

Received : November 26, 2019 Accepted : December 31, 2019

<http://dx.doi.org/10.26650/JTL.2019.04.02.05>

Research Article

Investigation of the Effects of Accessible Traffic Calming and Flow Improvement Applications on Traffic

Kadir Berkhan Akalin | Department of Civil Engineering, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir, Turkey, kbakalin@ogu.edu.tr

Çağdaş Kara | Department of Civil Engineering, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir, Turkey, ckara@ogu.edu.tr

Abdulkadir Özden | Department of Civil Engineering, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir, Turkey, aozden@ogu.edu.tr

Keywords:

Pedestrian Priority
Transportation,
Environment and
Human-Friendly
Transportation,
Traffic Calming,
Traffic Management,
Sustainable
Transportation

ABSTRACT

Proving public transportation and pedestrian priority systems is one of the most important elements of urbanization. In this context, in many developed and developing countries, especially pedestrian and bicycle safety has been prioritized and related applications have been developed and the use of environment and human-friendly transportation systems has been expanded. In this study, some traffic calming applications that can be applied in the vicinity of university campuses, schools, hospitals and health centers, where pedestrian priority and safety should be at the highest level, were evaluated. The current situation of the intersection in the analysis region determined within the scope of the study and the scenarios with different intersection types are examined and analyzed in terms of traffic indicators such as delay, service capacity, emission values and using micro scale traffic simulation program -Synchro 10. As a result of the analysis, it is revealed that the design of the roundabout with raised pedestrian crosswalks (RPC) which is one of the human-friendly traffic calming methods, both increases traffic safety in the areas where pedestrian traffic is heavy and provides flow improvement.

Erişilebilir Trafik Sakinleştirme ve Akım İyileştirme Uygulamalarının Trafığe Olan Etkilerinin İncelenmesi

Anahtar Sözcükler :

Yaya Öncelikli
Ulaşım, Çevre ve
İnsan Dostu Ulaşım,
Trafik Sakinleştirme,
Trafik Yönetimi,
Sürdürülebilir Ulaşım

Öz

Kentleşmenin en önemli unsurlarından biri olarak toplu taşıma ve yaya öncelikli ulaşım sisteminin sağlanması gösterilmektedir. Bu kapsamda birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede, özellikle yaya ve bisiklet güvenliği ön planda tutulmuş ve bunlarla ilgili uygulamalar geliştirilerek, çevre ve insan dostu ulaşım sistemlerinin kullanımı yaygınlaştırılmıştır. Bu çalışmada, yaya önceliği ve güvenliğinin en üst seviyede olması gereken üniversite yerleşkeleri, okullar, hastaneler ve sağlık merkezleri çevresinde yapılabilecek bazı trafik sakınleştirme uygulamaları ve bunların trafiğe olan etkileri hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen analiz bölgesindeki kavşağın mevcut durumu ve oluşturulan farklı kavşak tiplerine sahip senaryolar incelenerek gecikme, hizmet kapasitesi, emisyon değerleri gibi trafik göstergeleri açısından, Synchro 10 mikro ölçekli trafik benzetim programı kullanılarak analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda insan dostu trafik sakınleştirme yöntemlerinden olan yükseltilmiş yaya geçitleri ile birlikte uygulanacak dönel kavşak tasarımının yaya trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde hem trafik güvenliğini artırdığı, hem de akım iyileşmesi sağlayabildiği görülmüştür.

Cite this article as

Akalin, K. B., Kara, Ç., & Özden, A. (2019). Erişilebilir Trafik Sakinleştirme ve Akım İyileştirme Uygulamalarının Trafığe Olan Etkilerinin İncelenmesi. *Journal of Transportation and Logistics*, 4(2), 107-118. doi: 10.26650/JTL.2019.04.02.05

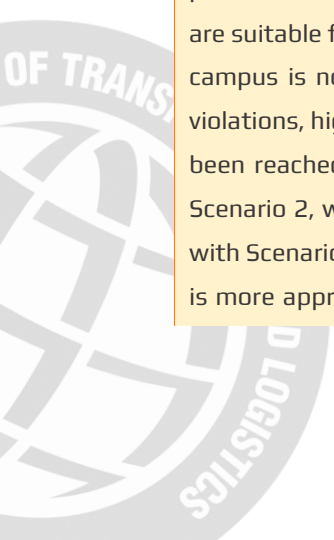
Extended Abstract

Investigation of the Effects of Accessible Traffic Calming and Flow Improvement Applications on Traffic

Purpose of the study: One of the most important elements of urbanization is providing public transportation and pedestrian priority systems. In this context especially pedestrian and bicycle safety has been prioritized and related applications have been developed and the use of environment and human-friendly transportation systems has been expanded in many developed and developing countries. In this study, evaluations related to some traffic calming applications that can be applied in the vicinity of university campuses, schools, hospitals and health centers, where pedestrian priority and safety should be at the highest level, have been made within the scope of their effects on traffic. In this context, the effects of accident and congestion-reducing and pedestrian, cycling and disabled-friendly applications on traffic were evaluated for the existing intersection with small traffic circle (mini roundabout) in Eskisehir Osmangazi University (ESOGU) Central Campus, which has the Hospital of Medicine Faculty and the Oral and Dental Health Center of Dentistry Faculty.

