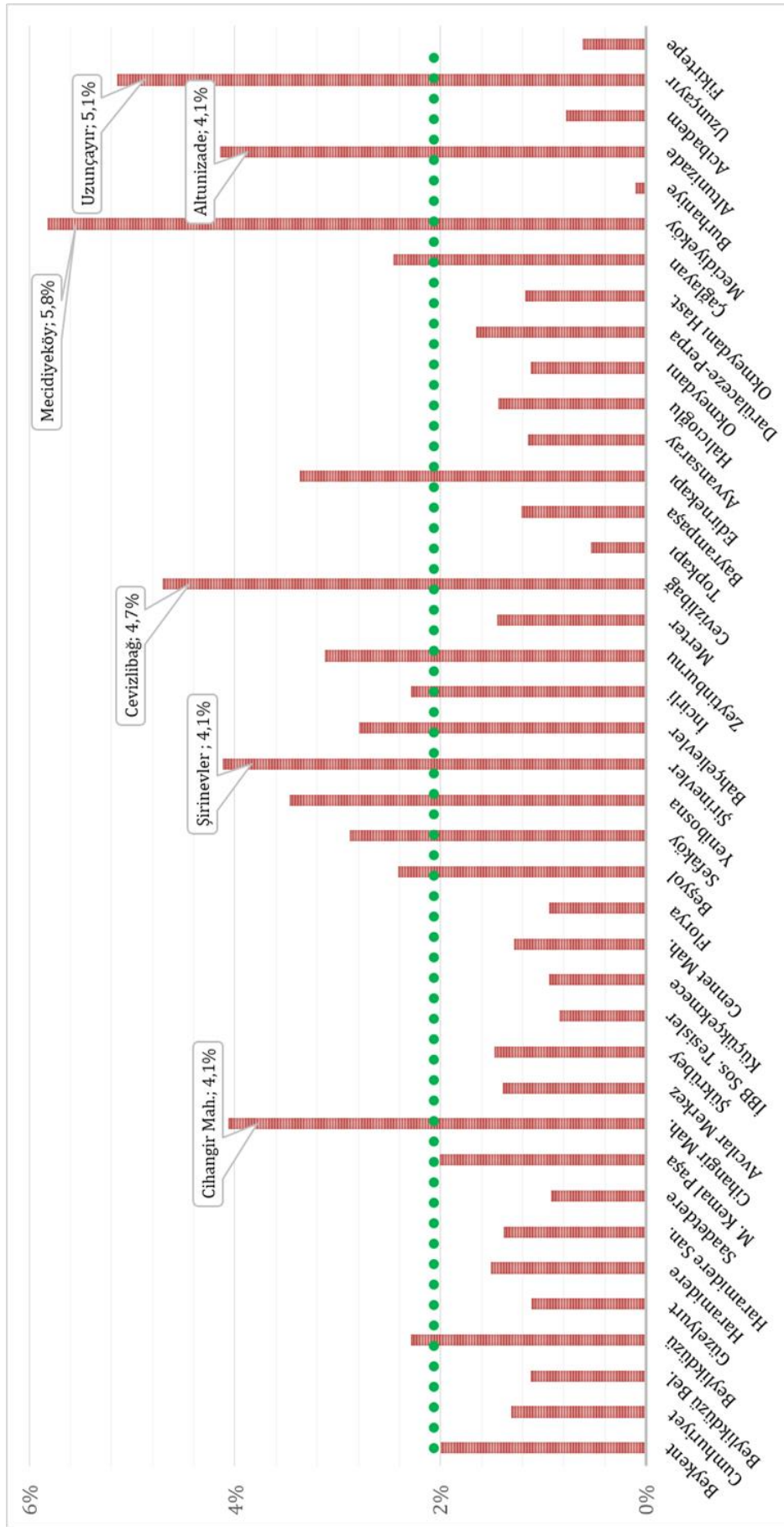
Grafiğe göre kazaların daha çok sabah 08.00 – 11.00 ve akşam 17.00 – 18.00 saatleri arasında sefer aralıklarının 15 – 20 saniye olduğu yoğun saatlerde meydana geldiği tespit edilmiştir.

4.4.7 Yolcu sayıları

Metrobüs hattında virüs salgını öncesinde 965.110 yolcunun taşındığı 03.03.2020 tarihli yolculuk verilerine göre maksimum yolculuk yaklaşık 51.000 kişi/saat, yön ile, sabah 08.00 – 09.00 arası Söğütlüçeşme ve akşam 18.00 – 19.00 arası Beylikdüzü istikametinde gerçekleşmiştir. Bu tarihte istasyonlarda binen ve inen yolcular tarafından günlük kullanım oranı ortalama %2 olarak ölçülmüştür. Başlangıç ve bitiş istasyonları ile platformları ayrı olan istasyonlar dışında günlük

olarak en fazla yolcunun kullandığı ara istasyonlardan Mecidiyeköy %5,8 ile ilk sırada yer alırken Uzunçayır %5,1, Cevizlibağ %4,7, Cihangir, Şirinevler ve Altunizade %4,1 kullanım oranına sahiptir. Şekil 14'deki grafikte kullanım yüzdeleri verilmiştir.

