

OTOBÜS ÖNCELİKLİ SİSTEMLERDE TRAFİK GÜVENLİĞİ

Güvenliğin ana otobüs güzergâhlarının planlanma, tasarlanma ve işletilme süreçlerine entegre edilmesi için öneriler





Raporun hazırlanmasına katkıda bulunanlar:

Nicolae Duduta

Ulaşım Plancısı,
EMBARQ, World Resources Institute
nduduta@gmail.com

Claudia Adriaola-Steil

Sağlık ve Yol Güvenliği Direktörü,
EMBARQ, World Resources Institute
cadriaola@wri.org

Carsten Wass

Teknik Direktör, Consia Consultants
wass@consia.com

Dario Hidalgo

Araştırma ve Uygulama Direktörü,
EMBARQ, World Resources Institute
dhidalgo@embarq.org

Luis Antonio Lindau

Direktör, EMBARQ Brazil
tlindau@embarqbrasil.org

Vineet Sam John

Araştırma Analisti,
EMBARQ, World Resources Institute
vjoh@wri.org

WRI Ross Sürdürülebilir
Şehirler Merkezi ürünüdür.

Tasarım ve Sayfa Düzeni:

Carni Klirs, Grafik Tasarımcı
cklirs@wri.org

Türkçeye Çeviri ve Tasarım:

ABEMEDYA

www.abemedya.com

Bu rapor

Bloomberg Philanthropies'in

finansal desteği ile hazırlanmıştır

"World Resources Institute tarafından 2014 yılında yayınlanan 'Otobüs Öncelikli Sistemlerde Trafik Güvenliği –Ana otobüs hatlarının planlama, tasarım ve işleyişine güvenliğin entegre edilmesine yönelik tavsiyeler' adlı eserden Türkçe'ye tercüme edilmiştir. Bu eser Creative Commons Attribution-Gayriticari-Çoğaltılamaz Çalışmalar 3.0 Lisansı sahibidir."

İÇİNDEKİLER



i. Önsöz	3
ii. Yönetici Özeti	4
1. Araştırmaya Genel Bakış	6

TASARIM ÖNERİLERİ

2. Hız yönetimi	19
3. Cadde Kesitleri, orta blok geçitleri ve yaya geçitleri için öneriler	23
4. Örnek Olay Çalışması: TransOeste BRT, Rio de Janeiro	31
5. Kavşaklar için öneriler	35
6. Örnek Olay Çalışması: Metrobüs Hattı 4, Meksiko	57
7. Duraklar için öneriler	59
8. Örnek Olay Çalışması: Otoyolda İşleyen Metrobüs: Metrobüs İstanbul	71
9. Terminal ve aktarma durakları için öneriler	77
10. Araştırma ve Analiz	92
11. Teşekkür	106
12. Kaynakça	107

BU RAPORA DÂHİL EDİLEN ŞEHİRLER VE OTOBÜS SİSTEMLERİ



YOL GÜVENLİĞİ İNCELEMELERİ

- Rede Integrada de Transporte, Curitiba
- TransMilenio, Bogotá
- BRTS, Delhi
- Janmarg, Ahmedabad

ŞEHİR GENELİ KAZA SIKLIĞI MODELLERİ

- Meksiko
- Guadalajara
- Porto Alegre
- Bogotá

VERİ TOPLAMA VE ANALİZ

- Metrobús Line 2, Mexico City
- Macrobús, Guadalajara
- TransMilenio, Bogotá
- Megabús, Pereira
- BRT, Santiago de Cali
- SIT, Arequipa
- Busways, Belo Horizonte
- Boqueirao and South Line, Curitiba
- South East Busway, Brisbane
- BRTS, Delhi
- Busways, São Paulo
- Metrobús, Istanbul

OTOBÜS KORİDORLARINDA YOL GÜVENLİĞİ DENETİMLERİ

- Metrobús Lines 3, 4, and 5, Mexico City
- SIT, Arequipa, Peru
- C. Machado and Dom Pedro II Busways, Belo Horizonte
- Antonio Carlos Busway, Belo Horizonte
- TransCarioca BRT, Rio de Janeiro
- TransOeste BRT, Rio de Janeiro
- BRT, Izmit, Turkey

VERİ KAYNAKLARI

- Ministerio de Transporte, Colombia, 2011
- Transmilenio S.A. 2011
- Gobierno de la Ciudad de México 2011
- Secretaria de Vialidad y Transporte de Jalisco, 2011
- Estudios, Proyectos y Señalización Vial S.A. de C.V. 2011
- Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), Porto Alegre, 2011
- Matricial Engenharia Consultiva Ltda., 2011
- Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S.A. (BHTrans), 2011
- Urbanização de Curitiba S.A. (URBS), 2011
- Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, 2011
- Delhi Police, 2010
- Road Safety and Systems Management Division, Brisbane, Queensland, Australia 2009
- Instituto Metropolitano Protransporte de Lima, 2012
- Istanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü (İETT)

ÖNSÖZ

Gelişen dünya şehirlerinde kaliteli toplu taşıma sistemlerine yatırım yapmak bir yandan trafik güvenliğinde çok önemli avantajlar elde edilmesine katkıda bulunurken, diğer yandan şehir sakinlerinin artan hareketlilik ihtiyaçlarının karşılanmasını sağlamaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü'nün verilerine göre her yıl dünyada 1,2 milyon kişi trafik kazaları nedeniyle hayatını kaybetmektedir. Bu ölümlerin büyük bir kısmı, trafikteki araç sayısının hızla arttığı düşük ve orta gelirli ülkelerde meydana gelmektedir. Politik müdahale eksikliği bu durumu daha da kötüleştirmektedir. Trafik kazalarının 2030 yılına kadar erken ölüm nedenleri arasında beşinci sırayı alması beklenmektedir.

Birleşmiş Milletler bu eğilime dur demek amacıyla 2011-2020 yıllarını Yol Güvenliği Eylem On Yılı ilan etmiştir. EMBARQ ve Dünya Bankası, Eylem On Yılının hedeflerine destek vermek ve 2020 yılına kadar küresel yol kazalarını yarıya indirme hedefine ulaşmak için ndirme hedefine ulaşmak için çalışmaktadır.

Bu rapor, dünya üzerindeki birçok şehirde güvenliğin artırılması amacıyla metrobüs ve diğer otobüs öncelikli sistemlere yapılan yatırımları desteklemek için benzersiz bir fırsat sunması, diğer yandan şehir sakinlerinin artan hareketlilik ihtiyaçlarını karşılaması açısından bu çabaların önemli bir parçası haline gelmiştir. Latin Amerika ülkelerindeki başarılı uygulamalar, toplu taşıma sistemlerini iyileştirmek isteyen diğer ülkelere esin kaynağı olmuş, bu sayede Metrobüs sistemleri son yıllarda bir hayli artış göstermiştir.

8 çok taraflı kalkınma bankasının önümüzdeki on yıl için sürdürülebilir taşımacılığa 175 milyar Dolar ayırma taahhüdü vermesi, bu büyümeyi bir adım daha ileri götürecektir.

Bu raporda yer alan kanıtlar, kaliteli toplu taşıma sistemlerinin çok önemli güvenlik avantajlarını da beraberinde getireceğini, bu sayede yaralanmaların ve ölümlerin yüzde 50 oranında azaltılabileceğini göstermektedir. Ancak, söz konusu avantajlara sahip olabilmek için yeni sistemlerin kaliteli bir altyapı ve güvenli özellikleriyle desteklenmesi gerekmektedir. Bu rapor, güvenlik unsurunun farklı otobüs sistemlerinin tasarlanma, planlanma ve işletilme süreçlerine entegre edilebilmesi için verilere dayanan detaylı öneriler sunmaktadır. Raporda veri analizlerinden, yol güvenliği denetimlerinden ve dünyadaki otobüs sistemleri incelemelerinden yararlanılmaktadır.

Yeni otobüs öncelikli sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında görev alan tüm planlamacıları, tasarımcıları, mühendisleri ve karar mercilerini, bu raporda sunulan önerileri kullanmaya davet ediyoruz. Bu sayede, yeni toplu taşıma sistemlerinin, güvenliğin ve yaşam kalitesinin artırılmasına yönelik hedeflerine ulaşacağına inanıyoruz.



Marc H. Juhel
Uygulama Müdürü, Ulaştırma
Dünya Bankası Grubu
Transport & ICT



Holger Dalkmann
Direktör
EMBARQ
World Resources Institute



Claudia Adriaola-Steil
Direktör, Sağlık ve Yol Güvenliği
EMBARQ
World Resources Institute

YÖNETİCİ ÖZETİ

Raylı sistemlerle kıyaslandığında nispeten düşük sermaye maliyeti ve kısa yapım süresi nedeniyle dünyaca Bus Rapid Transit (BRT) olarak isimlendirilen ancak Türkiye'de Metrobüs olarak bilinen ve otobüs öncelikli sistemler, şehir içi hareketlilik ihtiyaçlarına cazip bir çözüm sunmaktadır.

Bu sistemlerin beğeni toplamasıyla, konuya ilişkin çok sayıda çalışma yürütülmüş ve planlama kılavuzları hazırlanmıştır. Bu çalışmalar ve kılavuzlarda, farklı tasarım seçeneklerine, bu seçeneklerin sistemlerin operasyonel performansı üzerindeki etkilerine ve uygulamada karşılaşılan bazı kurumsal zorluklara yer verilmiştir (bkz. Rickert 2007, Hidalgo ve Carrigan 2010; ve Moreno González, Romana ve Alvaro 2013).

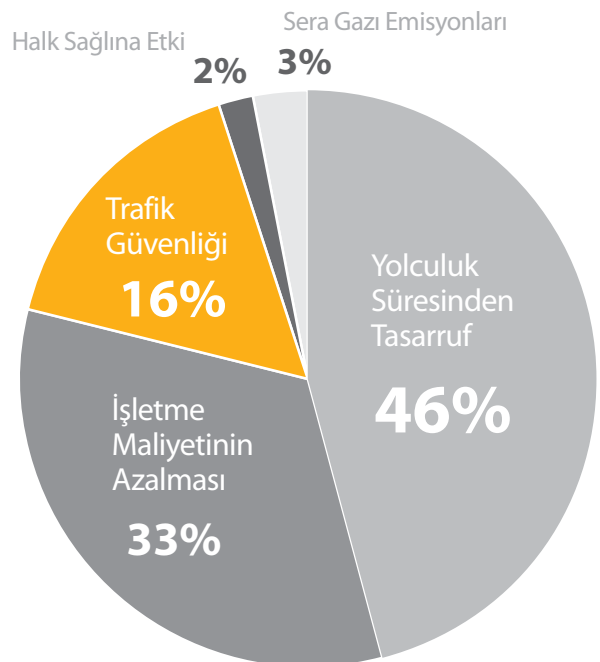
Ancak, otobüs öncelikli sistemlerin trafik güvenliğine etkileri; yolculuk süresi, sera gazı emisyonları ve hava kirlenici emisyonlar ya da arazi değeri üzerindeki etkileri kadar iyi anlaşılamamıştır. Yaptığımız araştırma, otobüs öncelikli sistemlerin, ağır ve ölümlü kazaları yaklaşık %50 oranında azaltarak trafik güvenliği üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir (Duduta, Lindau ve Adiazola-Steil 2013). Bu veriden hareketle, otobüs öncelikli sistemlerin trafik güvenliği üzerindeki etkilerinin, bu sistemlerin toplam ekonomik faydalarının %8 ila %16'sına tekabül ettiği öngörülmektedir. (Şekil 1)

Bu rapor, otobüs öncelikli sistemlerin trafik güvenliği üzerindeki etkilerine ilişkin kapsamlı bir araştırma projesine dayanmaktadır. Rapor hazırlanırken veri analizlerinden, yol güvenliği denetimlerinden, dünyanın dört bir yanından otuzdan aşkın otobüs sistemine ilişkin yapılan

incelemelerden ve güvenlik önlemlerinin operasyonel performans üzerindeki etkisini test eden mikrosimülasyon modellerinden yararlanılmıştır.

Bu rapor, otobüs sistemlerinin planlama ve tasarlanma süreçlerine dâhil olan planlamacılar, mühendisler ve şehir tasarımcıları için pratik bir kılavuz niteliğindedir. Raporda, çok sayıda sistem ve koridor türüne değinilmiştir. Bunlara, kaldırım kenarlarında yer alan otobüs öncelikli şeritler ve yüksek kapasiteli, çok şeritli ve karayolunun ortasında işleyen Metrobüs sistemleri dâhildir. Rapor kapsamında başlıca risk faktörlerini ve en fazla karşılaşılan kaza türlerini ele alıyor ve bunlara çözüm getirmek için tasarım önerileri sunuyoruz. Ayrıca, yolcu kapasitesi, seyahat süresi ve filo büyüklüğünden doğan ihtiyaçları da göz önünde bulundurarak tasarım konseptlerinin otobüs sisteminin operasyonel performansı üzerindeki etkisini değerlendiriyoruz.

Şekil 1 Tipik bir Latin Amerika Metrobüsünün güvenlik etkenlerinin toplam ekonomik fayda içindeki yüzdesi



Güvenlik etkileri, tipik bir Latin Amerika Metrobüs sisteminin toplam ekonomik faydasının %16'sına eşittir

KILAVUZUN KULLANIMINA İLİŞKİN

Bu kılavuz, otobüs öncelikli bir sistemin planlanma, tasarlanma ve işletilme süreçlerindeki güvenlik hususuna ilişkin farklı özellikleri içeren kapsamlı bilgiler sunmaktadır. Kılavuz öncelikli olarak, gelişmekte olan şehirlerdeki yüksek kapasiteli metrobüs sistemlerinin kullanımına yönelik hazırlanmıştır ve bu bölgelerde yapılan araştırmalara dayanmaktadır. Ancak, kılavuzda yer alan bulguların ve önerilerin birçoğu gelişmiş dünya şehirlerinde ve özellikle tramvay ve hafif raylı sistemlerde uygulanabilir.

Elde ettiğimiz bulgular, bir transit koridorundaki temel güvenlik risklerinin kullanılan teknolojiyen (otobüs veya raylı sistem) ziyade, koridorun geometrik tasarımından veya dünya üzerindeki konumundan kaynaklandığını göstermektedir. Örneğin, bir ana caddenin ortasında seyreden ulaşım araçlarının en sık yaşadığı kaza türlerinden biri, dönen araçlarla meydana gelen kazalardır. Bu durum, hem Rio de Janeiro'daki metrobüs sistemi hem de ABD'deki hafif raylı sistem için geçerlidir (Duduta ve ark. 2012; Klaver Pecheux ve Saporta 2009). Fakat bu, aynı önlemlerin bütün sistemlerde uygulanabileceği anlamına gelmemektedir. Trafik akışı, yol tasarım standartları ve trafik işaretleri ile düzenlemelerine uyum bir bölgeden diğerine büyük ölçüde değişiklik göstermektedir.

Araştırmaya Genel Bakış bölümü çalışmanın kilit bulgularına yer vermektedir. Bu bulgular daha sonra farklı otobüs sistemlerin uygulanmasıyla elde edilecek güvenlik avantajlarına değinen **Araştırma ve Analiz** bölümünde detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

Bölümde, güvenlik etkilerinin ölçülmesinde ve güvenliğe ilişkin ekonomik faydaları değerlendirilmesinde kullanılacak

farklı yöntemlerin üzerinde durulmaktadır. Daha sonra, Bogotá, Meksiko, Guadalajara, Ahmedabad ve Melbourne'den örneklerle, kullanılan yöntemler gösterilmektedir. Bu bölüm, fayda-maliyet analizi veya diğer alternatif analizlere güvenlik unsurunun dâhil edilmesi konusunda yol gösterdiği için proje planlamasının ilk aşamaları ve finansman kararlarına da katkı sağlamaktadır.

Tasarım Önerileri bölümünde ise otobüs öncelikli sistemlerin uygulandığı yol ve kavşak düzenlemelerine ilişkin açıklamalı çizimler yer almaktadır. Bu düzenlemeler aşağıdaki şekilde gruplandırılmıştır:

- **Caddenin farklı kesitleri, blok geçitleri ve yaya geçitleri**
- **Kavşaklar**
- **Duraklar**
- **Terminal ve aktarma durakları**

Tasarım konseptleri alana özgü olmayıp farklı yerlerde uygulanabilmektedir. Ayrıca, bu konseptlerin uygulama alanlarını göstermek için **örnek olay çalışmalarından** yararlandık. Güvenli tasarım konseptlerimizin metrobüs üzerindeki etkisini mikrosimülasyon kullanarak analiz etmek için Rio de Janeiro örneğinden yararlandık.

Meksiko'ya ilişkin örnek olay çalışması tarihi bir merkezin dar caddelerinde işleyen otobüs öncelikli bir sisteme yer verirken, **İstanbul**'a yönelik örnek olay çalışması ise otoyolda işleyen bir metrobüs sistemini göstermektedir. Ayrıca, İstanbul Metrobüs sistemini otoyolda işleyen otobüs sistemlerine yönelik durak tasarımları için örnek olay çalışmamızda kullandık.

➤ BÖLÜM 1

ARAŞTIRMAYA GENEL BAKIŞ

Otobüs öncelikli bir sistemin koridor üzerindeki güvenlik etkisi, sistemin özellikleri ve caddelerin mevcut koşullarına göre değişkenlik göstermektedir.

1.1 OTOBÜS ÖNCELİKLİ SİSTEMİN TRAFİK GÜVENLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gelişmekte olan ülkelerde, yolun orta kesitinde işleyen bir Metrobüs sistemine sahip olmanın trafik güvenliği üzerinde olumlu bir etkisi bulunmaktadır (Tablo 1). Avustralya'ya yönelik araştırma, otobüs öncelikli sistemlerin (sinyal önceliği ve amaca özel şerit dâhil) güvenlik üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir. ABD'ye ilişkin yapılan araştırmalar ise otobüs öncelikli sistemlerin tam ters bir etki yarattığını, farklı otobüs şeritlerinin kaza oranlarını arttırdığını ortaya koymuştur.

Yaptığımız araştırma, güvenlik etkilerinin, kullanılan otobüs sisteminin türünden ziyade, otobüs altyapısını düzenlemek amacıyla cadde altyapısında yapılan değişikliklere bağlı olduğunu göstermektedir. Latin Amerika Metrobüslerinin trafik güvenliğini üzerinde olumlu bir etki yaratmasının nedeni, şehirdeki bazı trafik şeritlerinin kaldırılması, orta refüjlerin döşenmesi, yaya geçidi uzunluklarının kısaltılması ve birçok kavşakta sola dönüşlerin yasaklanmasıdır (Şekil 2). Kaza sıklığı modellerimiz, bütün altyapı değişikliklerinin olumlu güvenlik etkilerini de beraberinde getirdiğini göstermektedir (Tablo 2). Güvenlik etkisi analizimiz, aynı durumun bu

özelliklere sahip birkaç metrobüs sistemi için de geçerli olduğunu doğrulamıştır (örneğin, Macrobús, Guadalajara, Şekil 3).

Koridorun ötesinde güvenlik etkileri

Otobüs öncelikli sistemler uygulanırken trafik şeritlerinin kaldırılması, caddedeki trafik kapasitesinin azalmasına katkıda bulunmaktadır. Her ne kadar trafiğin paralel güzergâhlara kaymasıyla bu yollarda kazaların artacağı düşünülse de Guadalajara'ya ilişkin verilerin analizi durumun böyle olmadığını göstermektedir. Metrobüs koridoruna paralel işleyen bir kaç ana arteri dâhil ederek koridorun her iki tarafında 3 kilometrelik bir tampon bölge seçtik. Tampon bölgedeki kazaların (Metrobüs koridoru hariç) aynı dönemde %8 azaldığını gözlemledik. Aynı eğilim şehrin geri kalanında da görülmüştür. Bu durum, Guadalajara'daki koridorda yapılan güvenlik iyileştirmelerinin (Tablo 3) paralel caddelerdeki artışı telafi etmediğini göstermektedir.

Öte yandan nadir olarak metrobüs uygulamasının kaza riskini çevre yollara kaydıracağı durumlar olmuştur. Sola dönüşler çoğu kavşakta

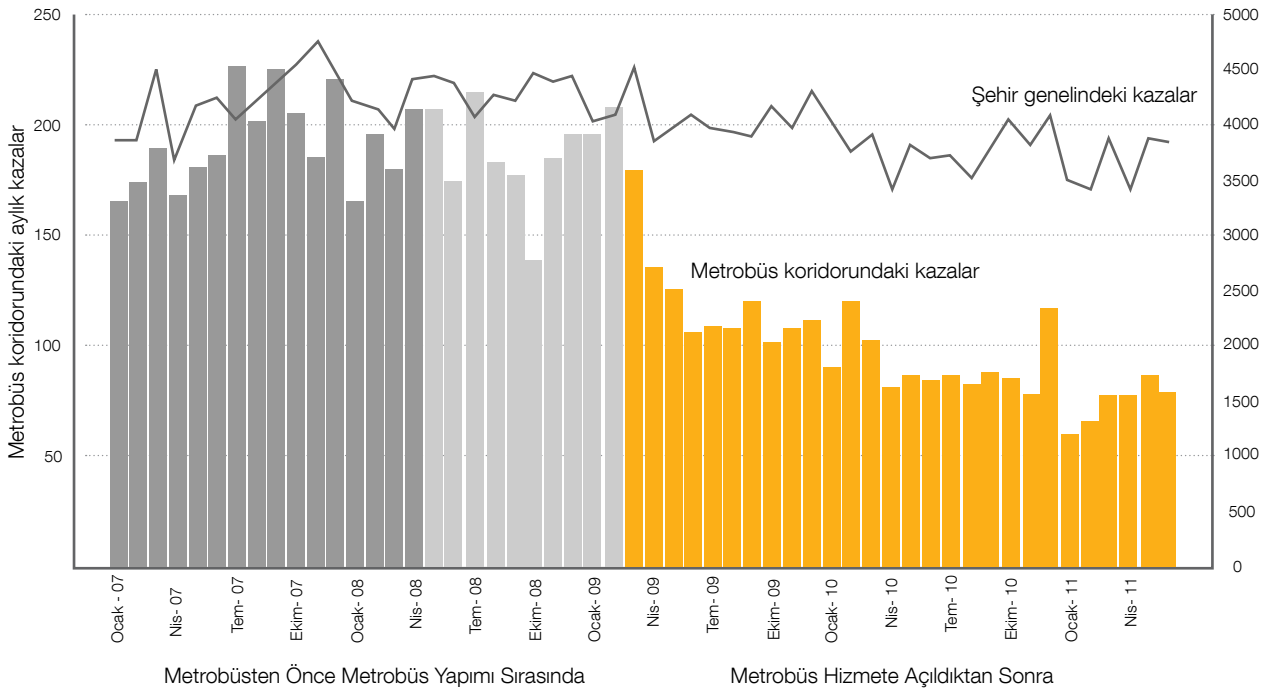
Tablo 1 Otobüs önceliğinin trafik güvenliği üzerindeki etkileri

	% kaza oranlarındaki değişimler	% 95 güven aralığı	Kaynak
Ana Arterde İşleyen Metrobüs (Latin Amerika Ülkeleri)			
Ölümlü kazalar	-%47	(-%21; -%64)	EMBARQ analizi
Yaralanmalı kazalar	-%41	(-%35; -%46)	
Bütün kazalar	-%33	(-%29; -%36)	
Ana Arterde İşleyen Metrobüs (Latin Amerika ve Hindistan)			
Ölümlü kazalar	-%52	(-%39; -%63)	EMBARQ analizi
Yaralanmalı kazalar	-%39	(-33%; -%43)	
Bütün kazalar	-%33	(-%30; -%36)	
Otobüs Önceliği (Avustralya)			
Bütün kazalar	-%18	n/a	Goh ve ark. 2013
Trafikin en yoğun olduğu saatte otobüslere birden fazla yolcu taşıyan (HOV) ayrılmış şeritler (ABD)			
Belirsiz zayıat	+%61	(+%51; +%71)	Elvik ve Vaa 2008
Trafikin en yoğun olduğu saatte otobüslere ayrılmış şeritler (ABD)			
Yaralanmalı kazalar	+%12	(+%4; +%21)	Elvik ve Vaa 2008
Maddi hasara yol açan kazalar	+%15	(+%3; +%28)	
Otobüsler ve taksiler için daimi şeritler (ABD)			
Yaralanmalı kazalar	+%27	(+%8; +%49)	Elvik ve Vaa 2008
Belirsiz zayıat	-%4	(-%8; 0)	

Şekil 2 Tipik bir Latin Amerika Metrobüsü sistemi (örnekte Guadalajara'daki Macrobus verilmiştir) için cadde altaypısında yapılan değişiklikler ve bunlara bağlı güvenlik faydaları



Şekil 3 Guadalajara Independencia yolunda 2007–2011 yılları arasında gerçekleşen kazalar



Kaynak: Secretaría de Vialidad y Transporte de Jalisco 2011 tarafından sağlanan istatistiklere göre hesaplanmıştır.

Tablo 2 Otobüs öncelikli sistemlerin uygulamaya konmasıyla birlikte gerçekleşen ortak altyapı değişikliklerinin güvenlik etkileri

	Kaza türü	kaza oranlarındaki değişim %	%95 güven aralığı
Dörtlü kavşağın iki T kavşağa dönüştürülmesi	Ağır	-%66	(-%1, -%88)
	Hepsi	-%57	(-%37, -%70)
Bir trafik şeridinin kaldırılması	Ağır	-%15	(-%11, -%17)
	Araç kazaları	-%12	(-%9, -%15)
Yaya geçitlerinin kısaltılması (kısaltılan her bir metre için)	Ağır	-%2	(-%0.04, -%4)
	Yaya kazaları	-%6	(-%2, -%8)
Ana koridorda sola dönüşlerin yasaklanması	Ağır	-%22	(-%12, -%32)
	Araç kazaları	-%26	(-%10, -%43)
Orta blok geçitlerinin inşa edilmesi	Ağır	-%35	(-%8, -%55)
	Araç kazaları	-%43	(-%26, -%56)
Ters yönlü bir otobüs şeridi oluşturulması	Ağır	+%83	(+%23, +%171)
	Araç kazaları	+%35	(+%0.02, +%86)
	Yaya kazaları	+%146	(+%59, +%296)
Trafik işaretleri arasındaki mesafenin azaltılması (her 10 metre için)	Ağır	-%3	(-%1, -%5)
	Bütün türler	+%2	(+%0.03, +%4)
	Yaya kazaları	-%5	(-%1, -%7)
Otobanda yaya geçidi inşa edilmesi	Yaya kazaları	-%84	(-%55, -%94)
Ana arterde yaya geçidi inşa edilmesi	Yaya kazaları	İstatistiksel olarak anlamlı etki yok	(-%23, +%262)

yasaklanmıştır (bu, yolun orta kısmında işleyen metrobüs sistemlerinde sık görülen bir uygulamadır). Sola dönüşler yerine döngüler kullanılmış, trafik mahallelerin içinden geçecek şekilde düzenlenmiştir.

Başarılı döngü tasarımları metrobüs civarındaki mahallelerde kazalar üzerinde etki yaratmamıştır.

Ancak, en az bir örnek olayda döngü kullanılması, döngü üzerindeki kavşaklarda kaza oranını artırmıştır. Buna göre metrobüsün tasarım ve planlaması koridorla sınırlı kalmamalı ve potansiyel yan etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu konuya Tasarım Önerileri bölümünde ayrıca değinilmiştir.

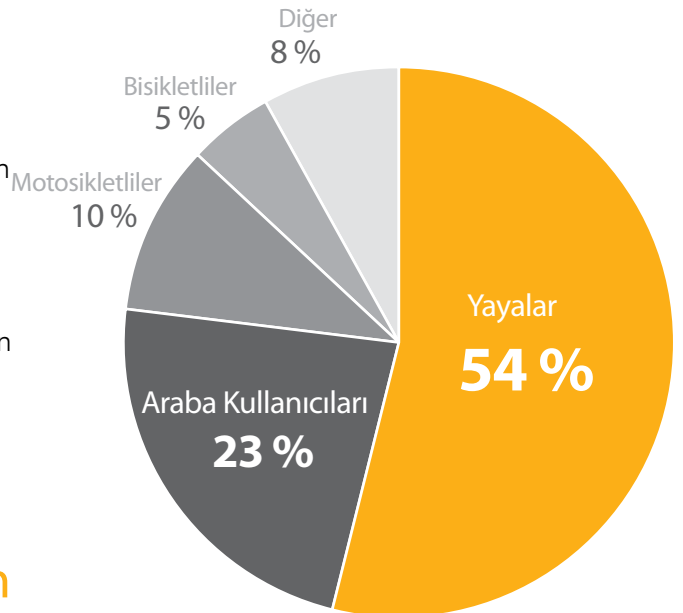
Tablo 3 Latin Amerika, Hindistan ve Avustralya'daki otobüs öncelikli sistemleri üzerinde yapılan güvenlik etki değerlendirmesinin sonuçları

Şehir	Otobüs Sistemindeki Değişiklikler	Güvenlik Etkisi		
		KAZALAR	YARALANMALAR	ÖLÜMLER
Ahmedabad	Özel halk otobüsü uygulamasından yolun ortasından geçen tek şeritli metrobüs hattı uygulamasına geçildi	-%32	-%28	-%55
Mexico City	Özel halk otobüsü uygulamasından yolun ortasından geçen tek şeritli metrobüs hattı uygulamasına geçildi	+%11	-%38	-%38
Guadalajara	Kaldırım tarafındaki otobüs öncelikli şeritlerden yolun ortasından geçen ve duraklarda sollama şeridi bulunan metrobüs hattı uygulamasına geçildi	-%56	-%69	-%68
Bogotá	Yolun ortasından geçen otobüs şeridinden çok şeritli metrobüs hattı uygulamasına geçildi	n/a	-%39	-%48
Melbourne	Normal otobüs sisteminden sıra atlama ve sinyal önceliği bulunan otobüs öncelikli sisteme geçildi	-%11	-%25	-%100

Ağır kazalar

Otobüs koridorlarında gerçekleşen kazaların %7'sine karşı yayalar (bu oran, muhtemelen tüm kazalar kayıtlara geçmediği için düşük bir seviyededir), bizim veri tabanımızda bulunan tüm otobüs hattı sistemlerindeki kaza sonucu ölümlerin yarısından fazlasını (Şekil 4) oluşturmaktadır. Bu yüzden otobüs koridorlarında güvenliğin artırılması, öncelikle yayaların kazalardan korunması ile mümkündür. Genel olarak yayalar karşıdan karşıya geçerken yaya geçitleri uzakta kaldığı için orta blok geçitleri kullanarak kendilerini tehlikeye atmaktadır. Transit otobüs duraklarında yolcular bilet ücreti ödemediği için geçmek veya sadece kısa yoldan geçmek için durağın önündeki veya arkasındaki otobüs şeritlerini kullanarak karşıya geçtiği bu tehlike daha fazladır. Buradan yola çıkarak istasyonlara girişlerin tasarımı ve orta blok yaya geçitlerinin artırılmasının otobüs koridorlarındaki güvenliğin sağlanmasında önemli bir rol oynadığı söylenebilir.

Şekil 4 Otobüs koridorlarındaki ölümlü kazalarda hayatını kaybeden yol kullanıcıların dağılımı (Mexico City, Guadalajara, Delhi, Ahmedabad, Curitiba, Porto Alegre ve Belo Horizonte)



Otobüs koridorlarındaki ölümlerin yarısından fazlası yaya ölümlerinden oluşmaktadır.

1.2 EN YAYGIN KAZA ÇEŞİTLERİ

OTOBÜS ŞERİTLERİ ÜZERİNDEN SOLA DÖNÜŞLER

KAZA ŞİDDETİ: YÜKSEK

Yaklaşan otobüsün hızına bağlı olarak çok şiddetli çarpışmalar yaşanabilir.

Otobüs şeritlerinin yolun ortasında bulunduğu sistemlere otobüsler ve diğer araçlar arasında meydana gelen en yaygın kaza şekli budur. Yasak olsa bile arabalar sola dönüş yaparak kazaya sebep olabilmektedir.

Bu tür kazalara karşı önlem olarak kontrolsüz kavşak yerine dönel kavşak kullanılabilir. Bu konu 39 ve 40. sayfalarda incelenmektedir. Sola dönüşlü kavşaklar hakkında bilgi için 43. sayfaya bakınız.

OTOBÜS ŞERİTLERİNE YABANCI ARAÇLARIN GİRMESİ

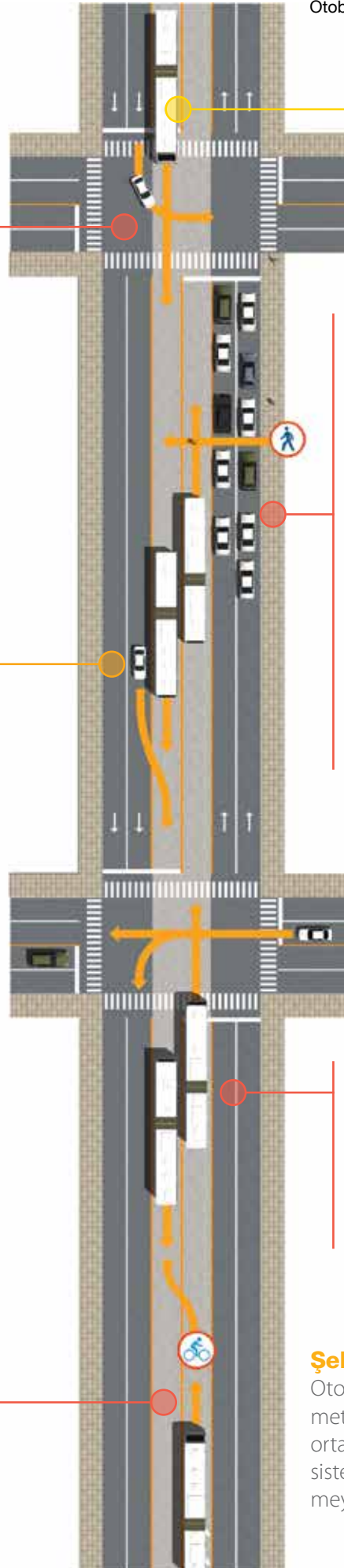
KAZA ŞİDDETİ: ORTA

Sadece otobüslere ayrılmış şeritlerin bulunduğu ve otobüs şeritleri ile diğer araç şeritlerinin belirgin bir şekilde ayrılmadığı tüm koridorlarda yaygın olarak görülen bir kaza türüdür. Diğer araçlar otobüs şeritlerine girerek otobüslerle çarpışmaktadır.

OTOBÜS VE BİSİKLETLİLERİN KARIŞTIĞI KAZALAR

KAZA ŞİDDETİ: YÜKSEK

Bisiklet sürücüleri, otobüs koridorlarında bisiklet yolu bulunmayan metrobüs yollarını sıklıkla kullanarak bunun sonucunda otobüs sürücüleri ile tartışır veya kaza yaparlar. Özellikle bisiklet kullanıcıları karşıdan gelen bir metrobüs gördüklerinde otobüsün önünden çekilmeye çalışırken çok tehlikeli bir durum ortaya çıkar. Böyle bir durumda kalan bisiklet kullanıcısına diğer şeritte seyreden başka bir otobüs çarpabilir veya kaçmaya çalışırken dengesini kaybedip bariyerlere çarparak ağır bir şekilde yaralanabilir.



Körüklü Otobüs

DURAN ARAÇLARIN ARASINDAN KARŞIYA GEÇMESİ

KAZA ŞİDDETİ: YÜKSEK

Metrobüslerin karıştığı en yaygın ölümlü kazalardan bir tanesidir.

Yayaların duran araçların arasından geçmeye çalıştığı gözlemlenmektedir. Diğer şeritler çok yoğunken bile otobüs şeritleri boş olabilmekte ve otobüsler hızlı seyredebilmektedir. Otobüs şoförlerinin yoldan karşıya geçen yayaları görmesi zordur. Bu nedenle de otobüslerin yayaya çarpması genellikle kaçınılmaz olmaktadır.

Sayfa 24 ve 26'da orta refüj geçişleri için tasarım önerileri yer almaktadır.

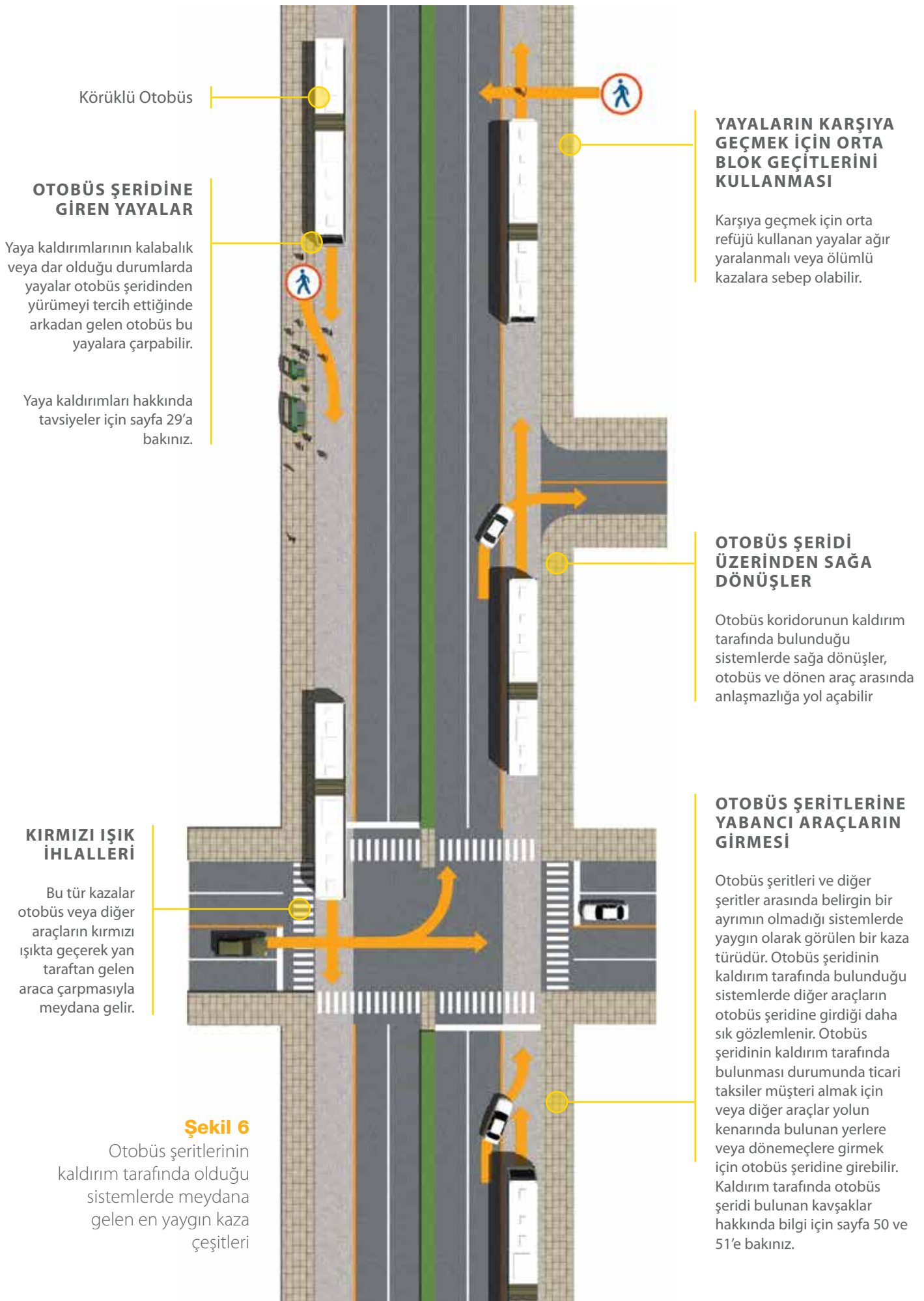
KIRMIZI IŞIK İHLALLERİ

KAZA ŞİDDETİ: YÜKSEK

Bu tür kazalar otobüs veya diğer araçların kırmızı ışıkta geçerek yan taraftan gelen araca çarpmasıyla meydana gelir.

Şekil 5

Otobüs şeritlerinin veya metrobüs yollarının yolun ortasında bulunduğu sistemlerde yaygın olarak meydana gelen kaza çeşitleri



DURAKTAKİ OTOBÜSLERİN BİRBİRİNE YANDAN ÇARPMASI

KAZA ŞİDDETİ: DÜŞÜK

Genellikle yaralanmalara yol açmaz. Otobüslerde meydana gelen en yaygın hasar olarak aynalar ve bazı durumlarda camlar kırılır.

Bu tür kazalar, bir otobüs duraktan ayrılırken başka bir otobüsün ekspres şeritten durağa yanaşması esnasında meydana gelir.

OTOBÜS ŞERİDİNDEKİ YAYALAR VE OTOBÜSLER ARASINDA MEYDANA GELEN KAZALAR

KAZA ŞİDDETİ: YÜKSEK

Metrobüslerin karıştığı ölümlü kazaların en yaygın olanı bu tür kazalardır.

Yayalar bilet ücreti ödememek için kaçak yollarla otobüs ve durak arasından durağa girmeye veya duraktan çıkmaya çalışırken ciddi kazalar yaşanmaktadır. Yayalar ayrıca yollarını kısaltmak veya kalabalık olan platformdan geçmemek için de otobüs şeritlerinden karşıya geçmeye çalışabilir. Ekspres otobüslerin şoförleri durakta bekleyen otobüslerden dolayı bu yayaları göremeyebilir.

İstanbul'daki otobüs duraklarında yayaların karıştığı kazalara ilişkin örnek durum için sayfa 74-79'a bakınız.

Ekspres şerit

Körüklü otobüs

Birden fazla durağın yer aldığı durak platformu

DURAKTAKİ OTOBÜSE ARKADAN ÇARPMA

KAZA ŞİDDETİ: DÜŞÜK.

Bu tür kazalar düşük hızlarda meydana gelir ve otobüslerdeki hasar genellikle küçük çaplı olur.

Bu tür kazalar genellikle durağa yanaşan bir otobüsün hızlı gelmesine sonucu önündeki otobüse çarpmasıyla oluşur.

EKSPRES ŞERİDE YANAŞAN DİĞER OTOBÜSLERİN EKSPRES OTOBÜSLE ÇARPIŞMASI

KAZA ŞİDDETİ: YÜKSEK

Yüksek hız veya ağır yüke bağlı olarak bir metrobüsün böyle bir kazaya karışması çok sayıda kişinin yaralanmasına sebep olabilir.