Method: At intersection with small traffic circle or mini roundabout, drivers may experience hesitation in terms of right of way. However, in general, there is a right of way boundary crossing for vehicles within the intersection in order to avoid congestion. At non-signalized four-leg intersections, if all legs have the same characteristics and there is no traffic sign, vehicles coming from the right has the right of way. In this case safety level is the lowest. Roundabouts have the highest level of safety among non-signalized intersection types, where drivers need to slow down reflexively when they approach the intersection, where all motorized and non-motorized vehicles including bicycles have the right of way, where it is required to give way to pedestrians while entering and exiting the intersection. Four different cases (Current Status: Four-leg small traffic circle intersection, Scenario 1: Rearrangement as roundabout, Scenario 2: Rearrangement as signalized intersection with optimum cycle time, Scenario 3: Rearrangement as roundabout with raised Pedestrian crosswalk -RPC) for the analysis zone were examined using micro-scale traffic simulation program -Synchro 10 for the intersection in the analysis region and evaluations were made in terms of traffic indicators such as delay, service capacity and emission values. The traffic volumes used in the simulation program were obtained from the traffic counts at the intersection in the analysis region at the peak hour (16:45-17:45) of the evening.

Results: The best values in terms of the number of vehicles entering and exiting the system according to traffic flow continuity and intersection capacities were obtained from Scenario 3. In addition, Scenario 2 provides the most appropriate results for other values such as stopping delay time, fuel usage and emission per vehicle. Signalized intersections that create a regular traffic flow increase the intersection capacity and are suitable for pedestrian safety. However, it is considered that the signalized intersections in the university campus is not suitable due to the fact that the fixed time signal system causes extra delays, red light violations, high maintenance and energy costs. In terms of delay time per vehicle, the maximum values have been reached at the current intersection design. The best delay time values are obtained in Scenario 2. Scenario 2, which is the best in terms of performance criteria except for emissions, provides close results with Scenario 1 and 3. Although the most appropriate results are obtained from Scenario 2, Scenario 1 or 3 is more appropriate when considering pedestrian and traffic safety, construction and maintenance costs



and delays in off-peak hours. Although the results obtained from Scenario 1 seem to be better than the results obtained from Scenario 3, pedestrians will have safety problems during crossing because of the increase of the wider intersection width. Therefore, it is recommended to include RPC and traffic signs/flash beacons to force drivers to decelerate where pedestrian traffic is heavy.

Conclusion: When the results of the simulation analysis are examined, although Scenario 2 (signalized intersection with optimum cycle time) seems to be a safe, economic and environmental solution, there would be an increase in delay time during off-peak hours. Waiting in vain can result in red light violations by both vehicle drivers and pedestrians and can significantly reduce traffic safety. Also, this scenario will not be an economical solution considering both the installation and maintenance/repair costs of the signaling system. In the light of these indicators, in areas where pedestrian, disabled and cycling safety should be at a high level; Scenario 3 (roundabout with RPC) is the most appropriate design in terms of security, economy and environmental indicators. RPC will both ensure that pedestrians, disabled and cyclists cross the road without getting down the pavement, while at the same time forcing drivers to reduce their speed and thus provide maximum safety. In this context, roundabouts that will be designed with RPC will increase traffic safety and provide traffic flow improvement within the scope of pedestrian, disabled and bicycle friendly applications.



1. Giriş

Günümüzde sürdürülebilir ulaşım ve trafik problemlerinin çözümü konusunda yapılan araştırmalar giderek yaygınlaşmaktadır. Kentleşmenin en önemli unsurlarından bir tanesi; toplu taşıma ve yaya öncelikli bir ulaşım sisteminin sağlanması olarak gösterilmektedir (He ve diğ., 2016; Jain ve diğ., 2017; Karim, Daissaoui, & Boulmakoul, 2017). Dünya üzerinde trafik sıklığının her sene milyarlarca dolara mal olduğu tahmin edilmektedir. Trafik sıklığı, özellikle büyük ve kalabalık şehirlerde can kayıpları, gürültü ve çevre ve kirliliği gibi hayatı olumsuz etkileyen olguları beraberinde getirmektedir (Coric & Gruteser, 2013). Türkiye’de nüfus hızla artarken, sosyo-kültürel yapı da gelişmektedir. Bu gelişim beraberinde özellikle büyük ölçekli kentlerde trafik hareketliliğinin artmasına ve mevcut ulaşım sistemlerinin etkinliğini azalmasına sebep olurken, yeni sistemlerin geliştirilmesi veya düzenlenmesi ihtiyacı doğurmaktadır (Gündüz, Mehmet, & Aydemir, 2011; Akman & Alkan, 2016). Bu kapsamda birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede, özellikle yaya ve bisiklet güvenliği ön planda tutulmuş ve bunlarla ilgili uygulamalar geliştirilerek, çevre ve insan dostu ulaşım sistemlerinin kullanımı yaygınlaştırılmıştır. Bütün bu gelişmeler dikkate alındığında, ülkemizde de yaya, engelli ve bisikletli öncelikli sürdürülebilir uygulamaların desteklenmesi ve yaygınlaştırılması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, yaya ve bisiklet güvenliği konusu üzerine çalışmalar ve uygulamalar giderek yaygınlaşmaktadır (Zegeer & Bushell, 2012; Ferenchak ve diğ., 2019; Turner ve diğ., 2019). Yaya öncelikli ve yayaaların güvenliğinin üst düzeyde sağlandığı bir ulaşım sisteminin temelinde sürücülerin eğitimi ve uyumu yer almaktadır. Ancak bunun kısa vadede kolay olmadığı ve insanların yetenekleri ile davranışlarının farklı olduğu düşünülürse, bazı yaptırımlar ve trafik sakinleştirme yöntemleri, bu güvenlik önlemlerinin alınması kapsamında uygulanabilmektedir.

