MODERN DÖNEL KAVŞAKLARA SORUNSUZ BİR DÖNÜŞÜMÜN BİLİMSEL METODOLOJİSİ

Banihan GÜNAY[1] Metin Mutlu AYDIN[2] Kadir AKGÖL[2]

ÖZET

Gelişmiş ülkelerde 50'li yıllarda eski tip dönel kavşakların yerine Modern Dönel Kavşak türü geliştirilmiştir. Bu değişimdeki en önemli faktör, kavşak geometrisinin araçların hızını azaltmak zorunda kalacakları şekilde tasarlanması ve "Ada Etrafında Dönen Araca Yol Ver" kuralının getirilmesidir. Bu kural ülkemizde işletilemediği gibi eski tip dönel kavşaklardan modern dönel kavşaklara sorunsuz bir geçişin sağlanması için yapılması gerekenler de literatürümüzde henüz yeterince işlenmemiştir. Bu çalışma ile bu dönüşümün başarıyla yapılabilmesi için gerekli olan geometrik modifikasyon, sürücü eğitim metotları ve sürücülerin dönüşüme adapte olabilmesi için kavşaklarda bulunması gereken trafik işaretlemelerinin bilimsel olarak belirlenmesi amacıyla kullanılabilecek yöntemler simülatör senaryoları halinde verilmiştir. Ayrıca elde edilecek deney sonuçlarının nasıl değerlendirilmesi gerektiği, standardın nasıl hazırlanabileceği ve yetkililerin bu yeni standardı nasıl benimseyip uygulayabileceği konusunda da yol gösterici bilgiler bu bildiri ile aktarılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Araç simülatörü, trafik işaretlemeleri, yol güvenliği.

GİRİŞ

Dönel kavşaklar araçların dairesel biçimde hareket ederek değişik istikametlere dağılmasına imkân veren ve merkezi bir trafik adası etrafında trafiğin soldan aktığı durum için saat yönünde, sağdan aktığı durum için ise saat yönünün tersinde yönlendirilmiş kavşaklar olarak tanımlanmaktadır (Janssens, 1994). Dönel kavşaklar ilk olarak 1905 yılında New York'ta kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra bu kavşaklar başta İngiltere olmak üzere çok kısa sürede pek çok ülkeye yayılmıştır. Yüksek kaza oranı ve tıkanıklıkların görülmesiyle birlikte 1950'li yılların ortalarından itibaren bu kavşakların tasarımında değişikliğe gidilmiştir. Özellikle büyük şehirlerde yoğun trafiğe sahip olan şehiriçi kavşaklardaki sıkışıklıklar ve gecikmelerin büyük boyutlara ulaşmasıyla birlikte ilk defa kavşak içerisinde dönen araçların geçiş üstünlüğü konusu tartışılmış ve sonuç olarak mevcut dönel kavşaklarda "ada etrafında dönen araca yol ver" kuralı uygulanmıştır. Uygulandığı ülkelerdeki istatistiksel bilgilere göre trafik kazalarının sayısını ve şiddetini önemli oranda azaltan modern dönel kavşaklar, birçok Avrupa ülkesinde, Amerika, Kanada, Avustralya ve bazı Afrika ülkelerinde tercih

[1] Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya
[2] Arş. Gör., Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya

edilmektedir (Arıkan Öztürk vd., 2007). Gates ve Maki (2000) Michigan Üniversitesi içerisinde yer alan bir adet eski tip dönel kavşağın modern dönel kavşak olarak yeniden inşa edilmesi sonrasında iki kavşak tipine ait kaza istatistiklerini incelemiş ve uygulama sonrasında kaza sayılarında azalma olduğunu tespit etmiştir. Gross vd. (2013) ise sinyalize bir kavşağın modern dönel kavşak olarak yeniden tasarlanması sonrasında sinyalize kavşağın daha fazla kapasiteye sahip olduğunu fakat modern dönel kavşakların yaralanma ve ölümlü kaza sayıları açısından daha güvenilir olduğunu tespit etmişlerdir.

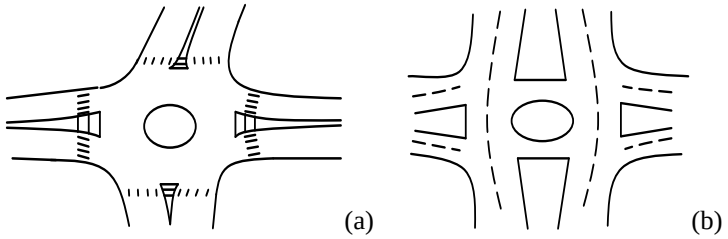
Günay ve Woodward (2007) farklı dönel kavşaklarda özellikle dönüşlerde sürücülerin şerit kullanımında çok farklı davranabildiğini tespit etmişlerdir. Kavşağa giriş-çıkış çapı ve dönüş uzunluklarının azaltılması, taşıt işletme hızının düşürülmesi, kavşak içerisindeki taşıtların durma ya da park etme imkânının kısıtlanması ve yaya hareketlerinin kontrollü hale getirilmesi kavşak güvenliğini arttıran başlıca önlemler olarak dikkat çekmektedir. Bu nedenle bu tip kavşaklar özellikle transit trafik hacmi az, sol-sağ ve U-dönüş trafik hacmi ve yaya trafiği fazla olan kavşaklarda tercih edilmektedir. Birçok ülke bu yeni tip (modern) dönel kavşakları çok kısa sürede benimsemiş ve işletim performanslarını arttırmak amacıyla çeşitli tasarım ve hesap yöntemleri geliştirmiştir (NCHRP, 2010).