İlk olarak Çin'in Vuhan Eyaleti'nde Aralık 2019 tarihinde solunum yolu enfeksiyonu yaptığı tespit edilen ve ülkemizde de Mart 2020 tarihinde görülen "Yeni Koronavirüs" (COVID-19) pandemisi (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2020) nedeniyle sokağa çıkma kısıtlaması öncesinde 44 istasyonlu Beylikdüzü – Söğütluçeşme Metrobüs hattında 535 araçla günlük ortalama 900.000 civarında yolcu taşınmıştır. Bu pandemi sonrasında ise günlük yolculuk sayısı 117.703 kişiye kadar gerilemiştir (İETT, 2020b).

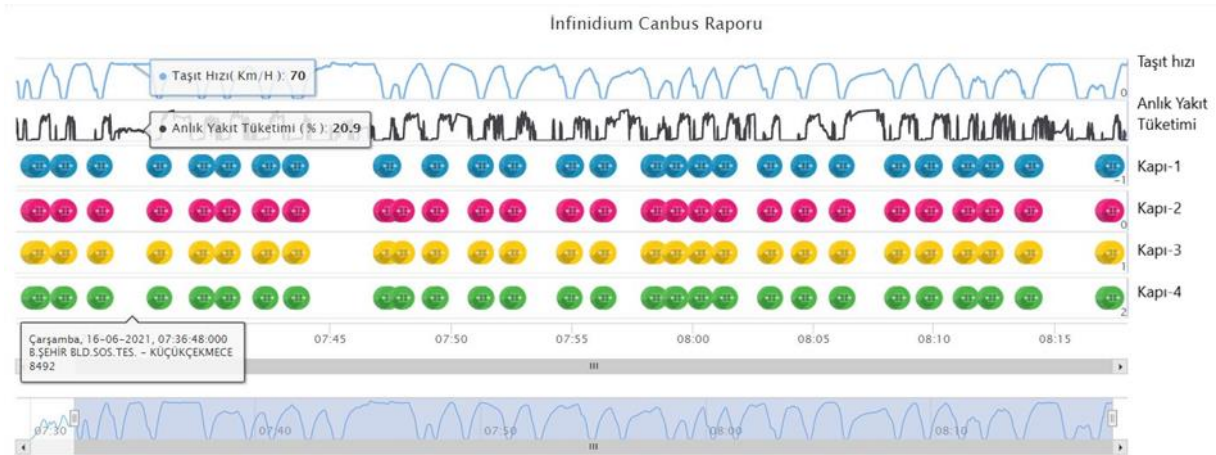


Şekil 14. Metrobüs İstasyonları Günlük Yolculuk Kullanım Oranları

5. METROBÜS BEKLEME SÜRELERİ

5.1 Toplu Taşıma Telemetri Cihazı

Metrobüs hattında çalışan araçların CAN-Bus sisteminden alınan sinyallerle araçların motor devirleri, hızları, fren pedal pozisyonu, kapıların açılıp kapatılma durumları ve konumları gibi birçok verisi anlık olarak İETT toplu taşıma araçlarında kullanılmak üzere İnfinitium Teknoloji firması tarafından geliştirilen telemetri cihazı ile takip edilip kayıt edilmektedir. Karakutu olarak da isimlendirilen bu cihaz sayesinde bir kaza olduğunda veya araçta büyük bir arıza olduğunda bu cihazda kayıtlı bilgiler incelenerek raporlamalara destek olunmaktadır (İETT, 2015). Şekil 15’te belirli bir zaman aralığında M4656 nolu araca ait taşıt hızı, anlık yakıt tüketimi, kapı açık – kapalı durumu ve konum bilgileri örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 15. M4656 Nolu Mercedes Conecto Araca Ait CAN-Bus Rapor Grafiği

5.2 Bekleme Süresi

Avcılar – Zincirlikuyu arasında sabah yoğun olan 07.00 – 09.00 saat aralığında çalışan Mercedes Conecto, Mercedes Capacity ve APTS Phileas marka araçların aynı istasyonda kapılarının açık kalma süresi ile yolcu indirme ve bindirme süreleri dahil toplam bekleme süreleri, “INFINIDIUMGO” adlı Metrobüs yazılım programından raporlanmıştır. İncelenmek üzere seçilen kriterlerin her bir saniye için detayları, Şekil 16’da gösterildiği gibi listelenmiştir.