Bir kavşakta en önemli parametre güvenlidir. Eşdüzey kavşak kesişimlerinde akım özellikleri genellikle kavşakta kapasite ve gecikme değerleri ile doğrudan ilişkilidir. Kapasite, kavşaktan geçebilecek araç sayısı; gecikme ise kavşağı kullanan tüm araçların kuyrukta bekleme veya kavşağı yaklaşırken yavaşlama hareketlerinden oluşan zaman kayıplarını ifade etmektedir (HCM, 2010). Diğer önemli parametrelerden biri olan durma gecikmesi, bir kavşak yaklaşımında aracın hareketsiz kaldığı süre olarak ifade edilmektedir (Olszewski, 1993).

Bir çalışmada, davranış modellerini yansıtan güvenlik ve konfor parametreleri kullanılarak, yükseltilmiş yaya geçitlerinin (YYG) geometrik tasarımı optimize edilmeye çalışılmıştır. Sokak genişliği, rampa uzunlukları, üst tabla uzunluğu ve yüksekliği özellikleri değişkenlik gösteren 23

YYG üzerinde nokta hız etüdü yapılarak en uygun geometriler belirlenmiştir (Mohammadipour & Alavi, 2009).

Litvanya’nın farklı yerleşim bölgelerinde yapılmış, farklı tipteki hız kesicilerin analiz edildiği bir çalışmada, hız kesici çevresindeki partikül madde içeren hava kirlilik değerleri incelenmiştir. Araştırmaya göre, farklı araç sayısı ve farklı bağıl nem miktarlarındaki partikül kirlilikleri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, Trapez YYG’lerin çevresinde kirlilik %55,7 artarken ve plastik hız kesici kasis çevresinde %58,6 artmıştır (Baltrėnas, Januševičius, & Chlebnikovas, 2017).



İsrail’de yaya güvenliğine yönelik çözümlerin değerlendirildiği bir çalışmada, literatür incelemeleri sonucunda, kazaların %80’inin yaya geçidi olmayan bölgelerdeki geçişlerde olduğu tespit edilmiştir. Buradan yola çıkılarak, çalışma kapsamında 95 bölgede detaylı analizler yapılmıştır. Sonuç olarak, araç-yaya kesişmelerini ve araç hızlarını azaltmaya yönelik çalışmaların artırılması gerektiği görülmüştür. YYG’lerin trafik kazalarının ve araç hızlarının azaltılmasında etkin olduğu da çalışma sonuçlarında bahsedilmiştir (Gitelman ve diğ., 2012).