Yüksel (2007) modern dönel kavşak geometrisinin ülkelerin sürücü karakteristikleri, çevresel faktörler vb. faktörlere bağlı olarak tasarlandığını, kapasite hesabının buna göre yapıldığını ve ülkemize özgü bir tasarıma ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Alçelik (2010) kavşak tasarımının sadece kapasiteye göre yapılmaması gerektiğini özellikle sinyalize ya da dönel kavşak tasarımı ve uygulamasındaki farklılıkların tam olarak ayırt edilmesinin gerekliliğine de değinerek kavşak tasarımındaki önemli hususların ülkemiz için eksikliğine bir kez daha dikkat çekmiştir. İnançlı (2012) ülkemizde yapılan dönel kavşak uygulamalarının ne şekilde ve hangi standarda göre yapılmakta olduğu hususlarının incelenmesi ihtiyacını dile getirmiştir. Kaygısız (2010) özellikle dairesel trafik adaları ile modern dönel kavşaklar arasındaki ayrımı açıklayarak, uygulama alanlarını detaylı şekilde göstermiştir. Ayrıca modern dönel kavşakların özellikle büyük kentlerde doğru tasarlanması ve uygulanması durumunda trafiği sakinleştirme ve düzenlemede büyük bir rol alacağını vurgulamıştır.

Ülkemizde hemen hemen hiçbir dönel kavşak modern dönel kavşak değildir. Birkaç istisna varsa da bunlar ya geometri ya işaretleme ya da işletim bakımından batı ülkelerindeki dönel kavşaklar gibi randımanlı çalışamamaktadır. Her ne kadar bu konuya değinen araştırmacılarımız varsa da, konu kapasite ve kazalar yönünden ele alınmış sorunsuz bir dönüşümün olabilmesi için nelere dikkat edilmesi gerektiği, en uygun geometri ile işaretlemenin nasıl olacağı ve Türk sürücüsünün böyle bir dönüşüme vereceği tepkinin ne olacağı henüz araştırılmamıştır. Bu çalışma ile sürücülerimizin modern dönel kavşaklardaki davranışlarının incelenmesi için ülkemize özgün standartlarda araç simülatörü ortamında modern dönel kavşak senaryoları hazırlanmış ve detaylı olarak anlatılmıştır. Bildirinin sonunda ise elde edilecek sürüş testi sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilip yorumlanarak standardın nasıl hazırlanması gerektiği özetlenmiştir.

Günümüzde özellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde modern ile eski tip dönel kavşaklar arasındaki tasarım ve işletim farklılıkları tam olarak ayırt edilememektedir. Özellikle dönel kavşakların tasarımı ve inşası aşamasında ya tamamen eski tip dönel kavşak özellikleri gösteren ya da içerisinde hem eski tip hem de modern dönel kavşak özelliklerini barındıran ve ne eski tip ne de modern dönel kavşak olarak

tanımlayabileceğimiz dönel kavşaklar inşa edilmektedir. Türkiye'deki dönel kavşaklar incelediğinde eski tip dönel kavşak uygulamalarının olduğu görülmektedir. Mevcut dönel kavşakların tasarım ve işletilmesinde belirli bir standardın olmaması, sürücülerin algı ve davranışlarını güçleştirmektedir (Arıkan Öztürk vd., 2007). Bu durum özellikle şehiriçi dönel kavşaklarda daha fazla düzensizliğe yol açmaktadır. Ayrıca kavşak içerisinde bir kaosa yol açarak sürücüler üzerinde stres, agresiflik vb. psikolojik olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Önceki bölümlerde açıklanan ve Avrupa Birliği ülkeleri, ABD vb. modern dönel kavşak uygulamasına geçmiş olan ülkelerde bu tip kavşakların tasarım, kontrol ve yönetimi amacıyla hazırlanmış olan standartlara benzer bir standart ne yazık ki ülkemiz için mevcut değildir. Özellikle sinyalizasyon uygulamaları kavşak problemlerine yönelik tek çözüm olarak düşünülmüş ve uygulamadan elde edilen sonuçlar genelde beklentileri karşılamaktan uzak kalmıştır. Yanlış sinyalize dönel kavşak tasarımı ile durma noktaları artmış ve bunun sonucunda gecikme süreleri, kazaların sayısı, sıkışıklık ve sürücü hatalarının sayısında bir azalma görülmemiştir (Aydemir, 2006). Ülkemizde şehiriçi ve şehirlerarası yollarda uygulanan mevcut tipik dönel kavşak tasarımları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Türkiye'de şehiriçi (a) ve şehirlerarası (b) yollarda uygulanan mevcut dönel kavşak tasarım örnekleri.

Şekil 1.a incelediğinde ülkemizdeki şehiriçi dönel kavşakların orta ada yarıçapının oldukça küçük olması ve giriş-çıkış kollarında istenilen hız kesici kıvrımların bulunmaması standartlara uygun olmadığını açıkça göstermektedir. Modern bir dönel kavşakta ise genel olarak üç adet kıvrım bulunmaktadır (NCHRP, 2010). Bunlar kavşağın giriş ve çıkış kollarındaki yatay kurplardan ve adanın yarıçap genişliğinden oluşmaktadır. Özellikle şehiriçi dönel kavşakların giriş kollarında gerekli kıvrımların verilmemesi sonucu araçların hızlarını düşürmedikleri, aksine sürücülerin kendilerini ana yolda hissettikleri ve geçiş üstünlüğünün kendilerinde olduğunu zannederek yüksek hızla hareketlerine devam ettikleri görülmektedir. Ülkemizde şehirlerarası yollar üzerinde bulunan ve şehir merkezlerine giriş ve çıkışlarda yer alan kavşaklarda Şekil 1.b'de görülen dönel kavşak tasarımı kullanılmakta olup bu durum araçların hız yapmasına olanak sağlayarak kazalara sebebiyet vermektedir. Bu bildiri yazarları halen devam etmekte olan başka bir çalışmasında, Antalya-Alanya karayolu üzerinde ve özellikle yoğun yan yol akımına sahip önemli turizm merkezlerinin giriş-çıkış güzergâhlarında yer alan 6 adet sinyalize olmayan dönel kavşakta hız ölçümü yapmış olup elde edilen sonuçlardan anayoldaki araçların kavşak içerisindeki hızlarının ortalama 106 km/sa gibi yüksek değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir.