İşlem Zamanı	Adres	Hız (Km/H)	Kapı 1	Kapı 2	Kapı 3	Kapı4
16.06.2021 08:01:50	YENİBOSNA	13	KAPALI	KAPALI	KAPALI	KAPALI
16.06.2021 08:01:51	YENİBOSNA	8	KAPALI	KAPALI	KAPALI	KAPALI
16.06.2021 08:01:52	YENİBOSNA	4	KAPALI	KAPALI	KAPALI	KAPALI
16.06.2021 08:01:53	YENİBOSNA	0	KAPALI	KAPALI	KAPALI	KAPALI
16.06.2021 08:01:54	YENİBOSNA	0	KAPALI	KAPALI	KAPALI	KAPALI
16.06.2021 08:01:55	YENİBOSNA	0	AÇIK	AÇIK	AÇIK	AÇIK
16.06.2021 08:01:56	YENİBOSNA	0	AÇIK	AÇIK	AÇIK	AÇIK
16.06.2021 08:01:57	YENİBOSNA	0	AÇIK	AÇIK	AÇIK	AÇIK
16.06.2021 08:01:58	YENİBOSNA	0	AÇIK	AÇIK	AÇIK	AÇIK
16.06.2021 08:01:59	YENİBOSNA	0	AÇIK	AÇIK	AÇIK	AÇIK
16.06.2021 08:02:00	YENİBOSNA	0	AÇIK	AÇIK	AÇIK	AÇIK

Şekil 16.Yenibosna İstasyonundan Geçen Bir Aracın CAN-Bus Rapor Örneği

Avcılar – Zincirlikuyu arasındaki istasyonlardan geçen Metrobüs araçlarının kapıları kapalı iken her bir istasyon için genel ortalamaya göre kuyrukta bekleme süreleri ile araç tiplerine göre kuyrukta bekleme süreleri ayrı ayrı test edilmiştir. Z skoru, örneklem sayısının $n \geq 30$ ve $n < 30$ olması durumuna göre iki farklı formül ile hesaplanmıştır (İstanbul Ticaret Üniversitesi, 2021).

- $n \geq 30$; $Z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$, $\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$ formülü,
- $n < 30$; $Z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$, $S^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$, $\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$ formülü kullanılmıştır.

Formüldeki;

- \bar{x}_1 ve \bar{x}_2 örneklemin ortalamasını,
- S_1 ve S_2 , örneklemin standart sapmasını,
- n_1 ve n_2 örneklem sayısını göstermektedir.

5.2.1 Kuyrukta bekleme süresi

5.2.1.1 Her bir istasyonda kuyrukta bekleme süresi

İstasyonlarda araçların kapı kapalıyken kuyrukta genel bekleme süresi ortalama 2,92 saniye, standart sapması ise 2,808 olarak ölçülmüştür. Genel ortalamaya göre istasyonlar arasında farkın olup olmadığını incelemek üzere çift taraflı H_0 sıfır (temel) hipotezi; $H_0: \mu_1 = \mu_2$ olarak, H_1 alternatif (karşıt) hipotezi $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ olarak oluşturulmuştur. Örneklem sayısı $n \geq 30$ olduğu için $\alpha = 0,05$ hata payı veya $(1 - \alpha) = 0,95$ güven olasılığı için kritik değerler hesaplanmıştır. Her bir istasyon için standart sapma ve Z skoru hesaplanarak Tablo 3’de gösterilmiştir. Anlam seviyesi $\alpha = 0,05$ için $Z_{\alpha/2} = 1,96$ olarak dikkate alınmış ve hesaplanan Z skoru değerleri ile test edilmiştir.

Tablo 3. İstasyonlarda Kuyrukta Bekleme Süresi Z Testi Tablosu

İstasyon	İstasyon Ortalaması, \bar{x}_i	Standart Sapma, S_i	Z skor	$Z_{\alpha/2} = 1,96$ $H_0: \mu_1 = \mu_2$
1.Şükrübey	1,88	0,711	-5,875	Yanlış
2.İBB Sos. Tesisler	2,39	1,792	-1,48	Doğru
3.Küçükçekmece	3,1	3,209	0,305	Doğru
4.Cennet Mahallesi	2,46	2,549	-0,893	Doğru
5.Florya	2,03	0,823	-4,735	Yanlış
6.Beşyol	4,3	4,602	1,631	Doğru
7.Sefaköy	2,93	2,074	0,018	Doğru
8.Yenibosna	6,28	6,984	2,58	Yanlış
9.Şirinevler	1,97	0,626	-6,026	Yanlış
10.Bahçelievler	2,53	1,737	-1,15	Doğru
11.İncirli	2,8	1,769	-0,348	Doğru
12.Zeytinburnu	3,34	2,539	0,882	Doğru
13.Merter	4,24	3,87	1,821	Doğru
14.Cevizlibağ	2,73	1,68	-0,569	Doğru
15.Topkapı	2,89	2,326	-0,064	Doğru

16.Bayrampaşa	2,55	2,148	-0,888	Doğru
17.Edirnekapı	2,33	1,561	-1,921	Doğru
18.Ayvansaray	2,66	2,24	-0,613	Doğru
19.Halıcıoğlu	2,55	1,121	-1,566	Doğru
20.Okmeydanı	3,03	2,921	0,21	Doğru
21.Darülaceze Perpa	2,5	1,453	-1,419	Doğru
22.Okmeydanı Hastane	2,77	2,006	-0,366	Doğru
23.Çağlayan	3,11	3,143	0,313	Doğru
24.Mecidiyeköy	2,45	1,975	-1,231	Doğru

Tablo 3'teki μ_1 her bir istasyonunun ayrı ayrı genel ortalamasını, μ_2 ise tüm istasyonların genel ortalamasını ifade etmektedir. Tablodan da görüleceği üzere H_0 hipotezi, Şükrübey ($Z=-5,875$), Florya ($Z=-4,735$), Yenibosna ($Z=2,58$) ve Şirinevler ($Z=-6,026$) istasyonları için, $|Z|>|Z_{\alpha/2}|=1,96$ olduğundan dolayı kabul görmezken diğer istasyonlar için kabul görmüştür.