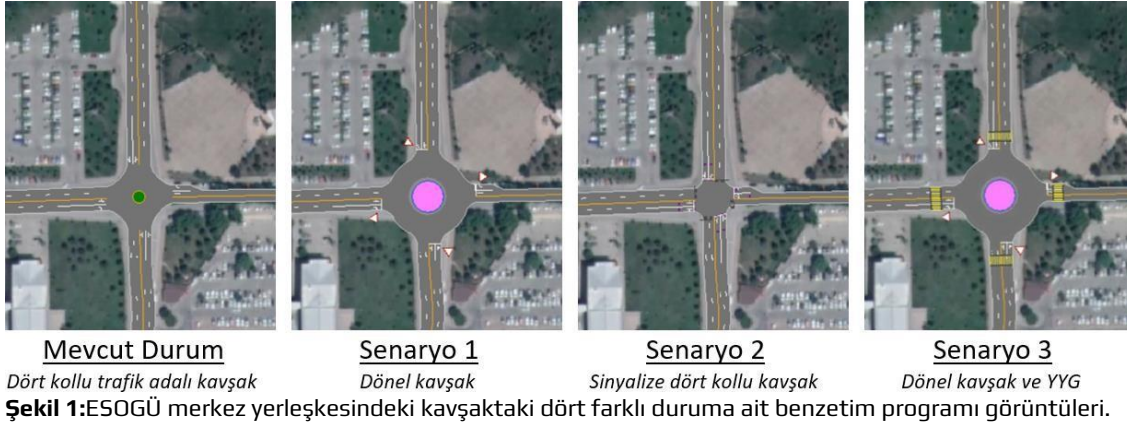
Bazı ülkeler, yaya güvenliği konusunda ciddi yaptırımlar uygulamaya başlamışlardır. Türkiye de bu ülkelerden biri olarak, 2019 yılını “Öncelik Hayatın, Öncelik Yayanın” sloganıyla “Yaya Önceliği Yılı” olarak ilan etmiştir. 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu’nun 74’üncü maddesinde 26 Ekim 2018 tarihinde yapılan değişiklikle; yaya önceliği ve güvenliğine dair yasal düzenleme getirilmiştir (Resmî Gazete, 2018). Ancak bu yasal düzenlemelerden hemen sonra birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de kaza sayılarında artış gözlemlenmiştir. Bu kazaların artışında, yayaların düzenlemelerden dolayı edindikleri güvenlik hissi nedeniyle trafikte hatalı davranışlarda bulunmaları ve sürücülerin uyum sağlayamamaları sebep olarak gösterilebilir (Leden, Gårder, & Johansson, 2006). Bu noktada, yaya ve araç görünürlüğünün artırılması ve hız azaltıcı uygulamaların yaygınlaştırılması gibi etkili önlemler alınmalıdır. Bu tedbirlerin özellikle yaya ağırlıklı okul çevresi, üniversite yerleşkeleri, hastaneler ve yoğun kent içi bölgelerde alınmasıyla birlikte kazaların azalması konusunda fayda sağlamaktadır (Huang & Cynecki, 2000).

Bu çalışmada, yaya önceliğinin ve güvenliğinin en üst seviyede olması gereken üniversite yerleşkeleri, okullar, hastaneler ve sağlık merkezleri çevresinde yapılabilecek bazı trafik sakınleştirme uygulamaları ile ilgili değerlendirmeler, bu uygulamaların trafiğe olan etkileri kapsamında yapılmıştır. Bu kapsamda, Tıp Fakültesi Hastanesi ve Diş Hekimliği Fakültesi Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi’ne sahip Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (ESOGÜ) Meşelik yerleşkesindeki mevcut yuvarlak adalı kavşak için, kaza ve sıkışıklık azaltıcı uygulamalar ile birlikte yaya, bisikletli ve engelli dostu uygulamalar değerlendirilerek, trafiğe olan etkileri incelenmiştir.

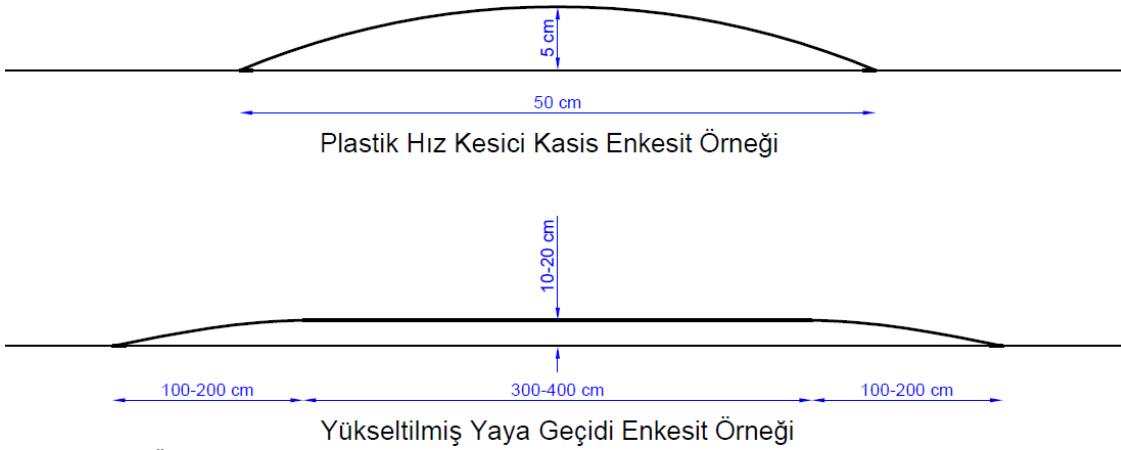
2. Analiz Bölgesi ve Yöntem

Çalışma kapsamında giriş kısmında bahsi geçen analiz bölgesindeki kavşak için dört farklı durum (Mevcut Durum: Dört kollu trafik adalı kavşak, Senaryo 1: Dönel kavşak olarak düzenleme, Senaryo 2: Sinyalize kavşak olarak düzenleme, Senaryo 3: Dönel kavşak ve YYG ile düzenleme) incelenerek gecikme, hizmet kapasitesi, emisyon değerleri gibi trafik göstergeleri açısından, Synchro 10 mikro ölçekli trafik benzetim programı kullanılarak, değerlendirmeler yapılmıştır. Synchro 10 trafik analizleri için Highway Capacity Manual (HCM) yöntemlerini kullanan bir benzetim programıdır (HCM 2010). Benzetim programında kullanılan trafik hacimleri, ESOĞÜ yerleşkesindeki kavşakta akşam zirve saatlerini (16:45-17:30) içerecek şekilde yapılan trafik sayımlarından elde edilmiştir. Hacim verileri programa girilerek dört farklı durum için analizler yapılmıştır (Şekil 1).