Ülkemizde kavşak geometrisinden kaynaklanan hataların yanı sıra kavşaktan önce, kavşak içerisinde ve kavşaktan sonra bulunan yatay/düşey işaretleme eksiklikleri veya

yanlışlıkları da ayrıca bir sorun teşkil etmektedir. Mevcut dönel kavşaklarda bu duruma yönelik en belirgin örneklerden birisi olarak kavşağa bağlanan kollarda "Yol Ver" levhası bulunmasına rağmen, kavşağın içinde ayrıca "Dur" levhasının bulunmasıdır. Yani kavşak kendi içerisinde çelişmektedir. Bu işaretleme karmaşasına ek olarak geometri yüzünden ülkemiz sürücülerinin "*Dönel kavşak içerisindeki araca yol ver*" kuralını bilmemesi ya da bildiği halde uygulamaması kavşakların çok kısa sürede işlevini kaybederek tanımı zor bir yapıya bürünmelerine yol açmaktadır.

ÇÖZÜME YÖNELİK MEVCUT BİLİMSEL KATKILAR

Türkiye'de trafik kazalarının %50'si şehiriçi, %30'u ise şehirlerarası kavşaklarda meydana geldiği (EGM, 2012) ve 2012 yılında kavşaklarda geçiş önceliğine uyulmaması sonucu meydana gelen kazaların %94'ünün kentlerde, %6'sının ise kırsal bölgelerde olduğu (TÜİK, 2012) belirlenmiştir. Kavşaklardaki kural ihlalinden kaynaklı olarak meydana gelen kaza sayısı, yerleşim yeri durumuna göre şehiriçinde meydana gelen kazaların %13'lük dilimini oluşturmaktadır. Bu oran ülkemiz sürücülerinin kavşak kullanım bilgisizliğinin ne boyutlarda olduğunun bir göstergesidir. Arıkan Öztürk vd. (2007) eski tip dönel kavşak yerine modern dönel kavşak olarak yeniden inşa edilen Karakoçan ve Başpınar kavşaklarını incelemişlerdir. Kavşakların modern dönel kavşak olarak yeniden inşa edilmesi sonrasındaki kaza istatistiklerine bakıldığında maddi hasarlı küçük kazalar dışında ölümlü ya da yaralanmalı hiç kaza olmadığını görmüşlerdir.

Özgan (2013) Düzce ilinde trafik yoğunluğu bakımından ilk sırada bulunan ve sinyalize bir dönel kavşak olan Çoban kavşağını incelemiştir. Çalışmada kavşağın mevcut geometrik ölçüleri, köşe dönüş yarıçapları ile kavşağa giriş-çıkış noktalarındaki ölçülerin dönel kavşak kriterlerine uygun olduğu belirtilmiştir. Ancak kavşakta kapasite problemlerinin yaşandığı, sinyalizasyonun bu dönel kavşakta işlevini yerine getiremediği ve bunun sonucunda sürekli trafik kazası olduğuna değinilmiş ve kavşağın türünün ivedilikle değiştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Kaygısız ve Şenbil (2011) kavşak kollarının birleşim noktasında tasarlanacak kavşakların önemine dikkat çekmiş, dönel kavşak yapılması durumunda bile imar planlarındaki kavşak geometrilerine riayet edilmediğini ve sonuç olarak dönel kavşak kazalarının kaza istatistiklerinde önemli bir yüzdeye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Saplıoğlu ve Karaşahin (2010) ülkemizde şehiriçi sinyalizasyonsuz kavşak geometrisi ve güvenliği ile ilgili az sayıda çalışmanın mevcut olduğunu ve bunun en önemli sebebinin, kavşak geometrilerinin ayrıntılı olarak kaza tutanaklarında yer almaması ve kavşaklarda gerekli tasarım esaslarının uygulanmamasının olduğunu açıklamışlardır.

Ülkemizdeki mevcut dönel kavşakların modern dönel kavşak olarak kullanılmasına yönelik yapılan çalışmaların başında, kavşaklara giriş ve kavşak içerisindeki hareket önceliğinin düzenlenmesi gelmektedir. Bu amaçla ilk olarak "Dönel kavşaklarda geçiş önceliği, kavsak içerisindeki araca aittir" düzenlemesi yapılmıştır. 2918 sayılı karayolları trafik kanunun 57. Maddesinin b Bendinin 6. Fıkrasıyla "Dönel kavşağa gelen sürücüler dönel kavşak içindeki araçlara yol vermek zorundadır" denilerek ilk geçiş hakkının kavşak içerisindeki sürücülerde olduğu yasa ile belirlenmiştir. Yine Karayolları Trafik Yönetmeliğinin 109. Maddesinin b Bendinin 6. Fıkrasıyla "Dönel kavşağa gelen sürücüler, dönel kavşak içerisindeki sürücülere geçiş önceliği vermek zorundadır" denilerek dönel kavşaklardaki geçiş üstünlüğünün kime ait olduğu yasa ile tanımlamıştır.