Bu sonuca göre Şükrübey, Florya ve Şirinevler'de meydana gelen kuyrukta bekleme süreleri, genel ortalamanın altında kaldığı için önemsizdir. Ancak Yenibosna istasyonu kuyrukta bekleme süresi (6,28) ve standart sapmasının (6,984), genel ortalamanın oldukça üzerinde olması sistemin kapasitesini olumsuz etkilemektedir. Yenibosna istasyonu ile kendisinden önceki Sefaköy istasyonu arası Metrobüsün en uzun mesafesine (3,5 km) sahip olması, araçların yüksek hızda seyretmelerine imkan sağlamaktadır. İstasyona önce gelen aracın, yolcu iniş biniş için bekleme süresinin uzaması ile istasyonu boşaltmamasının kuyrukta beklemeye yol açtığı anlaşılmıştır.

Araç tipine göre kuyrukta bekleme süresi;

Araç tiplerine göre Conecto ile Capacity, Conecto ile Phileas ve Capacity ile Phileas marka araçların kuyrukta bekleme süreleri için $H_0: \mu_1=\mu_2$ hipotezine göre anlam seviyesi $\alpha=0,05$ için $Z_{\alpha/2}=1,96$ olarak test edilmiş olup sonuçlar Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Araç tipine göre kuyrukta bekleme süresi Z testi tablosu

Araçlar Genel Değerlendirme	Z Skor	$Z_{\alpha/2}=1,96$; $H_0: \mu_1=\mu_2$
Conecto ile Capacity	-0,3872	Doğru
Conecto ile Phileas	-0,4051	Doğru
Capacity ile Phileas	0,0161	Doğru

$|Z|<|Z_{\alpha/2}|=1,96$ olduğundan araç tiplerine göre istasyonlarda kuyrukta bekleme süreleri arasında fark bulunmadığı, her üç tipteki araçların kuyrukta bekleme sürelerinin aynı olduğu tespit edilmiştir.

5.2.2 İstasyonda bekleme süresi

Avcılar – Zincirlikuyu arasındaki istasyonlardan geçen Metrobüs araçlarının kapıları açık iken istasyonda bekleme süresi, önce her bir istasyon için genel ortalamaya göre ayrı ayrı, daha sonra araç tiplerine göre Conecto –Capacity, Conecto – Phileas ve Capacity – Phileas araçlar için ikili olarak test edilmiştir.

5.2.2.1 Her bir istasyonda iniş-biniş bekleme süresi

İstasyonlarda araçların kapı açıkken genel bekleme süresi ortalama 12,24 saniye, standart sapması ise 3,829 olarak ölçülmüştür. Genel ortalamaya göre istasyonlar arasında farkın olup olmadığını incelemek üzere $H_0: \mu_1 = \mu_2$ hipotezi, $\alpha = 0,05$ hata payı veya $(1-\alpha) = 0,95$ güven olasılığı için kritik değerler hesaplanmıştır. Her bir istasyon için standart sapma ve Z skoru hesaplanarak Tablo 5’de gösterilmiştir. Anlam seviyesi $\alpha = 0,05$ için $Z_{\alpha/2} = 1,96$ olarak dikkate alınmış ve hesaplanan Z skoru değerleri ile test edilmiştir.

Tablo 5. İstasyonlarda Bekleme Süresi Z Testi Tablosu

İstasyon	İstasyon Ortalaması, \bar{x}_i	Standart Sapma	Z skor	$Z_{\alpha/2} = 1,96$ $H_0: \mu_1 = \mu_2$
1.Şükrübey	11,400	1,886	-2,243	Yanlış
2.İBB Sos. Tesisler	10,192	1,263	-7,134	Yanlış
3.Küçükçekmece	10,333	1,333	-6,730	Yanlış
4.Cennet Mahallesi	10,893	1,708	-3,802	Yanlış
5.Florya	10,929	1,997	-3,240	Yanlış
6.Beşyol	12,767	2,059	1,314	Doğru
7.Sefaköy	13,433	4,153	1,549	Doğru
8.Yenibosna	18,724	6,520	5,320	Yanlış
9.Şirinevler	15,267	2,368	6,645	Yanlış
10.Bahçelievler	13,000	2,653	1,508	Doğru
11.İncirli	11,933	2,368	-0,667	Doğru
12.Zeytinburnu	15,000	2,707	5,366	Yanlış
13.Merter	11,897	2,840	-0,624	Doğru
14.Cevizlibağ	16,867	6,277	4,008	Yanlış
15.Topkapı	9,179	1,608	-9,093	Yanlış
16.Bayrampaşa	10,767	1,785	-4,126	Yanlış
17.Edirnekapı	11,967	2,817	-0,507	Doğru
18.Ayvansaray	10,067	2,277	-4,932	Yanlış
19.Halıcıoğlu	9,138	1,558	-9,587	Yanlış
20.Okmeydanı	9,793	1,455	-7,979	Yanlış
21.Darülaceze Perpa	11,167	3,561	-1,608	Doğru
22.Okmeydanı Hastane	10,889	3,142	-2,169	Yanlış
23.Çağlayan	12,233	2,062	-0,010	Doğru
24.Mecidiyeköy	15,100	1,981	7,351	Yanlış