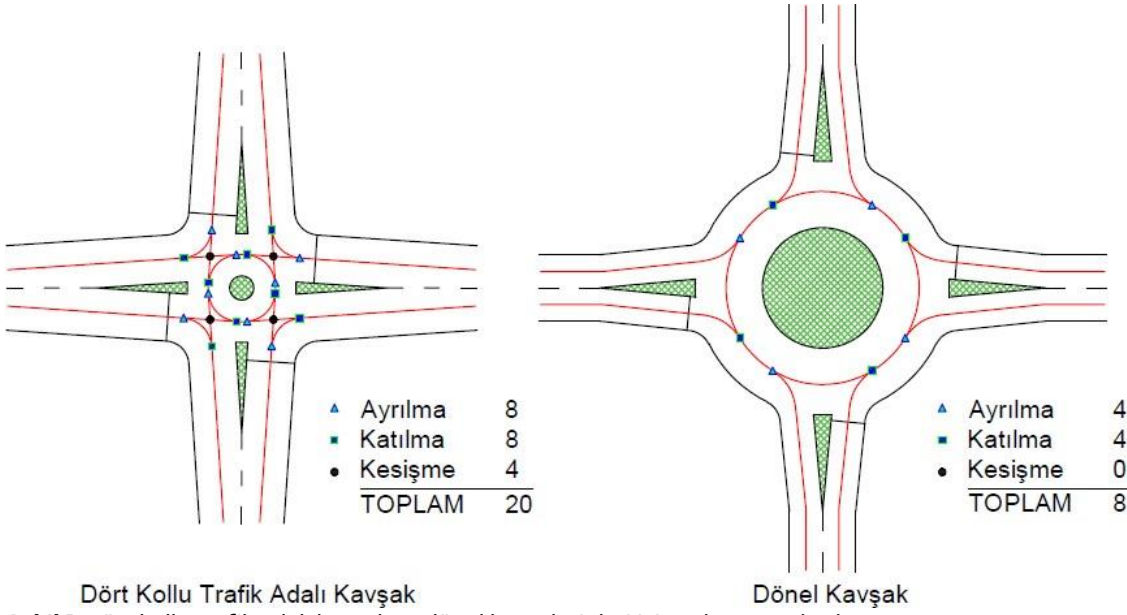


Yaya güvenliğini ön planda tutan, kent içindeki bazı kavşaklarda uygulanan trafik sakinleştirme uygulamalarına ait çalışmalar incelendiğinde, %85'lik hızlarda, hız kesici kasislerin %21,7 (60 km/sa'dan 47 km/sa'ya), hız kesici yastıkların %16,0 (50 km/sa'dan 42 km/sa'ya), hız kesici tablanın %22,2 (45 km/sa'dan 35 km/sa'ya), yükseltilmiş yaya geçidinin ise %29,5 (61 km/sa'dan 43 km/sa'ya) oranında azalmaya sebep olduğu görülmüştür (ACV, 2005; Corkle, Giese, & Marti, 2001; FHWA, 2014; Ponnaluri & Groce, 2005; Smith ve diğ., 2002). Mevcut durumda analiz yapılan kavşakta bulunan plastik hız kesici kasis ve Senaryo 3 için kullanılması önerilen yükseltilmiş yaya geçidi enkesit örnekleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: ESOĞÜ merkez yerleşkesindeki kavşaktaki kullanılan plastik hız kesici kasis ve Senaryo 3 için kullanılması önerilen yükseltilmiş yaya geçidi enkesit örnekleri

Eş düzey kavşaklarda, ayrılma, katılma ve kesişme olmak üzere, kaza oluşma ihtimalini arttıran çakışma noktaları oluşur. Çalışma kapsamında incelenen kavşak, mevcut durumda dört kollu ve trafik adalı olarak tasarlanmıştır. Bu kavşak tipi için yaya geçişleri hariç olmak üzere, 8 ayrılma, 8 katılma ve 4 kesişme olmak üzere toplam 20 çakışma noktası varken, Senaryo 1 ve 3 için önerilen dönel kavşaklarda 4 ayrılma ve 4 katılma olmak üzere toplam 8 çakışma noktası oluşmaktadır (Şekil 3). Buradan da anlaşılacağı üzere dönel kavşak sisteminin yaya ve sürücü güvenliği açısından daha iyi olduğu açıktır.