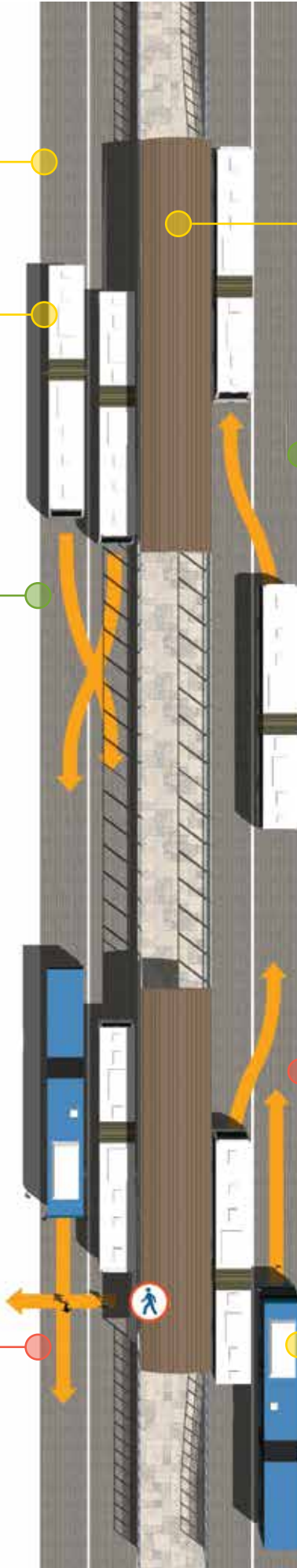
Ekspres şeritlerin bulunduğu çok şeritli metrobüs sistemlerinde meydana gelen bu kazalar çok şiddetli olabilir. Duraktan ayrılarak ekspres şeride yanaşan bir otobüs istasyon içinde daha hızlı seyreden bir ekspres otobüsle çarpışır.

Çok şeritli metrobüs duraklarına ilişkin tavsiyeler için sayfa 68'e bakınız.

Körüklü ekspres otobüs

Şekil 7

Çok şeritli metrobüs yolları üzerindeki duraklarda meydana gelen en yaygın kaza çeşitleri



1.3 GÜVENLİĞİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Cadde ve kavşakların tasarımı

Kaza sıklığı modelimizin sonuçlarına göre yolun genişliği ile kavşakların büyüklüğü ve karmaşıklığı, otobüs koridorlarındaki kaza sıklıklarını hesaplamada kullanılan en önemli tahmin unsurlarıdır. Örneklerimizdeki otobüs koridorlarının çoğunda kazaların sadece %9'u otobüs şeritlerinde meydana gelirken kazaların büyük çoğunluğu normal trafik şeritlerinde meydana gelmekte ve bu kazalara otobüsler karışmamaktadır. Bir kavşağa bağlanan yol sayısı, bu yolların her birindeki şerit sayısı ve azami yaya geçidi mesafesi kilit faktörlerdir (Tablo 8, Tablo 4). Yan yoldan gelen trafiğin otobüs koridorundan geçmesine izin veren kavşaklar, sadece sağa dönüşe izin veren kavşaklardan daha tehlikelidir. Kaza sıklığı modeli ve bu modelde elde edilen sonuçlar 10.1 sayılı başlıkta daha ayrıntılı bir biçimde ele alınmaktadır.

Otobüs şeritlerinin konumu

Mexico City ve Porto Alegre'deki çift yönlü otobüs şeritlerinin hem araçlar hem de yayaların karıştığı kazaların buralarda daha yüksek olmasında büyük bir payının olduğu görülmüştür (Tablo 4). Farklı modellerle elde edilen sonuçlar arasında gözlemlenen tutarlılıktan yola çıkılarak, araştırmamızdaki tüm otobüs sistemleri içinde çift yönlü otobüs şeritlerinin en tehlikeli yol konfigürasyonu olduğunu söyleyebiliriz (çift yönlü otobüs şeritleri hakkında daha fazla bilgi için 10.1 sayılı başlığa bakınız). Yine, Guadalajara'daki kaldırım tarafı otobüs şeritlerinin, hem araçların hem de yayaların karıştığı kazaların oranını artırırken Mexico City'deki bu tür şeritlerin kaza oranlarında fazla bir etkisi olmadığını gözlemledik. Sonuçlar her zaman istatistiksel açıdan önem ifade etmeyebilir ancak bu sonuçlar, çift yönlü otobüs şeritleri kadar olmasa da kaldırım tarafı otobüs şeritlerinin de sorunlu olduğunu göstermektedir. Bir caddede orta metrobüs şeridi uygulamasına

Bir kavşağa
bağlanan fazladan
her bir yol, araç
kazası riskini

%65
oranında
artırmaktadır.

Bir yolda yeni bir
şerit açılması, ölümlü
ve yaralanmalı kaza
riskini

%17
artırmaktadır .

Bir yaya geçidindeki
fazladan her 1
metrelik mesafe,
yayalara araç
çarpma riskini

%6
artırmaktadır.

geçildikten sonra yaşanan değişimlerin ölçümünde birden fazla değişken kullanılması sebebiyle orta şeritli sistemlerin trafik güvenliği üzerindeki etkilerini ölçme işlemi biraz daha karmaşıktır. Genellikle sadece bir trafik (veya park) şeridini ayırarak oluşturulan kaldırım tarafı otobüs koridorlarının aksine orta şerit sistemler, cadde üzerinde daha farklı konfigürasyonları beraberinde getirmektedir. Bu kapsamda genel olarak araçların kullandığı bir şerit orta blok geçidine dönüştürülerek bu sayede yaya geçitleri için yolun ortasında bekleme noktası oluşturulur ve ayrıca koridor boyunca daha fazla T kavşak elde edilerek dört yol kavşaklarının sayısı da azaltılmış olur. Mexico City’de metrobüs yolunun orta şeritte olması değişkeni, istatistiksel açıdan fazla bir önem arz etmezken şerit sayısı, orta blok geçidi, karşıya geçiş mesafesi ve ayak sayısı değişkenleri, düşük kaza oranları ile bağlantılı olup farklı modellerde de istatistiksel öneme sahiptir (Tablo 4, Tablo 8). Kaza verilerinin analizi hakkında daha fazla bilgi için 10.1 sayılı başlığa bakınız.

Çift yönlü şeritler

yaralanmalı ve
ölümlü kazaları

%83

oranında arttırabilir.

Orta blok geçidi,

kazalarda yaralanma
ve ölüm oranını

% 35

azaltabilir.

Tablo 4 Faklı otobüs şeridi konfigürasyonlarının trafik güvenliği üzerindeki etkileri

	Ağırlıklı ortalama etki	Kaza oralarında değişim	%95 Güvenilirlik Aralığı
Orta blok geçidi varken	Ölümlü veya yaralanmalı kazalar	-%35	(-%55, -%8)
	Araçların karıştığı kazalar	-%43	(-%56, -%26)
Çift yönlü otobüs şeridi varken	Ölümlü veya yaralanmalı kazalar	%83	(+%23, +%171)
	Araçların karıştığı kazalar	%35	(+%0.02, +%86)
	Yayaların karıştığı kazalar	%146	(+%59, +%296)



Vesterbrogade, Kopenhag'da otobüs önceliği sinyali

TASARIM ÖNERİLERİ



Bu bölümde, otobüsler için yeni bir transit öncelik şemasının plan ve tasarım sürecinde güvenlik hususlarının da dikkate alınmasını sağlamak amacıyla detaylı tasarım, planlama ve operasyonel öneriler sunulmaktadır.



1 No'lu metrobüs hattı koridoru, Avenida Insurgentes, Mexico City

Burada sunduğumuz tüm öneriler, veri analizlerinden elde edilen bulgulara veya 10. Bölümde bahsedilen denetimlerde ortaya çıkan ortak gözlemlere dayanmaktadır.

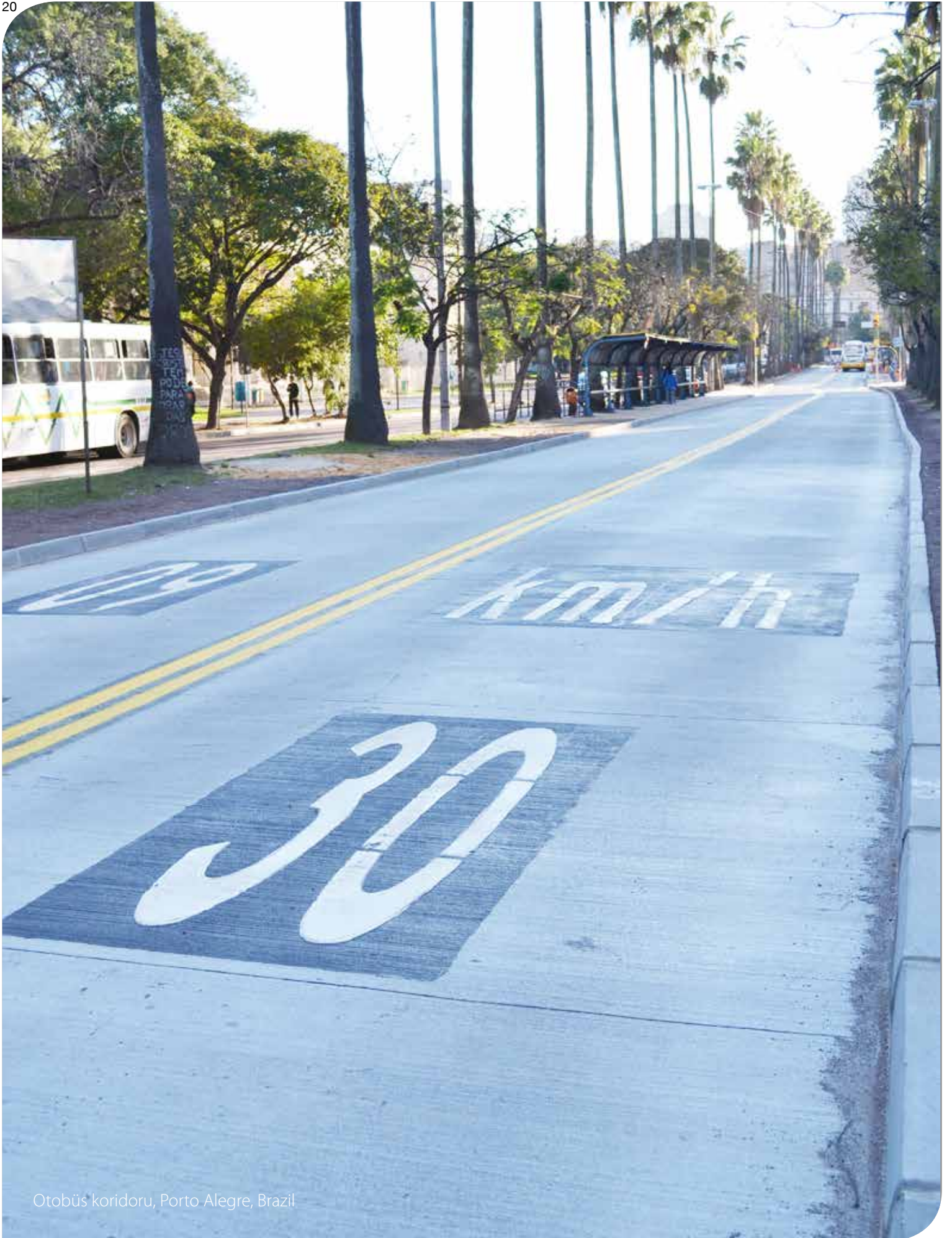
Öncelikle, tüm otobüs koridoru boyunca dikkate alınması gereken bir husus olan hız yönetimi gibi konulara dair genel tavsiyeler sunarak başlıyoruz. Ardından belirli cadde ve kavşak konfigürasyonlarını inceleyerek detaylı tasarım konseptlerine yer vermekteyiz.

Tasarımla ilgili olarak verilen talimatlar, yol güvenliği denetimleri ve incelemelerinin yerini alması amacı taşımamaktadır. Bu talimatlar daha ziyade, yeni bir otobüs koridoru açmadan önce göz önünde tutulması gereken tamamlayıcı bir araç olarak değerlendirilmeli ve tasarım süreci boyunca bir referans olarak kullanılmalıdır. Bu talimatlar; planlayıcılar, mühendisler ve tasarımcılara yeni bir otobüs koridorunun planlama ve tasarım aşamasında güvenlik hususlarını da göz önünde bulundurmalarına

yardımcı olması amacıyla hazırlandığı için trafik güvenliğinin artırılması konusunda oldukça faydalı olabilir.

Denetim ve incelemelerin aksine bu genel talimatlar, her bir bölgenin kendi özellikleriyle tam olarak uyumlu olamaz ve dolayısıyla da bu talimatlar içerisinde yer alan tavsiyeler belirli bir koridor veya kavşak için doğrudan uygulanabilir nitelikte değildir. Bu noktada, uygulanabilir tasarım ve sinyalizasyon standartlarını değerlendirirken söz konusu bu genel tavsiyelerin bir koridor tasarımında bölgenin kendi şartlarına uyarlanıp uyarlanmaması koridorun tasarımını yapan kişilere kalmıştır.

Bölümün son kısmında ise bir transit öncelik şemasında güvenlik ve operasyonel performans arasında verilebilecek ödünler ele alınmakta ve güvenlik önlemlerinin sefer hızı, sefer süresi ve yolcu kapasitesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir yöntem sunulmaktadır.



Otobüs koridoru, Porto Alegre, Brazil

► BÖLÜM 2

HIZ YÖNETİMİ

İyi bir hız yönetimi, güvenli bir cadde tasarımının kilit unsurlarından biridir. Hız, kazaların şiddetini belirleyen en büyük faktörlerden birisi olduğu için göz önünde tutulması gereken en önemli güvenlik risklerindendir.

Yayaların karıştığı bir kazada ölüm gerçekleşmesi ihtimali büyük oranda çarpma hızına bağlıdır. 50 km/s süratte meydana gelen çarpmadaki ölüm riski, 40 km/s hıza sahip bir çarpmaya göre iki kat fazladır (Rosén ve Sander, 2009). Trafiğin ortalama akış hızı bu yüzden her bir cadde türü ve cadde şartlarına uygun olmalıdır. Tablo 5'te farklı yol türleri için tavsiye edilen yüzde 85'lik hızlar gösterilmektedir. Yüzde 85'lik hız, bir yoldaki araçların %85'inden daha hızlı seyreden bir aracın hızını ifade eder.

Bir caddede Tablo 5'te belirtilen hız kategorilerinden birisi uygulanıyorsa (bir caddenin farklı kesitlerinde farklı hız kategorileri uygulanıyor olabilir) bir sonraki aşamada yapılması gereken şey, belirlenen bir hız limitinin aşılmamasını sağlamak için gerekli önlemleri almaktır. Bu

noktada bir yolda kâğıt üzerinde belirlenen hız limitlerinden ziyade araçların söz konusu yolda yaptıkları gerçek hızı kastetmekteyiz.

Hedef hız, hem karışık trafik araçları hem de transit araçlar için kullanılmaktadır ancak bu hız limitine ulaşılması için alınacak önlemler, karışık trafik araçları ve transit araçlarda küçük farklılıklar gösterebilir.

Özellikle transit otobüs sisteminin tek bir kurum tarafından işletildiği (ve özellikle bu kurumun otobüs hızlarını gerçek zamanlı olarak takip edebildiği operasyon kontrol merkezi mevcut olduğu) durumlarda otobüs hızları, eğitim ve yaptırım yoluyla daha kolay bir şekilde kontrol altında tutulabilir. Öte yandan, karışık trafik içindeki araçların hızını kontrol edebilmek için

başka önlemler alınabilir. Bu bölümde, bu konuda değerlendirebileceğiniz farklı önlemler incelenmektedir.

Bu önlemler, ilerleyen bölümlerde daha detaylı bir şekilde incelenecektir.

2.1 Kasisler ve kasislere benzer hız kesme araçları

Hız kesme tümseği (kasis), hızı kontrol etmek açısından en etkili araçlardan biridir. Kasisler, zeminin hafifçe yükseltilmiş olduğu yerlerdir ve 50 km'e kadar bir hızla üzerlerinden güvenli geçilebilir. Bu amaç için tasarlanmış olan kasisin uzunluğu ve yüksekliği, aracın hızını doğrudan etkiler. Kasislerin üzerinde açık işaretler olmalıdır ve yanlarına yaklaşıldığında, kasisler kolaylıkla görülebilmelidir. Hız tümsekleri, genelde yoldan ya da reflektörlerden farklı renklerde olur ve yakınlarında uygun hızı belirten, dikey bir trafik işareti bulunur. Böylece sürücüler, hızlarını buna göre ayarlayabilirler. İdeal koşullarda, hız tümsekleri yol boyunca, hızı kontrol etmek üzere kullanılabilir. Uygulamada, bu her zaman mümkün olmamaktadır ve bu gibi durumlarda çarpışma noktalarına yakın yerlerde kasis kullanılmasını öneriyoruz. Başlıca çarpışma noktalarından bazıları, yol ortasındaki yaya geçitleri ve nispeten uzun bir yolun ardından gelen kavşaklara yakın yerlerdir.

Kasislere benzer diğer hız kesme araçları ise şunlardır:

- **Yükseltilmiş yaya geçidi**, esasında bir hız tümseğinin üzerine yerleştirilmiş bir yaya geçididir. Yol ortasındaki yaya geçitlerinde ya da daha dar caddelerdeki kavşaklarda bulunan yaya geçitlerinde kullanılabilecek etkili bir araçtır.
- **Yükseltilmiş kavşak**, kavşağın tamamının kaldırım düzeyine kadar yükseltilmesine ve trafikte bir hız tümseği olarak işlev görmesine denir. Yükseltilmiş kavşaklar, nispeten dar kavşaklarda (her sokak için toplam iki şeritten fazlasını içermeyen kavşaklar) oldukça yararlıdır. Daha geniş kavşaklarda, tüm alanı yükseltmek o kadar etkili olmayabilir, zira araçlar yükseltilmiş alandan geçerken de hız yapabilir.
- **Hız kesiciler**, yol genişliği boyunca uzanmayan, daha kısa hız tümsekleridir. Arabalar gibi daha küçük araçları yavaşlatmaya yetecek kadar geniştirir, fakat otobüsler veya acil durum araçları gibi geniş akslı araçlar, hız kesicilerin üzerinden yavaşlamadan geçebilir.

Tablo 6 Çeşitli türlerdeki yollar için önerilen 85 yüzdeler hız sınırları*

Yol türü	Tavsiye edilen hız sınırı	Yolun Çevresine ilişkin Tanımlama
Otoban	80 km ya da daha fazla	Hemzemin kavşakların ya da yaya geçitlerinin bulunmadığı, sınırlı erişime izin veren yollar.
Anayol	50km	Trafik işaretli kavşakların ve hemzemin yaya geçitlerinin bulunduğu kentsel alandaki ana yol.
Yoğun trafikli kent merkezindeki bir cadde	20 – 30km	Hemzemin yaya geçitlerini kullanan çok sayıda yayanın bulunduğu bir alanda (şehir merkezine, büyük marketlere yakın yerler vb.) yaya trafiğinin çok yüksek olduğu cadde.

* Hız tavsiyeleri yapılırken, çevredeki alanlarda arazi kullanımı ya da yaya trafiğinin veya motorsuz trafiğin yoğunluğu da göz önünde bulundurulmalıdır.

Kasisler, yükseltilmiş yaya geçitleri ve yükseltilmiş kavşaklar, arzu edilen hıza göre ve özel olarak tasarlanmalıdır. Kötü, uygunsuz ya da gelişigüzel tasarımlar, sürücüler için tehlikeli olabilir; bisiklet ve motosiklet sürücülerini ise daha da tehlikelidir.

2.2 Trafik ışıkları arasındaki uzaklık

Trafik lambaları arasındaki uzaklık, bir yoldaki seyahat hızlarını tahmin etmeye yarayan, önemli göstergelerden biridir. Trafik ışıklarının daha sık bulunduğu kavşakları olan caddelerdeki seyahat hızları, daha düşük olma eğilimindedir. Bunun aksine, trafik ışıkları arasında daha uzun mesafeler bulunan caddelerde seyahat hızları daha yüksektir. Trafik ışıkları bulunan kavşaklar arasındaki uzaklık, farklı şiddet düzeylerine sahip çarpışmalar üzerinde de etkili olur. Guadalajara (Meksika) caddelerine ilişkin veri analizimiz, kavşaklardaki 10 metrelik ilave mesafelerin toplam kazaları %2 oranında azalttığını, fakat yaralanma ve ölüm oranlarını %3 arttırdığını ortaya koymuştur (Tablo 2). Diğer bir deyişle, trafik ışıkları arasındaki mesafe fazla olduğunda toplamda daha az kaza olsa da bu kazalar daha şiddetlidir. Daha fazla sayıda kavşak daha çok çarpışma noktasının ortaya çıkmasına, dolayısıyla da daha fazla kaza olmasına neden olmakta, fakat hızı düşürdüğü için kazaların şiddetini azaltmaktadır.

Bulguların gösterdiği üzere, kentsel bölgelerde, trafik ışığı bulunmayan uzun yollardan kaçınmak gerekir. Bu durum özellikle de şehrin büyük ölçüde genişlediği ve başlangıçta otoyol olarak tasarlanmış bir yolun ana caddeye dönüştürüldüğü kent çevreleri için bir tehdit oluşturur. Trafik ışıkları arasındaki mesafe arttıkça yayaların kural dışı bir şekilde karşıdan karşıya geçme ihtimali ve yüksek hızla giden arabaların yayalara çarpma riski de artmaktadır. Öte yandan, yolda çok sayıda trafik lambası olduğunda bazı sürücülerin kırmızı ışıkta geçme riski (özellikle de sadece yayalarla bir çarpışma durumu söz konusuysa) de bulunmaktadır. Burada, trafik ışıklı yaya geçitlerinin ideal konumunu belirlemek üzere örnek bazında bir değerlendirme yapılması önerilmektedir. Hem yayaların karşıdan karşıya güvenli bir şekilde geçmesine olanak tanıyan hem de sürücülerin kırmızı ışıkta geçmelerine sebebiyet vermeyecek bir konumlandırma yapılmalıdır. Bu açıdan, yol koridoru boyunca arazi kullanımını da göz önünde bulundurmak gerekir.

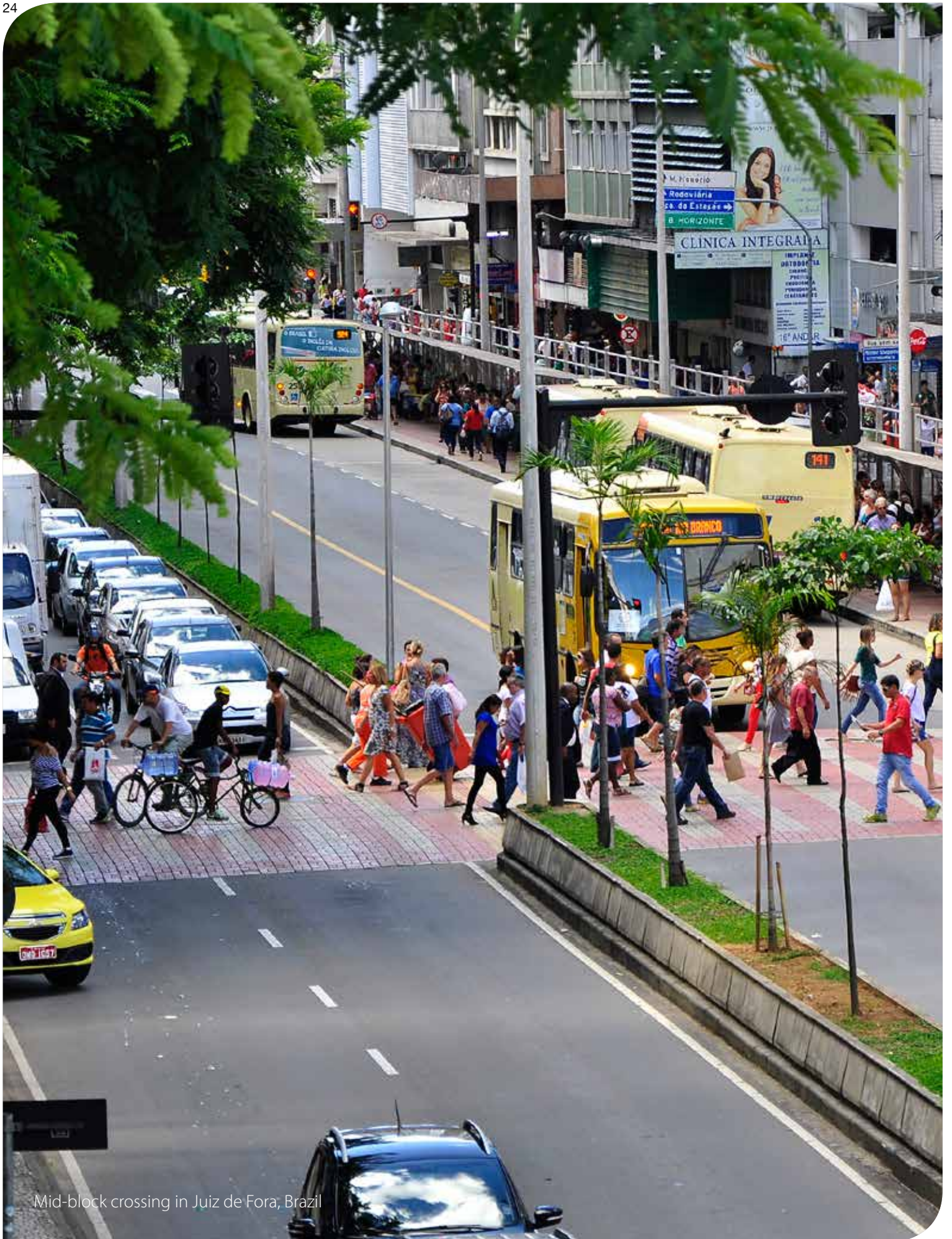


Kavşaklardaki trafik ışıkları arasındaki mesafede 10 metrelik bir artış, yaralanma ve ölüm riskini %3 arttırıyor.

Okullara, alışveriş merkezlerine veya diğer önemli gezinti alanlarına yakın yerlerde yaya geçidi talebi daha yüksek olacaktır. Bu konu; orta yol, bölümünde daha ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır.

2.3 Hız sınırı uygulamaları

Yukarıda belirtilen tasarım önlemlerinin yanı sıra, belirli bir yolda hız sınırlarına uyulmasını sağlayan çeşitli teknolojiler de bulunur. Karma trafik için kullanılan radarlara ya da hız kameralarına ek olarak transit operasyon ajansı tarafından otobüs hızları gerçek zamanlı olarak izlenebilir. Özellikle de ajansın bir operasyon kontrol merkezi varsa ve otobüslerde GPS cihazları bulunuyorsa otobüs hızları takip edilebilir.



Mid-block crossing in Juiz de Fora, Brazil

► BÖLÜM 3

CADDENİN KESİTLERİ, ORTA BLOK GEÇİDİ ve YAYA GEÇİTLERİ İÇİN ÖNERİLER

Yoğun nüfuslu herhangi bir şehir merkezinde, özellikle de gelişmekte olan ülkelerde, çok sayıda yayanın otobüs şeridinde yürüdüğü, beklediği ya da şeridi geçtiği görülebilir.

Dahası, yoğun bir trafiğe sahip olmayan otobüs şeritleri yayalara diğer trafik şeritlerine göre daha güvenli gelebilir; yalar trafiği kontrol etmek için bu şeritlerde durabilir veya karşıdan karşıya geçerken bu şeritleri kullanabilir.

Bu sorunu çözmek için, yaya geçitlerine olan talebin yüksek olduğu yerleri tespit etmek gerekir. Bu doğrultuda, uygun yerler tespit edilerek yeni bir otobüs koridoru oluşturulması için bir erişilebilirlik çalışması yapılmasını öneriyoruz. Yol güvenliği incelemelerimiz sırasında, büyük marketler etrafındaki alanlarda genelde daha çok sayıda yaya bulunduğunu ve yolun ortasından karşıdan karşıya geçme vakalarına daha sık rastlandığını gözlemledik. Eğitim tesisleri (özellikle de büyük kampüsler), ibadet yerleri ve etkinlik alanları gibi diğer alan kullanımları da bu bağlamda dikkate alınabilir. Bu gibi yerlerde yayalara yeterli sayıda yaya geçidi sağlanması gerekir.

Yaya geçidi olmayan yerlere kırmızı ışıkta geçmeyi önleyen korkuluklar ya da diğer türden bariyerler konmalıdır.

İlerleyen sayfalarda, ele aldığımız temel güvenlik meselelerini çözümüyle, cadde düzenlemelerine yönelik çeşitli tasarım konseptleri sunacağız. Seçilen cadde tipleri, genişlikleri ve otobüs sistemleri türleri, veri kümemize dâhil edilen otobüs koridorlarında yaygın olarak kullanılan cadde düzenlemelerine dayanmaktadır.



Şekil 8 Yolun ortasındaki yayalar Delhi BRTS koridorunu geçiyor.

Şehirlerdeki ana yollardan geçen otobüs hatları üzerindeki tüm yaya geçitlerine trafik ışıkları yerleştirilmelidir.

Yol ortalarında kademeli yaya geçitleri kullanılmasını da öneriyoruz. Bu yaya geçitleri, şekilde görüldüğü gibi düzenlendiğinde ortadan geçen yayalar, geçmek üzere oldukları caddedeki trafiği görebilir durumda olacaklardır. Kademeli yaya geçitleri, caddeyi tek seferde geçemeyen yayaların beklemek için kullanabilecekleri alanı da artırır.

Orta refüjlü yaya geçitlerinde sık karşılaşılan sorunlardan biri de araçların bu geçitleri U dönüşü yapmak için kullanmasıdır. Birkaç bariyer koymak, büyük araçlar için bu sorunu ortadan kaldıracaktır.

Kademeli yaya geçitleri, motosiklet sürücülerini de U-dönüşü yapmaktan caydırabilir

Araçlar, refüjlü yaya geçitlerinden önce, kırmızı ışıktaki her zaman durmayabilir. Bu riski azaltmak için yaya geçitlerine kasisler ya da hız kesici araçlar konmasını öneriyoruz. Böylece, en azından, araçların hızı yaya geçidine varmadan önce düşürülebilir. Otobüs şeritlerinde bu sorunu çözmek için sürücü eğitimlerine ve çeşitli yaptırımlara başvurulabilir.



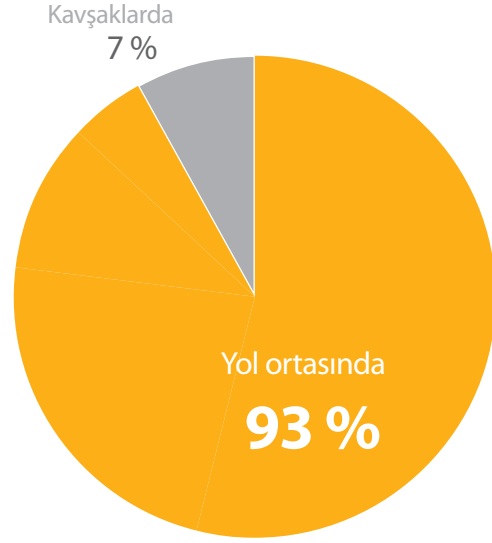
Şekil 9 Şehir yolundaki kademeli bir yaya geçidi

3.1 Şehir yollarında karşıdan karşıya geçme

Porto Alegre'deki yayaya çarpma vakalarının %93'ü yol ortasında gerçekleşmiştir (Şekil 11). Şehir yollarındaki yaya geçitlerine mutlaka trafik ışıkları konulmalıdır. Bu, yayarlar açısından en önemli güvenlik özelliğidir, çünkü bu yaya geçitleri genelde trafik koridorunun nispeten daha uzun olan bölümlere yerleştirilir ve buralarda trafik hızları daha yüksek olabilir. İdeal olarak, yeşil ışık süresi, yayaların tüm caddeyi tek seferde geçmesine olanak sağlayacak kadar uzun olmalıdır. Yayalar için yeşil ışık süresini (TRB 2010) belirlerken çoğu durumda saniyede 1,2 metre yürüme hızını, o bölgede yayaların %20'sinden fazlası yaşlı ise saniyede 1 metre yürüme hızını esas almanızı öneriyoruz.

Yayaların karşıdan karşıya geçmesine yardımcı olmak üzere bir ada ve orta blok geçidi kullanılmasını da öneriyoruz. Ada, yolcunun bir seferde karşıdan karşıya geçmesi gereken mesafeyi (şehirlerdeki ana yollarda bu mesafe 10 metreye kadar çıkabilir) kısaltabilir ve bu da o alanda yaralanma ve ölüme sebebiyet veren kazaları %35'e kadar azaltabilir (Tablo 4).

Orta blok yaya geçitlerinin tasarımı yapılırken sürücülerin genel olarak trafik ışıklarına uyma düzeyi göz önünde bulundurulmalıdır. Bu, ülkeden ülkeye değişen bir şeydir; hatta aynı ülkedeki şehirler arasında bile farklılık gösterebilir. Gelişmekte olan ülkelerdeki birçok şehirde, sürücüler kırmızı ışıkta nadiren dururlar.



Şekil 11 Porto Alegre'de yerlerine göre çarpışmalar: Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) tarafından sağlanan çarpışma veri tabanına göre hesaplanmıştır, Porto Alegre, 2011

Bu gibi durumlara karşı, yaya geçidinin yakınına bir kasis koymak yayaların can güvenliği açısından daha iyi bir önlem olabilir. Yol güvenliği incelemelerimizde yavaş giden sürücülerin yayalara yol verme eğiliminin daha fazla



Şekil 10 Bogota'daki TransMilenio BRT otobüs şeritlerinden dikkatsizce geçen yayalar

Şehir merkezlerindeki dar sokaklarda genelde daha çok sayıda yaya bulunur. Bu gibi örneklerde, otobüslerin hızını kesmek, yayalarla çarpışma anında sürücülere tepki verebilecekleri zamanı kazandırmak ve otobüslerin çarpışmaya kısa bir mesafe kala durabilmelerini sağlamak açısından önem taşır.

Aşağıdaki cadde düzenlemesinde, tek yönlü ve sadece tek bir karma trafik şeridinde izin verilir ve şeritle kaldırım arasında bir tampon alan bulunur. Tampon alan; park yeri, ekili alan, bisiklet yolu ya da yaya geçitlerindeki trafiği yavaşlatacak şikanları yerleştirmek için kullanılabilir.

Bariyerler, arabaların kaldırımlara yasa dışı bir şekilde park etmesini önler. Yayaların kullandığı adaların ortasına da en az bir bariyer yerleştirilmesini öneriyoruz. Bu bariyerler, yaya geçidinden u-dönüşü yapmak isteyen araçları da önleyecektir.

Yaya geçidi ya da ada boyunca yerleştirilen bariyerlerin, aralarından tekerlekli sandalyeler ve bebek arabaları geçebilecek şekilde dizilmeleri de önem taşır. Bariyerler arasındaki mesafenin en az 1,2 metre olması önerilmektedir.



Bu trafik levhası, o alanda bir şikanın bulunduğu işaret eder.

Şekil 12 Dar bir sokaktaki yaya geçidi

olduğunu gözlemledik.

2.3.2 Dar bir sokaktaki yaya geçidi

Tek yönlü ve tek şeride izin veren sokaklarda, trafiği yavaşlatacak farklı türde bir araç kullanmak da mümkündür—bir şikan (Şekil 12). Bu tipte bir düzenleme, karşıdan karşıya geçme mesafesini azaltma açısından orta refüje kıyasla daha da avantajlıdır.

3.3 Yaya köprüleri

Yaya köprülerindeki kaldırımların yanında korkuluklar da bulunmalıdır. Yayalar, köprüyü kullanmamak için, yoldan sapmaları gerekse bile çoğu zaman korkulukların üzerinden atlamayı veya etrafından dolanmayı denerler. Korkuluklar, hemzemin yaya geçişlerine izin vermeyen koridor boyunca uzanmalıdır. Yaya köprüleri, tekerlekli sandalye kullanıcılarına göre ayarlanmış bir altyapıyı da gerektirir. Normalde bu, eğimi %10'dan fazla olmayan ve tercihen %5'e yakın olan bir rampadır ve dinlenme alanlarını da içerir (Rickert 2007). Köprü'nün geniş araçların geçişine izin verecek kadar yüksek olması gerekliliği göz önünde bulundurulduğunda, rampalar çok uzun olabilir. Farklı engelleri olan kişilere erişim sağlamak için asansörler de kullanılabilir.

Köprülerin hem ana yollar hem de otobanlar üzerindeki etkisini incelemek üzere çarpışma sıklığı modellerini kullandık. Veri analizimizin sonuçlarına göre, yaya köprüleri şehirlerdeki ana yollarda etkili bir güvenlik önlemi olmasa da otobanlarda kullanıldıklarında çok etkilidir (Tablo 6).

Saha incelemelerindeki gözlemlerimize göre ana yollarda (ve genel olarak dar sokaklarda) köprülerin işe yaramamasının nedeni, köprü'nün altından geçmenin yayalara daha kolay gelmesidir. Köprüler, sadece yüksek hızlı yollarda ve trafik ışıklı bir yaya geçidi yapılmasının pratik olmadığı durumlarda kullanılmalıdır. Bogota'daki TransMilenio'da yer alan Autopista koridoru, yaya köprülerinin Metrobús (BRT) için bir otobanda kullanılmasına iyi bir örnek teşkil eder.

Cadde dar ise yayalar, korkulukların üzerinden atlayıp köprü'nün altından geçme eğilimindedir. Yayaların kural dışı geçişlerini önlemek için yaya köprülerinde mutlaka korkuluklar bulunmalıdır.

Bu korkuluklar, insanların üzerinden atlayamayacağı kadar yüksek olmalıdır. Korkuluklar sık sık incelenmeli, zarar gördüklerinde veya yıkıldıklarında mutlaka değiştirilmelidir.



Şekil 13 Meksika'nın Leon şehrinde rapmalı ve dinlenme yeri olan bir yaya geçidi.



Şekil 14 Delhi'de yaya geçdinin yanında bariyerlerden atlayıp önüne bakmadan otobüs yolunu geçen yayalar.

Tablo 6 Yaya köprülerinin güvenlik üzerindeki etkileri

Yaya köprü üstü	Yayalarla Çarpışma oranı değişim	%95 Güven Aralığı
Otoban	-%84	(-%94, -%55)
Ana yol	İstatistiksel olarak anlamlı değil	

Kaldırım kenarlarındaki otobüs şeritleri, genelde dar caddelerde kullanılır. Bu caddelerde, karma trafik için kullanılan cadde alanını büyük ölçüde azaltmadan otobüs altyapısı inşa etmeye yetecek kadar alan bulunmaz. Cadde genişliğinden bağımsız olarak iki trafik yönü arasına refüj konmasını öneriyoruz.



Şekil 15

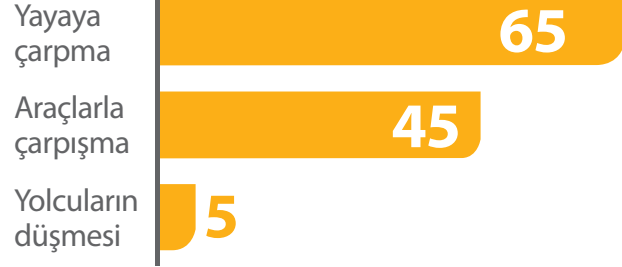
Kaldırım yanında şeritler bulunan cadde tasarımı

3.4 Kaldırım kenarında şeritler bulunan cadde tasarımı

Yaya yoğunluğunun yüksek olduğu yerlerde, insanları otobüs şeritlerinde yürürken, beklerken ya da mal taşıırken görmek mümkündür. Bazı durumlarda bunun nedeni, kaldırımlardaki kalabalık olabilir. Bu, bir ölçüye kadar erişebilirlik sorunudur. Örneğin yük arabası itmek zorunda olan insanlar çoğu zaman kaldırımlardaki rampalara çıkmak yerine kaldırım kenarındaki otobüs şeritlerini tercih etmektedir. Bu, kısmen de olsa otobüs şeritlerinin nispeten daha güvenli olduğuna dair algıdan kaynaklanıyor olabilir, zira genelde diğer şeritlere kıyasla otobüs şeritlerinde daha az araç vardır. Bu sorunun çözülmesi için önerimiz koridor kenarlarındaki kaldırımların iyi durumda olması, kaldırımlarda düzey değişiklikleri, dik rampalar ya da rampalara erişimi engelleyen nesneler bulunmaması ve kaldırım ölçülerinin yaya trafiği düzeyine uygun olmasıdır.



Şekil 16 Mexico City, Eje1 Oriente'deki otobüs şeridinde yürüyen yayalar



Şekil 17 Mexico City'de Eje Central otobüs koridorundaki otobüs kazaları (türlerine göre) (2006–2010)



Şekil 18 Mexico City, Eje Central'de kaldırım kenarındaki otobüs şeridinde yük arabasını iten bir kişi



Şekil 19 Rio de Janeiro'da TransOeste Metrobüs (BRT)

ÖRNEK OLAY ÇALIŞMASI ÇALIŞMASI:

TRANSOESTE METROBÜSÜ (BRT), RIO DE JANEIRO

GÜVENLİK İYİLEŞTİRMELERİNİN OPERASYONEL PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ÖLÇÜMÜ

Bu bölüme kadar hız kesmeye yönelik önlemler ve trafik ışıklı yaya geçitleri gibi bazı önerilerde bulunuldu. Bunların otobüs sistemlerinin performansı üzerinde olumsuz etkileri de olabilir. Güvenlik ve operasyonel performans arasında bir denge tutturulabilmesi açısından güvenlik önlemlerinin operasyonlar üzerindeki etkisine dair doğru tahminlerde bulunabilmek gerekir. Bu bölümde olası olumsuz etkileri azaltmaya yönelik bir metodoloji ve bu metodolojinin Rio de Janeiro'daki TransOeste BRT sistemine uygulanmasından elde ettiğimiz sonuçları sunacağız.

TRANSOESTE BRT'NİN GENEL BİR DEĞERLENDİRMESİ

Rio de Janeiro TransOeste BRT koridoru 2012 yılının Haziran ayında faaliyete geçti. Planlanan BRT ağının ilk hattı 150 kilometreden uzundu ve TransCarioca, TransOlimpica ve TransBrasil hatlarını içeriyordu. Bu hatlar, 2014 Dünya Kupası ve 2016 Yaz Olimpiyat Oyunları'na yönelik altyapı yatırımların bir parçası olarak tasarlandı.