Tablo 5’deki μ_1 her bir istasyonunun ayrı ayrı genel ortalamasını, μ_2 ise tüm istasyonların genel ortalamasını ifade etmektedir. Tablodan da görüleceği üzere H_0 hipotezi, Beşyol, Sefaköy, Bahçelievler, İncirli, Merter, Edirnekapı, Darülaceze Perpa ve Çağlayan istasyonları için, $|Z| < |Z_{\alpha/2}| = 1,96$ olduğundan dolayı kabul bölgesindeyken diğer istasyonlar için ret bölgesinde çıkmıştır. Bu sonuca göre söz konusu 8 istasyonda bekleme süresi, genel ortalamaya göre aynı çıkmıştır.

İBB Sosyal Tesisler, Küçükçekmece, Topkapı, Halıcıoğlu ve Okmeydanı istasyonlarındaki bekleme süreleri, genel ortalamanın çok altında kaldığı için önemsiz olup bu istasyonların çok yoğun olmadığı tespit edilmiştir. Şükrübey, Cennet, Florya, Bayrampaşa, Ayvansaray ve Okmeydanı Hastane istasyonlarındaki bekleme sürelerinin de önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Yenibosna istasyonu bekleme süresi (18,724) ve standart sapmasının (6,52), genel ortalamanın çok üzerinde olduğu ve sistemin kapasitesi açısından kritik bir istasyon olduğu görülmüştür. Şirinevler (15,267), Zeytinburnu (15), Cevizlibağ (16,867) ve Mecidiyeköy (15,1) istasyonlarındaki bekleme süreleri de Metrobüs hattının en uzun bekleme süresine sahip istasyonları olarak tespit edilmiştir. Cevizlibağ istasyonunda araçların sollama imkanına sahip olması nedeniyle uzun bekleme süresinin sorun teşkil etmeyeceği düşünülmektedir.

Araç tipine göre iniş-biniş bekleme süresi;

Mercedes Conecto (18 m) ve Mercedes Capacity (19,5m) bekleme süresi

Ortalama bekleme süresi, Conecto araçlarda 12,604 saniye, Capacity araçlarda 12,345 saniye olarak ölçülmüş olup standart sapmaları ise Conecto araçların 3,491, Capacity araçların 4,138 olarak hesaplanmıştır. Conecto ile Capacity marka araçların istasyonda bekleme süreleri için $H_0: \mu_{con} = \mu_{cap}$ hipotezine göre anlam seviyesi $\alpha=0,05$ için $Z_{\alpha/2}=1,96$ olarak test edilmiş Z skor 0,735 olarak hesaplanmıştır. $|Z| < |Z_{\alpha/2}|$; $0,735 < 1,96$ olduğundan H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Yani Mercedes Conecto ve Mercedes Capacity araçların istasyonlarda bekleme süreleri arasında fark yoktur.

Mercedes Conecto (18 m) ve APTS Phileas (26m) bekleme süresi

Ortalama bekleme süresi, Conecto araçlarda 12,604 saniye, Phileas araçlarda 11,760 saniye olarak ölçülmüş olup standart sapmaları ise Conecto araçların 3,491, Phileas araçların 3,473 olarak hesaplanmıştır. Conecto ile Phileas marka araçların istasyonda bekleme süreleri için $H_0: \mu_{con} = \mu_{phi}$ hipotezine göre anlam seviyesi $\alpha=0,05$ için $Z_{\alpha/2}=1,96$ olarak test edilmiş Z skor 2,624 olarak hesaplanmıştır. $|Z_{\alpha/2}| < |Z|$; $1,96 < 2,624$ olduğundan H_0 hipotezi ret edilmiştir. Yani Conecto ve Phileas araçların istasyonlarda bekleme süreleri arasında fark vardır.

Mercedes Capacity (19,5 m) ve APTS Phileas (26m) bekleme süresi

Ortalama bekleme süresi, Capacity araçlarda 12,345 saniye, Phileas araçlarda 11,760 saniye olarak ölçülmüş olup standart sapmaları ise Capacity araçların 4,138, Phileas araçların 3,473 olarak hesaplanmıştır. Capacity ile Phileas marka araçların istasyonda bekleme süreleri için $H_0: \mu_{cap} = \mu_{phi}$ hipotezine göre anlam seviyesi $\alpha=0,05$ için $Z_{\alpha/2}=1,96$ olarak test edilmiş Z skor 1,657 olarak hesaplanmıştır. $|Z| < |Z_{\alpha/2}|$; $1,657 < 1,96$ olduğundan H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Yani Capacity ve Phileas araçların istasyonlarda bekleme süreleri arasında fark yoktur.