Şekil 3: Dört kollü trafik adalı kavşak ve dönel kavşak tipleri için çakışma noktaları

3. Benzetim Analizleri

Trafik adalı veya küçük yuvarlak adalı kavşaklarda, geçiş üstünlüğü konusunda sürücüler tereddüt yaşayabilmektedirler. Ancak genel olarak kavşakta tıkanıklık yaşanmaması açısından kavşak içerisindeki araçlarda geçiş üstünlüğü hakkı bulunmaktadır. Dört kollü kavşaklar sinyalize değilse, tüm kollar aynı düzeyde yolsa ve herhangi bir levha ile aksi belirtilmemişse geçiş üstünlüğü sağdan gelen araçlara aittir. Güvenlik düzeyi bu durumda en düşük olacaktır. Dönel kavşaklar ise araç sürücülerinin kavşağa yaklaşırken refleks olarak yavaşlama ihtiyacı hissettiği, kavşak içindeki bisikletli dâhil tüm motorlu-motorsuz araçların geçiş üstünlüğü hakkına sahip olduğu, kavşağa giriş-çıkışlarda yayalara yol vermenin zorunlu olduğu, sinyalize olmayan kavşak tipleri içerisinde güvenlik düzeyi en yüksek kavşak tipidir.

İncelenen kavşak içerisinde yuvarlak trafik adası yer almakta ve adanın küçük olması nedeniyle bir koldan gelen sürücülerin istikametini değiştirmeden karşı kola geçebilmesi, bütün kolların aynı boyutlarda olması, kavşak girişlerindeki plastik hız kesici kasıpların küçük boyutları sebebiyle sürücüler tarafından geçiş üstünlüğü karmaşası yaşanmakta ve tıkanıklığa neden olmaktadır. Ayrıca kavşak yaklaşım kolundaki yaya geçitlerinin kavşağa çok yakın olması sebebiyle, araçların yayalara yol vermek için durabileceği yeterli depolama alanı olmaması ve hızla dönen araçların geçen yayayı fark edememesi gibi sebepler tıkanıklığı arttırmakta ve güvenliği azaltmaktadır.

Çalışmada ESOGÜ'deki yuvarlak adalı kavşak için mevcut durum, Senaryo 1, 2 ve 3 koşulları altında benzetim analizleri Synchro 10 programı yardımıyla yapılmıştır. Mevcut durum ve senaryoların tanımlamaları aşağıdaki gibidir:



- Mevcut durum: Kavşak yuvarlak trafik adalı olarak tasarlanmıştır. Ancak adanın küçük olması sebebiyle kavşakta geçiş üstünlüğü ve güvenlik problemleri yaşanmaktadır.
- Senaryo 1: Mevcut kavşağın, dönel kavşak yapısına uygun koşullarda yeniden tasarlanması durumudur. Bu durumda, sürücülerin kavşak içerisindeki taşıtlara öncelik vermeleri sağlanacaktır.
- Senaryo 2: Mevcut kavşağın basit geometrik düzenlemelerle sinyalizasyon kavşak yapısına uygun hale getirilmesi ve sinyal eniyilemesi yapılarak kavşaktaki akımın düzenlenmesi durumudur.
- Senaryo 3: Mevcut kavşağın, dönel kavşak yapısına ve yükseltilmiş yaya geçidi uygulamasına uygun olarak yeniden tasarlanması durumudur. Böylelikle yaya, engelli/bebek arabası ve bisikletli trafiğine sahip kavşaklarda güvenliğin artırılması durumu gözlemlenmiştir.

Mevcut durum ve üç senaryo kapsamında yapılan benzetim ve hesaplama sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Dört farklı durum için benzetim analiz sonuçları

	Mevcut durum	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
Toplam gecikme (sa)	114,3	103,4 (-%9,5)	105,5 (-%7,7)	101,4 (-%11,3)
Araç başına toplam gecikme (s)	148,5	120,8 (-%18,7)	122,8 (-%17,3)	123,5 (-%16,8)
Durma gecikmesi (sa)	108,4	97,2 (-%10,3)	96,3 (-%11,2)	95,7 (-%11,7)
Araç başına durma gecikmesi (s)	140,8	113,6 (-%19,3)	112,1 (-%20,4)	116,5 (-%17,3)
Ortalama yakıt tüketimi (l/araç)	0,151	0,117 (-%22,4)	0,104 (-%31,1)	0,128 (-%15,1)
Yakıt verimliliği (km/l)	4,20	5,50 (+%31,0)	6,20 (+%47,6)	5,10 (+%21,4)
HC emisyonu (g/veh)	0,505	0,492 (-%2,7)	0,448 (-%11,4)	0,494 (-%2,3)
CO emisyonu (g/veh)	9,925	9,584 (-%3,4)	8,741 (-%11,9)	9,813 (-%1,1)
NOx emisyonu (g/veh)	1,042	1,113 (+%6,8)	1,029 (-%1,3)	1,112 (+%6,7)
Sisteme giren araç sayısı	2669	2974 (+%11,4)	2984 (+%11,8)	2858 (+%7,1)
Sistemden çıkan araç sayısı	2518	2906 (+%15,4)	2905 (+%15,4)	2805 (+%11,4)
Sistemde kalan araç sayısı	151	68 (-%55)	79 (-%48)	53 (-%65)

Tablo 1’de senaryolara bağlı olarak kavşak kapasitelerinin ve sisteme giriş yapabilen araç sayılarının değişkenlik gösterdiği gözönüne alındığında toplam ölçütlerden ziyade araç başına düşen ya da ortalama hesaplanmış değerlerin yorumlanması daha uygun olacaktır. Bu doğrultuda aşağıdaki sonuçlar değerlendirilmiştir.