Ayrıca Karayolları Teknik Şartnamesi "Kavşak yaklaşımına giren bütün taşıtların dönel ada çevresinde seyreden taşıtlara yol vermesi" prensibine göre kavşak tasarımı yapılması gerektiğini net bir şekilde ifade etmiştir. Ülkemizde kavşak kullanımı konusunda kanun koyucular tarafından yukarıda verilen düzenlemeler yapılmış olsa da gerek kavşak tasarımı gerekse kullanımı konusunda Avrupa ve ABD'nin oldukça gerisinde kalınmıştır.

Sweroad (2000) tarafından "Modern Dönel Kavşaklar için Önerilen Tasarım Esasları" başlıklı hazırlanan raporda modern dönel kavşakların, yeni ve kapsamlı Türk tasarım esaslarına standart kavşak tipi olarak dahil edilmesi amaçlamıştır. Önerilen tasarım esaslarının Türkiye şartlarına uygun hale getirilerek modern dönel kavşakların uygulamaya konması ve bu kavşakların nasıl kullanılması gerektiği konusunda tavsiyelerde bulunulmuştur. Ayrıca bu raporla, özellikle ülkemizdeki mevcut dönel kavşakların, kavşağa girişte sürücülerin hızlarını düşürmeye sevk edecek şekilde tasarlanmadığı aksine kavşak geometrisinin araçların yüksek hızla hareket etmesine imkan sağladığı belirtilmiştir. Bu sorunun, giriş kurbu için uygun bir tasarımın seçilmesi ve bazı durumlarda girişin yana doğru kaydırılması ile çözülebileceğini önermiştir. Yine Sweroad (2001) tarafından "Karayolu İyileştirme ve Trafik Güvenliği Projesi" kapsamında hazırlanan Trafik Güvenliği El Kitabında ülkemizdeki mevcut dönel kavşakların tasarım ve uygulama açısından yanlış olduğu ve kapasite, görüş mesafesi, geometrik tasarım, konum, giriş ve çıkış kollarının tasarımlarındaki yanlışlıkların düzeltilmesi gerektiği belirtilmiştir. Tanyel (2001), İzmir'de modern dönel kavşak olarak adlandırılabilecek kavşakların bulunmadığını aksine modern dönel kavşak olarak adlandırılan fakat özellikleri açısından bu kavşakların performans özelliklerini göstermeyen birçok kavşak bulunduğuna dikkat çekmiştir. Avrupa ülkelerinde sinyalize kavşakların işlevsizliği sonucu bunların modern dönel kavşaklara dönüştürülmesinin aksine İzmir ilinde, ana arterler üzerinde bulunan eski tip (geleneksel) kavşakların işlevlerini yitirmesi sonucu bunların sinyalize kavşaklara dönüştürüldüğünü belirterek sorunun çözümüne yönelik yapılan yanlışlığı dile getirmiştir.

Çavuş ve Karaşahin (2013) Pendik'te bulunan ve modern bir dönel kavşak olarak inşa edilmiş olan bir dönel kavşakta mevcut trafik işaretlemelerine ek olarak, yatay ve düşey trafik işaretlemeleri yerleştirerek bu işaretlemelerin kavşak kollarında mevcut kural ihlallerindeki değişim yüzdesini hesaplamışlardır. Düşey işaretlemelerle sürücülere direk olarak nasıl davranmaları gerektiğini anlatan mesajların diğer işaretleme türlerine göre daha etkili olduğu ve sürücülerin kurallara uyma yüzdesini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Her ne kadar bu düzenleme ile birlikte kural ihlallerinde azalma görülse de sürücülerin birçoğunun yeterli trafik eğitimi almamış olması, yıllardır süre gelen dönel kavşakta araç kullanma alışkanlığı vb. sebeplerle kurallara uymadığı gözlenmiştir. Arıkan Öztürk vd. (2007) Avrupa Birliği ile müzakere aşamasındaki ülkemizin Avrupa karayolu ağına uyumu açısından modern dönel kavşakların uygulamaya konulabilmesi için bu kavşakların yapım ve kullanılmasına esas teşkil edecek altyapının hazırlanması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca hız, kapasite, trafik güvenliği ve geometrik tasarım gereksinimlerinin optimize edilerek en uygun kavşak çapı ve geometrisinin belirlenmesi için daha fazla çalışma yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Ülkemizde yapılan araştırmalarda, dönel kavşakların modern dönel kavşaklara nasıl dönüştürülmesi gerektiği konusundan ziyade, mevcut kavşakların performans ve kapasite özellikleri incelenmiştir. Tanyel (2001), Tanyel vd. (2013), Ersoy (2012), Murat (2007), Çalışkanelli vd. (2009) yaptıkları çalışmalarda mevcut kavşaklardaki geometrik

yanlışlıklar, kavşak kollarından kavşağa giriş, çıkış ve dönen akımın belirlenmesi, düzeltme katsayıları ve kapasitenin hesaplanması (ağır araç oranı, eş değer otomobil birimi vb.) ve değerlendirilmesi konusunda yeni model ve bağıntılar geliştirmişlerdir. Kavşak kapasitelerinin hesaplanmasında başka ülkelerin trafik karakteristiklerine uygun olarak hazırlanmış kapasite hesap metotları kullanılmıştır. Bu yöntemlerin ülkemiz koşullarında ne derece geçerli olduğu yeterince araştırılmamış ve dolayısıyla bulunan değerler için düzeltme katsayıları hesaplama yoluna gidilmiştir.