6. SONUÇ

Lastik tekerlekli toplu taşıma sisteminde çığır açan Metrobüs sisteminin, raylı sistemlere göre proje ve uygulamada daha esnek ve daha ekonomik seçenek sunması her geçen gün sisteme olan rağbetin artmasına yol açmaktadır. İlk uygulandığı 1974 yılında elde edilen başarı ile günümüzde 43 ülkenin farklı şehirlerinde kullanılmaya devam etmektedir. Karışık trafikte seyreden toplu taşıma araçlarına göre kendi özel yolu bulunan BRT ile yolculukların daha hızlı ve sefer aralıklarının çok kısa olması sonucu sistemin yoğunluğuna rağmen yolcular tarafından tercih edilmektedir. Bu kadar yoğun talep gören BRT sisteminde zaman zaman istasyonlarda yolcu iniş

biniş esnasında sefer aralıklarını aşan bekleme süresi yolculuk kapasitesinin düşmesine, araç kuyruklarının oluşmasına sebep olmaktadır. Araştırma kapsamında dünyadaki BRT uygulamaları incelenmiş ve ortalama 10 km uzunluğundaki çok sayıda koridor ile dünyada günlük yolculuğun en fazla Latin Amerika kıtasında yapıldığı tespit edilmiştir. Şehrin her yerine ulaşan ve uzunluğu ortalama 10 km olan koridorlar ile yüksek yolcu kapasitesinin mümkün olduğu anlaşılmıştır.

Araç kapılarının sağ tarafta olması nedeniyle istasyonlarda yolcu iniş binişin sağlanması için İstanbul'daki BRT sisteminde araçlar normal trafik düzenine göre ters yönde çalışmaktadır. Ters yönde sürüş, koridor bariyerlerinin yeterli yükseklikte olmaması sonucu karşı taraftan gelen araçların farları özellikle gece sürüşlerinde sürücülerini gözlerini rahatsız etmektedir. Araç kapılarının her iki yönde olması durumunda normal trafik düzeni ile aynı yönde kullanım mümkündür.

Beylikdüzü ve Söğütlüçeşme istikametinde gidecek yolcular, iniş ve biniş için aynı alanı ortak kullanmakta ve yolcuların istasyon içerisindeki hareketlilikleri kısıtlanmakta, araçların istasyondan ayrılmasını geciktirmektedir. İndirme platformu bulunan istasyonlarda ise araçlar mükerrer duruş yapmakta ve işletme hızının düşürmektedir. Mükerrer duruşu önlemek ve bekleme süresini düşürmek için aynı yönde inen ve binen yolcuların kullandığı platformlar ortak olmalıdır. İstasyon içi yolcu sirkülasyonunu artırmak için yeterli genişlikteki platform olması durumunda ortak kullanım düşünülmelidir. Farklı yönde inen ve binen yolcuların ortak kullandığı Yenibosna istasyonu, yolcu yoğunluğuna göre en dar istasyonlardan olup giriş ve çıkış alanlarının çok dar olması ve yolcu bekleme alanında reklam panolarının olması yolcu sirkülasyonunu olumsuz etkilemektedir.

Her ne kadar 2'li 3'lü grup kalkışları ile yolculuk talebinin karşılanması planlansa da 15 – 20 saniyelik sefer aralıkları, insanın görme özelliğinin kişiden kişiye değişmesine bağlı intikal reaksiyon süresinin farklı olması sonucu takip mesafesinin ihlal edilmesi halinde kazaların meydana gelmesine davetiye çıkarmakta ve sürücüler üzerinde baskı oluşturmaktadır. İstasyonlarda yolcu iniş biniş esnasında vuku bulan bekleme sürelerinin, çok kısa olan sefer aralıklarını aşması durumunda, hattın kapasitesinin düşmesine, kazalara ve sürücüler üzerinde strese neden olduğundan dolayı kısa sefer aralıkları uygun bir yöntem değildir. Hâlbuki insan faktörünün devre dışı bırakıldığı ve akıllı ulaşım sistemleri ile kontrol edilen raylı sistemlerde zirve saatlerde yolcu iniş biniş esnasında 45 saniyeye kadar çıkan bekleme süresi, 90 saniye olan sefer aralığından oldukça düşüktür. Kısa sefer aralıkları, ani hızlanma ve ani yavaşlama ile önde seyreden araca arkadan çarpma riskini artırmakta, iniş-biniş süresinin uzaması halinde araç kuyruklarına, yolcuların iniş – biniş esnasında düşmelerine ve sürücüler üzerinde stres oluşumuna neden olmaktadır.