TransOeste Metrobüs (BRT) hattı; Barra da Tijuca'yı—Rio'nun güneyinde yer alan bir mahalle, 2016 yılında Olimpiyat Köyü olarak kullanılacak alan —

Santa Cruz'a—Barra'dan yaklaşık 40 kilometre uzaklıktaki banliyö—bağlamaktadır. Bu raporda ele alınan diğer örneklerin aksine, TransOeste ilk aşamada kent içi toplu taşıma sisteminden ziyade banliyö toplu taşıma sistemi olarak faaliyet göstermiştir. Talep, trafiğin en sıkışık olduğu saatlerde yoğunlaşmaktadır ve yolcuların çoğu, sistemi Barra de Tijuca'daki işlerine gidip gelmek için kullanmaktadır. Koridorun iki ucunu nispeten yoğun olan şehir merkezleri oluştursa da TransOeste'nin orta bölümünün büyük bir kısmını hâlihazırda kalkınmamış, yeşil alanlar oluşturmaktadır.

BRT, Avenida das Américas'ın merkezinde faaliyet gösterir—Rio de Janeiro'da bulunan tipik bir aktarma yolu, yerine göre 60 ila 90 metre genişliğindedir, 70-80 km hız sınırı vardır. Hat boyunca çok az trafik lambası bulunur, trafik lambaları arasındaki ortalama uzaklık 600 metrenin üzerindedir. Yüksek hız sınırları ve trafik ışıkları arasındaki mesafenin nispeten fazla olması, TransOeste'nin diğer ana yol BRT'lerinin ortalamasından daha yüksek bir ticari hıza ulaşmasına olanak verir.

Tüm duraklardan geçen yerel hizmet sağlayıcısının saatteki ticari hızı 28 km'dir, şeritleri sollayarak durakların çoğunu atlayan ekspres hizmet sağlayıcısının ticari hızı ise 35 km/saat'tir.

METODOLOJİ

Güvenlik önlemleri, belirli bir yola ilişkin koşulların dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi sonucunda alınır ve sahaya özgüdür. Bir önceki bölümde Rio de Janeiro'daki cadde ağıyla ilgili sorunlar ele alındığından, bu örnek olay çalışmasında Rio de Janeiro'da da uygulanabilir olan, genel önerilere odaklanacağız.

- Avenida das Américas'daki (BRT de dâhil olmak üzere) trafik hız sınırlarının 60 km/saate düşürülmesi
- Duraklardan dikkatsizce geçen yayalarla çarpışma riskini azaltmak, yerel ve ekspres otobüsler arasındaki olası bir çarpışmada sürücülere zaman kazandırmak amacıyla sollama şeritlerinde duraklardan transit geçen ekspres otobüsler için hız sınırının 30 km/saate düşürülmesi
- Geçişler arasındaki ortalama uzaklığı azaltmak için trafik ışıklı ek yaya geçitlerinin konulması
- Yayaların gecikmelerini en aza indirmek için trafik ışıklarının yeniden düzenlenmesi

ÖNLEMLERİN ÇARPİŞMA SIKLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Yukarıda belirtilen tasarım değişikliklerinin BRT'nin operasyonel performansı üzerindeki etkisini incelemek üzere üç ana göstergeyi test ettik:

- **Hizmet tipine göre ticari hız:** Simülasyon süresi boyunca faaliyet gösteren belirli türlerdeki otobüslerin ya da hizmet tiplerinin ortalama hızı olarak tanımlanır. Bu, BRT sistemleri için ana performans göstergesi olarak kabul edilir ve yüksek kaliteli operasyonlar için genelde 25 km/saat eşik olarak kullanılır (Wright ve Hook 2007).
- **Araç-İçi seyahat süresi:** Simülasyonumuzda, bir aracın terminaldeki platformdan ayrılmasından, rotanın diğer ucundaki terminal platformuna varmasına kadar geçen süreye denir. Çalışma hızının bir fonksiyonu olarak şu formüle göre hesaplanır: Seyahat süresi [dakika]=Koridor uzunluğu [km]/(Çalışma hızı [km/s]/60).

- **Çalışma hızı varyansı:** Bu, BRT tarafından sağlanan hizmetin güvenilirliğine ilişkin bir göstergedir ve bu varyansı azaltacak çözümlere öncelik vereceğiz. Çalışma hızı varyansı, model bazında raporlanan hizmet tipine göre gerçekleşen çalışma hızının standart sapmasından yola çıkılarak hesaplanır. Sadece varyansı değil, hız değişim katsayısını da ele alıyoruz. Hız değişim katsayısı, standart sapmanın ortalamaya oranına denir. Hız değişim katsayısı, senaryoların karşılaştırılması açısından da daha etkili bir ölçüm sağlar.

(Moreno González, Romana ve Alvaro 2013). Modeli, EMBARQ BRT Simülatörünü kullanarak geliştirdik. Bu simülatör, yüksek kapasiteli otobüs operasyonları için özel olarak tasarlanmış mikroskopik bir simülasyon aracıdır. Simülatör yazılımı, BRT rotalarının ayrıntılı bir şekilde modellenmesine olanak sağlar. Bunlara terminal düzeni, terminal tutma bölgeleri, trafik ışıklı kavşaklar, çok sayıda alt-duraklı karmaşık durak düzenlemeleri ve yerel/ekspres hizmetlerin kombinasyonu da dâhildir. 4 Çalışmaya, Temel senaryoyu geliştirerek başladık. Bu senaryo, çalışmanın gerçekleştirildiği sürede BRT koridorunun mevcut koşullarını temsil etmesi için tasarlanmıştır. Güvenlik önlemlerinin çeşitli kombinasyonlarına yer veren bir dizi "proje" senaryosu da tasarladık. Koridorda 2012 yılında tespit ettiğimiz çalışma koşulları, BRT ağının tümüyle inşa edilmiş olacağı 2016'ya kadar büyük ölçüde değişebilecektir. Özellikle de gelecekte TransOlimpica ve TransCarioca koridorları ile kurulacak bağlantıların TransOeste'ye olan talebi artırması muhtemeldir. Sonuç olarak, temel senaryoyu ve proje senaryolarını sadece 2012'deki çalışma koşullarına göre değil, koridordaki yolcu talebinin ve otobüs sıklıklarının artacağı 2016 yılına göre de kıyaslamak gerekmektedir. Burada sadece 2016 simülasyonlarının sonuçlarını sunmaktayız. Bu örnek olay çalışmasında kullanılan modelleme yaklaşımı, model özellikleri ve kalibrasyonu hakkında daha ayrıntılı bilgiye Duduta ve ark. 2013 çalışmasından ulaşılabilir.

2016 SENARYOLARI İÇİN SİMÜLASYON SONUÇLARI

Üç farklı proje senaryosunu test ettik. “60 km/s” senaryosunda yapılan tek değişiklik, Avenida das Americas’taki genel hız sınırının tüm trafik için 60 km/saate düşürülmesiydi. Buna ek olarak, “60/30” senaryosu, istasyonlarda durmayan otobüsler de dâhil olmak üzere tüm otobüslerin istasyona yaklaşma hızını 30 km/saat ile de sınırlamaktaydı. Son olarak, “tam” senaryo, hem hız sınırlamalarını hem de trafik ışıklı yaya geçitlerini içermektedir.

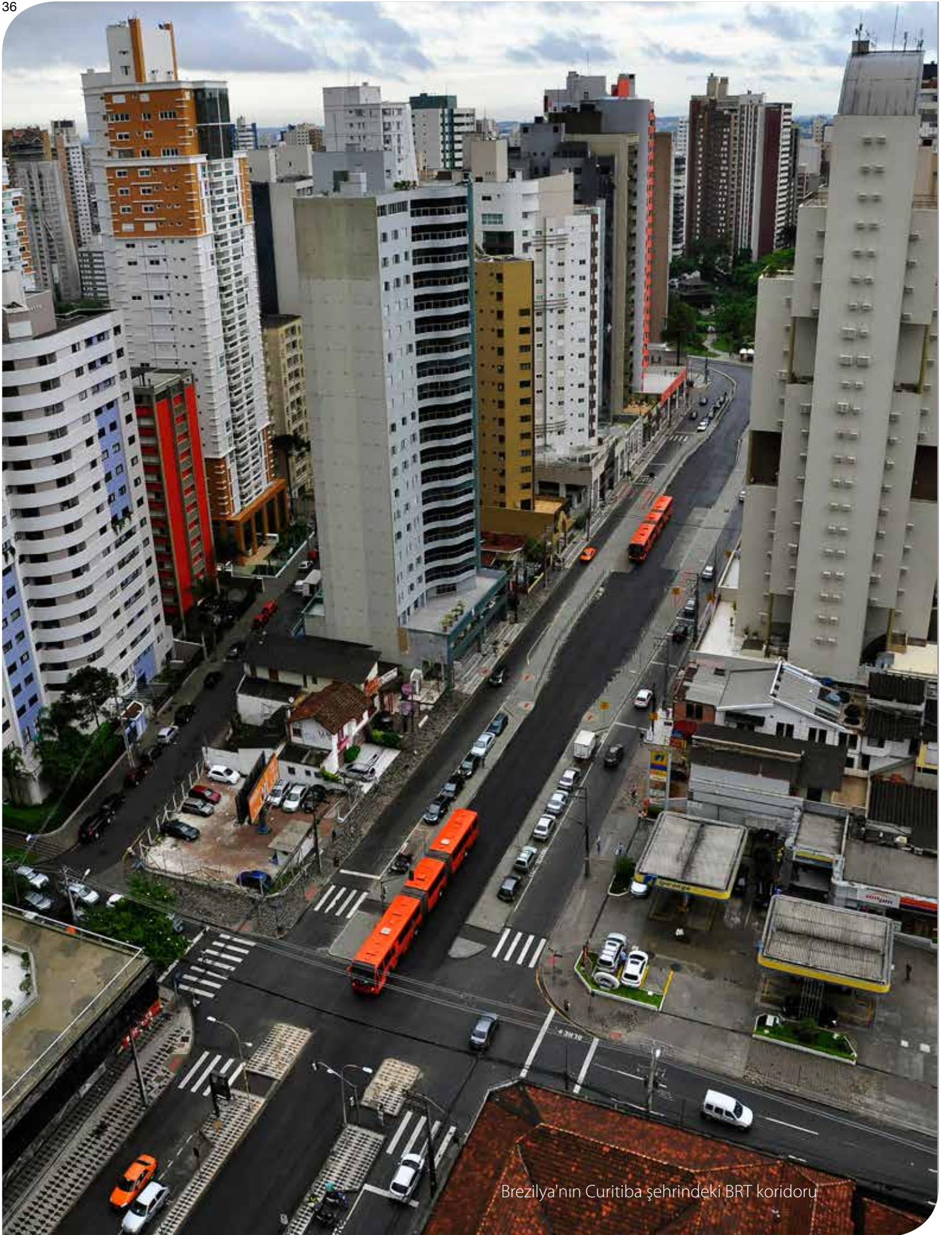
Tablo 7’de yer alan ve soldan sağa doğru olan sütunlarda, her bir güvenlik önleminin farklı performans göstergeleri üzerindeki etkisi gösterilmektedir. Hız sınırlarının düşürülmesi, otobüsler için nispeten daha yüksek ticari hızlar ve yolcular için daha yüksek seyahat süreleri ile sonuçlanmıştır. Hız değişkenliğini de azaltmıştır, bu da

hizmetin daha güvenilir hâle geldiği ve rota boyunca otobüs sıklığının daha iyi muhafaza edildiği anlamına gelir. Trafik ışıklarının ticari hız üzerinde olumsuz bir etkisi olmuştur, bu da “tam” senaryodaki diğer bir özellik ile dengelenmiştir: koridordaki yeşil alanlarda (hiçbir kalkınmanın bulunmadığı bölgelerde) hız sınırlarında hafif bir yükselme ve buralarda hızın 70 km/saate ulaşması.

Genel olarak, simülasyon sonuçları güvenlik önerilerinin bazı operasyonel parametreler üzerinde (ticari hız ve seyahat süreleri) olumsuz bir etkisi bulunduğuna işaret etmekle birlikte, bu etkiler nispeten küçüktür. Dolayısıyla sonuçlar, TransOeste’nin burada sunulan güvenlik tavsiyelerini uygulasa dahi yüksek kalitede hizmet vermeye devam edebileceğini göstermektedir. Tüm bu senaryolar için kıstas olarak kabul edilen çalışma hızının 25 km/saate eşit ya da daha fazla olduğunu da belirtmek gerekir.

Tablo 7 2016 Senaryoları için simülasyon sonuçları

Gösterge	Hizmet tipi	Temel senaryo	60km/s	60/30km/s	Tam senaryo	Farklılık
Ticari hız (km/s)	Ekspres	32	31.5	29.6	29.6	2.4
	Yerel	25.6	25.6	25.45	25.43	0.17
Seyahat süresi (dakika)	Ekspres	71	72	77	77	6
	Yerel	89	89	89	89	0
Hız varyansı (km/s)	Ekspres	37	31.3	22.33	15.57	21.43
	Yerel	16	14.94	14.85	15.57	0.43
Hız değişim katsayısı	Ekspres	0.19	0.18	0.16	0.16	0.03
	Yerel	0.16	0.15	0.15	0.16	0



Brezilya'nın Curitiba şehrindeki BRT koridoru

➤ BÖLÜM 5

KAVŞAKLAR İÇİN ÖNERİLER

5.1 KİLİT GÜVENLİK HUSUSLARI

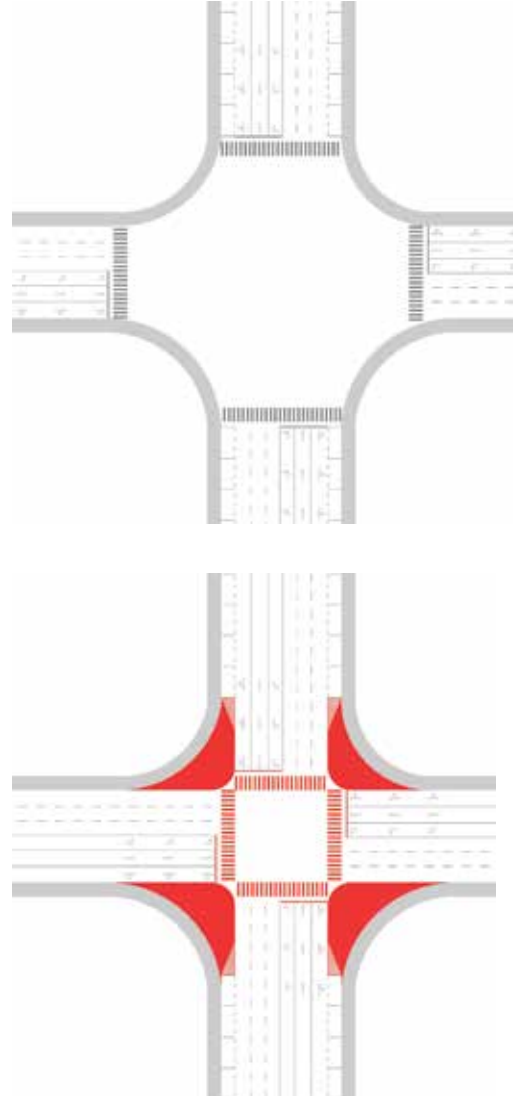
T Kavşaklarda güvenliği artırmanın temel yöntemi sade ve dar kavşaklar tasarlamaktır. Kavşakların büyüklüğü ve karmaşıklığı, bizim veri tabanımıza dâhil edilen bütün otobüs koridorlarındaki kaza sıklığı ile doğrudan ilişkilidir.

Kavşak büyüklüğü

Kavşağın büyüklüğü, sağa dönüş yarıçapının uzunluğu ve her bir kavşak girişinin genişliğine göre değişkenlik göstermektedir. Kaza sıklığı modelimizden elde ettiğimiz sonuçlar, bir kavşağa bağlanan fazladan her bir şeridin ağır kazaları %17 oranında arttırdığını ortaya koymuştur (Tablo 8).

Kavşakları mümkün olduğunca dar tutmak amacıyla sağa dönüş yarıçapının kısaltılmasını, sağa dönüşler için asgari genişliğin sağlanmasını öneriyoruz. Ayrıca, park şeritleri yerine kaldırım uzantıları kullanılmasını ve otobüs koridorunda toplam şerit sayısının düşük tutulmasını tavsiye etmekteyiz.

Şekil 20 Kavşak alanını azaltmak için dönüş yarıçapının ve kaldırım uzantılarının (kırmızı) nasıl kullanılabileceğini gösteren şema



Tablo 8 Cadde ve kavşak tasarımının güvenlik etkileri

		% kaza oranlarında değişim	%95 Güven Aralığı
Ek kavşak girişi	Ölümlü ya da yaralanmalı kazalar	+78%	(+56%, +103%)
	Araç Kazaları	+65%	(+46%, +87%)
Ek trafik şeridi	Ölümlü ya da yaralanmalı kazalar	+17%	(+12%, +21%)
	Araç Kazaları	+14%	(+10%, +18%)
Yaya geçidi uzunluğu (fazladan her bir metre)	Ölümlü ya da yaralanmalı kazalar	+2%	(+0.04%, +4%)
	Yaya Kazaları	+6%	(+2%, +9%)
Sola dönüşlere izin verilmesi	Ölümlü ya da yaralanmalı kazalar	+28%	(+14%, +48%)
	Araç Kazaları	+35%	(+11%, +75%)

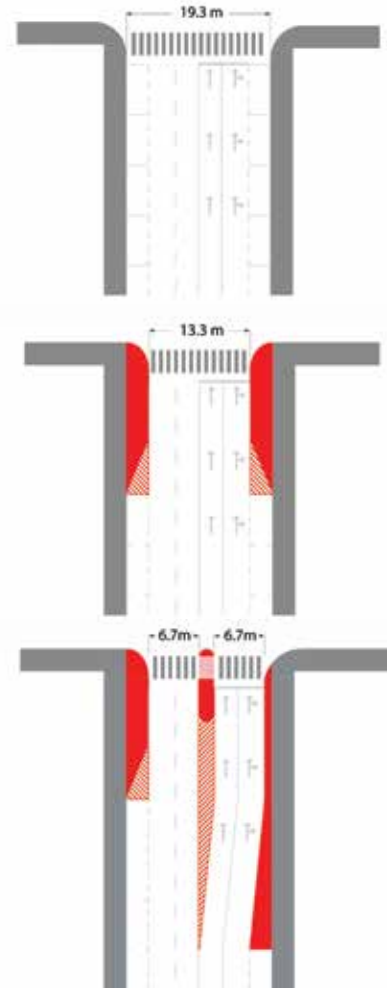
Sola dönüşler

Sola dönüşleri yasaklayan kavşakların, diğer kavşaklara kıyasla daha güvenli olduğunu tespit ettik (Tablo 8). Sola dönüşlerin genellikle her cadde tasarımında güvenlik sorunlarına yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca, sola dönüşler yolun merkezinde bulunan otobüs koridorları için de tehlike arz etmektedir. Yolun orta kısmındaki koridorlarda seyreden otobüslerin en sık yaşadığı kazalardan biri, araçların koridordan kural dışı sola dönüş yaparak otobüs şeritlerine girmesi ve arkadan gelen araçla çarpışmasıdır.

Orta şeritte yer alan otobüs koridorlarının çoğunda, sola dönüşler yasaklanmış, onun yerine kavşaklara döngüler konulmuştur. Risklerin otobüs koridorlarından komşu caddelere kaymaması için döngülerin dikkatli bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca, sola dönüşü yasak olduğunu ve döngüyü gösteren işaretlerin kullanılması önerilmektedir. Bunun yanı sıra, belli noktaları sola dönüşü uygun tasarlayıp buralarda sola dönüşü izin verilebilir.

Yaya geçitleri

Modelimizden elde ettiğimiz sonuçlar, yaya geçidi uzunluğundaki her bir metre artışın, yaya kazalarının sayısındaki %6 artışla ilişkili olduğunu göstermiştir (Tablo 8). Bu raporda, trafik şeritlerinin sayısını Kaldırım uzantıları (çıkıntılar) kullanarak kaldırıma kavşak girişindeki iki park şeridine uzatabiliriz. Bu sayede hem yaya geçidi uzaklığı 6 metre kısaltılarak 13.3 metreye düşürülmekte hem de

**Şekil 21** Aralık arttırma ve refüjler

sürücüler ve yayalar açısından görünürlük arttırılmaktadır. Park edilmiş araçlar bütün yaya geçidi boyunca uzanırsa, yayalar park edilmiş araçlarından arkasından bir anda çıkabilir. Bu durum, yaya kazalarındaki artışın ortak sebebidir. Kavşağın önündeki park yerleri kaldırılırsa (bu uygulamaya "aralık arttırma" adı verilmektedir) ve yayalar birbirini rahatlıkla görebilir, böylece kazalardan kaçınılabılır.

Diğer bir çözüm ise, kavşak girişindeki park şeridini kaldırıp, dört şeritten ikisini kaldırıma doğru yaklaştırmak ve elde edilen alanı, yaya geçidinin ortasında bir yaya refüjü inşa etmek üzere kullanmaktır. Yayaların tek seferde yalnızca iki şeridi (veya 6.7 metre) geçmeleri gerekeceği için bu yöntem yaya güvenliğini arttıracaktır. Nasıl tasarlandığına bağlı olarak kavşak girişinde şerit değişimleri ile de hız azaltımı sağlanabilir, böylece yayalar için daha güvenli bir ortam yaratılabilir.

Korumalı yaya alanı

Yaya bekleme alanının yolun ortasına konuşlandırıldığı her yerde (refüj gibi) yayalara belli oranda koruma sağlamak son derece önemlidir. Bunun için dubalar veya kaldırımlar kullanılabilir. Bu sayede sürücü kontrolü kaybederse ya da dönüşü alamazsa aracın yayalara değil, dubalara ve kaldırımlara çarpması sağlanır.

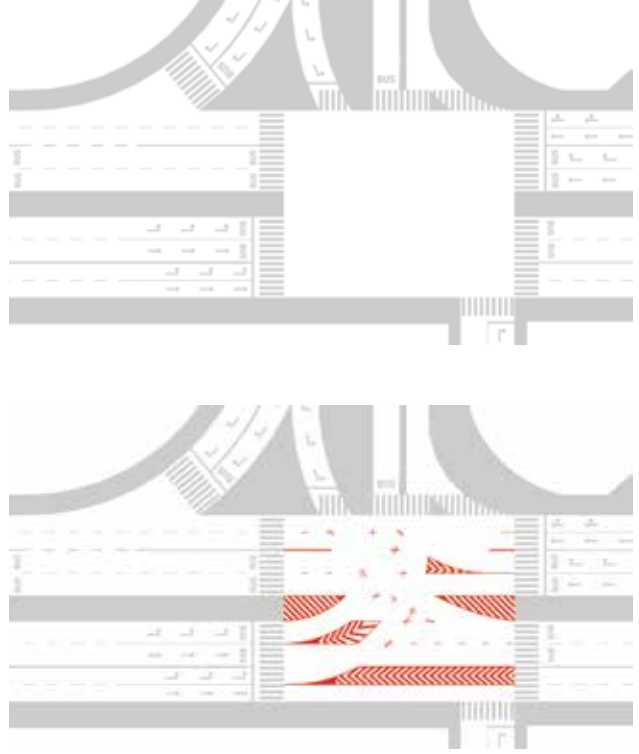
Kavşak işaretleri

Büyük kavşaklar için kavşak alanı içinde hareketleri (özellikle de dönüşleri) düzenlemek adına özel kaldırım işaretleri kullanılması tavsiye edilmektedir. Başlıca iki çeşit kavşak işareti vardır: şerit işaretlerinin uzantıları (genelde bir şeridin kavşakla birleştiği yerde nokta nokta şeklinde veya iki şeridin kesiştiği yerde çarpı şeklindedir) ve hemzemin (hayalet) adalar (kavşakta hareketin bulunmadığı, yol çizgileriyle belirlenebilecek bölgeler). Kaldırım işaretlerinin şekil ve ebatları ülkeden ülkeye değişmektedir.

Uygun standartlar doğrultusunda her bölge için doğru işaret türünün tespit edilmesini öneririz. Bu kılavuzda Danimarka'da yaygın olarak kullanılan kavşak işaretleri kullanılmaktadır.

Şerit hizası

Kavşağa giren şeritler mutlaka kavşağın iki tarafıyla da hizalı olmalıdır. Şerit hizasındaki en ufak bir değişiklik bile sürücülerin kafasını karıştırabilir, kavşak çıkışında yanlış



Şekil 22 Kavşak işareti olan ve olmayan kavşak örnekleri

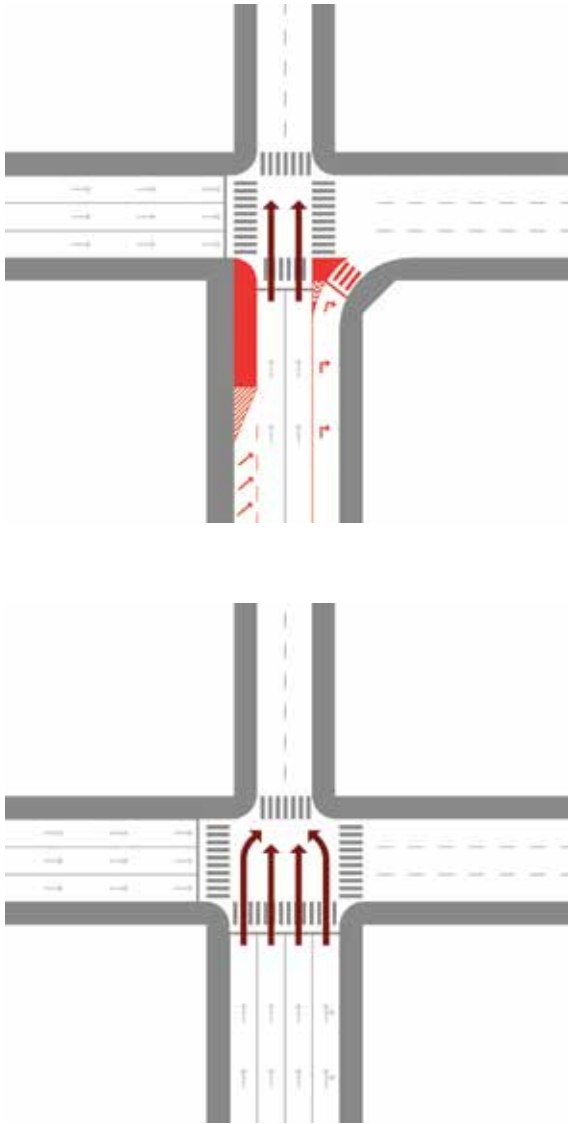
şeride geçmelerine veya doğru şeritte kalmak için ani manevralar yapmalarına neden olabilir. İki türlü durum da kazalara yol açabilir.

Hizalamada ufak hatalar sürücülerin şeritte kalmasına yönelik kavşak işaretleri kullanılarak çözülebilir. Araçları zıt şeritlere yönlendirmek gibi büyük hatalara ise asla izin verilmemelidir. Şerit hizaları kötü olan küçük yan yolları kapayıp yalnızca sağa dönüşü izin vermek bir çözüm olabilir.

Şerit dengesi

Bir kavşağın girişinde ve herhangi bir dönüşte yer alan şerit sayısı, aynı yöndeki (örneğin, düz devam etme, sola dönüş vs.) başka bir kavşakta bulunan şerit sayısından farklı ise, bu duruma şerit dengesizliği denmektedir. Şerit dengesizliği, araçların tek şeritte birikmesine ve kimi zaman da bazı sürücülerin aniden şerit değiştirerek kazaya sebebiyet vermelerine neden olabilir.

Bazı durumlarda, bu sorun yalnızca sola dönüşe izin veren şeritler oluşturularak çözülebilir. Örneğin, bir caddede kavşağa giren dört şerit varsa ve kavşaktan sonra bu sayı üçe düşüyorsa, kavşak girişindeki şeritlerden biri yalnızca sağa veya sola dönüşlere ayrılabilir. Böylece, düz devam eden yalnızca üç şerit kalır ve şerit dengesi sağlanmış olur. Diğer bir seçenek ise, sürücüler daha önceden uyararak bir önceki kavşaktan veya orta kısımdan bir şerit eksiltmektir.



Şekil 23 Örnekte şerit dengesizliğine çözüm olarak bir yöndeki şeritlerin kaldırılabilceği veya yalnızca dönüşler için şeritler oluşturulabileceği görülmektedir.

Döngüler

Otobüs koridorlarının yolun orta şeridinde yer aldığı yollarda sola dönüşlerin yasaklanması yaygın bir uygulamadır. Bu sayede, otobüsler ve diğer araçlar arasındaki en önemli anlaşmazlıklardan biri ortadan kaldırılıp trafik güvenliğine katkı sağlanabilir. Ayrıca, sola dönüşleri yasaklamak, bir sinyal fazını eksiltip otobüsler için daha yüksek bir yeşil ışık / sinyal döngüsü oranı (y/s) sağlayarak otobüs koridorunun kapasitesini arttırabilir.

Seçenek 1: Kavşaktan sonra

Bir sola dönüş yerine üç sağa dönüş (sağa dönüşler genellikle daha az sorun yaratmaktadır) sağladığı için bu seçenek güvenlik açısından tercih edilmektedir. Ancak, bu seçenek aşağıdaki şartlar yerine getirildiği takdirde kullanılabilir:

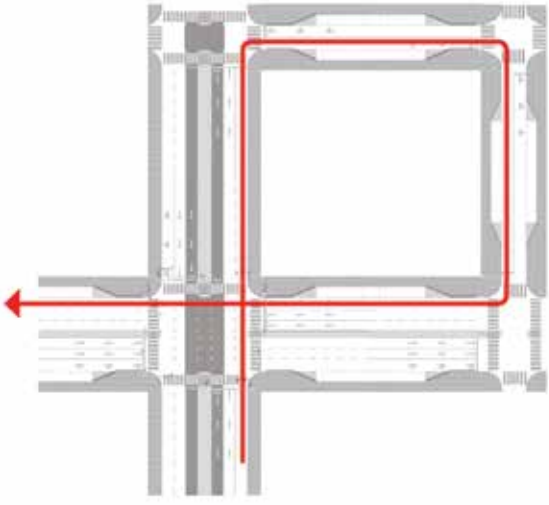
- Döngünün çevresindeki yollar, herhangi bir güvenlik sorununa veya trafik sıkışıklığına yol açmaksızın ek trafik yoğunluğunu kaldırabileceği kapasiteye sahip olmalıdır.
- Döngü, aşırı uzun olmamalıdır. Kavşağın yakınlarındaki sokaklar 150-200 metreden uzun olursa, döngü için kat edilmesi gereken mesafe de fazla olacağından sürücüler bu seçeneği kullanmayabilir.

Seçenek 2: Kavşaktan önce

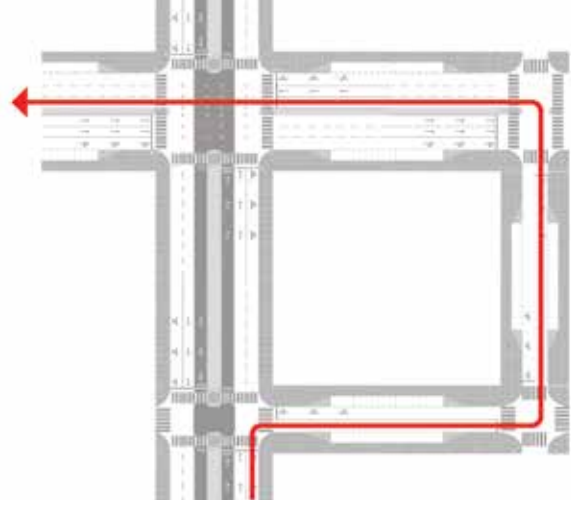
Bu yöneme, bir önceki seçeneğin uygulanmadığı durumlarda başvurulmalıdır. Bu tarz döngülerde sola dönüşün yerini bir sağa dönüş, paralel yolda da iki sola dönüş alır, böylece otobüs koridorunun risk faktörü başka yollara kaydırılmış olur. 1. seçenekteki şartlar bu seçenek için de geçerlidir: caddeler ek trafik yükünü kaldırabilmesi ve döngü çok fazla uzun olmamalıdır.

Döngü işaretleri

Kavşaktan önce ya da sonra başladığına bakılmaksızın, döngü için kavşak girişine bir trafik işareti konulmalıdır. Trafik işaretinin tasarımı ve düzeni, yerel veya ulusal tasarım standartlarında belirtilen şartlara uygun olmalıdır. Döngü işaretlerinin yerleştirilmesi ve tasarımı için aşağıdaki önerileri sunuyoruz:



Şekil 24 Döngü seçeneği 1: Sola dönüş yasağı olan kavşaktan sonraki döngü



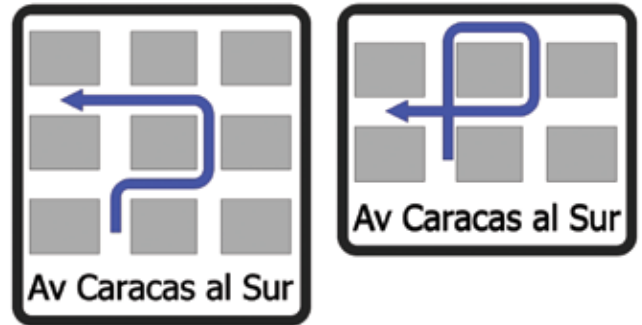
Şekil 25 Döngü seçeneği 2: Sola dönüş yasağı olan kavşaktan sonraki döngü

Yerleşim

- Döngü ister kavşaktan önce isterse kavşaktan sonra başlasın, döngüyü gösteren trafik işaretleri her zaman için sola dönüşün yasaklandığı kavşağın girişine yerleştirilmelidir. 2. seçenekte işaret, sola dönüş yasağının olduğu kavşaktan önce sürücünün sağa dönmesini sağlamak için işaret bir önceki kavşağa yerleştirilmelidir.
- Geniş yollarda (her iki yönünde üçten fazla karma trafik şeridi olan yollar) ise, döngü işareti kaldırım yerine şeritlerin üzerine veya görünürlüğü arttırmak için hem kaldırım hem de orta blok geçidi konulabilir.

Tasarım

- İşaret mümkün olduğunca sade olmalı, döngünün yapısının anlaşılmasını sağlayacak kadar bilgiye yer vermelidir.
- İşaret, azami hız sınırında giden bir sürücünün kolaylıkla fark edip okuyabileceği büyüklükte olmalıdır.
- İşaretin üzerinde cadde isimleri yazmamalıdır. Döngünün hangi yola uygulanacağını belirtmek için yalnızca dönüşlerin yasak olduğu yanyolun ismi yazılmalıdır.



Şekil 26 İki döngü seçeneği için tasarım önerileri. Görüldüğü üzere bu tasarım, sürücülerin kavraması gereken asgari düzeyde bilgi içermekte olup, ismi belirtilen tek yol, sola dönüşün yasak olduğu yoldur.

Kaldırımı kavşağın yakınındaki park şeridine kadar uzatmak kavşak alanının daralması ve yaya geçitlerinin kısılmasını sağlayabilir. Bu yöntemi uygulamak son derece basittir, kavşağın geçiş kapasitesinin azalmasına yol açmaz ve yayalar açısından güvenliğin artırılmasına da katkıda bulunabilir.

Ayrıca, bu yöntem, yanyolda park şeridine girmek ve çıkmak için manevra yapan araçlar ile metrobüs koridorundan sağa dönen araçlar arasında karmaşıklığın önlenmesine yardımcı olabilir.

Kavşağın her tarafında trafik lambalarının yanı sıra yaya sinyal lambalarını da kullanın. Her kavşak girişinde ikinci bir ışık kullanın.

Kavşağın her tarafında trafik lambalarının yanı sıra yaya sinyal lambalarını da kullanın. Her kavşak girişinde ikinci bir ışık kullanın.



Şekil 27 Dört yönlü, sola dönüşü bulunmayan bir kavşak

Kavşağı gece kullanan araçlar ve yayalar için görünürlüğü arttırmak amacıyla kavşağın merkezini yeterince aydınlatın.



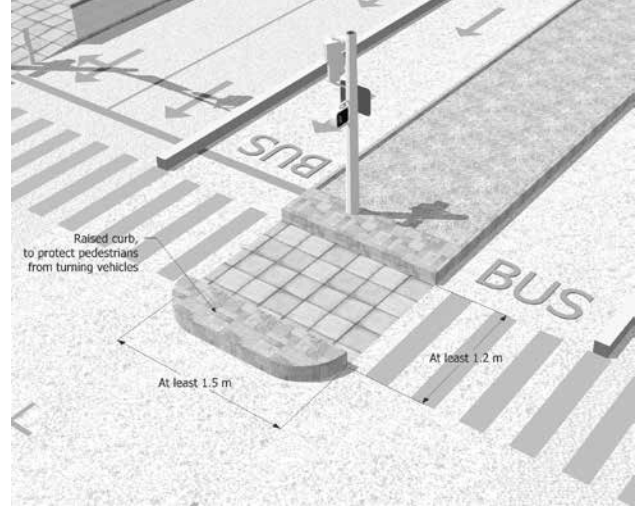
Sola dönüş yasağını ve bunun için tasarlanmış döngüyü gösteren işaretler koyun. Doğru işaretleri kullanmak için mevcut yerel ve ulusal standartlara başvurun. Döngü işaretleri basit olmalı, kavşaktan geçen sürücüler tarafından anlaşılabilirliktir.

5.2 SOLA DÖNÜŞ OLMAYAN, DÖRT YÖNLÜ BÜYÜK KAVŞAKLAR

Şehrin diğer ana arterlerine bağlanan kavşaklar, Metrobüs koridorlarında kazaların en fazla yaşandığı yerlerdir. Güvenliğin artırılması için öncelikle bu kavşakların ele alınması gerekmektedir.

Şekil 27'de verilen tasarım, bir önceki bölümde değinilen güvenlik unsurlarının birçoğunu kapsamaktadır: dar ve sade kavşak, sola dönüş yasakları, ortada korumalı refüj bulunan kısa yaya geçitleri, korkuluklar, yasaklı sola dönüşlerin yerini alan döngüler için trafik işaretleri. Açıklamalar, göz önünde bulundurulması gereken diğer güvenlik özelliklerine ilişkin detaylı bilgiler vermektedir.

Bu tasarımda bisiklet altyapısı bulunmamaktadır. Dolayısıyla, bisiklet sürücüleri paralel caddelerden geçerek otobüs şeritlerinden kaçınmalıdır. Koridoru çok sayıda bisiklet sürücüsünün kullanması bekleniyorsa, bisiklet yolları tasarıma dâhil edilmelidir.



Şekil 28 Yaya refüjü. Refüj, kaldırımla aynı seviyede olmalı ve yükseltilmiş bir taşla trafikten ayrılmalıdır. Ayrıca, beklenen yaya yoğunluğunu karşılayacak düzeyde alan barındırmalıdır ve refüje en azından bebek arabalı bir kişi sığabilmelidir.

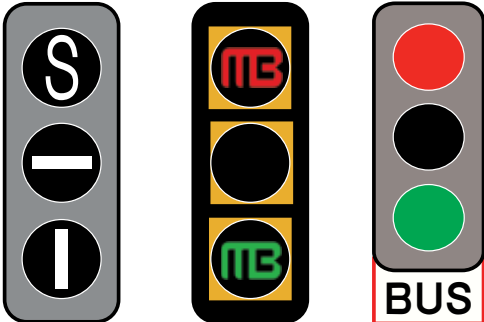
Sola dönüşler, otobüs şeridinin hemen bitişiğindeki şeritten yapılmalıdır. Sola dönüş sırasında trafikteki diğer herkes için kırmızı yanmalıdır.

Merkezinde otobüs yolu bulunan caddelerde, sola dönüşler diğer cadde türlerine kıyasla daha geniş açıyla yapılmaktadır. Bu nedenle, her iki sola dönüşü birbiriyle çakışmayacak şekilde düzenlemek zor olabilir. Bogotá'daki TransMilenio sistemi, iki sola dönüşten (genellikle birinde trafik daha yoğundur) yalnızca birine izin vererek, diğerini ise döngüyle değiştirerek uygun bir çözüm bulmuştur.



Şekil 29 Sol dönüşe izin veren dört yönlü bir kavşak

Metrobüs veya otobüs koridoru boyunca özel trafik lambaları kullanılmasını öneriyoruz. Bu trafik lambaları, diğer lambalardan rahatlıkla ayırt edilebilmelidir. Aşağıda otobüs ışığı tasarımları için birkaç seçenek sunulmaktadır.



(solda: Danimarka standartlarına göre yapılmış otobüs lambası, ortada: Meksika'da kullanılan Metrobüs lambası ve sağda: "OTOBÜS" işareti olan standart bir lamba).

Tablo 9 Kavşakta sola dönüş şeridinin kaldırılmasının potansiyel güvenlik etkisi

Sola dönüşün kaldırılmasının ağırlıklı ortalama etkisi	% kaza oranındaki değişim	%95 Güven aralığı
Yaralanmalı ve ölümlü kazalar	-%22	(-%12, -%32)
Araç kazaları	-%26	(-%10, -%43)

5.3 SOLA DÖNÜŞLÜ, DÖRT YÖNLÜ BÜYÜK KAVŞAKLAR

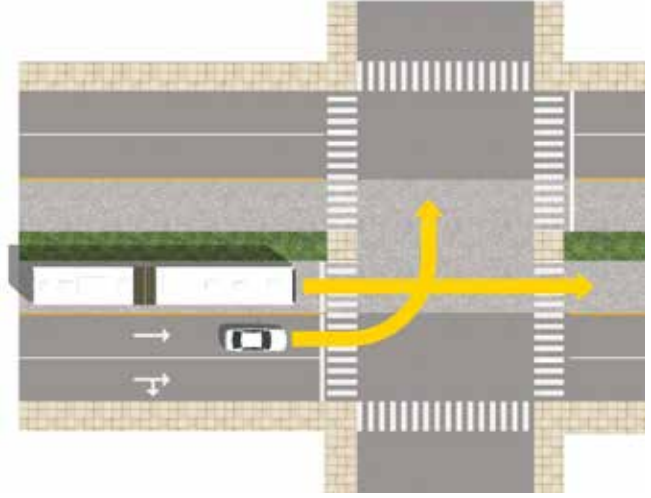
Metrobüs veya otobüs koridorlarından sola dönüşlerin yalnızca aşağıdaki kriterlerden birine uygun durumlarda izin verilmesini tavsiye ediyoruz:

- Sola dönüşte yoğun trafik bekleniyorsa ve bu trafik bitişik ya da yakınlardaki yollara aktarılamıyor, döngü oluşturmak mümkün görünmüyor.
- Sokakların çok uzun olduğu, mümkün olan en kısa döngünün bile çok dolambaçlı olacağı alanlar. Sanayi bölgelerinde, büyük kampüslerin yakınında veya yol ağı seyrek olan şehirlerde bu tarz durumlara rastlanabilir.