Yukarıda verilen çalışmalar modern dönel kavşakların gerekliliğini sadece teorik olarak desteklemektedir. Dönel kavşakların nasıl modern dönel kavşağa dönüştürüleceği ve sonrasında doğabilecek sorunlara cevap verememektedir. Özellikle modern dönel kavşaklara geçişin nasıl olması gerektiği ve dönüşüm sonrası Türk sürücülerin verecekleri tepkinin ne olacağı hakkında araştırmacılar yeterince aydınlatılamamıştır. Mevcut çalışmalar geçiş sonrası oluşacak sorunlar üzerine herhangi bir öngörüde bulunma konusunda yetersiz kalmakta ve bu geçişi yapacak olan gerek Karayolları Bölge Müdürlükleri gerekse belediyelere bir kılavuz olma özelliği taşımamaktadır. Modern dönel kavşakların uygulanmaya başlaması ve bu konuda kapsamlı standartlar hazırlanması uzun bir süreç gerektirse de, bu kavşakların ilgili çevrelerce bir kavşak alternatifi olarak tartışılır hale gelmesi gerektiği oldukça açık bir durumdur.

Ülkemizde modern dönel kavşaklarla ilgili yapılacak bilimsel çalışmaların, kapasite ve güvenlik açısından Türkiye için tercih edilebilecek nitelikler taşıması, kullanılacak hesap metotları ve geometrik tasarımın Türkiye'deki sürücü ve yol karakteristiklerine bağlı olması gerekmektedir. Bütün dünyada özellikle kaza oranlarının azaltılması açısından tercih edilen modern dönel kavşaklar üzerinde yapılan araştırmaların Türkiye'de de yapılması gerekmektedir.

İZLENMESİ GEREKEN METODOLOJİK ADIMLAR

İlk olarak modern dönel kavşakların gelişimi ve kullanımına öncelik etmiş ABD ve İngiltere'de hazırlanmış olan standartların doğrudan mı yoksa modifiye edilerek mi kullanılması gerektiği konusu ele alınmalıdır. Son yıllarda ülkemizde modern dönel kavşak tasarımı ve kullanımına olan ilgide artış olmasına rağmen dönüşümün nasıl yapılacağı tam olarak bilinmediği için uygulamalar bir deneme niteliğindedir. Örneğin Pendik (İstanbul), İnegöl (Bursa), Karakoçan (Elazığ), Dinar (Afyon) ve Konya'da modern dönel kavşak uygulamaları mevcuttur. Ancak yukarıdaki literatürde de özetlendiği üzere, bu kavşaklarda batılı ülkelerdeki kadar verim alınamadığı gözlemlenmiştir. Bu da, Türkiye şartları ve sürücülerinin sürüş karakteristiklerine göre bir ayarlamanın gerekliliğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla bir araç simülatörü ortamında denemeler yaparak, batı standartlarındaki modern dönel kavşakların modifiye edilip Türk sürücülerinin bu kavşaklara daha kolay adapte olabileceği yeni standartların oluşturulması ve yetkililer ile paylaşılarak uygulamaya geçirilmesi amacıyla aşağıda belirtilen metodolojik adımlar izlenmelidir.

Adım 1 - En uygun geometrinin belirlenmesi: Ülkemiz şehiriçi dönel kavşakların büyük çoğunluğunun inşasında bir tasarım standardı kullanılmamakta, daha çok arazi yapısına ve yolun geometrisine uyacak bir hesaplama yöntemi kullanılmaktadır. Bunun sonucu olarak da işletim açısından sorunlu, efektif çalışmayan ve en önemlisi güvenli olmayan dönel kavşaklar ortaya çıkmaktadır. Halbuki modern dönel kavşakların tasarımı

ve işletimi konusunda örneğin ABD'de hazırlanmış olan FHWA (2000) raporunda bir dönel kavşak için uygulanacağı yerin durumuna ve kullanılacak kavşak tipine göre geometrik özellikler belirlenmiştir (Tablo 1). Ayrıca modern kavşak elemanlarını gösteren örnek bir plan ise Şekil 2'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Altı farklı modern dönel kavşak tipine ait temel tasarım özellikleri (FHWA, 2000'den).

Tasarım Elemanları	Kavşak Tipi					
	Mini	Şehir İçi Yoğun	Şehir İçi Tek Şeritli	Şehir İçi Çift Şeritli	Kırsal Tek Şeritli	Kırsal Çift Şeritli
V_{max}	25	25	35	40	40	50
L_n	1	1	1	2	1	2
Dış çap (m)	13 - 25	25 - 30	30 - 40	45 - 55	35 - 40	55 - 60
Ayırma adaları	Mümkünse yükseltilmiş veya yaya geçidi ile	Yükseltilmiş yaya geçidi bölümüyle birlikte	Yükseltilmiş yaya geçidi bölümüyle birlikte	Yükseltilmiş yaya geçidi bölümüyle birlikte	Yükseltilmiş/ genişletilmiş yaya geçidi ile birlikte	Yükseltilmiş/ genişletilmiş yaya geçidi ile birlikte
Q	10,000	15,000	20,000	30,000	20,000	30,000

V_{max}: Önerilen maks. giriş tasarım hızı (km/sa)
L_n: Her bir yaklaşımdaki maks. giriş şeridi sayısı
Q: Dört kollu dönel kavşakta tipik günlük hizmet hacmi (araç/gün)



Şekil 2. Tasarımda kullanılacak standart bir modern dönel kavşak planı.

Ülkemizde şehirlerarası yollarda inşa edilen dönel kavşaklarda Karayolları Genel Müdürlüğünce hazırlanmış olan Karayolları Teknik Şartnamesi (2006) da belirtilen geometrik kavşak standartları kullanılmaktadır. Buna göre modern dönel kavşaklar; 15-30 m. dış çaplı mini dönel kavşak, dış çapı 30-43 m. tek şeritli dönel kavşak ve dış çapı 37-91 m. çok şeritli dönel kavşak olarak inşa edilmektedir. Ülkemiz şehiriçi yollarda ise Tablo 1'de verilen standartlar modifiye edilerek yeni standartlar hazırlanabilir. Bu standartlar farklı şekillerde modifiye edilerek bir araç simülatöründe çeşitli senaryolar oluşturulmalıdır (Bkz. Adım 3).