Metrobüs sistemi, geleneksel toplu taşıma sisteminden farklı ve yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip olduğundan istasyonlar arası mesafenin Okmeydanı Hastane ile Çağlayan arasında olduğu gibi 400 metre olmaması gerekmektedir. Sistemden beklenen performansın sağlanması için istasyonlar arası ideal mesafe, 1000 metrenin üzerinde olmalıdır. Böylece işletme hızı ve kapasite artacak, yakıt tüketimi, emisyon değeri, şanzıman freni olan retarderin etkin kullanımı ile fren sistemi elemanlarının aşınması azalacaktır.

Araç kapı tiplerine göre arızalar incelendiğinde içe açılır kapıların, dışa açılır kapılardan daha kısa kilometrelerde arızalandığı tespit edilmiştir. Raylı sistem araçlarında yaygın olarak kullanılan dışa açılır kapı tipleri daha geniş kapı açıklığına sahip olduğundan, yüksek yolcu kapasiteli Metrobüs araçlarında da geleneksel toplu taşıma araçlarında kullanılan içe açılır kapı yerine dışa açılır kapı tipinin kullanılması yolcu sirkülasyon hızı açısından önemli bir avantaj sağlayacaktır.

Kapı kapalı kuyrukta bekleme süresi, 0,05 anlam seviyesi ile z testi sonucunda, 2,92 saniye olan genel ortalamaya göre 6,28 saniye ile en fazla ortalama bekleme süresine sahip Yenibosna istasyonunda görülmüştür. Bunun sebebi olarak bir önceki istasyon ile arasındaki mesafenin fazla olması nedeniyle yüksek hızlara ulaşan araçların kendisinden önce gelen araçların istasyonda beklemesinden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Araçların hareket halindeki genel ortalama hızları 44 km/saat, en uzun mesafe olan Sefaköy – Yenibosna arasındaki ortalama hızları 60 km/saat, en kısa mesafe olan Okmeydanı Hastane – Çağlayan arasındaki ortalama hızları ise 30 km/saat civarındadır.

Araç uzunluklarına göre istasyonda bekleme süreleri ile ilgili yapılan incelemede 18 m ile 20 m ve 20 m ile 26 m arasında anlamlı bir fark bulunmadığı görülmüş ancak 18 m ile 26 m arasında mukayese edildiğinde bekleme sürelerinin farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, Metrobüs hattında 18 m araç yerine daha uzun ve daha yüksek yolcu kapasiteli olan araçların kullanılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Böylece iniş biniş yapan yolcu sirkülasyonu hızlandırılacak ve bekleme süresini azalacak, sistemde daha az sayıda araç ve şoföre ihtiyaç duyulacaktır.

Bu çalışma ile Metrobüs sisteminin geleneksel toplu taşıma sisteminden farklılığı vurgulanmış, yeni bir Metrobüs sistemi hayata geçirilirken yolcu taşıma kapasitesi yüksek aracın tercih edilmesi, yolcu sirkülasyonunu hızlandıran kapı tiplerinin dikkate alınması, takip mesafesinin ihlal edilemeyeceği ve insan faktörünün dikkate alındığı sefer aralıkları ile sistemin işletilmesi, istasyonlar arası mesafenin 1000 m'nin üzerinde olması, yeterli genişliğe ve yolcu bekleme alanı sahip olmayan platformlarda hareketliliği kısıtlayan ekipmanlara yer verilmemesi ve böyle platformların her yön için ayrı olması, uzun tek bir koridor yerine daha kısa çok sayıda koridorlar ile entegrasyonun sağlandığı bir toplu taşıma sistemi önerilmektedir.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye katkıları eşit orandadır.

Teşekkür

Yazarlar çalışmada kullanılan verilerin temini için İETT Genel Müdürlüğüne teşekkürlerini sunar.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

Akı, M. (2012). *Kentsel toplu taşıma kapsamında metrobüs sisteminin yaya erişebilirliğinin değerlendirilmesi: İstanbul örneği* [Yüksek Lisans]. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

Baştürk, G. (2014). *Kent içi raylı toplu taşıma sistemleri incelemesi ve dünya örnekleri ile karşılaştırılması* [Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi]. Ulaştırma, Denizcilik Ve Haberleşme Bakanlığı. Ankara.

BRT Data. (2021). *Global BRT Data*. brtdata.org adresinden 01 Ağustos 2021 tarihinde alınmıştır.

Candemir, I. & Tanyel, S. (2005, Mayıs, 23-25). Hızlı raylı sistemlerin yolcu taşıma kapasite