Eğer sola dönüşe izin verilmişse, korumalı bir sinyal fazı ve ayrı bir dönüş şeridi bulunmalıdır. Trafiğin otobüs şeridiyle birleşip ortak bir otobüs/sola dönüş şeridi oluşturmasını tavsiye etmiyoruz. Bogotá, New Mexico ve Guadalajara'dan elde edilen verilere göre, karma trafik şeritlerinden gelen araçlar otobüs şeritlerine girdiğinde otobüslerle çarpışma riski artmaktadır.

Sola dönüş fazlarında otobüslere kırmızı yanacağı için otobüs koridorundan sola dönüşe izin verilmesi, otobüslerin toplam yeşil ışık süresini kısıtlayacaktır. Bu durumun kapasite üzerindeki etkisi trafik ışıklarının zamanlamasına ve sola dönüşlerin sayısına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

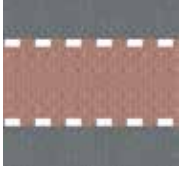
Eğer sola dönüşe yalnızca bir yoldan izin verilirse, bu kavşaktaki kapasite yine de sistemin asıl kapasitesinden oldukça yüksek olacaktır,



Şekil 30 Kaza şeması: Yolun orta kısmındaki metro-büs ya da otobüs koridorlarında işleyen otobüslerde en sık rastlanan kaza tipi: Otobüslerin önünden kural dışı sola dönen araçlar.

çünkü sistemin kapasitesi duraklar nedeniyle kısıtlanmaktadır. Fakat sola dönüşe hem ana yoldan hem de yanyoldan izin verilir ve korumalı fazlar uygulanırsa, bu kavşak, bütün koridor için tehlike oluşturur.

Sola dönüşlere ilişkin öneriler hem yolun güvenliği hem de işlerliği açısından önemlidir. Sola dönüşü yasaklamak tehlikeli manevraları ortadan kaldırır, ihtiyaç duyulan trafik ışığı fazlarının sayısını azaltır, böylece otobüs koridorunun kapasitesini yükseltir.



Bisiklet yolu işaretleri kavşak boyunca devam etmelidir. Burada kalın, kesik kesik bir çizgi kullanarak bisikletçilere araçların hangi noktalarda geçiş yapabileceğini gösterdik. Doğru işaretleri bulmak için uygun standartları araştırınız.



Şekil 31 Üzerinde bisiklet yolu bulunan kavşaklar

Önerilen bisiklet yolu işareti



Dur çizgileri kullanarak karma trafiğin ve bisikletlerin yavaşlatılmasını ve bisiklet yolu dur şeridinin biraz daha ilerde bitmesini tavsiye ediyoruz. Bu sayede sağa dönen sürücüler bisikletçileri görebilirler.

Burada iki dur çizgisi arasında 1 metrelik bir mesafe mevcuttur. Bu mesafe 5 metreye kadar çıkabilir.

5.4 ÜZERİNDE BİSİKLET YOLU BULUNAN BÜYÜK DÖRT YÖNLÜ KAVŞAKLAR

Burada otobüs koridorları üzerinde bisiklet yolu bulunan kavşakların tasarım konseptlerini inceliyoruz.

Ele alınması gereken en önemli sorun, kavşağa giren bisikletçiler ile sağa dönüş yapan araçlar arasında yaşanmaktadır. Güvenliği artırmanın temel yöntemi, bisiklet yolunun kavşak girişindeki sürücülerin görüş alanı içinde bulunmasını sağlamaktır. Tavsiyemiz, bisiklet yolu boyunca uzanan çit gibi büyük fiziksel engelleri kavşağa birkaç metre kala ortadan kaldırmak, bisikletçileri görünür kılmaktır. Kavşak girişlerinde kaldırım yüksekliğinde daha küçük engeller kullanılabilir.

Bisiklet yolunun kavşakla kesişen kısmı işaretlerle açıkça belli edilmelidir ve işaretler bisikletçilere bu noktalardan başka araçların da geçebileceğini açıkça göstermelidir.

Bisiklet yollarının otobüs seferlerine tek etkisi, bisikletçileri otobüs şeritlerinden uzak tutup böylece otobüslerin bisikletin arkasına takılıp gecikme yaşamalarına engel olmaktır. Otobüs sisteminin kapasitesi ya da çalışma hızı, bisiklet yolunun varlığından etkilenmemelidir.



Şekil 32 Bisiklet şeridi levha ve işaretlerine örnek



Şekil 33 Caddeyi kesen küçük dört yöllü kavşak

5.5 YANYOL İLE KESİŞEN KÜÇÜK DÖRT YÖNLÜ KAVŞAK

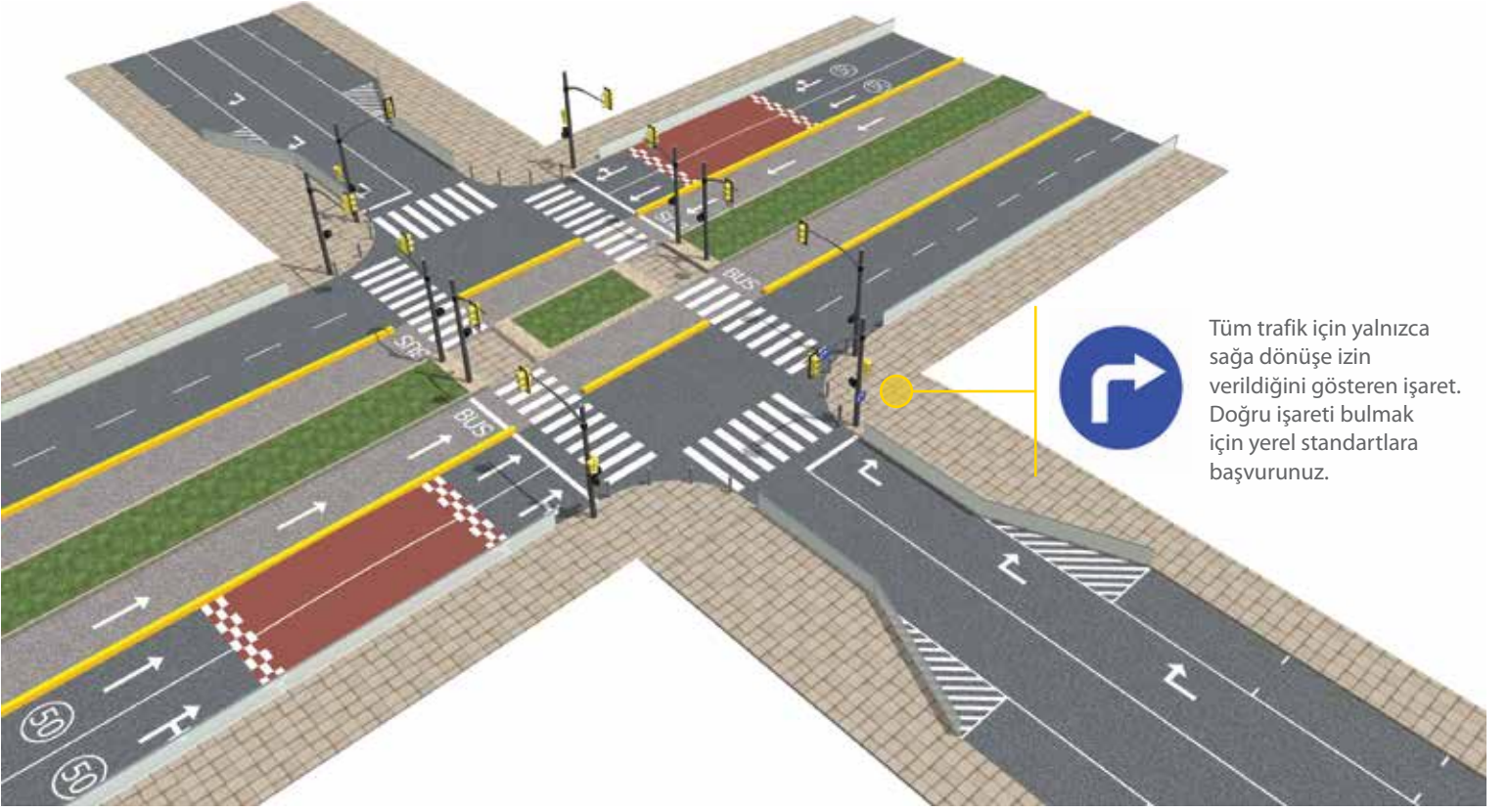
Bu tarz kavşaklara ilişkin güvenlik sorunlarının çoğuna yukarıda değindik. Tasarım açısından kilit noktalar, kavşağı mümkün olduğunca dar tutmak, yaya geçitlerini kısa tutmak ve izinsiz araçları otobüs şeritlerinden uzak tutmaktır.

Yanyolarda yeşil ışık sinyali fazının yayalara tüm otobüs koridorunu tek seferde geçebilmelerini sağlayacak uzunlukta olması da ayrıca önemlidir.

Bu tasarımda yayalar için korkulukların ortaya değil, kaldırım kenarına yerleştirilebileceği de görülmektedir. Bu sayede kaldırma araçların kural dışı park etmesi de önlenir.

Tablo 10 Bir kavşağı iki adet T kavşağına dönüştürmenin güvenlik etkileri

		Kaza oranındaki değişim%	%95 Güven Aralığı
Dört yönlü bir kavşağın iki adet T kavşağına dönüştürülmesi	Ölümlü veya yaralanmalı kazalar	-%66	(-%88, -%1)
	Tüm kazalar	-%57	(-%70, -%37)



Tüm trafik için yalnızca sağa dönüşe izin verildiğini gösteren işaret. Doğru işareti bulmak için yerel standartlara başvurunuz.

Şekil 34 Trafiğe kapatılmış yanyol

5.6 DÖRT YÖNLÜ KÜÇÜK KAVŞAKLARDA YANYOLLARIN/T-KAVŞAKLARIN KAPATILMASI

Yanyolu trafiğe kapatmak bu kavşakta kaza oranlarını %57'ye kadar düşürebilir (Tablo 10). Ancak, bu yöntem yayalar için herhangi bir fayda sağlamayabilir. Hatta otobüs koridorundaki refüjün kavşak boyu uzatıldığı durumlarda mevcut BRT sistemlerinde genellikle trafik ışıkları ve yaya geçitleri kaldırılır. Fakat yol güvenliği incelemelerimizde gördüğümüz kadıyla yayalar bu bölgelerde karşıdan karşıya geçmeyi sürdürmekte ve kaza riskleri devam etmektedir. Dolayısıyla, geçitlerin ve trafik ışıklarının kaldırılmamalarını tavsiye ediyoruz. Ayrıca, kesiştikleri trafiğin sadece yaya trafiği olduğu durumlarda bazı araçlar kırmızı ışıkta durmayabilirler. Kavşak girişinde

hız tümseği kullanılarak bu riskin en aza indirilmesi tavsiyemizdir.

Yayalar için yanyoldaki yeşil ışık süresi nedeniyle bu kavşaktaki otobüs şeridinin kapasitesi kısıtlı kalmıştır. Dolayısıyla, diğer tüm şartların aynı olduğu varsayılırsa yanyolun trafiğe kapatılmasının kapasite üzerinde bir etkisi olmayacaktır. Ancak bu durum, böylesi noktalarda metrobüs koridorlarında uygulanan yaya geçitlerinin ve trafik ışıklarının kaldırılması standardıyla kıyaslandığında, sistemin ortalama çalışma hızını düşürecektir. Buna göre, çalışma hızı ile yaya güvenliği arasında tercih yapılması gerekecektir. Asgari olarak her 300 metrede bir adet trafik ışıklı yaya geçidi bulunmasını tavsiye ediyoruz.

5.7 DÖRT YÖNLÜ KÜÇÜK KAVŞAKLARDA BISİKLET DÖNÜŞLERİ

İkincil işaretler burada özellikle önem teşkil etmektedir. Sola dönmek için sırada bekleyen bisikletçiler birincil işareti görmeyecek, yalnızca ikincil işarete göre hareket edecektir.



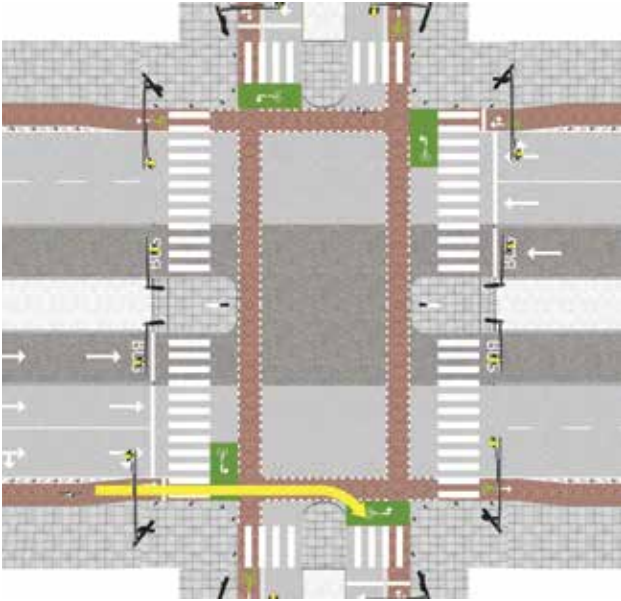
Şekil 35 Dört yönlü küçük kavşaklarda bisiklet dönüşleri

“Bisiklet yolu için en güvenli konum kaldırım ile park alanı arasındaki kuldürdür. Bu kulvarın kullanılması, bisikletliler ile park halinde durmakta olan veya park alanına girmek veya buradan çıkmak üzere manevra yapan arabalar arasında meydana gelebilecek anlaşmazlıkları önleyebilir.”

Park şeridi ile bisiklet yolu arasındaki tampon bölge, bisikletçileri park etmiş araçların aniden açılan kapılarından koruyabilir. Bu durum bisikletçiler açısından büyük sorun yaratmaktadır.

5.8 BİSİKLET ALTYAPISINA SAHİP KAVŞAKLAR

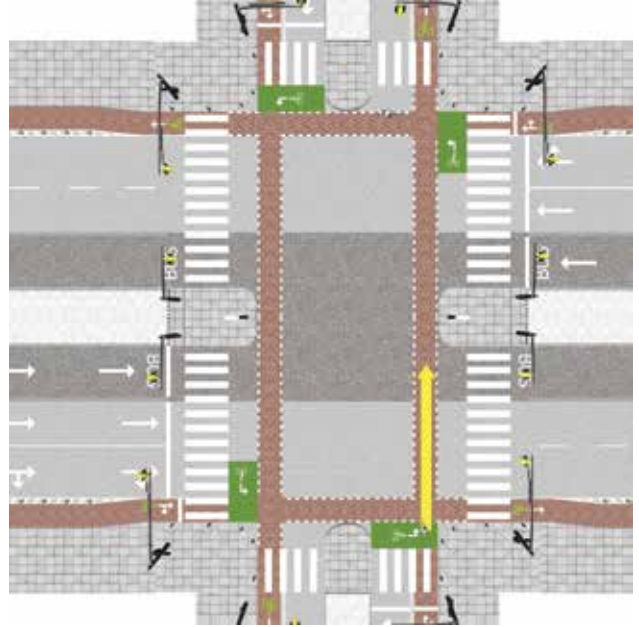
Tüm caddeleri bisiklet altyapısına sahip olan kavşaklar için en temel güvenlik meselesi, bisiklet sürücülerinin sola dönüşlerini en iyi şekilde sağlayabilmektir. Bu konuda trafik düzenlemecileri için bisiklet alanları ve iki aşamalı dönüş sırası alanları gibi birkaç seçenek bulunmaktadır (NACTO 2011). Bizler Şekil 36 ve 37’de gösterilen iki aşamalı dönüş sırasının kullanılmasını tavsiye ediyoruz. İki aşamalı dönüş sırası alanları, sola dönüş alanlarından farklıdır. Sola dönüş yapmak isteyen bisiklet sürücülerini öncelikle kesişme noktasını bir miktar geçerek kendileri için tasarlanan yeşil renkli bölge üzerinden geçişlerini yapacaklardır. Geçiş ışıkları yeşile döndüğünde bisikletçiler Metrobüs (BRT) trafiğinin geri kalanıyla birlikte geçebileceklerdir.



Şekil 36 Sola dönüşün ilk aşaması: Bisiklet sürücülerini Metrobüs (BRT) boyunca yeşil alanda ilerlemeli, sıra alanının sağında durmalı ve geçiş ışığının yanmasını beklemelidirler.

Bu yaygın düzenleme çözümü (NACTO 2011) bisiklet sürücülerini ve diğer sürücüler arasındaki anlaşmazlıkları da en aza indirecektir. Yerel bağlam ve geçmişten edinilen deneyimlere bakıldığında, bu yöntemin yeni ve nispeten olağandışı bir düzenleme olabileceği görülmektedir. Bu düzenlemeye geçişte, bisiklet sürücülerinin bu alanları doğru bir şekilde kullanacaklarına dair gerekli eğitim ve yasal düzenlemelerin sağlandığından emin olunmalı ve sağlanacak faydalar dikkatlice irdelenmelidir.

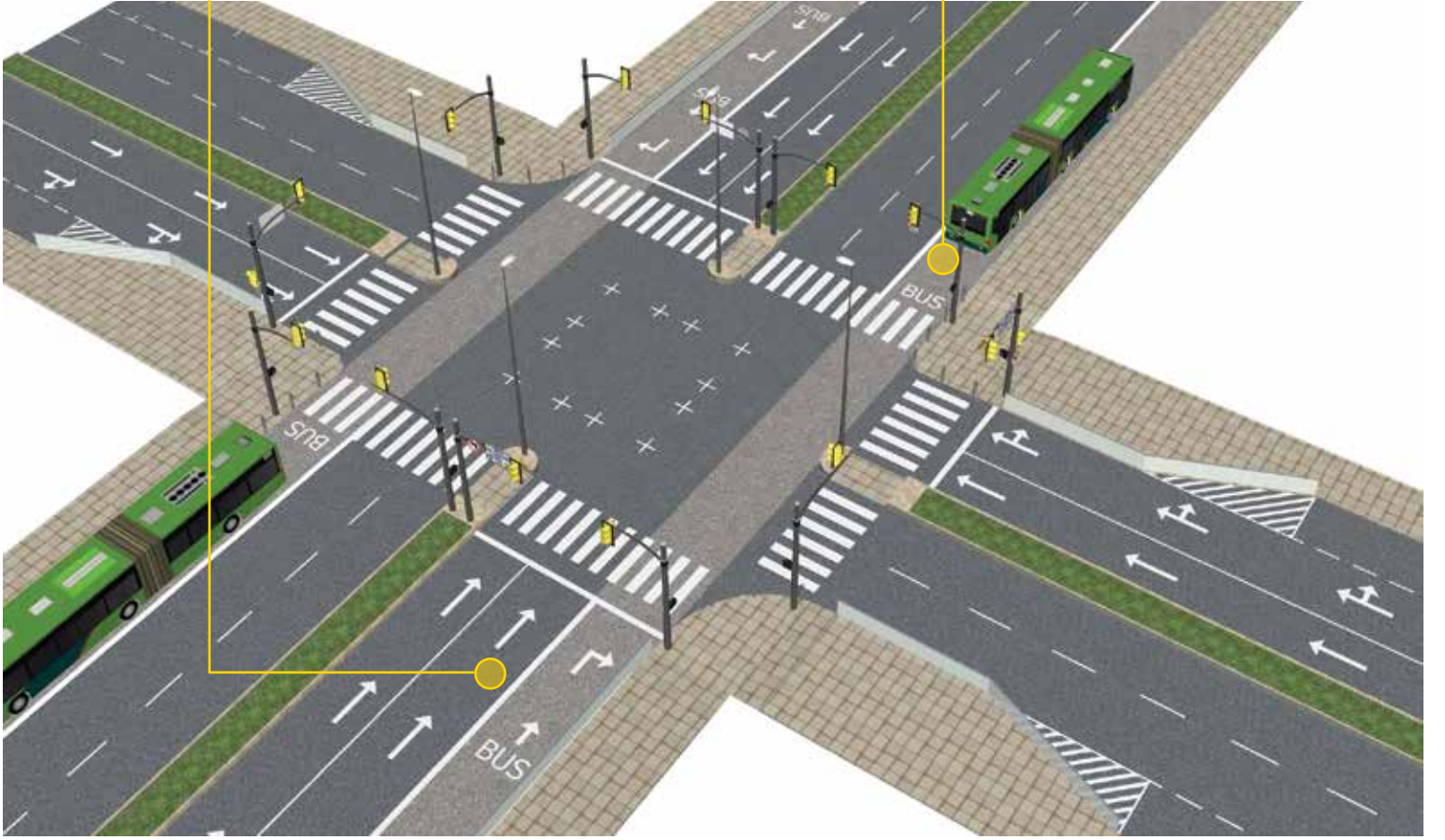
Eğer bisiklet sürücülerini bu altyapıyı nasıl kullanacakları konusunda yeterince bilgilendirilmemişlerse, bu sistemin uygulanmasından hiçbir fayda sağlanamayacaktır. Bisiklet sürücülerinin sola dönüşleri için tasarlanan diğer seçeneklere ulaşmak için bkz. NACTO 2011.



Şekil 37 Sola dönüşün ikinci aşaması: Işık yeşile döndüğünde bisiklet sürücülerini Metrobüs (BRT) koridorunu trafiğinin diğer öğeleriyle birlikte geçer. Burada ikincil trafik sinyalinin önemli olduğu hatırlanmalıdır. Bisiklet sürücülerini birinci sinyali verilmesinin ardından, geçiş için kavşağın uzak noktasına yerleştirilen ikinci sinyalin de verilmesini beklemelidirler.

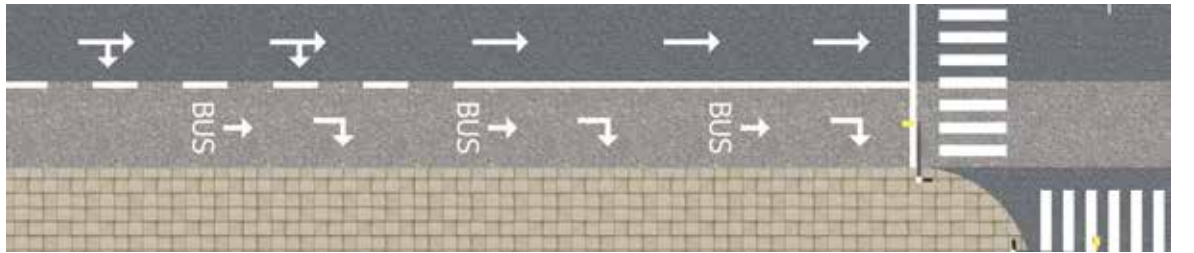
Kaldırım kenarlarındaki işaretler otobüsler hariç tüm araçların hat boyunca yalnızca sağa dönebileceklerini net bir şekilde ifade etmektedir. Bu durumda kullanılacak doğru çizim ve işaretleri bulabilmek için uygulanabilir standartları kontrol edin.

Buradaki dönme yarıcağı, araçların yanlışlıkla otobüs hattı üzerinde sağa dönüş yapmalarını engelleyebilmek amacıyla küçük ölçekli tutulmuştur. Ancak karma trafik hattı üzerinde güvenli bir şekilde sağa dönebilmek için gerekli alan da sağlanmıştır. Bazı araçların doğrudan otobüs hattı üzerinden dönmesi gerektiği durumlarda Küçük ölçekli sağa dönüş yarıcağı kullanılmamalıdır. (örneğin bakım aracı, otobüs hattını kullanan yerel taşıma şirketleri, ambulanslar vb.).



Şekil 38

Kaldırım kenarı
Metrobüs (BRT)



Şekil 39 Otobüs hattı boyunca kavşağa yaklaşan kesitlerden birinin plan görünümü. Sağa dönüş yapacak olan araçlar kavşağa varmadan önce kaldırım kenarındaki otobüs şeridine geçerek otobüs hattı üzerinden dönüşlerini gerçekleştirebilirler. Otobüs hattına geçiş için kullanılan alan en az 50 metre uzunluğunda olmalıdır.

5.9 DÖRT YOLLU KAVŞAKLAR, HIZLI OTOBÜS/ OTOBÜS YOLU ALANI

Kavşaklarla ilgili önemli güvenlik sorunlarından biri de yol kenarındaki otobüs hatlarının sağa dönüşü yönlendirebilmeleridir. Bu hatlar üzerinden sağa dönüşün

yasaklanması trafiğin hareketliliğini ve bitişiğindeki alana erişimi kısıtlayacaktır. Karma trafiklerde dönüş yapabilmek için otobüs hatları da kullanılabilir ya da bitişiğindeki alanlar korunan bir dönüş alanıyla sağlanmalıdır. Blok uzunlukları 200 metreden az olduğunda (ki şehir



Şekil 41
Otobüs öncelikli
şeritlerin ya da
karma trafiğin
bulunduğu
kavşaklar

5.10 DÖRT YOLLU KAVŞAKLAR, 200 METRENİN ALTINDAKİ BLOKLAR: METROBÜS (BRT) / OTOBÜS YOLU ALANI

merkezlerinde genelde böyledir) karma trafikte otobüs koridorları normal bir otobüs sistemi gibi işlev görecektir.

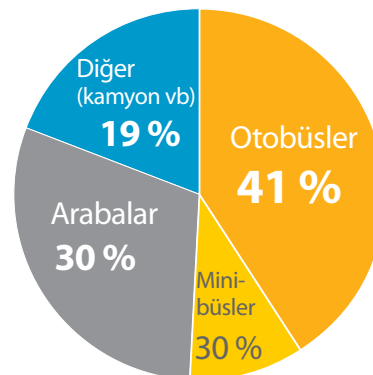
Kaza verileri üzerine yapılan analizlerde otobüs öncelikli sistemlere ait bu alanların orta şerit sistemleri kadar iyi olmadığı fakat yine de geleneksel otobüs hizmetlerine nazaran daha gelişmiş olduğu ifade edilmektedir. Genel

bakış bölümünde de belirttiğimiz gibi, bu durum otobüs sisteminin kendisinden kaynaklanmamaktadır. Aksine, otobüs önceliğinin uygulanmasında genel olarak bir refüjün eklenmesi, yaya geçitlerinin kısaltılması ya da sola dönüşlerin yasaklanması gibi etkenlerin de güvenliği artırdığı belirtilmektedir.

Karma trafikte otobüsler	6.46
Yol kenarı otobüs şeridi	6.23
Orta blok Metrobüs Hattı	3.26

1.000.000 araç ve şerit-km başına yıllık kazalar

Şekil 40 Üç farklı otobüs koridoru için yol güvenliği karşılaştırması, Guadalajara, Meksika



Şekil 42 Otobüs hatlarında yaşanan kazalara karışan araçlar, Guadalajara (Avenida Alcalde)

5.11 YAYA UYARI İŞARETLERİNİN UYGUNLUĞUNUN ANLAŞILMASI

Bölüm 3 (orta blok geçit) ve 5'te (kavşaklar) anayollar üzerindeki tüm eşdüzey yaya geçitlerinin güvenli bir geçiş ortamı sağlayacak şekilde işaretlenmesinin gerekliliğini belirtmiştik. Aynı zamanda sinyallerin düzeni ve yaya geçişine katkıda bulunacak etkenlerin anlaşılması da oldukça önemlidir. Yayaların büyük bir yoğunluğunun sinyal sistemiyle uyum sağlamadığı bir geçitten, güvenlik noktasında herhangi bir fayda sağlanamaz. Çalıştığımız şehirlerin çoğunda, trafik işaretlerinin birçoğu trafik yoğunluğu düşünülerek tasarlanmıştır. Genellikle yaya davranışları düşünülmemiş ve bu nedenle uyumsuzluğa yol açacak karmaşık işaret sistemleri ve uzun bekleme süreleri ortaya çıkmıştır. Çalıştığımız şehirlerin genelinde yaya geçişi noktaları yüksek orandadır (Şekil 43) ve durum beraberinde güvenlik endişelerini de getirmektedir.

Kırmızı ışıktaki karşıdan karşıya geçen yaya sorunlarına değinen yasaların ve eğitimin mevcut bulunmasının yanında araştırmalar kavşakların fiziksel yapılarının ve özellikle trafik lamba düzeninin uyum noktasında önemli

etkilerinin olduğunu belirtmektedir (Örneğin; Zhou ve ark. 2011; Cooper ve ark. 2012).

Bu raporda kullanılan araştırmanın bir bölümünü ışıklı kavşaklardaki yaya davranışları üzerine gerçekleştirdik ve olağan kavşak düzenlemesi ve işaret düzeninin yayaların kırmızı ışıktaki geçme kararlarına etkilerini araştırdık. Veri toplama ve analiz yöntemleriyle ilgili ayrıntılı anlatım Duduta, Zhang, ve Kroneberger tarafından yapılan çalışmada (2014) bulunabilir. Burada yalnızca kavşak ve sinyal düzenlemeleri için temel bulgu ve çıkarımları sunacağız.

Tablo 11'de görülen önemli bulgulardan biri ortalama yaya gecikmesinin işaretçi uyumunu gösteren önemli bir unsur olmasıdır. İşaret gecikmesi esasen yayalara ayrılan yeşil alanlarının ve işaret döngüsünün uzunluğunun işlevidir: dp yaya gecikmesini, C sinyal döngüsünün uzunluğunu, Yürüyüş, mi küçük sokaklarda bulunan sinyal bölgesi için etkin yürüme süresi (yeşil alanlar için ekstra 4 saniye eklenerek hesaplanır) anlamına gelmekte ve tüm ölçümler



Şekil 43 İstanbul, Eminönü'nde bir geçiş noktasında ve Rio de Janeiro'da (sağdaki resim) Salvador Allende ekspres otobüs istasyonunda kırmızı ışık yanarken karşıdan karşıya geçen yayalar.

Tablo 11 Yayaların kavşak geçişlerinde kırmızı ışığı tercih etmeleri üzerine iki bileşenli logit fonksiyonu modellemesi (pozitif işareti kırmızı ışıkta daha fazla geçiş olduğunu ifade etmektedir)

	Katsayı	P
Kısıtlı harekete sahip şahıs (=1 evet ise, =0 aksi halde)	-3.813	0.000
Trafik boşluğu (diğer araca saniye bazında uzaklık)	0.037	0.000
Trafik yoğunluğu (araçlar / saniye / şerit)	-12.525	0.000
Ortalama yaya gecikmesi (HCM formülü, saniyeler)	0.012	0.023
Sola geçişteki anlaşmazlıklar (=1 doğru ise, =0 aksi halde)	0.873	0.000
Tüm kırmızı (temizlenmiş) alanlar (=1 evet ise, =0 aksi halde)	1.02	0.001
Yaya geçidi uzunluğu (metre)	-0.298	0.000
Sürekli	1.576	0.000
Tetkik sayısı	1570	
Kayıt benzerliği	-494.342	
LR chi2 (prob > chi2)	294.16 (0.000)	

Kaynak: Duduta, Zhang, ve Kroneberger 2014

saniye bazında yapılmaktadır. Yaya gecikmesi, sinyal döngüsünün daha uzun olduğu ve yayalar için ayrılan yeşil alanın daha kısa olduğu durumlarda daha yüksektir. Otoyol Kapasite Rehberi (OKR) yayaların işaretlerle uyumunu anlatırken, gecikme noktasında yalnızca

$$d_p = \frac{(C - g_{Walk,mi})^2}{2C}$$

(Örn. 18-71, Highway Capacity Manual)

yaklaşık değerler sunmaktadır.

Rehberde yayaların 30 saniyeyi aşan gecikmeler halinde kırmızı ışık yanmasına rağmen geçiş yapma eğiliminde oldukları, gecikme 10 saniyenin altında olduğunda ise bekledikleri ifade edilmektedir. Tablo 12, sırasıyla 10 ve 30 saniyenin altında gecikmeye neden olan, yaya alanları ve sinyal döngü uzunluğu hakkında olası değerleri göstermektedir.

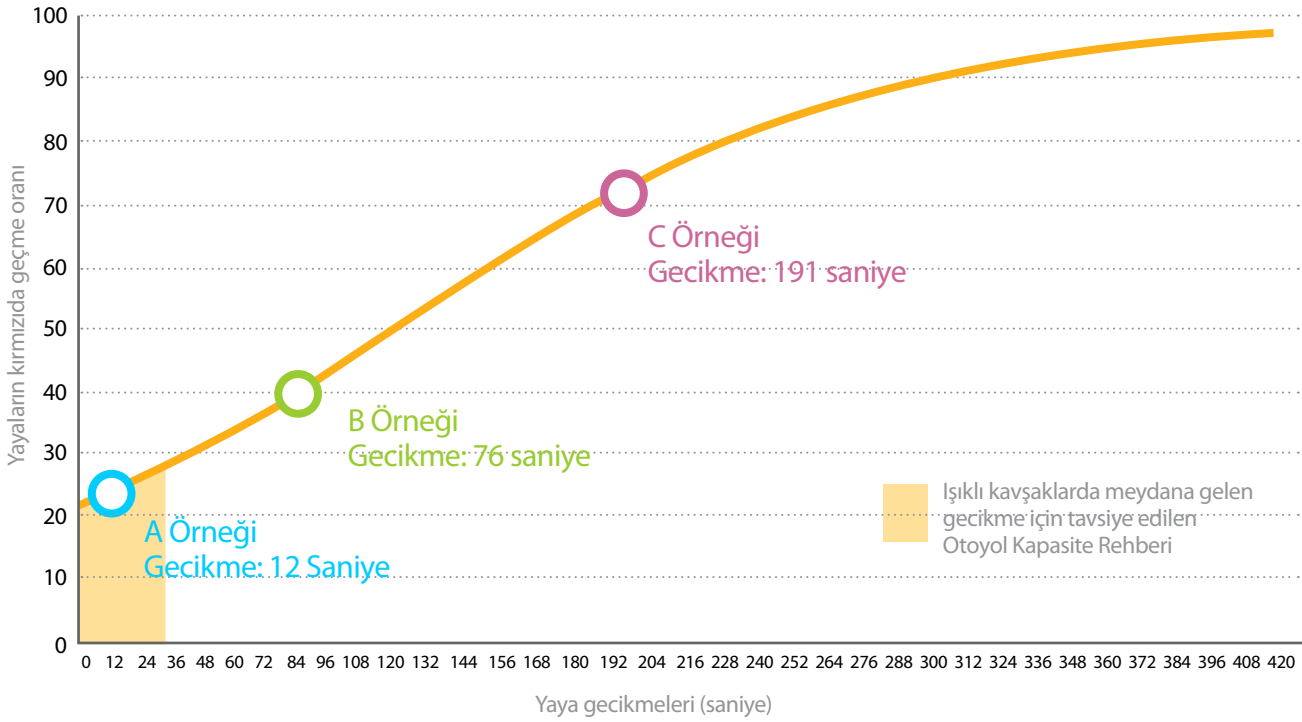
A örneği, anayol boyunca yayalara öncelik veren bir düzenlemeyi göstermektedir. Bu durum için yaya ve

işaret uyumunun oldukça yüksek olduğunu görmekteyiz. B örneği geniş kavşaklara uzanan ufak bölümlerdeki yaya alanlarının yeşil alanlara tekabül ettiği durumları ifade etmektedir. Bu durum, döngü uzunluğunun birden çok alanı yönetebilme ve yayaların işaretlerle uyumunu sağlayabilme noktasında çok uzun kalması nedeniyle daha karmaşıktır. C örneğinde ise yaya gecikmesinin oldukça yüksek olduğu, genellikle tipik Kızıldere mega şehirlerinin döngü uzunluklarını kapsayan uç bir örnek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Farklı sinyal aşamalarının uzunluğunun yanında, bir kavşak için hazır bulunan sinyal şekli de yayaların kırmızı ışıkta geçme olasılıklarını ifade etmektedir. Yayalar genel itibarıyla eğer kırmızı ışık süresince trafikte bir karışıklık mevcut ise yeşil ışığı bekleme eğilimindedirler. Trafik durduğunda ve dönüş işlemleri için izin verildiğinde ise yayalar kırmızı ışıkta geçme eğilimindedirler. Farklı sinyal türlerinin kırmızıda geçme olasılığına yaptığı etkiyi test ettiğimizde en yüksek olasılığın korumalı sola dönüş işaretleri verildiği zaman gerçekleştiği tespit edilmiştir (Tablo 11). Burada, yaya

Tablo 12 İşaret düzeni ve yaya gecikmesi örnekleri

Örnek	Yaya gecikmesi (dp)	Yaya yeşil alanı uzunluğu	İşaret döngüsü uzunluğu
A	12	40	85
B	76	15	180
C	191	30	440

**Şekil 44** Işıklı kavşaklarda, kırmızı ışıkta geçen yayaaların sinyal gecikmesi baz alınarak elde edilen yüzdeleri (Duduta, Zhang, Kroneberger 2014 çalışmasına göre)

hareketleriyle zıtlık gösteren sola dönüşlerin baz alındığı unutulmamalıdır.

Kavşakların fiziksel düzenlemesi de sinyal uyum seviyelerine etki etmektedir. Yayaalar, yaya geçitlerinin kısa olduğu alanlarda kırmızı ışıkta geçme eğilimindedirler. Burada önemli olan daha iyi bir uyumun sağlanmasına katkıda bulunan düzenlemelerle daha güvenli bir ortam sağlayan düzenlemelerin ayırt edilebilmesidir. Daha geniş kavşaklarda daha az yaya kırmızı ışıkta geçmekte fakat daha çok yaya bu alanlarda yaralanmakta veya

yaşamını yitirmektedir. Daha uzun yaya geçitlerinin, yayaaların karıştığı kazalarla daha yüksek oranda ilişkili olduğu çalışmamızda tespit edilmiştir (Tablo 8). Bu da bir kavşağın, geçiş uzunluğunun kısaltılması yoluyla daha güvenli hale getirilmesine rağmen yayaaların daha riskli davranışlarda bulunduğu anlamına gelmektedir.

YAYALARIN İŞARETLERLE UYUMUNUN GELİŞTİRİLEBİLMESİ İÇİN DÜZENLEME ÖNERİLERİ

Kırmızı ışıklardaki geçişlerin en aza indirilebilmesi amacıyla elde edilen model sonuçlarından en önemlisi belki de sinyal döngülerinin olabildiğince kısa tutulmasıdır. Dönüş hareketleri için konulan ek işaret süreleri ya da araç kapasitesini artırabilmek için uzatılan süreler yayaların daha fazla vakit kaybetmesine ya da daha karmaşık işaret sistemlerine yol açacaktır. Elde ettiğimiz bulgulara göre, her iki durumda da yayaların kırmızı ışıkta geçme eğilimleri artacaktır.

Daha kısa yaya geçitleri, işaret ve sinyallerle sağlanacak uyumun daha düşük olmasıyla ilişkilidir fakat güvenlik açısından daha iyi sonuçlar vermeleri nedeniyle tercih

edilmektedirler ve güvenlik unsuru yayalar için oluşturulan alt yapıda çok daha önemli bir performans göstergesidir.

Basitçe ifade etmek gerekirse şehir plancılarının ve ulaştırma mühendislerinin sokakların daraltılmasının aynı zamanda yayaların işaretlerle olan uyumunu azaltacağı ve bazı güvenlik faydalarının da önüne geçeceği gerçeğinin farkında olmalıdırlar. Bu bağlamda gerçekleştirilecek daha iyi bir performansın göstergesi, sokakların daraltılmasının yanında, hız kesiciler gibi ek önlemlerin alınması ya da özellikle daha dar yaya geçitlerindeki bekleme sürelerinin azaltılması için ise yayaların bu işaretlerle uyumunun artırılması gerekmektedir.



Şekil 45 Rio de Janeiro'da araç trafiğinin sakin olduğu bir anda, kırmızı ışık yanmasına rağmen karşıya geçen yayalar



Şekil 47 Sıradan bir kavşak düzenlemesi ve Mexico City'nin tarihi merkezinde Metrobús Line 4 hattının yapılmasının ardından sağlanan transit geçiş hizmeti

ÖRNEK OLAY ÇALIŞMASI

METROBÜS LINE 4, MEXICO CITY

TARİHİ BİR ŞEHİR MERKEZİNDEKİ OTOBÜS ÖNCELİĞİ:

Hat 4, Mexico City’de 2013 rakamlarına göre 95 kilometre uzunluğa sahip ve günlük 700,000’in üzerinde yayanın geçiş yaptığı Metrobús (BRT) Sistemi’nin bir parçası olan Metrobús ağının bir parçasıdır. Daha önceki sistemde yer alan üç farklı hat Metrobús (BRT) Sistemlerinin ana yollar üzerinde işletilebilmesine olanak sağlayan orta blok geçitlerinden oluşmaktaydı, Hat 4 ise şehrin tarihi merkezinde, iki bölgesel geçiş noktasını (Buenavista ve San Lázaro) Mexico City’nin uluslararası havalimanına bağlayan dar caddeler üzerinden işletilmektedir. Tarihi merkezdeki caddelerin darlığı düzenleme hususunda önemli zorluklara yol açmaktadır. Bu durum diğer Metrobús hatlarındaki gibi ayrı otobüs şeritlerinin oluşturulmasına olanak tanımamıştır; çünkü bölgede bulunan tüm unsurların ve park garajlarının yeniden düzenlenmesini gerektirmekteydi. Bu nedenlerle Hat 4 daha dar alanlarda, trafiğin diğer unsurlarıyla ortak olarak kullanabileceği şekilde otobüs öncelikli şeritlerin bulunduğu alanlarda, ayrılmış şeritlerde ise kendilerine yeterli geçiş üstünlüğü sağlanan alanlarda işletilmektedir. Bu bir bakıma karmaşık bir sistemdir ve diğer araçların zaman zaman otobüs şeritlerini kullanmalarına izin verilmektedir. Bu da dikkatli bir düzenlemeyi, dikey işaretlerin ve kaldırım işaretlerinin kullanılmasını ve bunların yanında trafikteki unsurların yeni sistemi anlayabilmeleri için gerekli düzenlemelerin

yapılmasını gerektirmektedir (Şekil 46).