Adım 2 - En uygun yatay ve düşey uyarılar ile bunların yerleştirileceği en uygun konumun belirlenmesi: Ülkemiz için modifiye edilmiş dönel kavşak standartları için bu adım oldukça önemlidir. Örneğin temel olarak bir modern dönel kavşak girişinde "modern dönel kavşak", (varsa) "yaya geçidi", "ada etrafında dönen araca yol ver",

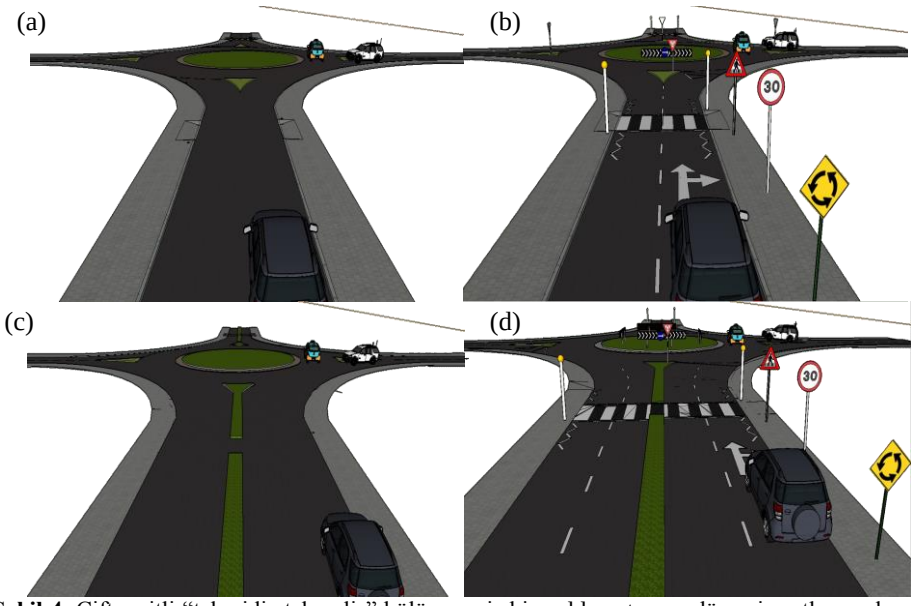
"kavşak içerisinde 30 km/saat hız sınırı", "kavşak girişinde yol ver", vb. yatay ve düşey uyarıların kullanılması gerekmektedir (Şekil 3). Bu temel işaretlemelerin yanı sıra yaya geçidi ve kavşak girişi öncesi yol yüzeyine boyama ile zikzak vb. özel işaretlemeler oluşturularak sürücülerin uyarılması ve yavaşlamaları sağlanabilmektedir. Ayrıca Türk sürücülerin modern dönel kavşaklara alışma sürecinde onların kavşak kurallarına riayet etmeleri kamera sistemi kullanılarak takip edilebilir. Kurala uymayanların da EDS ile cezai yaptırım uygulanarak zorunlu olarak sistemi benimsemeleri sağlanabilir. En ideal yatay/düşey işaretlemeler ve yerlerinin tayini için simülatör ortamında farklı senaryolar hazırlanmalıdır.



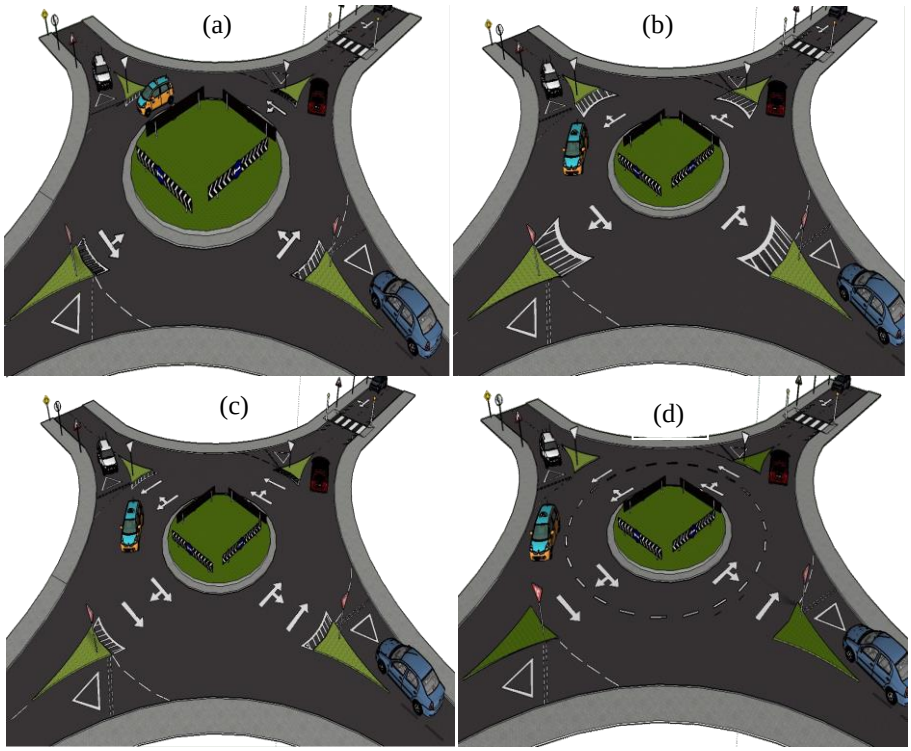
Şekil 3. Senaryolarda kullanılacak temel yatay ve düşey işaretlemeler (temsili).