- hesaplamaları ve Türkiye'deki benzer sistemlerin birbirleriyle karşılaştırılması. *6.Ulaştırma Kongresi*. İstanbul.
- Cirit, F. (2014). *Sürdürülebilir kentiçi ulaşım politikaları ve toplu taşıma sistemlerinin karşılaştırılması*[Uzmanlık Tezi]. Kalkınma Bakanlığı. Ankara.
- Deli, A. (2015). *İstanbul metrobüs sisteminin analizi ve kapasite artırım önerisi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Deng, T. & Nelson, J. D. (2011). Recent developments in bus rapid transit: A review of the literature. *Transport Reviews*, 31(1), 69–96. <https://doi.org/10.1080/01441647.2010.492455>
- DPT. (2001). Ulaştırma özel ihtisas komisyonu raporu, kent içi ulaşım alt komisyonu raporu. *DPT Yayınları*. Ankara.
- El-Geneidy, A.M. & Vijayakumar, N. (2011). The effects of articulated buses on dwell and running times. *Journal of Public Transportation*, 14(3), 63–86. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.14.3.4>
- Güven, G. (2008). *Metrobüs sistemlerinin planlama, tasarım ve işletim özellikleri* [Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- İETT. (2012). İETT 2012 yılı faaliyet raporu. *İstanbul Büyükşehir Belediyesi*. İstanbul.
- İETT. (2015, Aralık, 17-19). Trafik sıkışıklığı ve düşük emisyonlu alan yöntemlerinin İstanbul için uygulanabilirliğinin tartışılması çalıştayı. *8.Uluslararası Ulaşım Teknolojileri Sempozyumu*. İstanbul.
- İETT. (2019). İstanbulda Toplu Ulaşım. <https://www.iett.istanbul/tr/main/pages/istanbulda-toplu-ulasim/95> adresinden 01 Ağustos 2021 tarihinde alınmıştır.
- İETT. (2020a). İETT 2020 yılı faaliyet raporu. *İstanbul Büyükşehir Belediyesi*. İstanbul.
- İETT. (2020b). İETT pandemide yoğunluğu azaltmak için sefer sayılarını artırdı. <https://www.iett.istanbul/tr/main/news/iett-pandemide-yogunlugu-azaltmak-icin-sefer-/2435> adresinden 01 Ağustos 2021 tarihinde alınmıştır.
- İETT. (2020c). İstanbul'da otobüs seferleri sosyal mesafeye uygun planlandı. <https://iett.istanbul/tr/main/news/istanbulda-otobus-seferleri-sosyal-mesafeye-u/2351> adresinden 01 Ağustos 2021 tarihinde alınmıştır.
- İETT. (2020d). Sefer Saatlerini Güncelliyoruz. <https://iett.istanbul/tr/main/news/sefer-saatlerini-guncelliyoruz/2349> adresinden 01 Ağustos 2021 tarihinde alınmıştır.
- İETT. (2021). Kronolojik Tarihçe. <https://iett.istanbul/tr/main/pages/kronolojik-tarihce/32> adresinden 01 Ağustos 2021 tarihinde alınmıştır.
- Ilıcalı, M., Camkesen, N., Kızıldaş, M. Ç. & Ergin, E. (2015, Kasım, 13-14). *İstanbul'da kentiçi ulaşım sistemleri ve AB ülkeleri ile karşılaştırmalı bir değerlendirme*. 7. Kentsel Altyapı Sempozyumu, Trabzon, 397–403.

- İstanbul Ticaret Üniversitesi. (2021). Hipotez testleri. <https://ww4.ticaret.edu.tr/isl/wp-content/uploads/sites/114/2020/03/HipotezTestleri.pdf> 01 Ağustos 2021 tarihinde alınmıştır.
- Jaiswal, S., Bunker, J. & Ferreira, L. (2010). Influence of platform walking on BRT station bus dwell time estimation: Australian analysis. *Journal of Transportation Engineering*, 136(12), 1173–1179. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000174](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000174).
- Kılıoğlu, M. E. (2010). *İstanbul metrobüs sisteminin kapasitesinin artırılması için alınması gereken önlemler* [Yüksek Lisans Tezi]. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Levinson, H., Zimmerman, S., Clinger, J. & Rutherford, G. (2002). Bus rapid transit: An overview. *Journal of Public Transportation*, 5(2), 1–30. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.5.2.1>.
- Levinson, H., Zimmerman, S., Clinger, J., Rutherford, S., Simith, R., Cracknell, J. & Soberman, R. (2003). Bus rapid transit: Case studies in bus rapid transit (C. 1). *National Academies Press*. Washington.
- Önden, İ., Doğan, N. & Eldemir, F. (2019). Hızlı otobüs taşımacılığı için istasyon lokasyonlarının belirlenmesine yönelik yaklaşımlar. *Istanbul Management Journal*, 29(85), 41–58. <https://doi.org/10.26650/imj.2018.29.85.0009>.
- Orhan, D. (2010). *Avcılar söğütlüçeşme koridorunda metrobüs sisteminin işletim özelliklerinin simülasyon modeli ile incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Pamuk, M.S. (2017). *Metrobüs hattı katarlanma problemine yönelik çözüm önerisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Beykent Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. İstanbul.
- Saatçioğlu, C. & Yaşarlar, Y. (2012). Kentiçi ulaşımda toplu taşımacılık sistemleri: İstanbul örneği. *Kafkas Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(3), 117–144.
- TDK. (2021). *Türk Dil Kurumu*. <https://sozluk.gov.tr/> adresinden 01 Ağustos 2021 tarihinde alınmıştır.
- Yurdagül, E. (2012). *İstanbul Avcılar - Söğütlüçeşme metrobüs sisteminin bileşenlerinin değerlendirilmesi ve dünyadaki metrobüs sistemleri ile karşılaştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. İstanbul.