Önem taşıyan diğer bir nokta ise transit geçiş üstünlüğünün sağlanması ve tarihi merkezde bulunan yayalar için yeterli alanın verilebilmesidir. Metrobús Line 4 hattında yayaların güvenliği için Mexico City’nin diğer şehirlerinde daha önce görülmeyen, yaya sinyalleri, korumalı refüjler, yol kenarlarına konulan dubalar, kaldırımların ve yön işaretlerinin geliştirilmesi gibi bazıları Şekil 47’de gösterilen güvenlik önlemleri alınmaktadır. Yeni yaya geçitleri ve dur işaret ve işaretçileri Hat 4 üzerinde önemli bir düzenleme iyileştirmesi olduğunu ve sürücüler için daha belirgin hale getirildiğini göstermektedir.



Şekil 46 Karma trafikteki sağa dönüşlerde, paylaşımlı şeridin bitişi ve ayrılmış otobüs hattının başlangıcını belirten trafik ve kaldırım işaretleri.



Rio de Jenarió'da Metrobüs (BRT) hattı TransOeste üstünde bulunan istasyon, Brezilya

7 BÖLÜM 7

DURAKLAR İÇİN ÖNERİLER

7.1 TEMEL GÜVENLİK HUSUSLARI

Yayaların duraklara girişi

Duraklar, bir otobüs koridoru üzerinde yayaların en yoğun bulunduğu yerlerdir. Duraklardaki yaya trafiğine ek olarak bir de durağa giren veya duraktan çıkan yayaların oluşturduğu bir trafik vardır.

Yayaların kazaya karışma riskinin duraklarda daha yüksek olmasının sebebi sadece yayaların burada kalabalık olması değil aynı zamanda da tehlikeli davranışlarda bulunmaları ve özellikle de durağa giriş ve çıkışlarda dikkatsiz yürümeleridir. Durakların tasarım ve düzeni, tehlikeli yaya hareketlerinin sıklığı üzerinde etki sahibidir. Geçişlerin kontrollü yapıldığı ve yayaların ısklı yaya geçitlerine yönlendiren kapalı duraklar en güvenli durak konfigürasyonudur. Alçak platformlu açık duraklar, yayaların dikkatsiz ve dağınık yürümesine daha müsaitken yüksek platformlu kapalı duraklarda bu tür tehlikeli hareketlerin oranı azalabilmektedir.

Otobüsler arasındaki anlaşmazlıklar

Bu, daha kalabalık koridorlarda ve özellikle de ekspres şeritler ile özel otobüsler ile diğer ekspres hatların birlikte bulunduğu alanlarda yaşanan bir sorundur. Bu tür alanlardaki farklı otobüsler arasında anlaşmazlık yaşanma ihtimali daha yüksektir. Duraklarda gözlemlenen en yaygın anlaşmazlık ise ekspres şeritten çıkan ve ekspres şeride giren otobüsler arasında yaşanmaktadır.

İlerleyen sayfalarda, burada bahsedilen duraklardaki temel güvenlik sorunlarına çözüm sunan farklı tasarım konseptleri yer almaktadır. Buradaki amaç otobüs durağının türüne bakılmaksızın hep aynıdır: yaya hareketlerini kontrol etmek ve yayaların kurallara aykırı geçişlerini önlemektedir. Ancak bu amaç doğrultusunda uygulanacak tasarım çözümleri, otobüs koridoru üzerindeki durakların türüne ve bilet ücreti ödeme yöntemine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Öncelikle, orta şeritli bir metrobüs hattı üzerindeki orta blok geçidi durağının tasarım konsepti ile başlıyoruz. Bu tasarım iki unsurdan oluşmaktadır. Birincisi yayaların durağa erişimi ve ikincisi durak ve platformun ayrıntılı tasarımıdır. Metrobüs durağına bisiklet erişiminin sağlandığı tasarımlar için aşağıdaki bölüme bakınız (aktarma ve terminaller). Daha sonra, TransMilenio gibi yüksek kapasiteli sistemlerde yaygın olarak kullanılan ve birden fazla durak ve ekspres şeridin yer aldığı özel bir orta blok geçidi durağı konseptini inceleyeceğiz. Bu konseptte durağı tasarlayan kişilerin yayaların durağa erişimi hususuna ek olarak farklı otobüsler arasında yaşanabilecek anlaşmazlıklara da dikkat etmeleri gerekmektedir. Bu bölümde ayrıca açık otobüs yolu, kaldırım tarafı otobüs şeridi veya karışık trafik içinde hizmet veren normal otobüsler gibi bilet ücretinin otobüste toplanmadığı koridorlar üzerindeki otobüs duraklarına özel tasarım konseptleri de sunulmaktadır.



Latin Amerika ülkelerindeki durum göz önünde bulundurulduğunda, metrobüs durağı bulunan kavşaklarda hem sağa hem de sola dönüşlerin yasaklanması faydalı olabilir. Bu şekilde yayalar özellikle yaya yoğunluğunun yüksek olduğu duraklara güvenli bir şekilde erişebilir. Doğrudan sağa dönüşler yerine, kavşağa gelmeden bir blok önce başlayacak bir köprülü kavşak yapılabilir.



Şekil 49 Şehir içi anayolda duraklara erişim

Latin Amerika ülkelerindeki metrobüs sistemlerinde, özellikle metrobüse yanan yeşil ışıklar uzun süreliyse yayaların durağa girmek veya duraktan çıkmak için orta refüje gelerek refüj boyunca ilerlemeleri yaygın olarak kullanılan bir konfigürasyondur. Bu konfigürasyonun güvenlik etkilerine dair elimizde herhangi bir veri olmasa da Macrobus metrobüsü güvenlik konusunda oldukça iyi bir karneye sahiptir. Özellikle yayalar ışıklara çok fazla uymuyorsa ve yaya geçidi olsun veya olmasın karşıya geçmek için orta refüjleri kullanıyorsa metrobüslerde bu çözüm yöntemi değerlendirilebilir.

Sağa dönüşleri yasaklamanın sebep olacağı bir dezavantaj olarak, trafik bu defa dönüş yapmak için yerleşim yerlerindeki sokaklara yönelerek tehlikeyi buralara taşıyacaktır. Sağa dönüşlerde yaşanan sorunlarla başa çıkmanın bir diğer yöntemi de sağa dönüş şeridi oluşturarak bu şerit üzerinde sağa dönüşü izin veren bir ışık kullanılmasıdır. Bu yöntem New York ve Washington'da başarılı bir şekilde uygulanmakta olup sürücülerin trafik ışıklarına uyma oranlarının yüksek olduğu yerlerde değerlendirmeye alınmalıdır.



Şekil 50 TransMilenio hattı üzerindeki Calle 72 durağında yaya kaldırımı tamamen dolmuş durumda

7.2 ŞEHİR İÇİ ANA CADDELER ÜZERİNDE DURAĞA ERİŞİM

Duraklarda güvenliği arttırmak için durakların, yayaların davranış biçimlerine göre tasarlanmasını önermekteyiz. Özellikle de durakları kapalı durak olarak tasarlayarak ve bariyerler yoluyla yayaları ışıklı yaya geçitlerine yönlendirerek tasarımcıların yayaların dağınık bir şekilde hareket etmelerini önlemesi gerekmektedir.

Tavsiye ettiğimiz en önemli güvenlik önlemi, otobüs sisteminde ücret ödeme sistemine (otobüste veya otobüse binmeden) bakılmaksızın durakların kapalı durak olarak tasarlanmasıdır. Durağa sadece ışıklı yaya geçitleri veya yaya üstgeçitleri vasıtasıyla erişilebilmelidir.

Göz önünde bulundurulması gereken bir başka güvenlik konusu ise otobüs şeritleri ile karışık trafik şeritleri arasında bulundurulması gereken bariyerlerdir. Bu bariyerler sayesinde yolcular durağa girmek veya duraktan ayrılmak için otobüs şeridinden geçmeye çalışmayacaktır.

Duraklara erişim konusunda üzerinde durulması gereken bir başka önemli husus, orta blok geçidindeki veya varsa karşıdan karşıya geçişlerde yayaların yolun ortasında beklemesine yarayan refüjlerde oluşan aşırı kalabalıklardır.

Mexico City'deki Metrobus gibi tek şeritli metrobüs sistemindeki tipik bir durak, günde 2000-12000 yolcuya hizmet verebilmektedir. Rio de Janeiro'da planlanan bir metrobüs koridorunda gerçekleştirilen yol güvenliği denetiminde elde edilen bulgulara göre yoğun saatlerde kalabalık bir durakta bir ışık döngüsü içinde 100 yolcu kadar yüksek sayıda geçiş yaşanmaktadır.



Şekil 48 TransMilenio hattında bilet ücreti ödeme- den durağa girmek için otobüs şeritlerinden geçen bir yaya

Bu gibi durumlarda, durağa girmek isteyen yayaların sığamayacakları kadar küçük bir bekleme refüjünde sıkışmaması için durağa erişim yolunun trafik ışıkları ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu konuda önerilebilecek basit bir çözüm olarak yayalara bir yeşil ışık süresinde durak platformundan karşı kaldırma geçebilecek imkân tanınmalıdır. Denetimlerde gözlemlediğimiz sorunların pek çoğu, yayalara yanan yeşil ışığın kısa sürmesine bağlı olarak kalabalık yaya gruplarının yolun ortasındaki küçük bekleme refüjlerinde sıkışık durumda beklemek zorunda kalmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 51

Platform
Durak



Durak tasarımlarındaki temel güvenlik boyutlarından bir tanesi otobüs şeritleri ile karışık trafik şeritleri arasında bariyer veya korkuluk kullanılmasıdır. Bu sayede yayalar durağa girmek veya duraktan çıkmak için otobüs şeritlerine çıkamayacaktır.

Otobüsler ile platform arasına konulacak otomatik kapılar metrobüs durakları için iyi bir güvenlik önlemi olabilir. Bu kapılar otobüs kapıları ile aynı hizaya gelecek şekilde ayarlanmalı ve yalnızca otobüs platforma yanaşınca açılmalıdır. Kapıların açılıp kapanmasında kullanılacak mekanizmanın platformun önünden otobüs geçince veya bir otobüs yakındaki bir durağa yanaşırken yanlışlıkla açılmaması için dikkatli bir şekilde tasarlanmalıdır.



Şekil 52 Otobüs şeridi ile karışık trafik şeridi arasında herhangi bir bariyer olmayan bir durağın önünde karşıdan karşıya geçen bir yaya.



Şekil 53 Curitiba'daki bir metrobüs durağında bulunan otomatik kapı. Görüntüdeki kapılar otobüs olmamasında rağmen açık konumda. Yolcular otobüs şeridine düşebileceği için kapıların böyle açık kalması kalabalık duraklarda güvenlik riski oluşturur.

7.3 ORTA ŞERİT METROBÜS / OTOBÜS YOLU DURAKLARI

Yolun orta blok geçidinde bulunan durakların kapalı olarak tasarlanması, yani yayaaları ışıklı yaya geçitlerinde konumlandırılmış belirli geçiş noktalarına yönlendirecek duvarlar veya yüksek korkuluklarla çevrili olması gerekmektedir. Ücret ödeme sistemine (otobüste veya otobüse binmeden) veya araçların türüne bakılmaksızın duraklar bu ilkeler çerçevesinde tasarlanmalıdır.



Şekil 54 TransMilenio 2006: Aynı istasyon içinde yer alan iki durak arasındaki yaya yolu. Yüksekliği yaklaşık 1 metre olan korkulukların alçak kaldığı dikkati çekmektedir. Bu korkuluklar çok alçak olduğu için insanlar bunların üzerinden kolaylıkla atlayabilir. Bu da yayaalar için büyük bir güvenlik riski oluşturmaktadır..



Şekil 55 TransMilenio 2011: yaya yolunun kenarındaki korkuluklar yükseltilerek üzerinden atlaması zorlaştırılmıştır. Aynı istasyon içindeki farklı tesisleri birbirine bağlayan yaya yollarında bu tür yüksek korkuluklar kullanılmasını önermekteyiz.

Otobüs şeritleri ile karışık trafik şeritleri arasında yükseltilmiş korkuluk kullanımı

Bu, durak tasarımındaki en önemli güvenlik önlemidir. Çünkü bu korkuluklar sayesinde yayaaların en tehlikeli hareketleri, yani durağa kaçak girmek veya çıkmak için otobüs şeritlerine girmelerini engellemektedir.

Bu korkulukların en az 1,7 metre veya daha yüksek olması gerekmektedir. İnsanlar yine de bu korkulukların üzerinden atlamaya çalışacağı için bunların dayanıklı olması gerekmektedir. Korkuluklar istasyon içindeki yaya yolunun tamamı boyunca kullanılmalı ve aralarda boşluk bırakılmamalıdır.

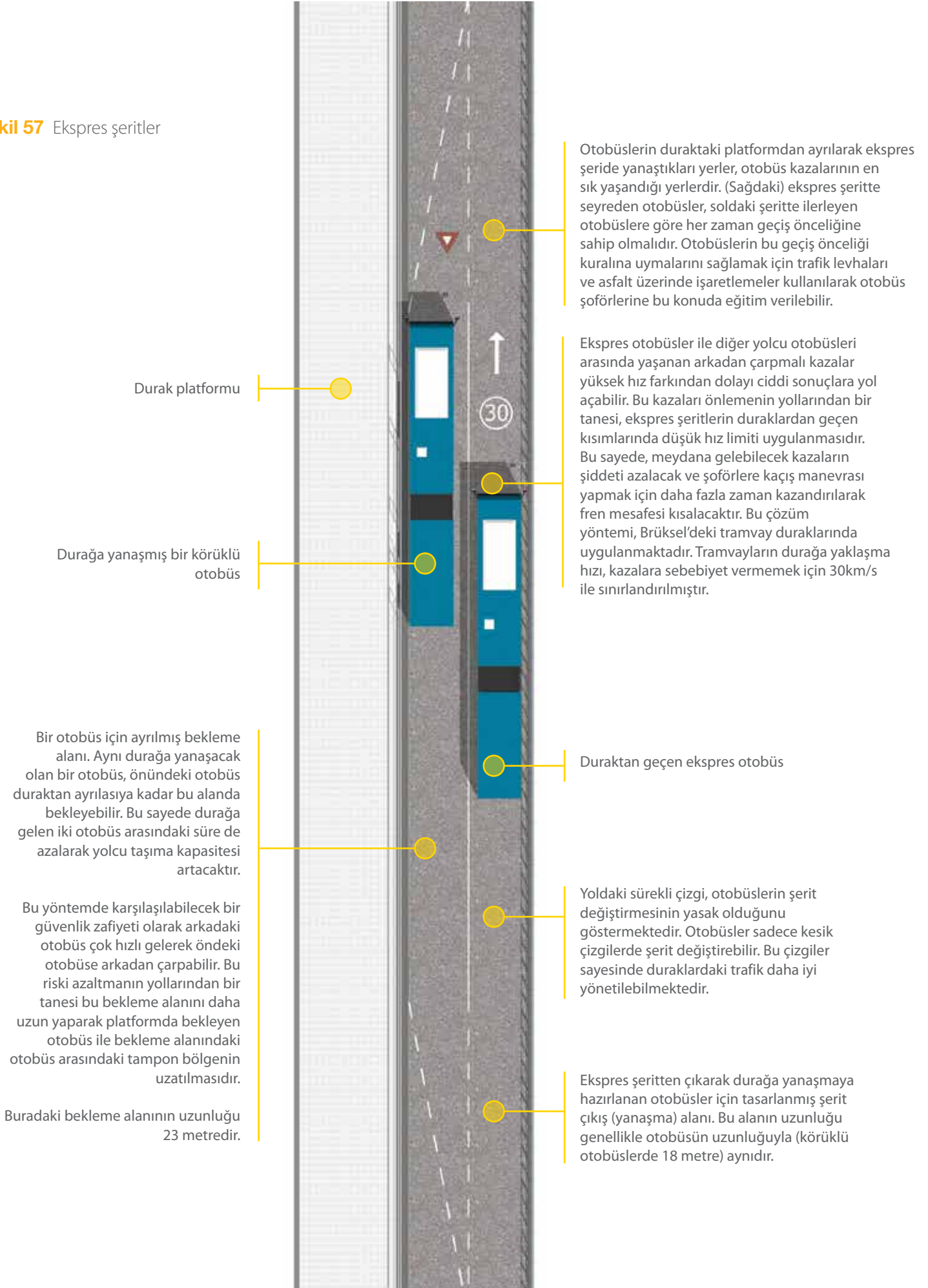
Platformlarda kapı kullanımı

Platform kapıları, yolcuların tehlikeli yerlerde yürümesini engellemek için faydalı olabilir ve insanların otobüs durağa yanaşırken güvenli bir mesafede beklemelerini sağlar. Kapıların yanlışlıkla açılmasına ek olarak insanların kapıları zorlayarak açması sorunu da söz konusudur. Bazen durağa kaçak girmek veya çıkmak için insanlar bu kapıları zorlayarak açarak otobüs şeritlerinden geçmeye çalışmaktadır. Bazen de yolcuların otobüs beklerken bu kapıların kapanmasına engel olduğu da gözlemlenmektedir.



Şekil 56 TransMilenio durağında kapıları zorlayarak açmış yolcular.

Şekil 57 Ekspres şeritler



7.4 DURAK TASARIMI: EKSPRES ŞERİTLER

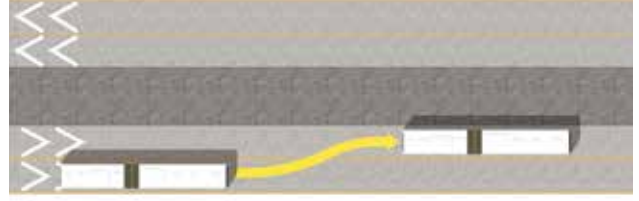
Ekspres şerit ve birden fazla durağın bulunduğu yüksek kapasiteli istasyonlarda göz önünde bulundurulması gereken başka güvenlik riskleri de söz konusudur. Bunlarda en büyüğü, ciddi sonuçlar doğuran ve hatta ölümlle sonuçlanan ekspres otobüsler ile diğer otobüsler arasındaki çarpışmalardır.

Otobüs sistemlerinin yoğun saatlerde tek bir yön için saatte 30.000 – 40.000 arasında yolcu taşınması gerektiği durumlarda genellikle çok şeritli yollar, çok duraklı ve platformlu istasyonlar ve ekspres otobüsler ile diğer otobüsler birlikte kullanılmaktadır. Bunun sonucunda da otobüs trafiği yoğun olmaktadır. Örneğin TransMilenio'nun verdiği bilgilere göre TransMilenio hattının en yoğun bölümünde tek bir yön için saatte 350 otobüse kadar bir trafik oluşmaktadır. Bunun anlamı, otobüsler arasında çok fazla anlaşmazlık yaşanmakta ve otobüslerin birbiriyle çarpışma riski daha yüksektir.

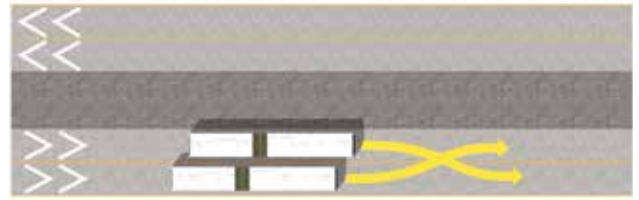
Benzer düzende inşa edilen TransMilenio ve Lima'daki Metropolitano metrobüs hatlarında otobüsler arasında en sık görülen kaza türü arkadan çarpmadır. Arkadan çarpmalı kazaların çoğu duraklardan uzakta yaşanmasına rağmen bu tür kazalar durak içinde gerçekleştiğinde, kazaya karışan otobüsler genellikle hızlı seyreden bir ekspres otobüs ile duraktan ayrılmakta olan normal bir otobüs olduğu için sonuçlar çok daha ağır olmaktadır. TransMilenio hattında 2005 yılı içinde yaşanan en şiddetli 3 arkadan çarpmalı kazada toplam 170'den fazla kişi yaralanmıştır.

Duraklarda yaşanan en sık kazalardan bir diğeri de duraktan ayrılan otobüsler ile durağa yanaşan otobüslerin birbirine yandan çarpması veya yandan sürmesidir. Bu tür kazalarda yaralanma riski düşük olup genellikle otobüslerin dikiz aynalarında hasar oluşur.

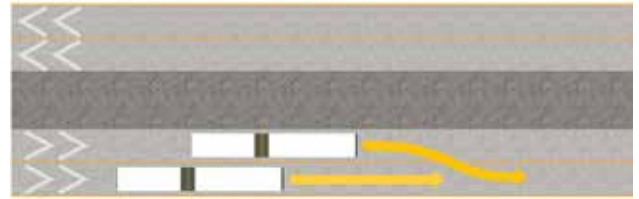
Şekil 58



TransMilenio ve Metropolitano (Lima) metrobüs duraklarında kaza senaryosu. Durağa yanaşmış olan bir otobüse, durağa yanaşmak isteyen başka bir otobüs arkadan çarpar. Bu tür kazalar genellikle düşük hızlarda gerçekleşir ve ekspres şeritlerdeki arkadan çarpmalı kazalar kadar şiddetli değildir.



TransMilenio hattı üzerindeki tipik bir durakta yaşanabilecek hafif çarpışma senaryosu: duraktan ayrılan normal bir otobüs, durağa yanaşmakta olan bir otobüs ile çarpışır. Bu kazalar genellikle düşük hızlarda gerçekleşir ve nadiren yaralanmalara yol açar.



TransMilenio hattı üzerindeki tipik bir durakta yaşanabilecek şiddetli çarpışma senaryosu: normal bir otobüs duraktan ayrılarak ekspres şeride girerken durak içinden geçen bir ekspres otobüs arkadan çarpar. Bu tür kazalar çok sayıda yaralanmalara sebep olarak en az bir tane ölüme yol açmıştır.



Şekil 59 TransMilenio hattı üzerindeki bir durakta yayalar duraktan ayrılmak için yasak yerden geçiyor.

Bu noktaya korkuluk koyarak yayaların karşı kaldırıma geçmek için karışık trafik şeritlerinden geçmeleri önlenabilir. Porto Alegre'deki bazı otobüs duraklarında platformun ucundan itibaren 10 metre uzunluğunda korkuluklar bulunmasına rağmen yayalar karşıya geçmek için hala orta refüjü kullanmaktadır. Korkulukların bu anlamda işe yaraması için 10 metreden fazla olması gerekmektedir.



Şekil 60 Durağa Erişim

Durakların kenarlarında kesintisiz ve tercihen şeffaf duvarlar kullanılmasını tavsiye etmekteyiz. Bu duvarlar sayesinde, durağa giren veya duraktan ayrılan yayalar ışıklı yaya geçitlerine yönlendirilecek ve karışık trafik şeritleri üzerindeki araçları görebilecektir.

Resimde kavşağın iki tarafında yer alan dirsekli durak platformları görülmektedir. Bir durağın kavşağa yakın olması sayesinde, durağa güvenli bir şekilde erişmek için yaya geçidini kullanan yayaların sayısı artacaktır. Korkuluk veya duvar kullanarak yayalar yaya geçidine yönlendirilebilecek ve yolun ortasından geçmeye gerek duymayacaklardır. Durak platformlarının kavşağın her iki tarafına da konulması ve bunların kavşağın önünde olması otobüslerin kavşağı kapatmayacak şekilde durakta veya kırmızı ışıkta düzgün bir şekilde sıralanmasını sağlanabilir.

İki otobüs şeridi arasına yerleştirilecek korkuluklar, yayaların duraktan karşı kaldırıma geçerken yolu kısaltmak için otobüs şeritlerinden geçmelerini önleyerek ışıklı yaya geçitlerine yönlendirecektir.

7.5 DURAKLARA ERİŞİM VE DURAK TASARIMI

Otobüs yollarında genellikle açık ve alçak platformlu duraklar kullanılmakta ve bilet ücretleri otobüste ödenmektedir. Bunun anlamı; yayaaların durağa erişim yolları düzensiz olup karşıdan karşıya rastgele yerlerden geçmektedir. Brezilya'daki Porto Alegre kentinden yapılan bir araştırmaya göre, yayaaların karıştığı kazaların en sık görüldüğü yerler otobüs duraklarının bulunduğu yerlerdir. Yayaaların karıştığı kazaların diğer sebepleri arasında caddelerdeki trafik akışlarının farklı farklı tasarlanması, yoğun trafik ve yaya sayısıdır (Diogene ve Lindau, 2010). Bu noktadaki çözüm önerisi, duraklardaki yaya giriş ve çıkışlarının daha düzenli olacak şekilde tasarlanmasıdır.

Yayaaların duraklara erişiminin kontrollü olarak sağlanması için duvar ve/veya korkuluk kullanılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta yayaaların durağa girmek ve duraktan çıkmak için kullanabilecekleri tüm yolları değerlendirme kapsamında almak ve durağa erişimi sadece ışıklı yaya geçitleri veya üstgeçitler üzerinden sağlamaktır.

Göz önünde tutulması gereken başka bir önemli nokta ise durak ve kavşak arasındaki bağlantıdır. Eğer bir otobüs yolcu aldıktan sonra hareket etmeden önce kırmızı ışıkta beklemesi gerekiyorsa arkadaki otobüslerin durağa yanaşmasını engelleyebilir. Bu sorun, yolcu aldıktan sonra duraktan ayrılan otobüse kırmızı ışıkta bekleyecek yeterli bir alan bırakarak ve bu sayede arkadan gelen otobüsün durağa yanaşması sağlanarak çözülebilir. Başka bir çözüm yöntemi olarak ise kırmızı ışığın süresi, bir otobüsün ortalama durakta bekleme süresine mümkün olduğunca yakın bir şekilde ayarlanabilir. Trafik ışıklarının döngü süresinin kısa tutulması da faydalı olabilir.



Şekil 61 Delhi'de bir metrobüs durağından ayrılarak yol kenarında düzensiz bir şekilde ilerleyen yayalar



Şekil 62 Delhi'de metrobüs durağına gitmek için otobüs şeritlerinden geçen yayalar

Kaldırım tarafı otobüs koridorlarında durakların kavşağın önünde değil de arkasında konumlandırılması sayesinde otobüsler ile sağa dönen araçlar arasındaki anlaşmazlıkların önüne geçilebilir. Bu şekilde ayrıca kırmızı ışıkta bekleyen bir aracın durağa girecek olan otobüsün önünü kesmemesi de sağlanabilir.

Durak ve kavşak arasında, durağa gelen otobüsler art arda dizildiğinde kavşağı kapatmayacak kadar mesafe olması gerekmektedir.



Şekil 64 Kaldırım tarafı duraklar

7.6 KALDIRIM TARAFI METROBÜS/OTOBÜS DURAKLARI

Özellikle sefer sayısının düşük olduğu uzun hatlarda otobüsün durağa yaklaştıklarını gören yayalar durağa gitmek için orta refüjden karşıya geçmeye çalışabilir. Yayaların bu hareketlerinden doğan tehlike, durak platformundan sonra fazladan 10-12 metre uzanan bariyer veya korkuluk kullanarak önlenabilir. Bu sayede yayaların rastgele noktalardan karşıya geçmesi önlenerek kavşaklardaki ışıklı yaya geçitlerine yönlendirilebilir.



Şekil 63 Transantiago hattında bir otobüs, kaldırım tarafındaki durağa yanaşmak için önündeki aracın etrafından dolaşmak zorunda kalıyor, Santiago de Chile

Gelişmiş güvenlik tedbirleri uygulanmadığında otobüs öncelikli şeritlerde veya normal otobüs yollarında otobüslerin yayalara çarpma riski yüksektir. Bu noktada, etrafında korkuluk bulunan ve dolayısıyla da yayaların rastgele yerlerden geçmesini önleyecek orta refüj kullanılmasını tavsiye etmekteyiz. Aynı zamanda yaya geçitlerinde caddenin ortasında yayaların trafiği bekleyebilecekleri bekleme alanları oluşturulmasını da önermekteyiz.



Şekil 65 Otobüs öncelikli şeritler ve normal otobüs şeritleri

7.7 DURAKLAR: OTOBÜS ÖNCELİKLİ ŞERİT VEYA KARIŞIK TRAFİK

Otobüs öncelikli şeritler veya normal otobüs yollarının kullanıldığı durumlarda güvenliğin artırılması, durağın kendi tasarımından ziyade genel anlamda cadde ve kavşakların nasıl tasarlandığına bağlıdır. Buradaki amaç, diğer durak türleriyle aynıdır; yani yayaların durak giriş ve çıkışlarında rastgele yerlerden geçmesini önlemek ve yayaları ışıklı yaya geçitlerine yönlendirmektir. Bunun için orta refüjde, durağın içinde bulunduğu bloğu

baştanbaşa kapatan korkuluklar kullanılabilir. Ayrıca önceki bölümlerde (caddelerin farklı kesimleri ve kavşaklar) değinilen tüm güvenlik risklerine karşı alınacak önlemlerde yayaların rastgele yerlerden geçmesi sorununa özellikle ağırlık verilmesini tavsiye etmekteyiz. Normal otobüs yolları üzerinde yayaların kazaya karışma riski daha yüksek olduğu için bu tür yollarda yaya güvenliği konusuna odaklanılması önem arz etmektedir.



Şekil 66 İstanbul metrobüsü üzerindeki Mecidiyeköy durağı

ÖRNEK OLAY ÇALIŞMASI

OTOYOLDA İŞLETİLEN METROBÜS: METROBÜS İSTANBUL

METROBÜS İSTANBUL'A GENEL BAKIŞ

İstanbul'da metrobüs seferleri 2007 yılında başlamıştır. 2014 itibarıyla Asya ve Avrupa yakaları arasında uzanan 52 km'lik hatta günde ortalama 800.000 yolcu taşımıştır. İstanbul metrobüsü, şehrin doğu-batı bağlantısını sağlayan en büyük transit ulaşım hatlarından biridir. Bu metrobüs hattı otoyol üzerinden gitmekte olup hattın tamamı otoyolun üstünden geçmektedir. Dolayısıyla da hat üzerinde hemzemin kavşak veya yaya geçidi olmadığı için sefer hızı oldukça yüksektir.

Genellikle 120-170 metre gibi uzun platformlar kullanılması ve otobüslerin konvoylar halinde hareket etmesi (bkz. Şekil 66) sayesinde metrobüs otobüslerinin sefer aralığı 20 saniyeye kadar inebilmekte ve tek bir yönde saatte 20.000 yolcu taşıyabilmektedir. Bu sayılar, öndeki otobüsü sollama imkânı bulunmayan diğer tek şeritli metrobüs hatlarına kıyasla oldukça yüksek rakamlardır. Metrobüsler otoyol üzerinde hareket ettiği için güzergâh üzerinde otobüslerin beklemesi gereken hiçbir trafik ışığı

veya kavşak bulunmamaktadır. Bu sayede de İstanbul metrobüsü, bu araştırmada yer alan diğer tüm metrobüs sistemlerinden daha yüksek bir sefer hızına sahip olup bu hız, ağır raylı sistemlerin (Tablo 13) hızıyla kıyaslanabilir niteliktedir. İstanbul'daki metrobüsün diğer bir özelliği ise Şekil 66'da da görüleceği üzere otobüsler çift yönlü yollar üzerinde hareket etmektedir (Türkiye'de normal trafik sağdan akarken Metrobüs koridorlarında otobüsler yolun sol şeridini kullanmaktadır).

Çift yönlü şeritlere ek olarak duraklarda alçak platform kullanılması, İETT'ye operasyonel esneklik kazandırmıştır. Çünkü sağdan kapılı ve alçak tabanlı otobüsler hem metrobüs koridorlarında hem de şehir içindeki diğer normal otobüs hatlarında kullanılabilmektedir. Şehir içi ana arterlerde çift yönlü şeritler kullanılması bir tehlike arz ederken bu tehlike otoyollarda çok düşüktür. Bir metrobüsün güzergâh üzerinde beklemesi gereken hiçbir ışık veya kavşak olmamasını göz önünde bulundurursak çift

Tablo 13 Kullanılan yolun türüne göre sefer hızları

Transit Ulaşım Şekli	Sefer Hızı (km/s)	Kaynak
Standart otobüs	Trafiğin durumuna göre değişiklik gösterebilir	
Ekspres sefer düzenlenmeyen ve şehir içi ana arterlerde ilerleyen metrobüs (örn. Metrobús Mexico City)	20 – 28	Metrobús 2010
Seferlerin çoğu ekspres olan banliyö arterleri üzerinde ilerleyen metrobüs (örn. Transoeste, Rio de Janeiro)	28 – 35	Rio Onibus 2012
Otoyol üzerinde ilerleyen metrobüs (örn. Metrobús İstanbul)	40 +	İETT, İstanbul
Hafif raylı sistem	18 – 40	Vuchic 2007
Hızlı raylı sistem (metro)	20 – 60	Vuchic 2007
Bölgesel raylı sistem (örn. Tren Suburbano, Mexico City)	30 – 75	Vuchic 2007

yönlü yollar herhangi bir sorun oluşturmamaktadır. Ancak tüm trafik şeritleri (metrobüs, karışık trafik, yaya trafiği) yol dizaynı ile sadece teoride ayrılmaktadır. Çünkü otobüs şeritlerine izinsiz olarak giren araçlar ve yayalar söz konusudur. Bu gibi bir durumda, uygulanmakta olan çift yönlü trafik konfigürasyonu kaza olasılığını ve şiddetini arttırabilmektedir. Bu konu ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

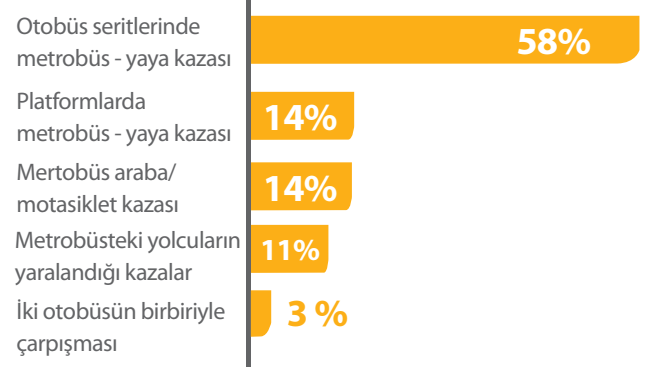
olanı (otoyolun karşısına geçmek veya karşıdaki durağa kısa yoldan gitmek amacıyla) otoyola çıkan yayalara otobüs şeridinde ilerleyen otobüslerin çarpmasıyla gerçekleşmektedir. İkinci senaryo ise (genellikle platformlardaki kalabalığa girmek için) otobüs şeritlerinden giden yayalara otobüs çarpmasıdır.

Durak platformlarında meydana gelen otobüs-yaya kazalarında yukarıda bahsedilen ikinci senaryo

TÜRLERİ

Otoyol üzerinden ilerleyen bir metrobüsün şehir içi ana arterde ilerleyen normal bir metrobüse kıyasla çok daha hızlı gitmesine rağmen güzergâh üzerinde anlaşmazlık yaşanacak başka araçlar olmadığı için otoyol üzerinden giden metrobüsler ana arter üzerinden giden metrobüslere kıyasla daha güvenlidir.

Şekil 67’de görüleceği üzere otobüs-yaya kazaları, otoyol üzerinde ilerleyen metrobüslerin karıştığı en yaygın yaralanmalı kaza türüdür. Bu istatistik içinde iki tane senaryo yer almaktadır. Bunlardan en yaygın



Şekil 67 Otoyol üzerinde ilerleyen metrobüs hatlarında meydana gelen en yaygın kaza türleri.
Kaynak: İETT tarafından sağlanan verilerin EMBARQ tarafından analizi

gerçekleşebilir veya otobüslerin aynası yayalara çarpabilir veya yolcular otobüsün kapısında sıkışabilir.

Son olarak, metrobüslerle arabalar veya motosikletler arasında yaşanan kazalar genellikle arabaların bariyerleri aşarak metrobüs şeridine girmesiyle meydana gelir. Bu noktada İstanbul'daki metrobüs sistemindeki gibi şeritlerin çift yönlü olarak konfigüre edilmiş olması sebebiyle, otoyolda kaza yaparak metrobüs yoluna giren araçların otobüslerle kafa kafaya çarpışabileceği ve bunun sonucunda da ölümle sonuçlanabilecek ağır kazalar meydana gelebileceği unutulmamalıdır.

OTOYOL ÜZERİNDE İLERLEYEN METROBÜSLERE YÖNELİK TASARIM ÖNERİLERİ

Korkuluk ve bariyerler

Yukarıda açıklanan kaza türlerinin çoğu korkuluk ve bariyerlerin birlikte kullanılmasıyla önlenabilir. Bu tür kazalara karşı, her iki tarafta da trafik akışı olduğu ve buralardan gelecek darbelerin absorbe edilmesi gerektiği için çift taraflı bariyer (Şekil 68) kullanılması önemlidir. Daha önceki bölümlerde de değinildiği üzere, metrobüs çift yönlü yolda ilerliyorsa bariyerler daha da önemli hale gelmektedir. Korkuluklar ise yayaların otoyol üzerinden karşıya geçmelerini önleyecektir. Bariyerler ve korkuluklar, yerel ve ulusal standartlara göre ve ilgili koridorda izin verilen azami hızda gerçekleşebilecek bir çarpmanın etkisini absorbe edebilecek kapasitede yapılmalıdır.



Şekil 68 Otoyol üzerinden ilerleyen metrobüsler için tavsiye edilen çift taraflı bariyer ve yüksek korkuluklar



Şekil 69 Solda: Metrobüs hattı üzerindeki Cevizlibağ durağında akşam yoğunluğunda oluşan kalabalık. Sağda: Hat üzerinde trafiğe kapalı bir alanda bulunan ve girişlerin turnike ile düzenlendiği gelişmiş bir durak.

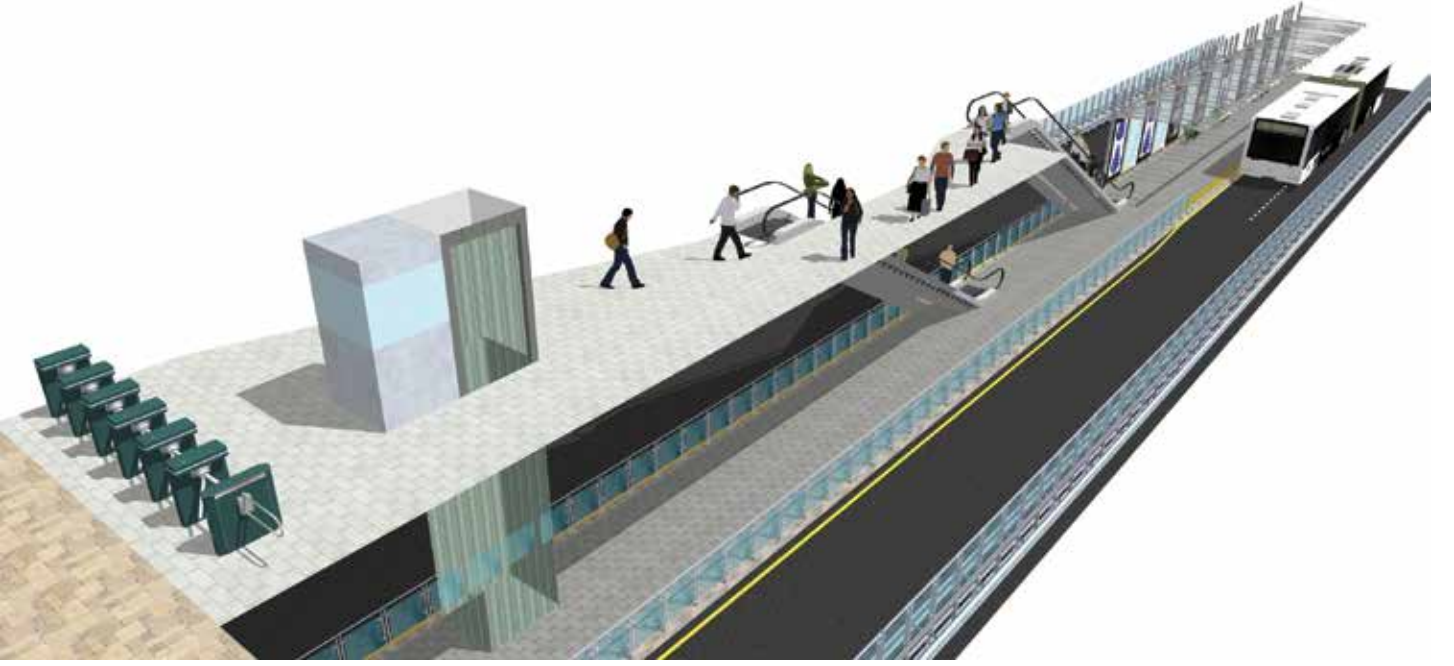
Durak erişim noktaları

Duraklara erişim noktaları, otoyol üzerinden giden metrobüs hatları için önemli bir tasarım alanıdır. Burada karşılaşılan en büyük sorun aşırı kalabalıktır. Kalabalığa girmemek için yolcular otobüs şeritlerinden ilerleyebilmekte ve dolayısıyla da otobüs ve yayaların karıştığı kazalar meydana gelebilmektedir (örn. Şekil 69'daki sol resim).

Bir transit ulaşım sistemi, otoyolun ortasından geçirildiğinde bazı önemli yetersiz alan sorunları ortaya çıkar. İstanbul'daki metrobüs sisteminde transit geçiş alanı iki otobüs şeridi ve durakların yer aldığı orta blok geçidiyle sınırlıdır. Duraklara erişim ise genellikle yaya üstgeçidi ile sağlanmaktadır.

Giriş ve turnikelerin, yaya üstgeçidinden gelen merdivenlerin aşağı tarafında yer aldığı durak tasarımları, orta blok geçidinin genişliği ile sınırlı olan bir kapasiteye sahiptir. Bu düzende durağın girişine sadece 4 tane turnike konulabilmekte olup bu nedenle de yolcu kapasitesi saatte sadece 5300 kişi ile sınırlı kalmaktadır.