- Mevcut durum ve senaryolardaki trafik akım sürekliliği ve kavşak kapasitelerine göre sisteme giren ve çıkan araç sayıları bakımından en iyi değerlere Senaryo 3'te ulaşılmıştır. Bunun yanısıra araç başına düşen durma gecikmesi, yakıt kullanımı, emisyon gibi diğer değerler için de Senaryo 2 en uygun sonuçları vermektedir. Düzgün bir akım yaratan sinyalizasyon kavşaklar, kavşak kapasitesini arttırmakla birlikte yaya güvenliği için de uygun sistemlerdir. Ancak Üniversite yerleşkesi içerisinde zirve saatler (sabah 07:45-08:45 ve akşam 16:45-17:45) dışındaki zaman dilimlerinde sabit zamanlı sinyal sisteminin gereksiz bekleme sebepleri, gecikmeleri arttırması, yayaların ışıklara uymaması, bakım ve enerji maliyetlerinin yüksek olması gibi sebeplerle sinyalizasyon kavşaklarının üniversite içerisinde kullanımının uygun olmadığı düşünülmektedir.
- Araç başına düşen gecikme değerleri bakımından en fazla değerlere mevcut durumda ulaşılmıştır. Kavşak içindeki adanın küçük olması ve kavşak geometrisinin belli bir geçiş önceliği sunmaması kavşakta sıkışıklığa sebep olmaktadır. En iyi gecikme değerleri ise Senaryo 2'de elde edilmektedir.
- Mevcut durum, diğer senaryolara göre tüm ölçütler bakımından daha kötü değerlere sahiptir. Araç başına durma gecikmeleri, efektif yakıt kullanımı, emisyon değerleri gibi diğer ölçütlerde uygunluk sırasına göre Senaryo 2'yi sırasıyla Senaryo 1 ve 3 takip etmektedir. Bunun yanında performans ölçütleri açısından en iyi olan Senaryo 2, emisyon değerleri dışındaki değerler açısından, Senaryo 1 ve 3'ün değerleri ile yakın sonuçlar sergilemiştir.
- İlk bakışta zirve saatlerde gecikmeler ve emisyon değerleri bakımından en uygun sonuçlar Senaryo 2'den elde ediliyor olsa da, yaya ve trafik güvenliği, yapım ve bakım maliyetleri ile zirve dışı saatlerdeki gecikmeler açısından düşünüldüğünde Senaryo 1 veya 3 daha uygun olmaktadır.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Benzetim analiz sonuçları incelendiğinde sinyalizasyon sistemi uygulaması (Senaryo 2) güvenli, ekonomik ve çevreci bir çözüm olarak görünse de, gün içerisinde (zirve saatler dışında) kavşağın yoğun olmaması sebebiyle araçların ışıklı kavşakta gereksiz bekleme sürelerinin artması söz konusu olmaktadır. Gereksiz bekleme süreleri hem araç sürücülerinin hem de yayaların ışık ihlalleri yapmalarına sebep olabilecek ve trafik güvenliğini önemli ölçüde düşürebilecektir. Bununla birlikte sinyalizasyon sisteminin gerek kurulum, gerekse bakım/onarım maliyetleri düşünüldüğünde bu senaryo ekonomik bir çözüm olmayacaktır.

Senaryo 1'den elde edilen sonuçlar genel olarak Senaryo 3'ten elde edilen sonuçlara göre daha iyi sonuçlar veriyor gibi gözükse de, dönel kavşak düzenlemesi sonucu kavşak genişliklerinin artması nedeniyle, yayalar karşıdan karşıya geçişleri sırasında güvenlik problemi yaşayacaklardır. Bu sebeple yaya yoğunluklu bölgelerde, araçların hız kesmelerini zorunlu kılmak için yükseltilmiş yaya geçitleri ve uyarı/ikaz ışıkları düzenlemelerinin ilave edilmesi önerilmektedir. Bu göstergeler ışığında, yaya, engelli ve bisikletli güvenliğinin üst düzeyde olması gerektiği bölgelerde; güvenlik, ekonomi ve çevreci göstergeler çerçevesinde en uygun tasarımın Senaryo 3 (yükseltilmiş yaya geçitli dönel kavşak) olduğu görülmektedir. Yükseltilmiş yaya geçitleri hem, yayaların,



engellilerin ve bisikletlilerin kaldırımdan inmeden karşıdan karşıya geçmelerini sağlarken, araç sürücülerinin hızlarını azaltmalarını ve böylece yol vermelerini zorunlu kılarak güvenliği en üst düzeyde sağlayacaktır. Bu kapsamda yükseltilmiş yaya geçitleri ile birlikte tasarlanacak dönel kavşaklar, yaya, engelli ve bisikletli dostu uygulamalar kapsamında, hem trafik güvenliğini arttıracak hem de akım iyileşmesi sağlayacaktır.