Adım 3 - Sürüş Testleri için Senaryolar Oluşturulması: ***Senaryo 1:*** Araştırma kapsamında ilk olarak çift şeritli (tek gidiş-tek geliş) bölünmemiş bir yol üzerinde bulunan modern dönel kavşak uygulaması incelenebilir. Bu amaçla sürücüler araç simülatöründe ilk olarak çift şeritli ve bölünmemiş bir yol üzerinde yatay ve düşey işaretlemelerin kullanıldığı veya kullanılmadığı senaryoların hazırlandığı durumlar için sürüş testlerine tabi tutulmalıdır. Bu analizler ile ülkemiz sürücülerinin bölünmemiş çift şeritli bir yol üzerinde yer alan dönel kavşak girişinde nasıl hareket etmesi gerektiği konusunda bilgisinin düzeyi yani kavşak öncesi ve kavşak içerisinde nasıl hareket etmeleri konusunda ne kadar bilgiye sahip olduğu belirlenebilir. Diğer senaryoların hazırlanmasında bu senaryo yol gösterici bir niteliğe sahip olacaktır. Ayrıca bu senaryo ile yatay ve düşey uyarıların sürücüler üzerinde ne kadar etkili olduğu, ülkemiz sürücülerin bu uyarlara ne kadar dikkat ve riayet ettiği de bu senaryo ile kolaylıkla belirlenebilecektir (Şekil 4.a, 4.b). Bu senaryo kavşak kollarının sayısı, şerit genişlikleri vb. özellikler eklenerek türetilebilir. ***Senaryo 2:*** Farklı karakteristik özelliklere sahip çift şeritli (çift gidiş-çift geliş) bölünmüş bir yol için yukarıdaki işlem tekrarlanmalıdır. Buradan 1 numaralı senaryoda olduğu gibi yatay ve düşey işaretlemelerin sürücülerin modern dönel kavşak öncesinde ve girişindeki hareketleri üzerindeki etkisi incelenebilecektir. Ayrıca bu senaryo ile 1 numaralı senaryodan farklı olarak aynı anda her kolda iki aracın kavşağa girmek için beklemesi durumu ve araçların hangi öncelik sırasına göre kavşağa girdikleri, birbirleri ile olan etkileşimleri, şeritlerin orta ayırıcı (refüj) ile bölünmüş olmasının sürücü davranışları üzerindeki etkisi vb. durumlar

gözlenebilecektir (Şekil 4.c, 4.d). Bu senaryo şerit genişlikleri, sayısı, yoldaki uyarıcıların yerleri ve özellikleri değiştirilerek hazırlanacak yeni senaryolar ile türetilebilir. ***Senaryo 3:*** Kavşak öncesi ve kavşak girişinden sonra araçların kavşak içerisindeki geometri ve işaretlemeye göre davranışlarının incelenmesi oldukça önemlidir. Bu amaçla ilk olarak Şekil 5.a'da görülen kavşak ada çapı daha büyük ve kavşak içerisinde tek şeritli bir yol olması durumu içi hazırlanmış senaryo ile Şekil 5.b'de görülen kavşak çapı daha küçük ve kavşak içerisinin çift şeritli olduğu durum için hazırlanacak senaryo, ülkemiz sürücülerinin kavşak içi geometrik özelliklerinin değişimine göre hareketlerinin incelenmesine yardımcı olacaktır. Bu senaryo ile ayrıca kavşak içerisinde şerit kullanım disiplini belirlenerek kavşağın karakteristik özelliklerine göre kaç şeritli olması gerektiği ve ne kadar genişliğe sahip olması gerektiği de belirlenebilecektir. 3 numaralı senaryo kavşak girişinin tek şeritli olması durumu için temsili olarak gösterilmiştir. Hazırlanan bu senaryo kavşak girişinin iki veya daha fazla olması durumu için ve kavşak içi şerit sayısı değiştirilerek türetilebilir ve araştırılabilir. ***Senaryo 4:*** Bu senaryoda ise kavşak içerisinde taralı olarak gösterilen emniyet alanının ülkemiz sürücüleri tarafından kullanımı araştırılmalıdır. Bu amaçla Şekil 5.c'de görüldüğü gibi aynı kavşak ada çapına sahip tek şeritli ve güvenlik şeridi (taralı alan) bulunan senaryodaki sürücü davranışları ile Şekil 5.d'de görülen ve bu taralı alan yerine ek bir şerit yerleştirilmesi durumu için sürücülerin davranışları incelenmelidir. Çünkü ülkemiz sürücüleri sadece gerekli durumlarda kullanılması gerek kavşak içerisindeki bu boş alanları ne yazık ki normal bir şeritmiş gibi kullanarak hareketlerine devam etmektedirler. Bu yüzden kavşak içeresindeki boş alanların kullanımı, şerit sayısı ve genişlikleri bu senaryo baz alınarak türetilebilir. Ayrıca bu senaryolar kavşak kollarındaki girişlerin iki veya daha fazla olması durumu içinde incelenebilir.



Şekil 4. Çift şeritli "tek gidiş-tek geliş" bölünmemiş bir yolda yatay ve düşey işaretleme olmayan (a), işaretleme olan (b), "çift gidiş-çift geliş" bölünmüş bir yolda yatay ve düşey işaretleme olmayan (c) ve işaretleme olan (d) bir modern dönel kavşak senaryosu (temsili).



Şekil 5. Çift şeritli (tek gidiş-tek geliş) bölünmemiş bir yol güzergahında kavşak içerisinin ada çapı daha büyük olan (a) ve daha küçük olan (b) bir modern dönel kavşak senaryosu, kavşak içerisinin ada çapı aynı, çift şeritli ve şerit genişliği küçük (c) ya da ada çapı aynı, çift şeritli ve şerit genişliği büyük olması (d) durumu (temsili).