2008'den 2011 yılı ortasına kadar geçen dönemde Metrobüsler kullanan yolcu sayısı %450 oranında artış göstermiştir. Yakın zaman önce yayımlanan bazı verilere göre bu artış 2013 yılında da devam etmiştir. Yaşanan bu yüksek artış sebebiyle bazı durakların ilk baştaki düzeni, artan yolcu talebine cevap veremez hale gelmiştir. Örneğin 2012 yılında Cevizlibağ durağında (Şekil 69 sol resim) akşam yoğunluğunda saatte 6300 yolcu durağa girmiştir. Bu sayı, durak kapasitesini %20 oranında aşmaktadır. Bu sorunun çözümü için İETT durak girişlerini tekrar düzenleyerek turnikeleri, daha geniş alan bulunan durağa



Şekil 70 Otoyolun ortasından ilerleyen metrobüs sistemlerindeki duraklarda yolcu kapasitesinin artırılması ve kalabalığın önlenmesine yönelik tasarım konsepti (bu resim yolcu girişlerini gösteren konsept bir tasarım olup tavsiye edilen tüm korkuluklar resimde gösterilmemiştir).

bağlanan yaya üstgeçitlerinin üzerine taşımıştır (Şekil 69). Bu bölümde durak girişlerinde yaşanan aşırı kalabalık sorununun çözümüne yönelik bazı tasarım seçenekleri ele alınmıştır (Şekil 70).

Şekil 70'te gösterilen tasarım konseptinin bazı temel özellikleri şunlardır:

- Durak, yaya geçidinin her iki tarafına doğru genişletilmiş ve durağın her bir tarafı farklı yönler için kullanılmıştır (örneğin batı istikametinde giden otobüsler üstgeçidin bir tarafında dururken doğu istikametindekiler durağın diğer tarafında durmaktadır).
- Turnikeler üstgeçide taşınarak daha fazla turnike yerleştirilmiştir. Çünkü bu noktada, giriş bölgesinin genişliği aşağıdaki orta blok geçidin genişliği ile sınırlı değildir.
- Yaya trafiğini düzenlemek için durağa gelen yolcular ve duraktan ayrılan yolcular için ayrı yürüyen merdivenler kullanılmıştır.



Indios Verdes aktarma durağının havadan görünümü, Mexico City

► BÖLÜM 9

TERMİNAL VE ANA AKTARMA DURAKLARI İÇİN ÖNERİLER

9.1 TEMEL GÜVENLİK HUSUSLARI

Bu çalışmamızda yer alan çoğu toplu taşıma sistemlerinde terminal ve ana aktarma durakları kazaların en yaygın olduğu yerlerdir. TransMilenio hattındaki Avenida Caracas'ta kazaların en sık yaşandığı 10 yerden üçü ne son durak ne de ana aktarma durağıdır (Avenida Jimenez, Portal de Usme ve Santa Lucia). Curitiba'daki Güney Hattı'nda kazaların en yaygın olduğu üç yerin tamamı son duraktır (Pinheirinho, Raso, and Portão).

Bu bilgilere bakarak aktarma durakları ve son durakların kaza riski en yüksek yerler olduğu söylenemez ancak bu noktalarda araç ve yaya trafiğinin diğer noktalara göre çok daha yoğun olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak da terminal ve ana aktarma duraklarındaki güvenlik

zafiyetleri diğer noktalara göre daha fazla kaza ve yaralanmalara yol açabilmektedir.

Tüm aktarmalarda göz önünde bulundurulması gereken öncelikli güvenlik konusu yaya güvenliğidir. Elimizdeki verilere göre yayalar otobüsteyken veya durak platformunda beklerken durağa giriş ve çıkışlara göre fazla güvencedirler. İki ana hat arasındaki en güvenli aktarma yöntemleri, yolcuların durak platformundan hiç ayrılmadığı sistemlerdir.

Bu sistem her zaman uygulanabilir olmamakla birlikte ayrıca farklı ulaşım güzergâhlarında kullanılan araç ve durak türlerine ve şehir içindeki şartlara da bağlıdır.

Tüm aktarmaların çapraz platformlarla yapıldığı



Şekil 71 Estado de Mexico'ya kuzeyden bağlanan metrobüs ve minibüs hatları arasındaki aktarma durağı Indios Verdes'in havadan görünümü, Mexico City.

büyük ve entegre aktarma durakları ideal bir çözümdür. Ancak bu tür duraklar çok geniş bir alan gerektirmektedir. Bu duraklar şehir içi sınırına yakın bir noktada hattın sonuna kurulabilir. Tüm ana koridorların sonunda entegre aktarma durakları bulunan TransMilenio hattı buna örnek gösterilebilir. Ana hatlar ve yan hatlar bu duraklarda kesişmektedir. Bazı durumlarda ve özellikle şehir merkezi yerleşiminin yoğun olduğu şartlarda ise bunun gibi büyük duraklar için yeterli alan olmayabilir. Dolayısıyla da aktarmaların kavşak noktalarında yapılması gerekmektedir. Bu durumda yaya güvenliği ve otobüslerin dönüş alanlarıyla ilgili olarak ortaya çıkan bazı ekstra hususlar ile birlikte aynı güvenlik tasarımları uygulanabilmektedir.



İki ana hat arasındaki en güvenli aktarma yöntemi, yayaaların durak platformundan ayrılmadan aktarma yapabildiği konfigürasyonlardır.

TASARIM KONSEPTLERİ LİSTESİ

İlerleyen sayfalarda, yukarıda bahsedilen temel güvenlik sorunlarına yönelik olarak aktarma durakları ve son duraklar için aktarma türüne göre bazı tasarım konseptlerine yer verilmiştir. Öncelikle ana metrobüs veya normal otobüs hatlarının kendi içindeki aktarmalar incelendikten sonra ana hatlar ve yan hatlar arasındaki aktarmalarla devam edilerek son olarak metrobüs ile normal otobüs hatları arasındaki aktarmalara değinilecektir. Farklı aktarma türlerinin güvenlik konusunda kendilerine özgü avantajlarını değerlendirmek için iki yöntem mevcuttur. Bunların ilki aktarma yolcularının güvenliği ile ilgilidir. Aktarma yolcularının güvenliği hususunda tercih edilebilecek en güvenli seçenek çapraz platform konfigürasyonu veya mümkün olan tüm noktalardan geçen aktarmasız otobüs güzergâhı seçeneğidir.

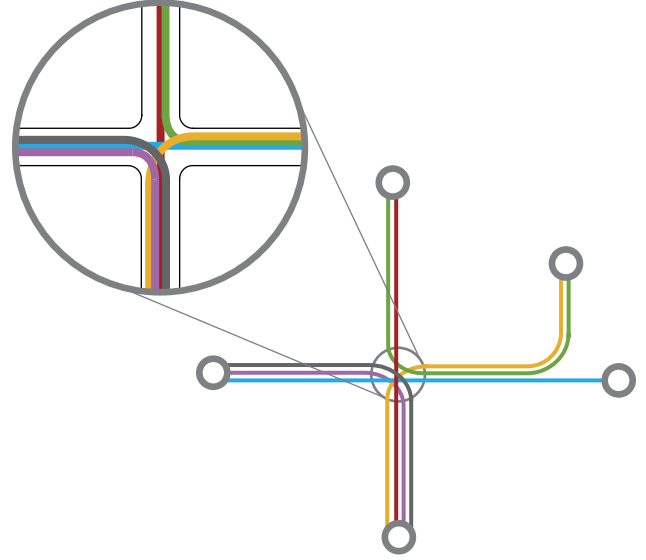
Göz önünde bulundurulması gereken ikinci husus ise aktarma yapılan noktaların genel güvenliği, yani sadece aktarma yolcularının değil tüm yol kullanıcılarının güvenliğidir. Bu konuda sunabileceğimiz önerilerle; genel olarak kavşaklar ve duraklar için sunduğumuz öneriler aynıdır. Yani kesişme noktalarının dar olması, dönüşlerin bazı kurallar dâhilinde sınırlandırılması, yaya geçidi mesafesinin kısa olması ve yayaaların rastgele yerlerden yürümesini önleyecek iyi bir durak erişim tasarımı.

9.2 ANA HATLAR ARASINDAKİ AKTARMALAR: TÜM DURAKLARI SÜPÜREN AKTARMASIZ OTOBÜS GÜZERGAHI

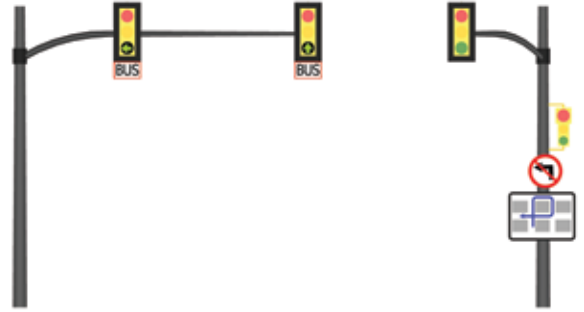
ÖRNEK: TRANSMILENIO

Bu senaryoda her bir koridor üzerinde farklı otobüs güzergâhları mevcut olup mümkün olduğunca tüm noktalardan geçen bir otobüs güzergâhı söz konusudur. Burada yolcular sadece binmek istedikleri hattın otobüsünü bekleyerek herhangi bir aktarma yap istedikleri yere gidebilmektedir.

En güvenli seçeneğin bu olmasına rağmen operasyonel açıdan çok fazla karmaşa oluşturmaktadır. Kavşakların dönüş şeritleri ayrı olacak şekilde tasarlanması ve rötarların önüne geçmek için ışıkların otobüslere öncelik tanıyacak şekilde ayarlanması veya başka bir alternatif olarak alt ve üst geçitler kullanılması gerekmektedir. Yolcular gitmek istedikleri noktaya doğrudan giden bir



Bazı durumlarda altı tane ışıktaki beklemesi gerektiği için otobüslerin bir kavşakta tam dönüş yapması pratikte oldukça zordur. Bu yüzden kavşağın her iki yönündeki caddelerin trafik kapasitesi düşmektedir. Seyahat modeli ve talebe bağlı olarak sadece otobüslere geçiş sağlayan trafik ışığı kullanımı yaygın bir uygulamadır. Aşağıdaki resimde bir kavşağa bağlanan üç yolda dördüncü yola dönüş yapılabilen ve düz devam edilebilmektedir. Bu kavşak konfigürasyonunda her bir dönüş için otobüs öncelikli trafik ışıkları kullanılması gerekmektedir.



Şekil 72 Ana hatlar üzerindeki aktarmalar



otobüse bindiği ve gerçek manada bir aktarma söz konusu olmadığı için aktarma yolcuları için en güvenli seçenek budur. Bu konfigürasyon, yayalar için sorun teşkil eden birden fazla otobüs dönüş şeridi gerektirdiği için bu tür kavşaklarda geniş bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Yayalar için tehlike arz eden bu riski azaltmak için otobüslerin dönüş yarıçapını mümkün olduğunca kısa tutmak ve yayaların karşıdan karşıya geçerken caddenin ortasında bekleyebileceği bekleme adaları oluşturulması gerekmektedir.

Bu kavşak konfigürasyonu, otobüs güzergâhlarının ayarlanmasında büyük bir esneklik sağlamaktadır. Metrobüs yolcularının otobüsten inerek başka bir durağa yürümesinden ziyade gitmek istedikleri noktaya aktarmasız olarak doğrudan ulaşım imkânı tanınması sayesinde metrobüse olan talep artabilir. Bunun olumsuz tarafı ise iki metrobüs koridorunun kesiştiği noktalarda ciddi tıkanıklıklar yaşanabilir. Çok şeritli bir metrobüs hattının yolcu kapasitesi yoğun saatlerde saatte 43.000 yolcuya kadar çıkabilmektedir (Hidalgo ve Carrigan, 2010). Durum böyle olunca iki koridorun kesiştiği kavşaklarda her iki koridorda da bu kapasiteyi korumak oldukça zor bir hale gelmektedir. Farklı yönlerde dönüş yapacak olan her otobüs için otobüs öncelikli ışık yanması gerektiğinden, yeşil ışık süresinin toplam ışık döngüsü süresine oranı (g/C oranı) çok düşücektir.

Kesişen iki koridordan bir tanesine veya otobüslerin kavşakta birden fazla sayıda yapacağı dönüşlerin sadece bir tanesine geçiş önceliği tanınarak bu dönüşlerdeki yeşil ışık süresinin artırılması ve diğer dönüşlerde kısaltılması suretiyle bu oran yükseltilebilir. Eğer her iki koridorda da yüksek yolcu talebi söz konusuysa koridorların kesiştiği noktalarda; TransMilenio sistemindeki NQS, Avenida Suba ve Calle 80 koridorları örneklerindeki gibi alt geçit veya üst geçit seçeneklerine başvurulabilir.



Şekil 73 Sağa dönen otobüsler ve düz devam eden diğer araçlar arasında meydana gelebilecek bir kaza senaryosu. TransMilenio hattı üzerinde bu tür kazaların yaşandığı bildirilmektedir.

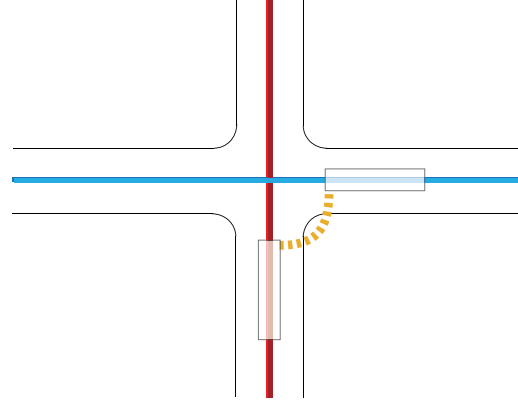


Şekil 74 TransMilenio koridoru üzerindeki üç hattın kesişim noktası: NQS, Calle 80 ve Avenida Suba. Bu üç hat arasındaki otobüs bağlantıları üstgeçitler yoluyla sağlanarak tüm dönüşlerde kapasite azami düzeyde korunuyor ve otobüsler arasındaki muhtemel anlaşmazlıklar önlenabiliyor.

9.3 ANA HATLAR ÜZERİNDEKİ AKTARMALAR: KAVŞAK GEÇİŞLERİ

ÖRNEK: MEXICO CITY METROBÜS

Burada tüm koridorlar üzerinde sadece bir tane güzergâh söz konusudur. Aktarma yapacak yolcuların bir durakta inerek karşıya geçip diğer duraktan otobüse binmesi gerekmektedir. Yolcuların karşı durağa gidebilmesi için yoldan geçmesi gerektiği için bu güvenliğin en düşük olduğu seçenek. Aktarma işleminin zor olması ve bazı durumlarda aktarma için tekrar ücret ödenmesi gerektiğinden dolayı yolcular bu sistemi kullanmaktan kaçınabilir. Tüm bu sorunlar, aktarma yapılacak durakları yaya üst geçidi ile birbirine bağlayarak aşılabılır. Bu yöntem otobüs güzergâhları arasındaki aktarmaları



Ayrıca kavşaklar ve otobüs dönüşleri arasında bir takım aktarma kombinasyonları da kullanılabilir. TransMilenio sistemindeki Avenida Jimenez durağında bu dizayn kullanılmaktadır. Söz konusu bu dizaynda, kesişen iki koridor arasındaki aktarmaların bir kısmı otobüsler vasıtasıyla yapılırken bir kısmı da yolcuların alt geçitten karşı durağa geçmesiyle yapılmaktadır. Bu yöntem sayesinde kavşaklardaki otobüs öncelikli yeşil ışık süresi kısaltılabilmektedir.

Kavşakların bu kenarında kalabalık yaya grupları oluşması beklenebilmektedir. Hâlihazırdaki yaya trafiğine ilave olarak hem bu noktada yer alan iki durağa gelen yolcular hem de bu iki durak arasında aktarma yapan yolcular kavşağın bu tarafından geçecektir. Bu husustaki tavsiyemiz; yolun her iki tarafında kaldırım tarafındaki şeritleri iptal ederek bunların yaya kaldırımına eklenmesi yoluyla yayalar için daha geniş bir alan oluşturulmasıdır. Caddenin bu köşesinde oluşturulacak trafiğe kapalı küçük bir meydan veya park da yararlı olabilir.

Şekil 75

Bir kavşaktan geçiş



Kavşağın içinde yayaların aktarma yapmak için geçtiği yolun iki tarafına kasis konulmasını önermekteyiz.

Yayaların duraklara erişim yolu üzerindeki tüm dönüşler yasaklanmalıdır. "Dönüş Yasak" tabelasına ek olarak sola dönüşler için araçları köprülül kavşağa yönlendiren bir tabela da kullanılmalıdır. Sağa dönüşler için kullanılacak köprülül kavşağın girişi ise söz konusu kavşaktan önce başlamalı ve kavşağa geldikten sonra sağa dönüş için herhangi bir tabela bulunmamalıdır.

düzenlemenin en basit yolu olmakla birlikte aktarma yolcuları için güvenliğin en düşük olduğu yöntemdir.

Kavşaklardaki yaya güvenliğinin iyileştirilmesi

Bu konudaki çözüm önerimiz; aktarma yolcularının karşıdan karşıya geçtiği yolun her iki tarafındaki birer şeridin iptal edilmesi ve trafiğin yavaşlatılması için kasis kullanılmasıdır. Ayrıca yayaların iki durak arasında aktarma yaparken kullandığı yaya geçitlerinde hem sağa hem de sola dönüşlerin yasaklanmasını da önermekteyiz. Aktarma yapan yolcular kalabalık ise yaya öncelikli trafik ışığı kullanarak bu yayaların iki durak arasındaki mesafeyi tek bir yeşil ışıkta geçmeleri sağlanabilir.

İki durak arasında yaya üst geçidi veya alt geçidi kullanımı

İki durağı yaya üst geçidi veya alt geçidiyle de birbirine bağlamak mümkündür. Alt veya üst geçit kullanılması, yayalar için oluşacak riskleri azaltırken aynı zamanda da bazı operasyonel faydalar sağlayacaktır. Eğer durakların birbiriyle bağlantısı varsa bu duraklar tek bir durak gibi hizmet verebilir ve duraklara giren ve duraklardan ayrılan aktarma yolcuları herhangi bir sorunla karşılaşmaz.

Bu çözüm yöntemi TransMilenio sistemindeki Avenida Jimenez aktarma durağında uygulanmaktadır. Altgeçitlerin avantajı iniş ve çıkışların daha kısa olmasıdır. Duraklar arasında bir üst geçit inşa ederken yüksekliğin yoldan geçen otobüs ve kamyon gibi yüksek gabarili araçlara göre ayarlanması önemlidir. Bir üstgeçidin yüksekliği 4,8 metre veya daha yüksek olmalıdır.

Üstgeçitler için ise sadece 3 metre gibi yayaların rahat yürüyebileceği bir yükseklik yeterli olacaktır. Aradaki 1,8

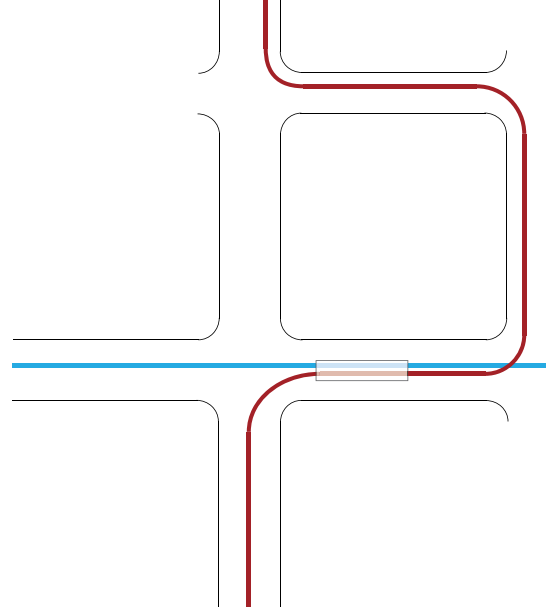
metrelik yükseklik farkı, eğimin %10 olduğu varsayılırsa merdivenlere 18 metre uzunluk olarak yansımaktadır. Dolayısıyla alt geçit ve üst geçitten hangisinin tercih edileceği, durakta merdivenler için ne kadar alan olduğuna ve aradaki inşaat maliyeti farkına bağlıdır. Alt geçitlerde değerlendirilmesi gereken diğer hususlar ise aydınlatma ve güvenlik konularıdır.

Alt geçit veya üst geçit kullanılmayan durumlarda bu tür aktarmalarda yayaların bir duraktan çıktıktan sonra diğer durağa tekrar giriş yapması gerekmektedir. Bu uygulamanın yayaların ödediği bilet ücreti üzerindeki etkileri değerlendirmeye alınmalıdır. Bu uygulama aktarma yolcularından bilet ücreti tahsilatında bazı sorunları beraberinde getirirken aynı zamanda aktarmanın zor olması nedeniyle yolcuların başka ulaşım seçeneklerine yönelmesi ihtimalini de arttırmaktadır. Ancak diğer yandan kapasite konusunda avantaj sağlamaktadır. Önceki örneklerin aksine bu uygulamada trafik tıkanıklığı yaşanmaz ve kavşaklardaki yolcu taşıma kapasitesi bu iki durağın kapasitesinden daha yüksek olur. Hemzemin kavşaklarda kesişen aktarmasız otobüs hatlarının yolcu kapasitesine kıyasla bu konfigürasyondaki iki koridorda şerit başına daha fazla yolcu taşınabilmektedir.

9.4 ANA HATLAR ARASINDAKİ TRANSFERLER: HİBRİD SEÇENEĞİ, PLATFORMLAR ARASI TRANSFERİ SAĞLAMAK İÇİN SERVİS YOLLARI

Hat başına bir otobüs rotasıyla bile platformlar arası transfer yapmak mümkündür. Bu da rotada bir blokluk servis yolunu içerir. Bu sayede her iki yönden gelen otobüsler aynı durakta durabilecektir.

Aktarmalı yolcular için bu daha güvenli bir seçenektir. Ayrıca onlara zaman kazandırır. Bu seçeneğin dezavantajı ise kırmızı rotada seyahat eden yolcuların seyahat sürelerini artırmasıdır. Otobüslerin farklı dönüşleri olduğundan ve güvenlik için her yöndeki yol şeridi dengesini sağlamak gerektiğinden bölümler arası tasarım da çok karmaşık olur. Sokak ağları ya da iki otobüs rotasının düzeninin tüm



Şekil 76 Ana hatlar arası transferler

otobüsleri aynı durağa getirmek için gerekli servis yolunu en aza indirmesi durumunda bu seçenek uygulanabilir duruma gelir.

Sadece her koridorda bir hat işlese de, bu seçenek iki koridor arasında platformlar arası transferi mümkün kılar. Bu, direk rotaların güvenliğinden faydalanır ve koridor başı bir rotanın sağlayacağı operasyonel basitliği sağlar. Başka mümkün kombinasyonlar da vardır. Bu transfer yeniden dizayn edilebilir ve bu sayede bazı otobüsler hatta düz devam edebilirken bazıları da diğer hat üzerinden servis yolu yapabilir. Bu da hem aktarmalı yolcular için hem de devam eden yolcular için zaman kaybının önlenmesi demektir.

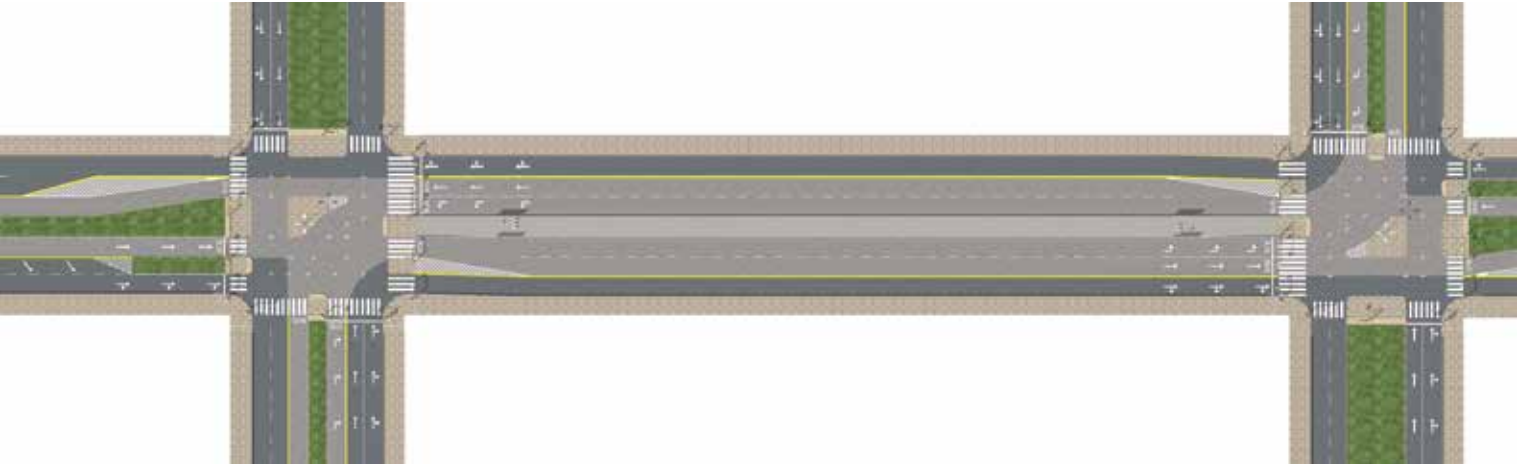
Asıl güvenlik meselesi bir BRT koridorunun servis yolunu aldığı bölümlerarası düzenlemede ortaya çıkar. İki hattın da bulunduğu bölüm aynı yolu paylaşır. Rötarları önlemek için bölümlerde her dönüş hareketi için aynı şeritlerin olması önemlidir.

Bu operasyonel bir meseledir, ancak Şeritlerin dengesinin ve hızasının kavşaktaki her hareketi mümkün kılacak şekilde düzenlenmesi bir güvenlik gerekliliğidir. Bu biraz karmaşık olabilir ve farklı genişlikte refüjlerin, beyaz hatların, vs kullanımını gerektirmektedir.

Eğer kavşaklar iyi dizayn edilmemişse platformlar arası transferlerin güvenlik faydalarını kaybetme riski oluşur.

Bu transfer çeşidinde, kapasite durak nedeniyle değil de kavşak nedeniyle limitli hale gelebilir.

Bu dizayndaki operasyonları geliştirmek için otobüs dönüşleri ve iki BRT koridorundan birinde devam eden otobüsler için ayrılmış şeritler sağlanmalıdır. Bu hareketler aynı sinyal bölgesini paylaşmayacaktır ve eğer farklı şeritleri olmazsa, kavşakta birbirlerini bloke etme olasılıkları vardır. Kavşağın üç bölgesi olması gerekir: Birincisi bir koridordan diğerine dönen otobüsler için, iki tanesi de her koridorda devam eden trafik için. Biz karma trafik için sola dönüşlerden kaçınmayı tavsiye ediyoruz çünkü bu dönüşler gerekli sinyal bölgelerini artıracaktır ve her iki BRT koridorunun da kapasitesini düşürecektir.



Şekil 76 Ana hatlar arası transferler

9.5 BAŞKA HİZMETLER İÇİN TRANSFERLER: BİRLEŞİK TERMINALLER

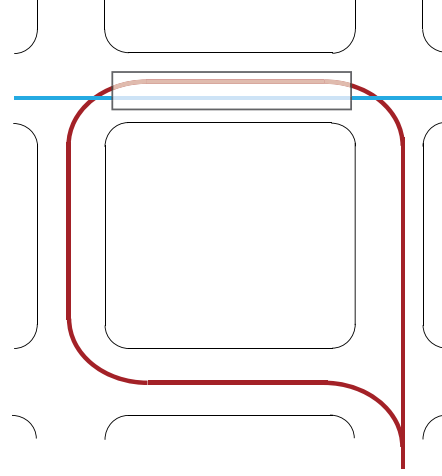
ÖRNEKLER:

TRANSMILENIO TERMINALLERİ, SAN JERÓNIMO TERMINALLERİ OPTIBÚS BRT ÜZERİ, LEÓN

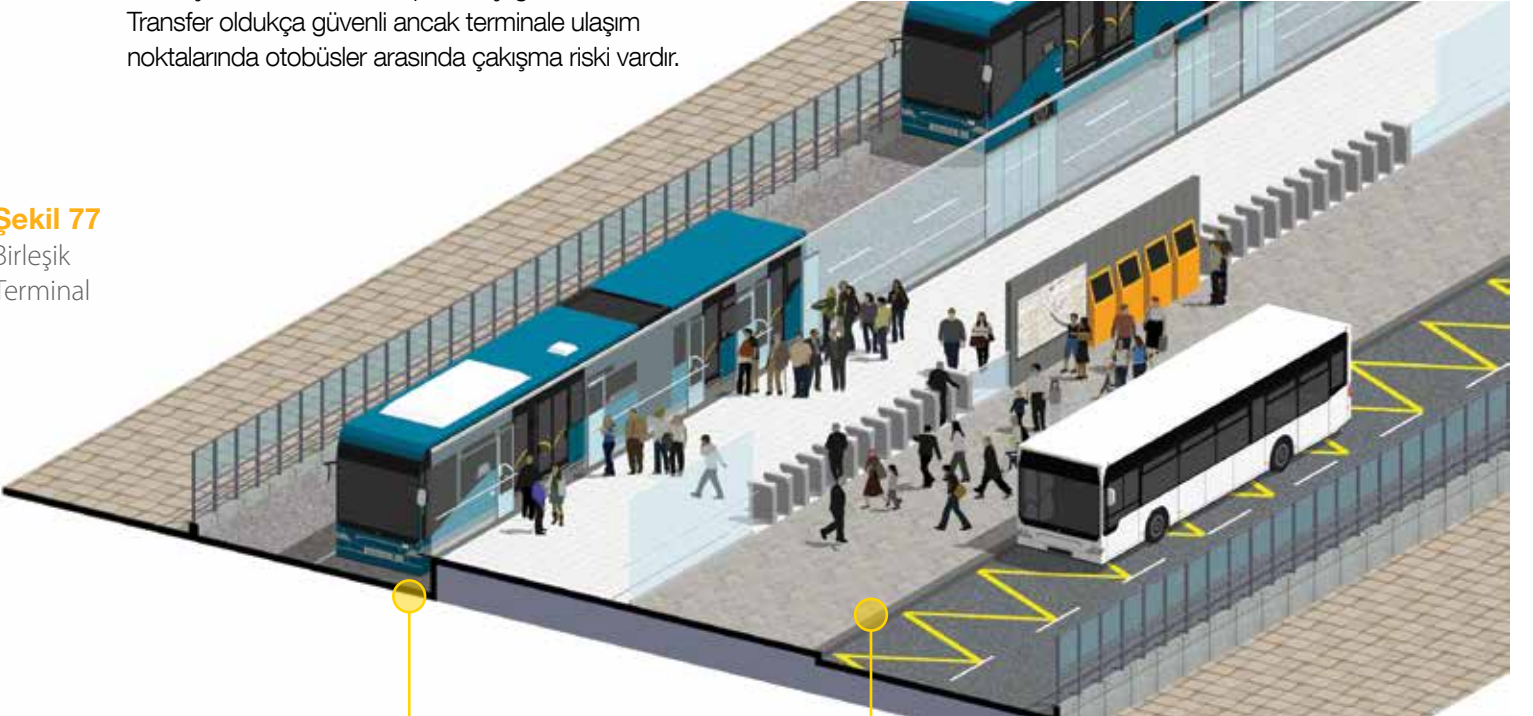
Bu, TransMilenio'da olduğu gibi, birleşik ana hat ve şebeke hattı için tipik bir transfer terminalidir. Terminalin bir merkezi platformu, sağdan ve soldan kapılı otobüsleri vardır. Bu sayede otobüsler her yönden yolcu alabilmektedir ve yolcular sadece platform arasında transfer yapabilmektedir.

Bu, genelde farklı servisler arasında iyi bir bütünlemeyi içerir ancak teoride tamamen bağımsız servislerle de çalışabilir. Durağın BRT tarafı kapatılabilir ve diğer taraf hala açıkken harici ücret toplama işi görebilir.

Transfer oldukça güvenli ancak terminale ulaşım noktalarında otobüsler arasında çakışma riski vardır.



Şekil 77
Birleşik
Terminal



Platform yüksekliği: Otobüsün giriş yüksekliğiyle aynı

Terminalin bu tarafında, platform yolun 1 metre yukarısındadır. Bu da tipik bir yüksek girişli, soldan kapılı otobüsün yolcu almasına imkân sağlar.

Terminalin bu kısmı yüksek girişli BRT araçları tarafından kullanılmalıdır. Büyük olasılıkla kapalı olacaktır ve harici ücret toplama işi görecektir.

Platform yüksekliği 30 cm

Terminalin bu tarafındaki otobüs şeritleri yolun 70 cm üzerinde bir seviyeye yükseltilmiştir, bu sayede merkezi platform bu taraftan engelli otobüslerine hizmet verebilecektir.

Terminalin bu kısmı geleneksel sağ kapılı otobüsler tarafından kullanılmalıdır. Kapı açık olabilir ve aynı zamanda otobüs içinde ücret toplama işi yapılabilir, ancak terminalin dış kısmında koruyucu parmaklıklar olmalıdır. Bu sayede yayaların otobüs hatları üzerinden geçmesi engellenmiş olur.

Platformun fazla kalabalıklaşmaması için doğru bir şekilde ölçülmesi önemlidir. Aksi halde bazı yolcuların otobüs hatları üzerinde yürümesi gibi ciddi bir risk oluşabilir.

Bu yolcular için çok güvenli bir transfer seçeneği vardır. Düşünülmesi gereken en büyük güvenlik risk otobüslerin terminale ulaşma noktalarıdır. Dar geçitlerden kaçınmak ve farklı trafik yönlerini açıkça ayırmak çok önemlidir.

TransMilenio'da, Ortal de Usme terminalinde ölümcül bir kaza yaşandı. Ana hattan ve şebeke hattından gelen 2 otobüs terminal girişinde kafa kafaya çarpıştı ve birkaç yolcunun yaralanmasına, bir tanesinin de ölümüne neden oldu.

Terminal platformları için ana güvenlik ihtiyacı beklenen yolcu hacmini taşıyacak yeterlikte genişliktir. Eğer platformlar çok kalabalıklaşırsa, yolcular otobüs hatları üzerinde-özellikle alçak platformlu terminaller tarafında yürüyebilir.



Şekil 78 TransMilenio terminalinin tipik düzenini gösteren resimler.

Sol: yeşil şebeke hattı otobüsleri platformun sol tarafında durmaktadır.

Sağ: Körüklü kırmızı ana hat otobüsü aynı platformun sağ tarafında durmaktadır.

Birleşik terminaller için erişim noktaları

Terminale erişim noktalarının düzenlenmesi farklı otobüsler arasındaki çakışmayı en aza indirmeyi ve güvenli yaya erişimini amaçlamalıdır.

Resim 79 Terminaller için en zorlu kavramlardan biri için örnek bir düzenleme çözümü sunmaktadır. Hem yayalar hem de otobüsler için eşit düzeyde erişim sağlayan şehir merkezinde bir terminal. Otobüsler arasındaki çakışma, ana hattan ve şebeke hattından gelen otobüslerin farklı sinyal bölgeleriyle girişinin sağlanmasıyla çözülmüştür.

Yayalara yeterince geniş bekleme alanı ve geniş yaya geçitleri sağlanmıştır. Terminale altgeçit veya üstgeçit ile erişim otobüslerle yayalar arasında çakışma yaşanmaması için gereklidir.

Bu kavşakta kapasite sistemin uygulama kapasitesinden biraz daha yüksek olacaktır. Yani bu bir dar boğaz yaratmayacaktır. Ancak, Bu biçimin yaya rotalarına neden olması ve yayaların kırmızıda geçme olasılığını artırması muhtemeldir. Bu da yayalar için bir altgeçit veya üstgeçitle çözümlenebilir.

Şehir merkezindeki bölgelerde, bu yolcuların pek çoğu, hatlar arasında transfer yapmak yerine, seyahatlerine terminalde başlayabilir ya da burada sonlandırabilir.

Yaya erişim noktaları her sinyal devri için beklenen yolcu hacmini taşıyabilmelidir. Aynı zamanda çok büyük yaya hacmi için altgeçit ya da üstgeçit kullanmayı da düşünün.



Şekil 79 Birleşik terminaller için erişim noktaları

Şekil 80 Terminal biçimleri örnekleri**PORTAL DEL NORTE, TRANSMILENIO**

Autopista Norte merkezinde yer alır. Otobüslerin ekspres yola eşit düzeyde erişim noktaları vardır. Yayalar ise terminale bir üstgeçit ile ulaşmaktadır. Ana hat ve şebeke hattı iki paralel platformun her iki yanında da dururlar. Şöförlerin birbirlerine yol verecekleri düşünülerek otobüslerin terminale erişim noktaları sinyalizasyonla edilmemiştir.

**PORTAL TUNAL, TRANSMILENIO**

Şehir arterlerinden uzak, otobüsler ve yayalar için eşit düzeyde erişime sahiptir (yayalar için üstgeçit kullanılmıştır). Tek bir platform olarak işler, otobüsler her iki yandan da yolcu alabilmektedir.

**PORTAL DEL SUR, TRANSMILENIO**

Bu biçim hem güvenlik hem de işlevsellik için daha iyidir, ancak çok daha pahalıdır. Ekspres yolun hemen dışındadır, her iki yönden de üstgeçit yoluyla otobüslerin erişimi vardır. Bu da yukarıda gösterilen her iki biçim için de bir çok çakışmayı engeller.

9.6 DİĞER HİZMETLERE TRANSFERLER: YEREL OTOBÜS HİZMETLERİNE BİR KAVŞAK YOLUYLA TRANSFER

ÖRNEK: MACROBUS, GUADALAJARA

BRT veya otobüs yolu koridorunun yerel otobüs servisi olan bir caddeye çıkması durumudur.

Ana sistemde ve şebeke sisteminde olduğu gibi farklı otobüs servisleri birleştirilmemiştir ancak bazı yolcular farklı hatlar arasında transfer yapabilir.

Buradaki amaç farklı durakları birbirine olabildiğince yakın tutmak, kavşakları yayalar için mümkün olduğunca güvenli hale getirmek ve yaya geçidi mesafesini en aza indirgeyecek bir transfer sağlamaktır. Bu en güvenli seçenek değildir çünkü trafik hatları üzerinde transfer yapmayı içerir ancak bu en kolay uygulanabilir seçenektir

ve farklı servisler arasında bütünleştirme gerektirmez.

Bu tarz transfer genelde aynı şirket tarafından işletilmeyen otobüs hizmetleri arasında gerçekleşir. Bu durumlarda transferleri koordine etmek her zaman zordur ancak ana güvenlik hedefi transfer yolcular için yürüyüş mesafesini en aza indirmek ve transfer yollarını olabildiğince güvenli tutmaktır.

BRT durağı diğer otobüs koridoru ile olan kavşağa olabildiğince yakın bir yerde olmalıdır. Bu kavşakta dönüşleri yasaklamayı öneriyoruz çünkü bu aktarmalı yolcuların yoluyla çakışabilir.



Şekil 81 Yerel otobüs hizmetlerine transfer

9.7 DİĞER HİZMETLERE TRANSFERLER: METROBÜS (BRT) İLE BİR DÖNÜŞ AĞINI BÜTÜNLEŞTİRMEK

Bu düzenleme kavramı BRT koridoru ile bir dönüş ağını koridorda dönüş altyapısı olmadan birleştirmeyi sunmaktadır. Bu durumda; çapraz yol, bisiklet yolu ve dört sokak köşesinde bisiklet parkı işlevi görür. BRT durağına erişen bisikletliler bisikletlerini bisiklet park yerlerinden birine bırakabilir ve durağa yaya olarak geçebilirler.

Çapraz yoldan terminale sağa dönüş yapmak yasaklanmalıdır çünkü bu yaya erişimiyle çakışır.

Bisiklet yolları, küçük bir çapraz yola yerleştirilmelidir. Bir yönde sadece bir şerit olmalıdır ve şehir arterlerinde olmamalıdır.

Çapraz yolda park olacaksa, kaldırım ve yol üzerinde bir bisiklet yolu koymanızı tavsiye ederiz. Küçük bir alan (kaldırım taşı veya refüj) bisikletlileri araçların kapıları açıldığında koruyacaktır.



Şekil 82 Bir bisiklet ağını bütünleştirmek



BRT Refüjü durağı, Curitiba, Brezilya

ARAŞTIRMA VE ANALİZ



Bu bölümde, farklı otobüs sistemlerinin güvenlik etkisini ölçmek için kullanılan veri ve metodoloji, transit öncelikli özellikleri ve güvenlik önlemlerinin ekonomik değerini açıklayacağız.



Geleneksel otobüs hizmetleri ve Brezilya'daki altyapı

10.1 FARKLI OTOBÜS SİSTEMLERİNİN GÜVENLİK PERFORMANSI

Farklı transit öncelikli özelliklerin güvenlik etkisinin tamamını anlamak, böyle sistemlerin ilk evrelerini planlamada oldukça önemlidir. Transit projeler için ulusal hibe almak yaygındır. Bu karar genelde fayda-maliyet analizi ile yapılır. Bazı ulusal transit hibe programları şimdilerde güvenliği, analizin içinde sayılabilecek potansiyel bir fayda görmektedir. Ancak, literatürde beklenen transit önceliğinin uygulanmasından doğan güvenlik etkileri üzerine birkaç tahmin bulunmaktadır. Aynı zamanda mevcut araştırmaların çoğunluğu Amerika ve Norveç'teki otobüs öncelikli hatlar üzerinedir (Elvik ve Vaa 2008).

Beklenen güvenlik etkilerinin gelişen dünyanın bir şehrinde, belirli bir tipteki transit öncelikli şemaya göre niceliğinin ölçülmesi, kavram temelli proje faydalarının tahmininde kolaylık sağlar. Bu planlamanın ilk evreleriyle ilgilidir ve transit önceliği özelliklerinin uygulanmasından beklenen güvenlik etkilerinin büyüklüğünü anlamada bize yardımcı olur. Yerel veriler üzerine tahmin sahibi olmak da ABD ya da Avrupa'daki

çalışmalara dayalı tahminleri uygulamaktan çok daha değerli olacaktır.

Bu nedenle biz farklı tipte transit önceliği şemalarının uygulanmasından doğan tüm güvenlik etkilerine genel bir bakışla analizimize başlıyoruz. Güvenlik etkilerinin ekonomik değerini ölçmede farklı metodolojileri ve de bunun maliyet-fayda analizine, transit hibe kararlarına nasıl dâhil edilebileceğini tartışıyoruz;

Burada güvenlik etkisinin kanıtını ve dünyadaki birkaç otobüs sistemiyle ilgili ekonomik faydaları sunuyoruz. Bu bilgiler var olan literatürden ve bizim kendi analizimizden çıkmaktadır. Her bir durumda, biz koridorda var olan şartlarla karşılaştırıldığında, bazı transit önceliği formlarının uygulanmasının etkilerini sunuyoruz. Çoğu durumda, transit önceliği şemaları ya geleneksel otobüs hizmeti ya da resmi olmayan transit hizmeti işlevi gören sokaklarda uygulanmıştır.