Türkiye’de yaya ve bisiklet önceliği ile birlikte trafik güvenliğinin sağlanması için gerekli yasal düzenlemeler 2018 yılından itibaren hayata geçirilmiş ve bu kapsamdaki çalışmalar hızlandırılmıştır. Bu yasal düzenlemelerle birlikte, sürücü ve yayaların trafikteki uyumun hızlı bir şekilde sağlanması ve kazaların azaltılması noktasında gerekli analiz ve çalışmaların yapılması gerekmektedir. Özellikle de yaya trafiğinin yoğun olduğu okul çevresi, hastaneler, üniversite yerleşkeleri gibi bölgelerde, kavşak geometrisi ve trafik düzenlemeleri yapılarak, yaya, engelli ve bisikletli güvenliğini arttıracak önlemlerin alınması, sürdürülebilir ulaşım ve trafik güvenliği açısından gereklilik arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- ACV (Arlington County Virginia) (2005). Effectiveness of Traffic Calming Measures in Arlington County. Arlington County, Virginia, VA.
- Akman, G., & Alkan, A. (2016). "İzmit kent içi ulaşımda alternatif toplu taşıma sistemlerinin aksiyomlarla tasarım yöntemi ile değerlendirilmesi Evaluation of alternative public transportation systems in Izmit urban transportation via axiomatic design method." Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(1): 54-63.
- Resmî Gazete (2018). Karayolları Trafik Kanunu İle Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun. İç İşleri Bakanlığı, Türkiye.
- Baltrėnas, H. P., Januševičius, T., & Chlebnikovas, A. (2017). "Research into the impact of speed bumps on particulate matter air pollution." Measurement, 100: 62-67.
- Coric, V., & Gruteser, M. (2013). Crowdsensing maps of on-street parking spaces. Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), 2013 IEEE International Conference on, IEEE.
- Corkle, J., Giese, J. L., & Marti, M. M. (2001). Investigating the Effectiveness of Traffic Calming Strategies on Driver Behavior, Traffic Flow, and Speed. Minnesota Local Road Research Board, Minnesota Department of Transportation.
- Ferenchak, N., Marshall, W. E., & Janson, B. N. (2019). Reassessing Child Pedestrian Mode Choice and Safety via Perceived Parental Risk, Mountain Plains Consortium.
- FHWA (Federal Highway Administration) (2014). Engineering Speed Management Countermeasures: A Desktop Reference of Potential Effectiveness in Reducing Speed, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
- Gitelman, V., Balasha, D., Carmel, R., Hendel, L., & Pesahov, F. (2012). "Characterization of pedestrian accidents and an examination of infrastructure measures to improve pedestrian safety in Israel." Accident Analysis & Prevention, 44(1).
- Gündüz, A. Y., Mehmet, K., & Aydemir, C. (2011). "Kentiçi Ulaşımında Karayolu Ulaşımına Alternatif Sistem: Raylı Ulaşım Sistemi." Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 2(1).
- HCM (2010). "Highway Capacity Manual 2010." Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC: 1207.
- He, F., Yan, X., Liu, Y., & Ma, L. (2016). "A Traffic Congestion Assessment Method for Urban Road Networks Based on Speed Performance Index." Procedia Engineering, 137(Supplement C): 425- 433.
- Huang, H. F., & Cynecki, M. J. (2000). "Effects of traffic calming measures on pedestrian and motorist behavior." Transportation Research Record, 1705(1): 26-31.
- Jain, S., Jain, S. S., & Jain, G., (2017). "Traffic Congestion Modelling Based on Origin and Destination." Procedia Engineering, 187(Supplement C): 442-450.



- Karim, L., Daissaoui, A., & Boulmakoul, A. (2017). "Robust routing based on urban traffic congestion patterns." *Procedia Computer Science*, 109(Supplement C): 698-703.
- Leden, L., Gårder, P., & Johansson, C. (2006). "Safe pedestrian crossings for children and elderly." *Accident Analysis & Prevention*, 38(2): 289-294.
- Mohammadipour, A. H., & Alavi, S. H. (2009). "The optimization of the geometric cross-section dimensions of raised pedestrian crosswalks: A case study in Qazvin." *Accident Analysis & Prevention*, 41(2): 314-326.
- Olszewski, P. (1993). "Overall delay, stopped delay, and stops at signalized intersections." *Journal of Transportation Engineering*, 119(6): 835-852.
- Ponnaluri, R. V., & Groce, P. W. (2005). "Operational Effectiveness of Speed Humps in Traffic Calming." *ITE Journal* (pp. 26-30).
- Smith, D., Hallmark, S., Knapp, K., & Thomas, G. (2002). *Temporary Speed Hump Impact Evaluation*. Center for Transportation Research and Education at Iowa State University.
- Turner, S., Hampshire, R., Redmon, T., & Fitzpatrick, K. (2019). "Pedestrian and Bicyclist Scalable Risk Assessment Methods." *ITE Journal*, 89(4).
- Zegeer, C. V., & Bushell, M. (2012). "Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world." *Accident Analysis & Prevention*, 44(1): 3-11.