Ancak her zaman bu şekilde olmamıştır. Örneğin, Bogota'daki TransMilenio BRT, Avenida Caracas'da var olan bir otobüs yolunun yerini alır,

Kanıtlar; kent içi ulaşımında daha gelişmiş transit (geçiş) önceliği özelliklerinden yararlanmanın, güvenliği arttırdığını göstermektedir.

diğer yandan Guadalajara'daki Macrobus BRT daha önce otobüs öncelikli hattın yerini almıştır.

Transit önceliği şemasının güvenlik etkisini değerlendirmede temel zorluk, çarpışmalardaki değişikliğin ne ölçüde müdahaleye açık olduğuna karar verilmesidir. Müdahalenin etkisini genel çarpışma verilerinin rastlantısından (özellikle gerileme-RTM etkisi-) ve de şehir düzeyinde, ulusal seviyede çeşitli farklı politika ya da trendlerin etkisinden ayırt etmek önemlidir.

RTM özellikle bir yerde 1 yıl içerisinde yüksek ya da düşük çarpışma hacmi varken, ertesi yıl ortalamaya yakın bir çarpışma hacmine sahip olması durumuna denir. (Barnett, van der Polss, ve Dobson 2004). Çarpışma sayılarının basit karşılaştırmaları RTM'ye girmez ve doğru olmayan sonuçlara neden olabilir. Bu nedenle, BRT gibi müdahalelerin güvenlik etkilerini değerlendirmede tercih edilen teknik Denemeli Bayes (EB) metodudur.

Transit önceliği güvenlik etkileri üzerine bizim tahminlerimiz analiz öncesi-sonrasına dayalı değil, daha çok dayanak bir senaryo ile gerçek uygulama sonucu oluşan şartlar arasında bir karşılaştırmadır (transit önceliğinin daha önce uygulanmadığı varsayılarak). Bu çarpışmadaki BRT ye atfedilebilecek değişiklikleri ayırt etmede önemli bir adımdır (varolan şehir geneli trendlere karşı)

Güvenlik etkisini tahmin etmede bir başka zorluk ise gelişmekte olan ülkelerin trafik kazalarını ve ölümleri eksik raporlanma eğiliminde olmasıdır. Bu bir ölümcül trafik kazasının ya da trafikte yaralanmanın nasıl oluştuğunun farklı tanımlarının olmasından kaynaklanmaktadır ancak

raporlama hataları da suçludur. (Hijar et al. 2011) Dünya Sağlık Örgütü (WHO) farklı ülkelerdeki verileri standartlaştırmak için düzenleme faktörleri geliştirmiştir (WHO 2013) ve biz analizlerimizde bu faktörleri uygulamaktayız.

Tablo 14 dünyanın farklı ülkelerindeki farklı otobüs sistemlerinden güvenlik etkilerinin kanıtını sunmaktadır. Tablo 14'teki bulgular yerel veriler kullanılarak ölçülen gerçek etkileri göstermektedir ve Dünya Sağlık Örgütü'nün tavsiye ettiği düzenleme faktörleri kullanılarak eksik raporlama için ayarlanmıştır. Genelde, bulgular gelişmiş öncelik özellikleri uygulamanın güvenliği artırdığını göstermektedir.(ör. otobüs yolundan tam teşekküllü BRT'ye ya da geleneksel servisten öncelik şeridine ve sinyal önceliğine geçmek) Bölüm 5,3, Tablo 14'te belirtilen pozitif güvenlik etkilerinin arkasındaki nedenleri daha detaylı bir şekilde açıklamıştır. Genel olarak, yaralanmalarda ve ölümlerde azalmalar uygulanan transit öncelik sisteminin türüne bağlı değildir. Daha ziyade, bu azalmalar iki ana faktöre bağlanabilir.

Öncelikle, transit öncelik özellikleri altyapıyı daha güvenli hale getiren yollarda aynı zamanda yol geometrisini de geliştirme eğilimi göstermektedir.(ör. otobüsleri karma trafikten ayırmak, bazı dönüş yollarını yasaklamak veya yaya geçitlerinin uzunluğunu kısaltmak.). İkinci olarak transit önceliği, genelde transiti daha etkili bir seçenek haline getiriyor. Özellikle Latin Amerika bağlamında baktığımızda, BRT uygulamaları aynı zamanda operasyonel transit verimliliğini de artırmaktadır(otobüs kilometresine göre binışlere göre ölçülmüştür.). Bu etkiler bölüm 5.3'te detaylıca anlatılmış ve nicelendirilmiştir.

Tablo 14'teki verileri kullanarak, transit önceliği özelliklerinin beklenen güvenlik etkileri için tahminler geliştirdik. Bu tahminlere veri analizinin log-odds metodunu kullanarak ulaştık. Bölüm 5.3'te tahmin yürütmeye ilgili metodoloji hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

Tablo 1 ağırlıklı ortalama güvenlik etkilerini ve dünyadaki transit önceliği özelliklerinin bazı türlerinin % 95 güven aralığında olduğunu göstermektedir. BRT projelerinin gelişen dünyada bazı HOV şeridi dönüşümlerine göre daha fazla güvenlik etkisi göstermesinin nedeni sokak geometrisindeki gelişmeler ve erişilebilirliğin projede katkı sağlamasıdır.

En iyi tahmin içinde Tablo 1'deki %95 güven aralığı da

Tablo 14 Farklı türde otobüs sistemlerinin güvenlik etkileri

Şehir	Öncesi	Sonrası	Koridor ve uzunluk(km)	Güvenlik etkileri / yıllık / km başına (yüzde değişimleri parantez içinde verilmiştir)		
				Çarpışmalar	Yaralanmalar	Ölümler
BRT'YE RESMİ OLMAYAN TRANSİT KM BAZLI GÜVENLİK ETKİLER (DEĞİŞİKLİKLER PARANTEZ İÇİNDE)						
Ahmedabad	Gayriresmi geçiş	Tek şeritli BRT	Janmarg sistemi	-2.8 (-%32)	-1.5 (-%28)	-1.3 (-%55)
Mexico şehri	Gayriresmi geçiş	Tek şeritli BRT	Metrobüs hattı 3 (17 km)	+7.5 (+%11)	-6.7 (-%38)	- 0.3 (-%38)
BRT'YE VAR OLAN OTOBÜS ÖNCELİĞİ						
Guadalaria	Otobüs öncelikli şerit	Şeridi devralan BRT	Macrobus (16 km)	-83.19 (-%56)	-4.1 (-%69)	-0.2 (-%68)
Bogota ^d	Otobüs yolu	Çok şeritli BRT	Av Karakas (28 km)	n/a	-12.1 (-%39)	-0.9 (-%48)
GELENEKSEL OTOBÜS HİZMETLERİNE GELİŞTİRMELER						
Melbourne	Geleneksel otobüs	Jumperlar sinyal önceliği	Rota 900 903 (88.5 km)	-0.09 (-%11)	-0.1 (-%25)	-0.03 (-%100)

Notlar: EMBARQ analizi, Çevresel Planlama ve Teknoloji Merkezinin (CEPT) verilerine dayanmaktadır, Ahmedabad EMBARQ analizi Mexico Federal Bölgesi Hükümeti verilerine dayanmaktadır, EMBARQ analizi Jalisco verilerine dayanmaktadır. Guadalajara Üniversitesi Halk Sağlığı Bölümü Yollar ve Ulaşım Devlet Sekreteryası, EMBARQ analizi TRANSMILENIO tarafından ve Bocarejo et al 2012'den sağlanan verilere dayanmaktadır. (Kaynak: Goh et al. 2013)

çarpışmalardaki yüzde azalması olarak anlaşılmalıdır.

Çarpışmalardaki şiddet belli türdeki transit önceliği özelliğine bağlanabilir.

Tahminler Mexico şehrindeki BRT, Guadalajara'daki Macrobus BRT, Bogota'daki TransMilenio ve Ahmedabad'daki Janmarg BRT verilerine dayanmaktadır. Bu tahminlerin yeni projelere ne kadar uygulanabilir olduğu bu projelerin yukarıdaki şehirlere ne kadar benzer olduğuna bağlıdır.

10.1.1 Güvenlik önlemlerinin ekonomik etkilerinin değerlendirmesi

Literatürde, bir trafik kazasının maliyetini tam olarak ölçebilecek tek bir yöntem yoktur. Mevcut birçok yöntem vardır ve bu yöntemlerle çok farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bunun yanında, kazaların

maliyetleri konusundaki mevcut literatürün büyük bir kısmı gelişmiş ülkelerden alınmıştır (örn. Blincoe ve ark. 2002; BITRE 2009) ve düşük ya da orta gelirli ülkelerle karşılaştırıldığında büyük boşluklar göze çarpmaktadır. Yerel hesaplamalar yapılmaksızın kazaların gelişmekte olan ekonomilerde çıkardığı masraf ancak fayda aktarımı yoluyla yapılmaktadır (Örneğin, gelişmiş bir ülkede yapılan herhangi bir çalışmadan referans değeri olarak bu değeri gelişmekte olan ülkeye uyarlamak).

Bu bölümde fayda aktarımı için kullanılan yöntemleri tartışarak ve ölüm ve yaralanmalı kazaları temel olarak referans değerleri için olası farklı kaynaklar sunacağız.

Bir trafik kazasının maliyetini birden çok bileşen oluşturur. ABD Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi (NHTSA) tarafından yapılan bir araştırmada Blincoe ve ark. (2002)

Tablo 15 Gelişmiş ülkelerin İYD rakamları ve aralıkları

İYD (2012 yılı - USD)	İYD uygulanan ülke ya da bölge	İYD kaynağı
(1,200,000 – 4,130,000)	Avrupa Birliği	Uyumlandırılmış AB Ulaştırma Maliyetleme ve Proje Değerlendirme Yaklaşımları (HEATCO)
2,620,000	Avustralya	Avustralya Altyapı, Ulaştırma ve Bölgesel Ekonomi Ofisi (BITRE)
2,740,000	İngiltere	İngiltere Ulaştırma Bakanlığı (DfT), Ulaştırma Analizi Rehberliği (TAG)
7,060,000	ABD	ABD Ulaştırma Bakanlığı (DOT)
8,430,000	ABD	ABD Çevre Koruma Örgütü (EPA)

aşağıdaki unsurları kaza maliyetini oluşturan bileşenler olarak sıralamışlardır: kaza mağdurlarının yaşadıkları kayıplar, diğer aile üyelerinin yaşadıkları kayıplar, tıbbi harcamalar, malın gördüğü zarar, sigorta masrafları, tamir masrafları ve avukat masrafları. Buna ek olarak Cropper ve Şahin (2009) ise genel olarak istatistiksel yaşam değeri (İYD) ya da kalitece ayarlanmış yaşam yılları (KAYY) kavramlarıyla ölçülen yaşam ve yaşam kalitesi kaybının da önemini vurgulamaktadır.

İstatistiksel yaşam değeri (İYD) normal şartlar altında bireylerin toplam nüfus içerisinde, risklerin azaltılması için, bir ölümü engelleme potansiyeline sahip olan harcayabilecekleri imkânların toplamını ifade etmektedir (Cropper ve Şahin 2009). İYD bir bireyin yaşamına atfedilen değer olarak değil belirli bir topluluk içerisinde bir bireyin daha hayatta kalmasına neden olacak risk azaltımları olarak anlaşılmalıdır. İY değerinin ölçülmesi için birkaç yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler geçmiş kazanımların ödenmesi için duyulan isteğin belirlenmesi ve gayri safi yurt içi hâsıla tabanlı hesaplamaların yapılması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Geniş bir yöntem yelpazesi literatürde yer alan geniş İY değerleri ile yansıtılmaktadır. Tablo 15, gelişmiş ülkelerdeki önde gelen bazı ulaşım ve çevresel analiz rehberliği kurumlarına ait farklı İYD değerlerini göstermektedir.

İYD hesaplamaları ülkeden ülkeye ya da aynı ülke içerisinde kurumdan kuruma değişiklik göstermektedir. Dahası, kurumlar kendi İYD hesaplamalarını sürekli değiştirmektedir ve bu hesaplamalarda özellikle kendilerine ait değeri, gelişmekte olan ülkelere aktarma

ve uygun değeri bulabilme noktasında zorluklar yaşamaktadırlar. Bizler “doğru” bir İYD seçimi için iki öneride bulunuyoruz. Birincisi, bir projenin maliyet fayda analizinin her bir bileşeni için aynı İY değerinin kullanılması oldukça önemlidir (örneğin, güvenlik, hava kalitesi, fiziksel etkiler). Fakat kullanılan İYD için mevcut varyasyonların projenin fayda maliyet oranının mevcut net değerine ne derece etki ettiğini kontrol edebilmek amacıyla hassas bir çalışmanın yürütülmesi de faydalı olacaktır.

Bir İY değerinin farklı bir ülkeye aktarılmasında yaygın olarak kullanılan yöntem, İYD’nin genel manada risk azaltımları için harcama yapma isteği olarak bilinmesi nedeniyle ülkeler arasındaki İYD farklarının gayrisafi milli gelirle orantılı olması gerektiği şeklinde düşünebilmektir. İYD değerinin bir referans ülkeden i ülkesine aktarımı için kullanılan genel formül Esperato, Bishai ve Hyder 2012; ve Cropper ve Şahin tarafından uyarlanan aşağıdaki denklemde gösterilmiştir:

Trafikte yaşanan ölümlerin maliyeti hakkında gelişmiş ülkelerde yaşanan bilgi boşluğu, yaralanmalar konusunda da yaşanmaktadır. Bu mesele, düşük düzeydeki yaralanma vaka bilgisinin etkisiyle daha da karmaşık bir hal almaktadır. Yaralanma masrafları büyük ölçüde yaralanmanın şiddetine göre değişiklik göstermektedir ve bu da masrafın hesaplanması sırasında yaralanmanın şiddetinin de belirlenmesini önemli kılmaktadır.

Bu yöntemi içeren bir sistem olan Kısaltılmış İncinme Skalası (KİS) yaralanmaları 1 ile 6 rakamları arasında sınıflandıran, 1 rakamının küçük yaralanmaları, 6 rakamının ise ölümü ifade ettiği anatomik bir skorlama sistemidir. ABD’de yapılan bir araştırma, hem net değerlerde, hem

$$\dot{YD}_i = \dot{YD}_{referans} \times \frac{GSMH_i}{GSMH_{referans}} \times \varepsilon$$

Where

$\dot{YD}_i$ = i ülkesindeki istatistiksel yaşam değeri

$\dot{YD}_{referans}$ = referans ülkedeki istatistiksel yaşam değeri

$GSMH_i$ ve $GSMH_{referans}$ = sırasıyla i ve referans ülkelerindeki gayrisafi milli hâsıla

ε = değerleri 1 ve 1,5 arasında alan katsayı, fayda aktarımlarındaki belirsizlikleri azaltarak daha iyi İYD hesapları yapılabilmesine olanak sağlar.

de farklı KİS rakamları için ölümlü vakaların maliyetinde ortalama bir maliyet çıkarmaktadır (örn. Blincoe ve ark. 2002).

Ancak, genellikle trafik polisi raporlarından alınan mevcut kaza verilerinin birçoğu yaralanmaların şiddetini ölçen KİS gibi sistemleri kullanmazlar. Çoğu zaman bu raporlar ölüm, yaralanma ve maddi hasar ayrımı yapmakta fakat yaralanmanın şiddetinden bahsetmemektedir. Bu

durum gelişmekte olan ülkelerin yaralanma maliyetlerinin hesaplanmasını güçleştirmektedir ve bu alanda daha fazla çalışma yapılmasının ve veri toplama sistemlerinin geliştirilmesinin gerekliliğini ifade etmektedir. Trafik kazalarında yaşanan yaralanmaların maliyetinin ortalama hesabının çıkarılabilmesi için kullanılabilecek bir kaynak,

Tablo 16 Ulaştırma Bakanlığı, Ulaştırma Analizi Rehberliği verilerine göre trafik kazalarında yaşanan yaralanmaların maliyet hesaplamaları

Yaralanma türü	Maliyet	
	Toplam Maliyet (2012 USD)	Ölümlü kazaların getirdiği maliyet
Tüm yaralanma türlerinde ortalama	84,835	0.03
Hafif yaralanmalar	24,402	0.008
Ciddi yaralanmalar	316,681	0.112

Birleşik Devletler Ulaştırma Bakanlığı Ulaştırma Analizi Rehberi tarafından sağlanmaktadır. Tablo 16'da bu kaynak gösterilmiştir.

10.1.2 Transit öncelikli projelerin diğer faydalarına oranla güvenliğin sağladığı etkiler

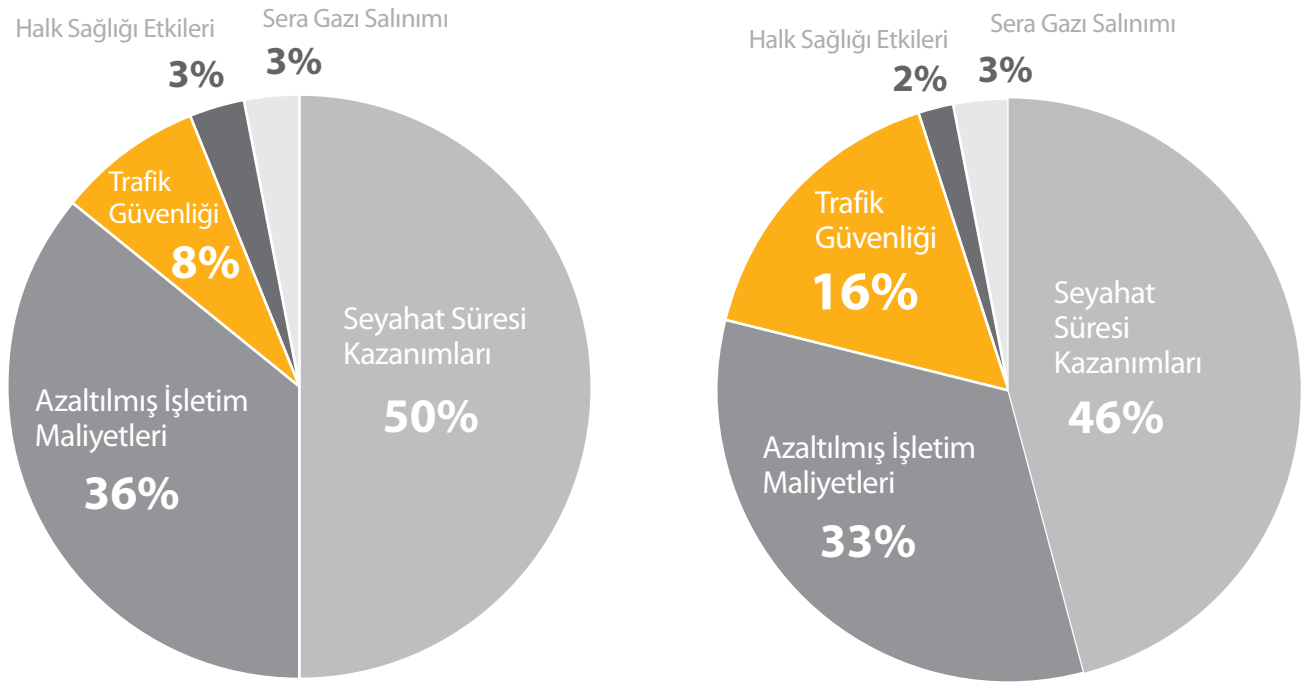
Latin Amerika'daki transit öncelikli projeler için gerçekleştirdiğimiz fayda-maliyet analizlerinden edindiğimiz tecrübeyle birlikte, güvenlik önlemlerinin artırılmasının Metrobüs (BRT) sistemlerinde ortalama %8 ile %16 arasında ekonomik fayda sağladığını söyleyebiliriz (Şekil 83).

İki senaryo arasındaki varyasyon İYD için kullanılabilecek muhtemel değerler arasındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Ancak; farklı İY değerlerinin kullanılması, güvenlik önlemlerinin artırılmasının, yolcular

için zaman kazandıran ve ulaşımda harcanan işletme masraflarını azaltan önlemlerin ardından üçüncü en büyük faydayı sağladığı gerçeğini değiştirmez.

Bu durum güvenlik etkilerinin Metrobüs (BRT) projelerinin fayda-maliyet analizlerine dâhil edilmesinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni ise güvenlik etkilerinin değer büyüklüğü açısından önemli olması ve güvenlik kavramının yapılan analizlerden çıkarılmasının söz konusu projeler için elde edilecek fayda maliyet oranını düşürmesidir.

Şu an için yaptığımız hesaplamalar diğer taşıma türlerini öncelik olarak alan sistemlerle benzerlik göstermemektedir ve bu konuda, özellikle gelişmekte olan ülkelerin şehirlerinde yerel hesaplamaların ve daha fazla araştırmanın yapılması gerekmektedir.



Şekil 83 Metrobüs (BRT) sistemlerinin genel ekonomik kazançları içerisinde güvenlik unsurunun payı

Kaynak: Metrobús (Mexico City) ve TransMilenio (Bogotá) sistemlerini de kapsayan Metrobús (BRT) sistemleri için gerçekleştirilen fayda hesaplarından hareketle yapılan EMBARQ analizleri (Carrigan et al. 2013). Yapılan hesaplamalarda "Düşük-İYD" değerinde güvenliğin faydaları için Esperato, Bishai ve Hyder'in (2012) çalışmaları temel alınarak 3.81 milyon Amerikan doları; "Yüksek-İYD" için ise ABD Çevre Koruma Ajansının kullandığı değerler temel alınarak 8.4 milyon Amerikan doları referans İY değeri kullanılmıştır.

10.2 GÜVENLİK ETKİLERİNE KATKIDA BULUNAN UNSURLARIN ANLAŞILMASI

Genellikle Metrobüs (BRT) ve sıra düzeni ve işaret önceliğini temel alan daha gelişmiş ulaşım sistemlerinin, otobüsler ve diğer araçların ortak kullanımına açık şeritlerin bulunduğu ABD'den daha iyi bir güvenliğe sahip olduğu görülmektedir. Tablo 1'de belirtilen sonuçlar farklı önceliklere sahip projelerin olası güvenlik etkilerini ifade etmektedir. Yaptığımız çalışma boyunca elde ettiğimiz izlenime göre otobüs hatlarında meydana gelen kazaların %90'ına otobüsler karışmamakta ve kazalar otobüs şeridinin dışında gerçekleşmektedir. Bu durum, normal şerit düzenini de kapsayan diğer unsurların da kazalara yol açabilecek etkilerinin olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda farklı ulaşım planlarının güvenliğe dair istatistiklerinin etkilendiği unsurların anlaşılabilmesi amaçlanmış ve gelişmekte olan ülkeler temel alınmıştır. Bu amaçla Latin Amerika ve Asya şehirlerinden kaza verileri toplanarak değerlendirilmiştir. Bu bölümde yaptığımız değerlendirmenin sonuçlarını ayrıntılı olarak sunacağız.

10.2.1 Veri kaynakları

Çalışmada kullanılan kaza verileri farklı yerel kaynaklardan alınmıştır. Brezilya şehirlerine dair edinilen veriler yerel ulaştırma ofislerinden temin edilmiştir. Meksika'dan elde edilen veriler ise Jalisco Devlet Ulaştırma Müdürlüğü ve Mexico City Hükümeti'nden alınmıştır. Kolombiya şehirlerinin verileri için ulusal Ulaştırma Bakanlığı, yerlilerin yaşadığı şehirler için ise yerel polis merkezlerine başvurulmuştur. Bogotá için, Metrobüs (BRT) alanında çalışan birkaç ofisten biri olan TRANSMILENIO S.A. verileri kaynak olarak alınmıştır. Bu verilerin içerisine TransMilenio araçlarının yaşadığı kazalar ve otobüslerin de karıştığı, genel itibarıyla polise bildirilmeyen ufak kazalar da yer almaktadır. Bu nispeten küçük çaplı vakalar Metrobüs (BRT) ile ilgili güvenlik konularının (örneğin, otobüs şoförünün ani fren yapmasıyla otobüsteki yolculardan birinin düşmesi ya da otobüsün durağa düzensiz bir şekilde yanaşması gibi küçük çaplı hasara yola açabilecek durumların) daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Elde edilen tüm veriler 3 ile 7 yıl arası bir zaman diliminde, şehirlerde otobüs hattının bulunduğu alanlarda yaşanan tüm vakaların ayrıntılı bilgisini içermektedir.



Otobüsler için ayrılmış refüj şeritlerinin bulunduğu caddelerde kazaların büyük çoğunluğu otobüs şeridinin ve otobüslerin dışında gerçekleşmektedir.

10.2.2 Araştırma metodları

Değerlendirmemizin temel bileşeni kaza verileri analizidir. Kaza raporları için benimsenen standartlarda hatta kaza, yaralanma gibi örnek olay tanımlarındaki önemli farklar bulunmasından dolayı farklı şehirler arasında tutarlı karşılaştırmalar yapabilmek oldukça zordur. Bu nedenle yaptığımız çalışmada örnek olay incelemesi yöntemi temel alınmış ve her bir örnek olay ile farklı bir şehir anlatılmıştır. Her bir şehir için farklı otobüs sistemi kaza verileri değerlendirilerek, kaza sayısına etki eden (yaya geçitleri ya da orta blok geçidin varlığı gibi) unsurların belirlenmesi hedeflenmiştir. Sonrasında ise, örnek olay çalışması elde edilen bulgular, aynı yöntemin diğer şehirlere de uygulanmasıyla doğrulanmış ya da çürütülmüştür. Kavşak yaklaşım noktalarının sayıları gibi farklı trafik planlarına sahip şehirler için yapılan örnek olay çalışmalarıyla oldukça önemli ve tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Her bir alan için izin verilen sona dönüş noktalarının sayısı gibi diğer özelliklerde ise sonuçlar tutarlılıktan uzaktır.

Çalışmamıza en uygun istatistik yöntemi olarak kaza sıklığı modeli seçilmiştir. Bu model, yol ve kavşak geometrisi, otobüs sistemi planı, alan kullanımı gibi unsurların kullanımı ve araç ya da yaya sayılarının kontrolü ile birlikte çeşitli konumlarda yaşanan kaza oranlarındaki farklılıkların açıklanabilmesine olanak sağlamaktadır.

Kaza verilerinin en iyi örneği Poisson dağılımı tarafından sunulan değişkenlerdir (Ladrón de Guevara, Washington ve Oh 2004). Fakat daha önce yapılan çalışmalarda kaza verilerinin aynı zamanda aşırı dağınık olduğu (örneğin değişkenin ortalamadan çok daha yüksek olması) ve bu nedenle (Poisson-Gamma olarak da bilinen) negatif binom dağılımıyla daha iyi ifade edildiği ve Poisson dağılımının aksine değişkenin ortalamadan farklılık gösterdiği ifade edilmiştir (Dumbaugh ve Rae 2009). Dolayısıyla birçok vakada kaza sıklığının belirlenmesi için tercih edilen olasılık dağılımı negatif binomdur(NB). Bağımlı değişkenin yeterli derecede dağıtılmadığı Guadalajara yaya kazaları modeli hariç, çalışmamızda yer alan modellerin büyük bir çoğunluğu için NB regresyonu kullanılmıştır. Söz konusu örnek olayda ise Poisson regresyonu kullanılmıştır.

Modellerin geliştirilmesi için kullanılacak ölçü ise önemli hususlardan biriydi. Geçmişte yapılan çalışmalarla birlikte, kavşak modellerinden komşuluk modeline ve hatta posta koduna dek birçok konuda kullanılan bir kaza sıklığı modeli oluşturulmuştur. Bizim amacımız ise trafikteki tasarım tercihlerinin kazalar üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması olduğu için, çalışmamızda kavşaklar ve yol kesitleri gibi mümkün olduğunca daha küçük unsurların kullanılmasına dikkat ettik. Bu tercihimiz aynı zamanda veri tabanımızın yapısı ve özellikle konumların bildirilmesinde kullanılan yöntemlerden de etkilenmiştir. Brezilya'nın bazı şehirleri hariç verdiğimiz örneklerin büyük çoğunluğunda kaza konumları, kazanın meydana geldiği ana caddenin ve en yakın sokağın listelenmesiyle kayıt altına alınmıştır. Bu nedenle kazalar, kaza konumuna en yakın kavşağa göre gruplandırılmış ve kavşak ya da orta blok geçidi kazası şeklinde bir ayırma gidilememiştir.

Sonuç olarak, veri tabanımızda yer alan her bir gözlem bir kavşağa ya da ana cadde boyunca kavşağa uzanan kesite tekabül etmektedir. Kavşak ya da blok geçidi kazalarını birbirinden ayıramadığımız için bu unsurların kaza üzerindeki etkilerini belirleyebilmek amacıyla kavşak ve sokak tasarım özellikleri için farklı değişkenler üretmeye karar verdik. Bu şekilde tali yol sayısı, sola dönüş sayısı ya da şerit orantısızlığı gibi faktörler kavşak geometrisini belirlerken, şerit sayısı ya da orta blok geçidi varlığı ise cadde yapısını belirlemektedir. Bunun yanında, yaptığımız çalışmada çift yönlü düzenlerde otobüslere ait şeritler için temsili bir değişken de oluşturuldu.

Çalışmada kullanılan şehirlerden yalnızca dört tanesi istatistiksel modellerin oluşturulmasına elverişli bulunmuştur: Mexico City, Guadalajara, Bogotá ve Porto Alegre. Konum bildirme sistemi ise bazı Brezilya

şehirlerinde çok daha iyi durumdadır ve coğrafi koordinatların verilmesinin yanında kavşak ya da orta blok geçidi kazalarının ayrımı da yapılabilmektedir. Farklı örnek olay çalışmaları arasında yapılan analizlerdeki tutarlılığı olabildiğince sağlayabilme amacıyla Porto Alegre şehri için kavşak modelleri geliştirmeyi tercih ettik. Aynı değişkenler, farklı kaza türleri ve yaralanma düzeyleri üzerinde farklı güvenlik etkileri gösterebilmektedir. Bu nedenle çalışmamızda kaza türüne göre (örneğin motorlu araç kazaları, yaya kazaları) kaza sıklığı modelleri geliştirilmiş ve ölüm ya da yaralanmayla sonuçlanan kazalar ayrı tutulmuştur.

10.2.3 Kaza sıklığı modellerinden elde edilen bulgular

Poisson ve NB modelleri, bağımlı değişkenin doğal kayıtlarını yansıtmaktadır. Güvenlik etkilerini belirleyebilmek amacıyla, örnek olay oranı değerlerinin, katsayıların kuvvetlerinin alınması yoluyla elde edilen açıklamalardan yararlanılmıştır. Örnek olay oranı doğrudan, bağımsız değişken içerisindeki bir birim değişikliğine tekabül eden kaza yüzdesi değişimi ile yorumlanabilmektedir. Sonrasında meta analizlerin göreceli olasılık kayıtları kullanılarak dört şehre (Mexico City, Guadalajara, Bogotá ve Porto Alegre) ait her bir değişkenin ağırlıklı ortalama etkisi hesaplanmıştır (daha fazla bilgi için bkz. Elvik ve Vaa 2008). Ağırlıklı ortalamalar her bir çalışmanın vaka oranına ait standart hatalara tekabül etmiştir. Bu şekilde, aşağıdaki tabloda gösterilen, ele aldığımız her bir plan ve trafik değişkenine ait güvenlik unsuru için ortalama bir değer ve %95 oranında güven aralığı elde edilmiştir. Katsayı için elde edilen pozitif işaret daha yüksek kaza oranını ifade ederken negatif işaret daha düşük kaza oranını belirtmektedir.

10.2.4 Otobüs sistemi düzenlemesinin güvenlik üzerindeki etkisi

Her durumda, çift yönlü otobüs hatları hem araçlar hem de yayalar için kaza oranlarının yükselmesiyle ilişkilendirilir (Tablo 17). Farklı modellerden elde edilen sonuçların tutarlılığı bu çalışmadaki şehirlerde çift yönlü hatların otobüs sistemleri için tehlikeli bir düzenleme olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, istatistiksel modellerin geliştirilemediği şehirlerde yapılan veri analizleri ile desteklenmiştir.

Örneğin, South Line'in (Curitiba, Brezilya) çift yönlü hat olan bir kesitinde, South Line'in orta şerit düzeninde olan geri kalanına oranla şerit kilometresi başına dört kat

Tablo 17 Negatif binom ve Poisson kaza sıklığı modellerine göre Mexico city, Porto Alegre, Guadalajara Bogotá'dan ağırlıklı ortalama etki tablosu

	Ağırlıklı ortalama etki	Kazalardaki % değişimi	%95 Güven Aralığı
Fazladan her geliş	Ölümcül veya yaralanmalı kazalar	+%78	(+%56, +%103)
	Araç çarpışmaları	+%65	(+%46, +%87)
Her 4 kollu kavşağı T kavşağına dönüştürmek	Ölümcül veya yaralanmalı kazalar	-%66	(-%88, -%1)
	Tüm kazalar	-%57	(-%70, -%37)
Her ek şerit	Ölümcül veya yaralanmalı kazalar	+%17	(+%12, +%21)
	Araç çarpışmaları	+%14	(+%10, +%18)
Yaya geçidi uzunluğu (fazladan her metre)	Ölümcül veya yaralanmalı kazalar	+%2	(+%0.04, +%4)
	Yayalara çarpma	+%6	(+%2, +%9)
İzin verilen fazladan her sola dönüş hareketi	Ölümcül veya yaralanmalı kazalar	+%28	(+%14, +%48)
	Araç çarpışmaları	+%35	(+%11, +%75)
Orta blok geçidi bulunması	Ölümcül veya yaralanmalı kazalar	-%35	(-%55, -%8)
	Araç çarpışmaları	-%43	(-%56, -%26)
Çarşı	Yayalara çarpma	+%94	Not available*
Çift yönlü otobüs hattı	Ölümcül veya yaralanmalı kazalar	+%83	(+%23, +%171)
	Araç çarpışmaları	+%35	(+%0.02, +%86)
	Yayalara çarpma	+%146	(+%59, +%296)
Ana T kavşağı	Araç çarpışmaları	+%112	(+%27, +%253)
Sıkışıklık uzunluğu (her 1 metrelik artış)	Ölümcül veya yaralanmalı kazalar	+%3	(+%1, +%5)
	Tüm kazalar	-%2	(-%4, -%0.03)
	Yayalara çarpma	+%5	(+%1, +%8)
Otoyolda yaya köprüsü	Yayalara çarpma	-%84	(-%94, -%55)
Anayolda yaya köprüsü	Yayalara çarpma	+%67**	(-%23, +%262)

*Duduta ve ark. 2012'den ** %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak önemsiz

daha fazla kaza olmuştur. Sonraki kesit çift yönlü hatlar hakkında daha fazla ayrıntı vermektedir. Tablo 1'de, dünyanın çeşitli yerlerindeki birçok şehirde Metrobüs (BRT) uygulanmasının tüm şiddet düzeylerindeki kazaların önemli ölçüde azalmasıyla sonuçlandığını gösterdik. Ancak, kaza sıklığı modellerinde

Metrobüs (BRT) kullanımı ile ilişkili temsili değişken kazalar üzerinde önemli bir etki yaratmamıştır, bu yüzden de modele eklenmemiştir. Yol kenarı otobüs hatları için kullanılan benzer bir temsili değişken kazaların artışıyla bağlantı sergilemiş, bunların güvenlik risklerine neden olabileceğini göstermiştir.

Sonuçlar göstermektedir ki güvenlik Metrobüs mevcut olduğu için değil, caddelerin geometrisinin Metrobüs barındırmak üzere değiştirilmesi sayesinde artmıştır. Aslında, bir caddede Metrobüs (BRT) barındırmak orta blok geçidi yapılması, varsa genişletilmesi, böylece yaya geçitlerinin kısaltılması ve bazı 4 kollu kavşakların T kavşaklara dönüştürülmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca, transit altyapının (şeritler ve istasyonlar) barındırılabilmesi için karma trafik şeritlerinin en az 2, sıklıkla 4 tanesinin ortadan kaldırılması anlamına gelmektedir. Yukarıda tanımlanan değişikliklerin değişkenlerinin (kavşak başına daha az araba gelmesi, daha az şerit, daha kısa yaya geçitleri, orta blok geçidi olması) hepsi kaza sıklığının düşmesiyle ilişkilidir ve bütün modellerde istatistiksel olarak önem arz etmektedir (Tablo 17).

10.2.5 Çift Yönlü Hatlar

Gidiş-gelişli otobüs hatları genellikle taşımacılık şirketinin önceden karışık trafik içinde tek yönlü bir düzene sahip olan yollarda çift yönlü otobüs hizmeti uygulamak istemesi sonucu yapılır. Latin Amerika şehirlerinde sıklıkla kullanılan bir çözüm, karma trafik için tek yönlü düzeni değiştirmeksizin, ya caddenin ortasına (örn., Eje 4 Sur, Mexico City) ya da kaldırım tarafına (örn., Eje Central, Mexico City) çift yönlü otobüs hatları eklemektir. Sola dönüşlerin daha rahat olmasını temin etmek çift yönlü akışı kullanmak için sık kullanılan başka bir çözümdür. Aslında, araçlar genellikle korumalı bir sinyal şeridine gerek duymaksızın çift yönlü bir hattan sola dönüş yapabilmektedirler.

Çeşitli cadde düzenleri çift yönlü olarak kategorize edilebilir.

(Şekil 84). Hepsinin ortak noktası, çift yönlü bir caddede karşıdan karşıya geçen yaya ve araç trafiğinin trafik düzenini anlamakta güçlük çekeceğidir. hale getirmektir. Sola dönüşlerle ilgili sorunlar korumalı sola dönüş şeritlerinin uzunluğunu arttırarak veya sola dönüşleri dönel kavşaklarla değiştirerek çözümlenmelidir. Çift yönlü akış sola dönüşleri sağlamak için bir seçenek olarak düşünülmemelidir.

Mexico City son zamanlarda mevcut çift yönlü hatları



Örnek: Eje 1 Norte, Mexico City



Örnek: Eje 4 Sur, Mexico City



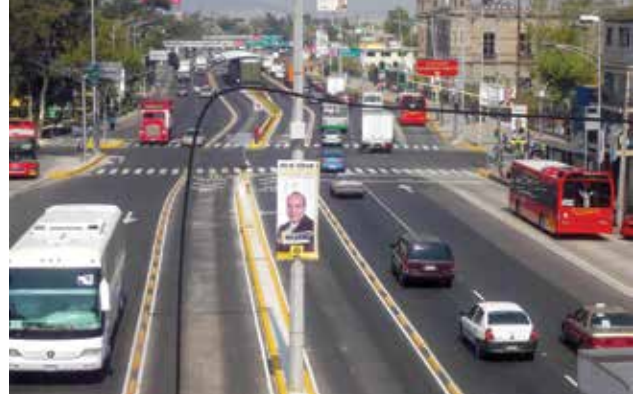
Örnek: Metrobüs hattı, İstanbul

Şekil 84 Otobüs hatlarıyla çift yönlü düzen örnekleri

değiştirmek için adımlar atmıştır. En iyi örneklerden biri kentin Metrobüs (BRT) sisteminin 5 numaralı hattını uyguladığı Eje 3 Oriente Eduardo Molina caddesindedir. Cadde, orta şeritlerin çift yönlü, kenar şeritlerin ise normal aktığı karmaşık çift yönlü bir şerit düzeni içindeydi (Şekil 85). 5 numaralı metrobüs hattı uygulamaya sokulduğunda şeritler tipik bölünmüş yol düzenine kaydı (Şekil 86) ve sola dönüşler ortadan kaldırılıp yerlerine dönel kavşaklar konuldu. Araştırmamıza göre, bu değişiklik güvenliği önemli ölçüde artıracaktır.



Şekil 85 Müdahaleden önce Eje 3 Oriente Eduardo Molina, çift yönlü düzeni ve sürüş yönündeki değişmeyi göstermektedir.



Şekil 86 Müdahaleden sonra Eje 3 Oriente, Metrobüs hattı 5 ve iyileşmiş yaya altyapısı için Metrobüs (BRT) hatlarını göstermektedir.

10.2.6 Sokak geometrisinin güvenliğe etkisi

Beklenildiği gibi, model sonuçları kavşakların otobüs koridoru boyunca büyüklüğünün ve karmaşıklığının otobüs sistemi yapılandırmasından daha iyi bir kaza sıklığı kestiricisi olduğunu işaret etmektedir. Kazaların sadece yaklaşık %9'u otobüs şeritlerinde meydana gelmiştir; büyük çoğunluğu ise genel trafik şeritlerinde gerçekleşmiş ve otobüsleri içermemiştir.

Kilit hususlar kavşak başına yaklaşım sayısını, yaklaşım başına şerit sayısını ve mesafeyi aşan azami yaya sayısını içermektedir. Tali yollardaki trafiğin otobüs koridorunu kesmesine izin verilen kavşaklar sadece sağa dönüşe izin verilen kavşaklardan daha tehlikelidir.

Başka deyişle, standart bir dört yol kavşağının ana caddedeki refüjü devam ettirerek iki T-kavşağa çevrilmesi güvenliği artırmalıdır. Yine de bu sadece kavşak sinyalizasyonu kaldığındaki durumdur. Metrobüs koridorlarında sıklıkla tali yol engellenmiş ise kavşaktaki trafik ışıkları ve dolayısıyla yaya geçitleri de ortadan kaldırılmaktadır. Bu, otobüslerin gecikme olmaksızın kavşaklardan ilerlemelerine izin verebilir, ancak yayaları daha yüksek bir risk altında bırakmaktadır.

10.2.7 Blok büyüklüğünün ve hızın etkisi

Hız trafik güvenliğindeki kilit risk faktörlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Kaza sıklığı modellerimiz, örneğimizde yer alan cadde kısımları için herhangi bir hız ölçümü mevcut olmadığından bağımsız bir değişken olarak hızı doğrudan açıklayamamıştır. Yine de bir vekil kullanarak hızın etkisini test edebildik: sinyalizasyon kavşakları arasındaki mesafe. Gerçekten de, trafik ışıklarının aralıkları seyahat hızları için kilit bir kestiricidir. Tablo 17 farklı çarpışma şiddeti seviyeleri için çarpışma sıklığı modellerinin sonuçlarını göstermektedir.

Guadalajara'dan elde edilen bulgular, sinyalizasyon kavşakları arasında daha uzun mesafeler (dolayısıyla daha yüksek hızlar) bulunan kısımlarda genel olarak daha az kaza vakası gerçekleştiğini işaret etmektedir. Bu, kısımlar boyunca daha az kavşak bulunmasının daha az çarpışma noktasına sebep olmasıyla açıklanmaktadır. Ancak, genel olarak daha az kaza olmaktadır, gerçekleşen kazalar daha şiddetli olup yayaları içermesi olasılığı daha yüksekti. Aslında, model sonuçları sinyalizasyon kavşakları arasında her ilave 10 metre için toplam kazalarda %2'lik bir azalma olduğunu belirtirken şiddetli kazalarda %3'lük bir artış ve yaya kazalarında ise %5'lik bir artış olduğunu göstermektedir.

10.2.8 Koridor çevresindeki arazi kullanımının güvenliğe etkisi

Farklı arazi kullanımı durumundaki benzer caddeler çok farklı güvenlik kayıtlarına sahip olabilmektedir. Mexico City için olan modelimiz bunu arazi kullanımlarının önemli kaza sıklığı kestiricileri olduğunu işaret ederek doğrulamıştır. Koridor yakınlarında büyük bir pazarın varlığı Mexico City'deki yaya kazalarının en güçlü kestiricilerinden biri olup Merced pazarı yakınlarındaki alanda yaya kazalarındaki %94'lük artışla ilişkilendirilmiştir (detaylar Duduta ve diğ. 2012'de). Bu alanlardaki yaya kazalarındaki artışlar sadece daha yüksek yaya hacminden değil, aynı zamanda pazarın yapılandırmasına ilişkin ek risklerden de kaynaklanmaktadır. Mexico City'deki Merced pazarı yakınlarında, örneğin, satıcılar sıklıkla mevcut yaya hacmi için yetersiz kapasite bırakarak, bazı yayaları trafik şeritlerinde yürümeye zorlayarak ve sürücüler için görünürlüğü azaltarak kaldırımlardaki alanın tamamını veya büyük kısmını kaplamaktadır. Bu örnek bir caddenin tasarımında, tasarım tavsiyelerimizde kilit bir faktör olan o caddenin kentsel durumunu göz önünde bulundurmanın önemini altını çizmektedir.

Tanımlar

Metrobüs terimi çok farklı özelliklere sahip toplu taşıma sistemlerine uygulanmıştır ve **Metrobüs** ve **otobüs yolu** terimleri bazen literatürde alternatifli olarak kullanılmaktadır. Bu kısımda, bunların ve rapor boyunca kullandığımız otobüs toplu taşımaya ilişkin diğer yaygın terimlerin tanımlarını açıklığa kavuşturmaktayız.

Geleneksel otobüs hizmeti terimini karışık trafik koşullarında işleyen, herhangi bir tahsis edilmiş şeridi veya trafik ışığı önceliği olmayan ve ücretin binildiğinde toplanması özelliğine sahip otobüslerden bahsetmek için kullanıyoruz. Bu, dünya çapında en yaygın otobüs hizmeti tipidir. Kurumsal bakış açısından, bu genellikle bir belediye toplu taşıma kurumu tarafından işletilen (Avrupa ve Amerika şehirlerinde yaygın bir durum) halk otobüslerini ifade etmektedir. Bunu bazı Afrika ve Latin Amerika şehirlerindeki daha yaygın bir düzenleme olan **gayri resmi toplu taşıma hizmetinden** ayırmaktayız. Bu genellikle belediye yönetiminin çeşitli düzeylerdeki düzenleyici gözetimi altında işletilen özel araçları (yaygın olarak kamyonetler ve minibüsler) içermektedir.

Geleneksel ve gayri resmi toplu taşıma arasındaki kurumsal farklar güvenlik açısından önemli bir rol oynamaktadır. Gayri resmi toplu ulaşım sağlayıcıları sıklıkla işletim güvenliğine yönelik herhangi bir doğrudan gözetim olmaksızın yolcular için birbirleriyle rekabet ederler. Bunlar genellikle riski daha da artırarak sabit otobüs duraklarını veya terminallerini kullanmazlar. Diğer taraftan, geleneksel otobüs hizmetlerinde yolcular için rekabet etmeye yönelik hiçbir teşvik bulunmamaktadır ve güvenlik hususlarını, bakımı ve sürücü eğitimini denetleyebilen tek bir işletim kurumu olmasından fayda sağlamaktadırlar.

Toplu taşıma önceliği terimi özel bir altyapı tipini değil, otobüslere trafiğin kalını üzerinde öncelik tanımayı amaçlayan ve otobüs öncelikli şeritler, otobüse tahsis edilmiş şeritler, yoğun saat otobüs şeritleri, sıra atlaticıları, trafik ışığı öncelikleri ve otobüs yolları gibi özellikleri içeren altyapı iyileştirmeleri kategorisini ifade etmektedir.

Otobüs öncelik şeridi terimini otobüsler için ayrılmış olan ve belirli koşullar altında diğer araçlar tarafından da kullanılabilen şeritleri ifade etmek için kullanıyoruz. Otobüs öncelik şeridinin en yaygın tipi otobüsler tarafından kullanılmanın yanı sıra sağa dönüş yapan araçlar tarafından da kullanılabilen kaldırım kenarı şeritleridir⁶.

Otobüse tahsis edilmiş şerit sadece otobüslerin kullanımı için ayrılmıştır ve herhangi bir zamanda acil durum dışı araçların kullanmasına izin verilmemektedir. **Yoğun saat otobüs şeridi** sadece yoğun saatler boyunca öncelikli veya otobüse tahsis edilmiş şerit olarak ayrılmaktadır. Genellikle bir cadde yoğun sabah

trafiği için bir yöndeki bir şeridi ve yoğun akşam trafiği için de ters yöndeki bir şeridi yoğun saat otobüs şeridi olarak sunabilmektedir.

Ters akışlı otobüs şeritleri ters akışlı kullanım durumunda işleyen herhangi bir otobüs şeridi tipini ifade etmektedir (yani, öncelikli, yoğun saat, tahsis edilmiş). Bu çalışmada ters akışlı olarak sınıflandırdığımız üç yerleşim düzeni tipi mevcuttur:

- Karma trafiğin aksi yönünde ilerleyen tek bir kaldırım kenarı otobüs şeridi sunan, karma trafiğe yönelik çok şeritli tek yönlü bir cadde (örneğin, Eje Central, Mexico City)
- Caddenin bir tarafında çift yönlü karma trafik şeritleri ve diğer tarafında çift yönlü otobüs şeritleri içeren yerleşim düzeni (örneğin, Brisbane Otobüs Yolu, Curitiba'daki bazı metrobüs güzergahları)
- Tek yönlü bir karma trafik caddesinin merkezindeki çift yönlü metrobüs (örneğin, Eje 4 Sur, Mexico City'deki Metrobüs Hattı 2)

Sıra atlatici, otobüslerin sinyalizasyon bir kavşakta karma trafiği atlatarak geçmesini sağlayan bir geometrik tasarım özelliği gösterir. En genel düzenleme bir kavşağa yaklaşırken otobüsün sıranın önüne ilerlemek için kullanıp gecikmeyi azaltabileceği bir otobüse tahsis edilmiş şerit eklenmesini içermektedir. **Trafik ışığı önceliği** ile de ilişkilendirilebilir. Terimi burada uyarmalı ışıklar gibi aktif öncelik özelliklerini ifade etmek için kullanıyoruz (yani, yaklaşan bir otobüsü farkedip sinyalini yeşile çeviren ışıklar).

Otobüs yolu ifadesini bir sokakta yolun ortasında veya geçiş önceliği hakkına bağlı olarak otobüslere tahsis edilmiş bir altyapının (şeritler ve duraklar) bulunduğu durumları anlatmak için kullanıyoruz. Bu durumun tipik örnekleri arasında Delhi'deki otobüs yolu veya Porto Alegre'deki Avenida Protásio Alves veya Avenida Bento Gonçalves otobüs yolları sayılabilir. Bir otobüs yolu ile **metrobüs (BRT)** arasındaki temel fark, metrobüsün hizmet kalitesine, en yaygın olarak otobüs dışında ücret toplama, kapı seviyesinden biniş ve merkezi işlem kontrolü şeklindeki bir takım diğer iyileştirmeleri getirmesidir. Tipik BRT örnekleri arasında Bogotá'daki TransMilenio, Mexico City'deki Metrobüs veya Ahmedabad'daki Janmarg sayılabilir.

Ayrıca BRT'lerin ve otobüs yollarının farklı tipleri arasında ayırım yapıyoruz. **Tek şeritli** bir BRT veya otobüs yolu her yön için otobüslere tahsis edilmiş bir şerit özelliği gösterir (örneğin, Mexico City'deki Metrobüs). Bir BRT veya **sollama şeritli** bir otobüs yolu tipik olarak istasyonlar arasında tek şerit ve istasyonlarda bazı istasyonlara uğramadan geçen ekspres otobüslere imkan sağlayacak ek bir şerit özelliği gösterir. (örneğin, TransOeste, Rio de Janeiro; Macrobus, Guadalajara). Son olarak, **çok şeritli bir** BRT veya otobüs yolu bir yol koridorunun uzunluğunun büyük bir kısmı veya tamamı boyunca en azından iki otobüslere tahsis edilmiş şerit özelliği gösterir (örneğin, TransMilenio, Bogotá).

Teşekkür

Bu araştırma projesinin finansmanı Bloomberg Philanthropies'in desteği ile sağlanmıştır.

Yazarlar veri toplama ve analiz çalışmaları, yol test süreci ve bunların yanı sıra bilgisini paylaşmış, yorumlarda bulunmuş veya saha incelemelerine katılmış olan herkese teşekkürlerini sunmaktadır.

Rice Üniversitesi'nden Rebecca Jaffe Porto Alegre, Mexico City ve Bogotá için veri toplama ve analiz çalışmalarına katkı sağladı. Massachusetts Institute of Technology'den Qianqian Zhang sinyalizasyon kavşaklarda yaya davranışı konusundaki araştırmaya katkıda bulundu. EMBARQ Brazil Paula Manoela dos Santos da Rocha EMBARQ BRT Simülasyonunu kullanarak işletimsel performansa ilişkin güvenlik karşı önlemlerinin etkilerinin analiz edilmesine katkıda bulundu.

EMBARQ Mexico Saúl Alveano Aguerrebere, Marco Tulio Priego Adriano ve Yorgos Voukas Mexico City'deki Metrobús BRT sistemi ve Guadalajara'daki Macrobús BRT koridoru için veri toplama çalışmalarını koordine ettiler. Secretaría de Vialidad y Transporte de Jalisco'dan Jesús Alberto Leyva Gutiérrez ve Diego Monraz Villaseñor Guadalajara büyükşehir bölgesi için kaza verilerini sağlarken EPS'den (Estudios, Proyectos y Señalización Vial S.A. de C.V.) Joel Ivan Zúñiga Gonsálvez Guadalajara şehri için kaza sıklığı modellerinin geliştirilmesine yardımcı olan trafik sayımını paylaştı.

Mexico City'deki Metrobús işlemleri Müdürü Jorge Coxtinica Aguilar, Teknik Müdür Jorge Casahonda Zentella ve David Escalante Sánchez ile birlikte EMBARQ personeli ile görüştü Metrobús sistemi ile ilgili deneyimlerini paylaştı.

Güvenlik Müdürü Mario Carlos Gutiérrez ve İşlemler Müdürü Alberto Valbuena Gutiérrez'in yanı sıra TRANSMILENIO S.A.'dan Martín Salamanca ve Jaison Lucumí Bogotá'daki TransMilenio BRT sistemine ilişkin kaza veri tabanını paylaştı ve EMBARQ personeline bir TransMilenio koridorunun incelenmesi esnasında eşlik etti. Kolombiya Ulaştırma Bakanlığı'nda Myriam Haidee Carvajal López ve Beatriz Elena Jurado Flóres Bogotá, Cali ve Pereira şehirleri dahil olmak üzere Kolombiya ulusal yol güvenlik veri tabanındaki bilgilere erişim sağladı.

EMBARQ Brazil Brenda Medeiros ve Marta Obelheiro Brezilya şehirlerinde veri toplanmasını koordine etti ve bu kılavuza değerli girdiler sağlayan Brezilya BRT sistemine yönelik denetim ve incelemelere katıldı. Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) ve Matricial Engenharia Consultiva Ltda. Porto Alegre şehri için kaza verilerini ve trafik sayımlarını sağladı. Urbanização de Curitiba S.A. (URBS) Curitiba'daki BRT koridorları için kaza verilerini sağladı. Belo Horizonte'deki çeşitli otobüs koridorları için kaza verilerini sağlarken, Companhia de Engenharia de Tráfego de São

Paulo (CET- SP) São Paulo'daki otobüs yolları için kaza verilerini sundu.

EMBARQ India'dan Madhav Pai ve Binoy Mascarenhas Delhi'deki BRTS koridoru ve Ahmedabad'daki Janmarg dahil olmak üzere Hint şehirleri için veri toplama çalışmalarını koordine ettiler.

Uluslararası Yol Değerlendirme Programı (iRAP)'tan Rob McInerney Brisbane, Queensland, Avustralya'daki Güney Doğu Otobüs Yolundaki yaya kazaları hakkında veri sağladı.

Instituto Metropolitano Protransporte de Lima'dan Ricardo Rivera Salas ve Vladimir Américo García Valverde Lima'daki Metropolitano BRT üzerindeki kazalara ilişkin bir veri tabanı paylaştı.

Rio Ônibus için İşlemler Müdürü olan Alexandre Castro bir yol güvenlik incelemesinin bir parçası olarak Rio de Janeiro'nun TransOeste BRT koridoru hakkında işlemler ve güvenliğe ilişkin deneyimlerini paylaştı.

Pontificia Universidad Católica de Chile'den Luis Rizzi ve Diego Pinto Santiago de Chile'deki Transantiago otobüs sistemine ilişkin kaza veri setine erişim sağladı ve ayrıca bu kılavuz için değerli yorumlarını sundu.

EMBARQ Türkiye'den Ali Doğan Şalva, Elif Can Yüce, ve Serdar Onel İstanbul için veri toplanmasını koordine etti ve İstanbul'daki Metrobús BRT'nin yol güvenlik incelemelerine katıldı. İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel'den (İETT, İstanbul'un ulaşım kurumu) Mümin Kahveci ve personeli kaza verileri ile birlikte Metrobús BRT'ye yönelik güvenlik ve işlemler ile ilgili deneyimlerini paylaştı ve ayrıca bu belgenin taslak sürümünün Türkçe'ye tercümesine destek oldu.

Yazarlar Dünya Bankası'nın Küresel Yol Güvenlik Tesisi'nden (GRSF) Tawia Addo Ashong ve Dünya Bankası'ndan Karla Gonzalez Carvajal'a bu kılavuza ilişkin Washington, DC ve Addis Ababa'da bu kılavuz hakkında uzmanlar ve yerel paydaşlardan değerli geri bildirimler alınması fırsatını sağlayan çalıştaylar ve eğitim oturumları düzenledikleri için teşekkür etmektedir.

Yazarlar ayrıca Fred Wegman, Jacques Commandeur ve Atze Dijkstra (SWOV— Yol Güvenlik Araştırmaları için Hollanda), Steve Lawson (iRAP), Tony Bliss, Said Dahdah, Sam Zimmerman, O. P. Agarwal (Dünya Bankası), Subu Kamal, Sanjay Vadgama (Ulaşım Araştırma Laboratuvarı), Lilia Blades (UN Habitat), César Durán Arróspide (Arequipa, Peru Belediyesi), Juan Carlos Muñoz (Pontificia Universidad Católica de Chile), Alexandra Rojas ve Claudia Puentes (Fondo de Prevención Vial, Colombia), Janet Ranganathan, Holger Dalkmann, Clayton Lane, David Tomberlin, Benjamin Welle, Aileen Carrigan, Aaron Minnick, Benoit Colin, Heshuang Zeng, Katherine Filardo (Dünya Kaynakları Enstitüsü), Paulo Custodio ve Gerhard Menckhoff'a değerli yorumları için teşekkür ederler.

Kaynakça

- Barnett, A. G., J. C. van der Pols, and A. J. Dobson. 2004. "Regression to the Mean: What It Is and How to Deal with It." *International Journal of Epidemiology* 34, no. 1: 215–20.
- BITRE (Bureau of Infrastructure, Transport, and Regional Economics). 2009. *Road Crash Costs in Australia, 2006*. Report 118. Canberra: BITRE, November.
- Blincoe, L. J., A. G. Seay, E. Zaloshnja, T. R. Miller, E. O. Romano, S. Luchter, and R. S. Spicer. 2002. *The Economic Impact of Motor Vehicle Crashes, 2000*. Report DOT HS 809 446. Washington, DC: U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
- Bocarejo, J. P., J. M. Velasquez, C. A. Diaz, and L. E. Tafur. 2012. "Impact of BRT Systems on Road Safety: Lessons from Bogota." Paper presented at Transportation Research Board Annual Meeting, Washington DC.
- Carrigan, A., R. King, J. M. Velasquez, M. Raifman, and N. Duduta. 2013. *The Social, Environmental, and Economic Impacts of BRT Systems*. Washington, DC: EMBARQ.
- Cooper, J., R. J. Schneider, S. Ryan, and S. Co. 2012. "Documenting Targeted Behaviors Associated with Pedestrian Safety." Paper presented at the 91st Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, January.
- Cropper, M., and S. Sahin. 2012. "Valuing Mortality and Morbidity in the Context of Disaster Risks." Background paper for the joint World Bank–UN Assessment on Disaster Risk Reduction, Washington, DC.
- Diogenes, M. C., and L. A. Lindau. 2010. "Evaluating Pedestrian Safety at Midblock Crossings in Porto Alegre, Brazil." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 2193: 37–43.
- Duduta, N., C. Adiazola-Steil, D. Hidalgo, L. A. Lindau, and R. Jaffe. 2012. "Understanding the Road Safety Impact of High Performance BRT and Busway Design Characteristics." *Transportation Research Record* 2317: 8–16.
- Duduta, N., C. Adiazola-Steil, D. Hidalgo, L. A. Lindau, and P. dos Santos da Rocha. 2013. "The Relationship between Safety, Capacity, and Operating Speed on Bus Rapid Transit." Paper presented at the 13th World Conference on Transport Research (WCTR), Rio de Janeiro.
- Duduta, N., L. A. Lindau, and C. Adiazola-Steil. 2013. "Using Empirical Bayes to Estimate the Safety Impacts of Transit Improvements in Latin America." Paper presented at the International Conference in Road Safety and Simulation, RSS 2013, Rome.
- Duduta, N., Q. Zhang, and M. Kroneberger. Forthoming 2014. "The Impact of Intersection Design on Pedestrians' Decision to Cross on Red." *Transportation Research Record*.
- Dumbaugh, Eric, and R. Rae. 2009. "Safe Urban Form: Revisiting the Relationship between Community Design and Traffic Safety." *Journal of the American Planning Association* 75, no. 3: 309–29.
- Elvik, R., and T. Vaa. 2008. *The Handbook of Road Safety Measures*. Bingley, UK: Emerald Group.
- Esperato, A., D. Bishai, and A. Hyder. 2012. "Projecting the Health and Economic Impact of Road Safety Initiatives: A Case Study of a Multi-country Project." *Traffic Injury Prevention*, 13, suppl. 1: 82–89.
- Goh, K. C. K., G. Currie, M. Sarvi, and D. Logan. 2013. "Investigating the Road Safety Impacts of Bus Rapid Transit Priority Measures." Paper presented at the Transportation Research Board 92nd Annual Meeting, Washington DC.
- Hidalgo, D., and A. Carrigan. 2010. *Modernizing Public Transportation: Lessons Learned from Major Bus Improvements in Latin America and Asia*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Híjar, M., A. Chandran, R. Pérez-Núñez, J. C. Lunnen, J. M. Rodríguez-Hernández, and A. Hyder. 2011. "Quantifying the Underestimated Burden of Road Traffic Mortality in Mexico: A Comparison of Three Approaches." *Traffic Injury Prevention* 13, suppl. 1: 5–10.
- Klaver Pecheux, K., and H. Saporta. 2009. "Light Rail Vehicle Collisions with Vehicles at Signalized Intersections: A Synthesis of Transit Practice." TCRP Synthesis 79. Washington, DC: Transportation Research Board.
- Ladrón de Guevara, F., S. P. Washington, and J. Oh. 2004. "Forecasting Crashes at the Planning Level: Simultaneous Negative Binomial Crash Model Applied in Tucson, Arizona." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1897: 191–99.
- Moreno González, E. G., M. G. Romana, and O. M. Alvaro. 2013. "Effectiveness of Reserved Bus Lanes in Arterials." Paper presented at the 92nd Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, January.
- NACTO. 2011. *Urban Bikeway Design Guide*. Washington, DC.
- Pereira, B. M., L. A. Lindau, and R. A. Castilho. 2010. "A importância de simular sistemas Bus Rapid Transit." In *Proceedings of XVI CLATPU*. Mexico City.
- Rickert, T. 2007. *Bus Rapid Transit Accessibility Guidelines*. Washington, DC: World Bank.
- Rosén, E., and U. Sander. 2009. "Pedestrian Fatality Risk as a Function of Car Impact Speed." *Accident Analysis & Prevention* 41, no. 3: 536–42.

Transportation Research Board (TRB). 2010. "Signalized Intersections. Pedestrian Mode." In *Highway Capacity Manual (HCM)*. Transportation Research Board, Washington, DC.

Vuchic, V. 2007. *Urban Transit: Systems and Technology*. Hoboken, NJ: Wiley and Sons.

WHO. 2013. *Global Status Report on Road Safety*. Geneva: World Health Organization.

Wright, L., and W. Hook, eds. 2007. *Bus Rapid Transit Planning Guide*, 3rd ed. New York: Institute for Transportation and Development Policy.

Yazıcı, M.A., H. Levinson, M. Ilıcalı, N. Camkesen, and C. Kamga. 2013. A Bus Rapid Transit Line Case Study: Istanbul's Metrobüs System. *Journal of Public Transportation* 16, no. 1, 153-177

Zhou, Z., G. Ren, W. Wang, Z. Yong, and W. Wang. 2011. "Pedestrian Crossing Behaviors at Signalized Intersections: Observational Study and Survey in China." Paper presented at the 90th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, January.

Son Notlar

- 1 Dünya çapındaki BRT projelerinin güncel durumu hakkında bilgi için brtdata.org adresine bakınız.
- 2 Mexico City ve Bogotá'daki BRT sistemleri için gerçekleştirilmiş maliyet fayda analizi (bkz Carrigan ve diğ. 2013) temelinde istatistiki hayat değeri kullanılarak tahmin edilmiştir (VSL; tanımlar ve detaylar için bkz. bölüm 10.1).
- 3 Kaynaklar: EMBARQ analizi; Duduta, Lindau, Adriaola-Steil 2013; Goh ve diğ. 2013. Kullanılan yöntemler arasında Denemeli Bayes (Guadalajara ve Melbourne), şehir genelinde trendleri kontrol ederken kaza sayımlarının karşılaştırılması (Mexico City, Bogotá), ve basit öncesi-sonrası karşılaştırılması (Ahmedabad) sayılabilir.
- 4 EMBARQ BRT Simülatörünün açıklaması, kalibrasyonu ve önceki uygulamaları Pereira, Lindau, ve Castilho 2010 belgesinde bulunabilir.
- 5 İstanbul Metrobüs BRT'de kullanılan turnike tipleri ve ödeme yöntemi temelinde EMBARQ tahmini.
- 6 Bu rapor, trafiğin yolun sağ tarafından aktığı durumu ele almaktadır. Aksini özellikle belirtmediğimiz sürece bu raporda her zaman trafiğin sağdan aktığı durumlara atıfta bulunuyoruz.

Şekiller

Şekil 1	Tipik bir Latin Amerika Metrobüsünün güvenlik etkinlerinin toplam ekonomik fayda içindeki yüzdesi	4
Şekil 2	Tipik bir Latin Amerika Metrobüsü sistemi (örnekte Guadalajara'daki Macrobús verilmiştir) için cadde altaypısında yapılan değişiklikler ve bunlara bağlı güvenlik faydaları.	8
Şekil 3	Guadalajara Independencia yolunda 2007–2011 yılları arasında gerçekleşen kazalar	8
Şekil 4	Otobüs koridorlarındaki ölümlü kazalarda hayatını kaybeden yol kullanıcıların dağılımı (Mexico City, Guadalajara, Delhi, Ahmedabad, Curitiba, Porto Alegre ve Belo Horizonte).	10
Şekil 5	Otobüs şeritlerinin veya metrobüs yollarının yolun ortasında bulunduğu sistemlerde yaygın olarak meydana gelen kaza çeşitleri.	11
Şekil 6	Otobüs şeritlerinin kaldırım tarafında olduğu sistemlerde meydana gelen en yaygın kaza çeşitleri	12
Şekil 7	Çok şeritli metrobüs yolları üzerindeki duraklarda meydana gelen en yaygın kaza çeşitleri	13
Şekil 8	Yolun ortasındaki yayalar Delhi BRTS koridorunu geçiyor.	23
Şekil 9	Şehir yolundaki kademeli bir yaya geçidi.	24
Şekil 10	Bogota'daki TransMilenio BRT otobüs şeritlerinden dikkatsizce geçen yayalar	25
Şekil 11	Porto Alegre'de yerlerine göre çarpışmalar: Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) tarafından sağlanan çarpışma veri tabanına göre hesaplanmıştır, Porto Alegre, 2011	25
Şekil 12	Dar bir sokaktaki yaya geçidi.	26
Şekil 13	León, Meksika'da bulunan, rampalı ve dinlenme alanlı bir yaya köprüsü.	27
Şekil 14	Delhi'deki bir yaya köprüsü yakınlarındaki korkuluklardan atlayıp otobüs yolunu dikkatsizce geçen yayalar.	27
Şekil 15	Kaldırım yanında şeritler bulunan cadde tasarımı.	28
Şekil 16	Mexico City, Eje 1 Oriente'deki otobüs şeridinde yürüyen yayalar.	29
Şekil 17	Mexico City'de Eje Central otobüs koridorundaki otobüs kazaları (türlerine göre) (2006–2010)	29
Şekil 18	Mexico City, Eje Central'de kaldırım kenarındaki otobüs şeridinde yük arabasını iten bir kişi.	29
Şekil 19	Rio de Janeiro'da TransOeste BRT Metrobüs (BRT)	30
Şekil 20	Kavşak alanını azaltmak için dönüş yarıçapının ve kaldırım uzantılarının (kırmızı) nasıl kullanılabileceğini gösteren şema	35
Şekil 21	Aralık arttırma ve refüjler	36
Şekil 22	Kavşak işareti olan ve olmayan kavşak örnekleri	37
Şekil 23	Örnekte şerit dengesizliğine çözüm olarak bir yöndeki şeritlerin kaldırılabilmesi veya yalnızca dönüşler için şeritler oluşturulabilmesi görülmektedir	38
Şekil 24	Döngü seçeneği 1: Sola dönüş yasağı olan kavşaktan sonraki döngü	39
Şekil 25	Döngü seçeneği 2: Sola dönüş yasağı olan kavşaktan sonraki döngü	39
Şekil 26	İki döngü seçeneği için tasarım önerileri. Görüldüğü üzere bu tasarım, sürücülerin kavraması gereken asgari düzeyde bilgi içermekte olup, ismi belirtilen tek yol, sola dönüşün yasak olduğu yoldur.	39
Şekil 27	Dört yönlü, sola dönüşü bulunmayan bir kavşak	40
Şekil 28	Yaya refüjü. Refüj, kaldırım ile aynı seviyede olmalı ve yükseltilmiş bir taşla trafikten ayrılmalıdır. Ayrıca, beklenen yaya yoğunluğunu karşılayacak düzeyde alan barındırılmalıdır ve refüje en azından bebek arabalı bir kişi sığabilmelidir.	41
Şekil 29	Sol dönüşü izin veren dört yönlü bir kavşak	42

Şekil 30	Kaza şeması: Yolun orta kısmındaki metrobüs ya da otobüs koridorlarında işleyen otobüslerde en sık rastlanan kaza tipi: Otobüslerin önünden kural dışı sola dönen araçlar	43
Şekil 31	Üzerinde bisiklet yolu bulunan kavşaklar	44
Şekil 32	Bisiklet şeridi levha ve işaretlerine örnek	45
Şekil 33	Yan yol ile kesişen dört yönlü küçük kavşak	46
Şekil 34	Trafiğe kapatılmış yan yol	47
Şekil 35	Dört yönlü küçük kavşaklarda bisiklet dönüşleri	48
Şekil 36	Sola dönüşün ilk aşaması: Bisiklet sürücüleri Metrobüs (BRT) boyunca yeşil alanda ilerlemeli, sıra alanının sağında durmalı ve geçiş ışığının yanmasını beklemelidirler.....	49
Şekil 37	Sola dönüşün ikinci aşaması: Işık yeşile döndüğünde bisiklet sürücüleri Metrobüs (BRT) koridorunu trafiğin diğer öğeleriyle birlikte geçer. Burada ikincil trafik sinyalinin önemli olduğu hatırlanmalıdır. Bisiklet sürücüleri birinci sinyali verilmesinin ardından, geçiş için kavşağın uzak noktasına yerleştirilen ikinci sinyalin de verilmesini beklemelidirler. .	49
Şekil 38	Kaldırım kenarı Metrobüs (BRT)	50
Şekil 39	Metrobüs hattı boyunca kavşağa yaklaşan kesitlerden birinin plan görünümü. Sağa dönüş yapacak olan araçlar kavşağa varmadan önce kaldırım kenarındaki otobüs şeridine geçerek otobüs hattı üzerinden dönüşlerini gerçekleştirebilirler. Otobüs hattına geçiş için kullanılan alan en az 50 metre uzunluğunda olmalıdır.	50
Şekil 40	Üç farklı otobüs koridoru için yol güvenliği karşılaştırması, Guadalajara, Meksika	51
Şekil 41	Otobüs öncelikli şeritlerin ya da karma trafiğin bulunduğu kavşaklar	51
Şekil 42	Otobüs hatlarında yaşanan kazalara karışan araçlar, Guadala- jara (Avenida Alcalde)	51
Şekil 43	İstanbul, Eminönü'nde bir geçiş noktasında ve Rio de Janeiro'da (sağdaki resim) Salvador Allende ekspres otobüs istasyonunda kırmızı ışık yanarken karşıdan karşıya geçen yayalar.	52
Şekil 44	Işıklı kavşaklarda, kırmızı ışıkta geçen yayaların sinyal gecikmesi baz alınarak elde edilen yüzdeleri (Duduta, Zhang, Kroneberger 2014 çalışmasına göre)	54
Şekil 45	Rio de Janeiro'da araç trafiğinin sakin olduğu bir anda, kırmızı ışık yanmasına rağmen karşıya geçen yayalar.	55
Şekil 46	Karma trafikteki sağa dönüşlerde, paylaşımlı şeridin bitişini ve ayrılmış otobüs hattının başlangıcını belirten trafik ve kaldırım işaretleri.....	57
Şekil 47	Sıradan bir kavşak tasarımı ve Mexico City'nin tarihi merkezinde Metrobüs Line 4 hattının yapılmasının ardından sağlanan transit geçiş hizmeti	56
Şekil 48	TransMilenio hattında bilet ücreti ödmeden durağa girmek için otobüs şeritlerinden geçen bir yaya	61
Şekil 49	Şehir içi anayolda duraklara erişim	60
Şekil 50	TransMilenio hattı üzerindeki Calle 72 durağında yaya kaldırımı tamamen dolmuş durumda	61
Şekil 51	Orta blok geçidi durağı	62
Şekil 52	Otobüs şeridi ile karışık trafik şeridi arasında herhangi bir bariyer olmayan bir durağın önünde karşıdan karşıya geçen bir yaya.	62
Şekil 53	Curitiba'daki bir metrobüs durağında bulunan otomatik kapı. Görüntüdeki kapılar otobüs olmamasında rağmen açık konumda. Yolcular otobüs şeridine düşebileceği için kapıların böyle açık kalması kalabalık duraklarda güvenlik riski oluşturur.....	66
Şekil 54	TransMilenio 2006: Aynı istasyon içinde yer alan iki durak arasındaki yaya yolu. Yüksekliği yaklaşık 1 metre olan korkulukların alçak kaldığı dikkati çekmektedir. Bu korkuluklar çok alçak olduğu için insanlar bunların üzerinden kolaylıkla atlayabilir. Bu da yayalar için büyük bir güvenlik riski oluşturmaktadır.	63
Şekil 55	TransMilenio 2011: yaya yolunun kenarındaki korkuluklar yükseltilerek üzerinden atlaması zorlaştırılmıştır. Aynı istasyon içindeki farklı tesisleri birbirine bağlayan yaya yollarında bu tür yüksek korkuluklar kullanılmasını önermekteyiz.	63

Şekil 56	TransMilenio durağında kapıları zorlayarak açmış yolcular.....	63
Şekil 57	Ekspres şeritler	64
Şekil 58	TransMilenio hattı üzerindeki tipik bir durakta yaşanabilecek şiddetli çarpışma senaryosu: normal bir otobüs duraktan ayrılarak ekspres şeride girerken durak içinden geçen bir ekspres otobüs arkadan çarpar. Bu tür kazalar çok sayıda yaralanmalara sebep olarak en az bir tane ölüme yol açmıştır.	66
Şekil 59	TransMilenio hattı üzerindeki bir durakta yayalar duraktan ayrılmak için yasak yerden geçiyor.	66
Şekil 60	Duraklara erişim	66
Şekil 61	Delhi’de bir metrobüs durağından ayrılarak yol kenarında düzensiz bir şekilde ilerleyen yayalar	67
Şekil 62	Delhi’de metrobüs durağına gitmek için otobüs şeritlerinden geçen yayalar.....	67
Şekil 63	Transantiago hattında bir otobüs, kaldırım tarafındaki durağa yanaşmak için önündeki arabanın etrafından dolaşmak zorunda kalıyor, Santiago de Chile	68
Şekil 64	Kaldırım tarafı duraklar.	68
Şekil 65	Otobüs öncelikli şeritler ve normal otobüs şeritleri	69
Şekil 66	İstanbul metrobüsü üzerindeki Mecidiyeköy durağı	70
Şekil 67	Otoyol üzerinde ilerleyen metrobüs hatlarında meydana gelen en yaygın kaza türleri. Kaynak: IETT tarafından sağlanan verilen EMBARQ tarafından analizi.	72
Şekil 68	Otoyol üzerinden ilerleyen metrobüsler için tavsiye edilen çift taraflı bariyer ve yüksek korkuluklar.	73
Şekil 69	Solda: Metrobüs hattı üzerindeki Cevizlibağ durağında akşam yoğunluğunda oluşan kalabalık. Sağda: Hat üzerinde trafiğe kapalı bir alanda bulunan ve girişlerin turnike ile düzenlendiği gelişmiş bir durak.	74
Şekil 70	Otoyolun ortasından ilerleyen metrobüs sistemlerindeki duraklarda yolcu kapasitesinin artırılması ve kalabalığın önlenmesine yönelik tasarım konsepti (bu resim yolcu girişlerini gösteren konsept bir tasarım olup tavsiye edilen tüm korkuluklar resimde gösterilmemiştir).	75
Şekil 71	Estado de Mexico’ya kuzeyden bağlanan metrobüs ve minibüs hatları arasındaki aktarma durağı Indios Verdes’in havadan görünümü, Mexico City.	78
Şekil 72	Ana hatlar üzerindeki aktarmalar.	80
Şekil 73	Sağa dönen otobüsler ve düz devam eden diğer araçlar arasında meydana gelebilecek bir kaza senaryosu. TransMilenio hattı üzerinde bu tür kazaların yaşandığı bildirilmektedir.	81
Şekil 74	TransMilenio koridoru üzerindeki üç hattın kesişim noktası: NQS, Calle 80 ve Avenida Suba. Bu üç hat arasındaki otobüs bağlantıları üstgeçitler yoluyla sağlanarak tüm dönüşlerde kapasite azami düzeyde korunuyor ve otobüsler arasındaki muhtemel anlaşmazlıklar önlenabiliyor.....	81
Şekil 75	Kavşak üzerinden aktarmalar.	82
Şekil 76	Ana hatlar arası transferler	84–85
Şekil 77	Birleşik Terminal	86
Şekil 78	TransMilenio terminalinin tipik düzenini gösteren resimler. Sol: yeşil şebeke hattı otobüsleri platformun sol tarafında durmaktadır. Sağ: Körüklü kırmızı ana hat otobüsü aynı platformun sağ tarafında durmaktadır.	87
Şekil 79	Birleşik terminaler için erişim noktaları.....	88
Şekil 80	Terminal biçimleri örnekleri.....	89
Şekil 81	Yerel otobüs hizmetlerine transfer	90
Şekil 82	Bir bisiklet ağını bütünleştirmek	91
Şekil 83	Metrobüs (BRT) sistemlerinin genel ekonomik kazançları içerisinde güvenlik unsurunun payı.....	98
Şekil 84	Otobüs hatlarıyla çift yönlü düzen örnekleri.....	102

- Şekil 85** Müdahaleden önce Eje 3 Oriente Eduardo Molina, çift yönlü düzeni ve sürüş yönündeki değişmeyi göstermekte ..103
- Şekil 86** Müdahaleden sonra Eje 3 Oriente, Metrobüs hattı 5 ve iyileşmiş yaya altyapısı için Metrobüs (BRT) hatlarını göstermektedir 103

Tablolar

Tablo 1	Otobüs önceliğinin trafik güvenliği üzerindeki etkileri	7
Tablo 2	Otobüs öncelikli sistemlerin uygulamaya konmasıyla birlikte gerçekleşen ortak altyapı değişikliklerinin güvenlik etkileri	9
Tablo 3	Latin Amerika, Hindistan ve Avustralya'daki otobüs öncelikli sistemleri üzerinde yapılan güvenlik etki değerlendirmesinin sonuçları	10
Tablo 4	Farklı otobüs şeridi konfigürasyonlarının trafik güvenliği üzerindeki etkileri	15
Tablo 5	Çeşitli türlerdeki yollar için önerilen 85 yüzdelik hız sınırları*	20
Tablo 6	Yaya köprülerinin güvenlik üzerindeki etkileri	27
Tablo 7	2016 Senaryoları için simülasyon sonuçları	33
Tablo 8	Cadde ve kavşak tasarımının güvenlik etkileri	36
Tablo 9	Kavşakta sola dönüş şeridinin kaldırılmasının potansiyel güvenlik etkisi	42
Tablo 10	Bir kavşağı iki adet T kavşağa dönüştürmenin güvenlik etkileri	46
Tablo 11	Yayaların kavşak geçişlerinde kırmızı ışığı tercih etmeleri üzerine iki bileşenli logit fonksiyonu modellemesi (pozitif işareti kırmızı ışıkta daha fazla geçiş olduğunu ifade etmektedir)	53
Tablo 12	İşaret düzeni ve yaya gecikmesi örnekleri	54
Tablo 13	Kullanılan yolun türüne göre sefer hızları	72
Tablo 14	Farklı türde otobüs sistemlerinin güvenlik Etkileri	95
Tablo 15	Gelişmiş ülkelerin İYD rakamları ve aralıkları	96
Tablo 16	Ulaştırma Bakanlığı, Ulaştırma Analizi Rehberliği verilerine göre trafik kazalarında yaşanan yaralanmaların maliyet hesaplamaları	97
Tablo 17	Negatif binom ve Poisson kaza sıklığı modellerine göre Mexico city, Porto Alegre, Guadalajara Bogotá'dan ağırlıklı ortalama etki tablosu	101

Fotoğraflar:

EMBARQ/ EMBARQ Mexico / EMBARQ Brazil

Kapak, İç Kapak, Şekil: 8, 10, 13, 14, 16, 18,

19, 32, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 59,

61, 62, 63, 66, 69, 71, 78, 85, 86

Sayfalar: 10, 16, 17, 18, 22, 34, 58, 92, 93

Guadalajara BRT: Bernardo Baranda Sepúlveda/

ITDP 2009 Flickr İmaj

Şekil: 2

Lucho Molina- Flickr İmaj

Şekil: 56

Harita Verisi: Google, DigitalGlobe, INEGI

Sayfa: 76

Map data: Google, DigitalGlobe

Sayfa: 74, 80

ISBN: 978-1-56973-830-6

**EMBARQ**

10 G Street, NE, Suite 800
Washington, DC 20002
USA
+1 (202) 729-7600

**EMBARQ BRASIL**

Av. Independência,
1299/ 401, Porto Alegre, RS,
Brasil 90035-077
+55 (51) 33126324

**EMBARQ CHINA**

Unit 0902, Chaowai SOHO Tower A
Yi No. 6
Chaowai Dajie, Chaoyang District
Beijing 100020, China
+86 10 5900 2566

**EMBARQ INDIA**

Godrej and Boyce Premises
Gaswork Lane, Lalbaug
Parel, Mumbai 400012
+91 22 24713565

**EMBARQ MÉXICO**

Calle Belisario Domínguez #8,
Planta Alta
Colonia Villa Coyoacán, C.P. 04000
Delegación Coyoacán, México D.F.
+52 (55) 3096-5742

**EMBARQ TÜRKİYE**

Sürdürülebilir Ulaşım Derneği
Gümüşsuyu Mah. İnönü Cad.
No:29 Saadet Apt. Kat:6 D:7
Taksim, Beyoğlu, İstanbul
Tel: 0 (212) 243 53 05

**WORLD RESOURCES INSTITUTE**

WRI Ross Center for Sustainable Cities çatısı altındaki EMBARQ, şehirlerin sürdürülebilir bir ulaşım sistemine sahip olmasına yardım etmektedir.

EMBARQ; insanların şehirdeki yaşam kalitesini arttırmak amacıyla çevresel, sosyal ve mali açılardan sürdürülebilir şehir içi ulaşım ve kentsel planlama alanlarında çözümler sunmaktadır.

2002 yılında World Resources Institute (Dünya Kaynakları Enstitüsü) kuruluşunun başlattığı bir program olarak kurulan EMBARQ; Brezilya, Çin, Hindistan, Meksika ve Türkiye’de geniş bir ağı üzerinden çalışmaktadır.

EMBARQ; çevre kirliliğini azaltmak, halk sağlığını iyileştirmek ve güvenli, erişilebilir ve cazip şehir alanları ve entegre ulaşım sistemleri oluşturmak amacıyla yerel ve ulusal kurumlar, şirketler, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları ile işbirliği içinde hareket etmektedir. EMBARQ, kendi yerel tecrübeleriyle ulusal ve uluslararası politikalar ile finansal çözümler geliştirerek küresel çapta tanınan bir noktaya gelmiştir. Daha fazla bilgi için www.embarq.org adresini ziyaret ediniz.

www.embarq.org