Adım 4 - Sürüş Testi Sonuçlarının Analizi, Yorumlanması ve Standartların Hazırlanması: Hazırlanacak senaryolar ve yapılacak sürüş testleri kadar elde edilen sonuçların analizi ve değerlendirilmesi de standartların hazırlanmasında oldukça önemlidir. Aksi halde ülkemiz için hazırlanacak olan modifiye standartlar istatistiksel anlamı olmayan, sadece belirli bir kesimin davranışına göre hazırlanmış bir standart olmaktan öteye gidemeyecek ve ihtiyaca cevap veremeyecektir. Dolayısıyla her bir araç simülatörü senaryosu için yapılacak test sürüşü sonrası elde edilecek sonuçlar kendi içerisinde istatistiksel olarak yeterli örneklem büyüklüğüne sahip olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca cinsiyet, eğitim düzeyi, şoförlük seviyesi vb. ile sürücü hataları dönen araca yol ver kuralına uymama, kavşak girişi hız limitlerini aşma, yanlış şerit kullanma, sağa/sola dönüşlerde sinyal vermeme, yatay ve düşey işaretlemelere uymama vb. arasında bir ilişki olup olmadığını analiz etmek için *Ki-Kare* testi, nicel değişkenlerin (yaş, kavşağa yaklaşım hızı, kavşağa giriş hızı ve kavşak içindeki hızlar) ortalamalarını karşılaştırmak için bağımsız iki örneklem *t* testi, tek yönlü varyans analizi (*ANOVA*) gibi parametrik testlerin yanında; normal dağılım ya da homojenlik varsayımını sağlamayan gruplar için Mann-Whitney *U* testi, KruskalWalls testi gibi parametrik olmayan testlere başvurulması gerekmektedir. Böylece sürücü hataları ve bu

hatalara etki eden değişkenler arasındaki ilişkiler detaylı şekilde incelenebilecektir. Sürüş testleri sonucu elde edilen verilerin istatistiksel olarak yorumlanmasından sonra batılı standartları kapsayacak uygulanacağı arazinin geometrisi, trafik hacmi, konum vb. özelliklerine göre nasıl bir dönel kavşak inşa edilmesi gerektiğini geometri ve işletim özellikleri açısından detaylı şekilde anlatan ve yetkililerin kullanabileceği yeni standartlar hazırlanmış olacaktır.

Adım 5 - Sürücülerin ve Sürücü Adaylarının Modern Dönel Kavşaklar Hakkında Eğitilmesi: Önceki bölümlerde de değinildiği üzere hem ülkemiz sürücüleri hem de yetkililer modern dönel kavşaklarda nasıl araç kullanılması gerektiği, bu kavşakların ne amaçla kullanıldığı ve sağladığı faydalar hakkında yeterli bilgiye sahip değildir. Bu durumun temel nedeni incelendiğinde sürücü kurslarında verilen eğitimlerin yetersiz olması, ülkemizde bu tip kavşak uygulamalarının sayısının oldukça az olması ve uygulama için çok geç kalınmış olmasıdır. Son yıllarda yetkililer batılı ülkelerde yaygın şekilde kullanılan bu tip kavşakların ülkemizde de kullanılmaya başlanmasını arzulamaktadır. Fakat bu kavşak uygulamaları sonrasında bilinçsiz sürücülerin yanlış davranışlarının kazalara sebebiyet vereceğini düşündükleri için bu tip kavşakların hayata geçirilmesi konusunda aceleci davranmamaktadırlar. Sürücülerin bu tip kavşaklar hakkında yeterli derecede ön bilgiye sahip olmasını sağlayacak, aşağıda belirtilen eğitim ve uygulama metotları önerilebilir.

Modern dönel kavşaklara olan dönüşümün gerçekleşmesi durumundan önce ve sonra ehliyet almış kişilerin aynı mekanda araç kullanıyor olmaları bu kavşaklarda karmaşaya neden olacaktır. Çünkü yeni ehliyet alanlar bu kavşaklarda uymaları gereken kurallardan haberdar olacak fakat eski sürücüler mevcut alışkanlıklarla kavşağı kullanmaya devam edecektir. Bu durumun önüne geçmek için mevcut sürücülerin bilgilendirilmesi gerekmektedir. Modern dönel kavşaklarda nasıl araç kullanılması konusunda yeterli derecede bilgi veren broşürler, internet reklamları, Emniyet Genel Müdürlüğü ile ortaklaşa hazırlanarak, televizyonda yayınlatacakları kamu spotu videoları ve billboardlara asılacak duyurularla bu sürücü kitlesine ulaşılabilecektir. Sürücü adaylarına ise sürücü kurslarında verilecek detaylı eğitimlerle, kavşak konusunda yetkili kişiler tarafından hazırlanacak etkili kısa eğitim videoları izlettirme vb. yöntemlerle gereken eğitimler verilmelidir. Örnek bir modern dönel kavşak bulunması durumunda sürücü kurslarının gerçek arazideki modern dönel kavşak üzerinde yaptıracakları uygulamalar, bulunmadığı durumlarda ise simülatör uygulamaları daha da etkili olacaktır.

DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Eski tip dönel kavşaklar, geometrisi ve işletim kuralları nedeniyle kavşak içerisinde karmaşaya, sürücülerde strese ve hatta toplum psikolojisinin olumsuz yönde etkilemesine yol açabilmektedir. Modern dönel kavşaklar tüm bu olumsuzlukları ortadan kaldırarak kavşak içerisindeki trafik akımının düzenlenmesini sağlamaktadır. Bu kavşakların sürücü davranışları üzerindeki olumlu etkisinin yanı sıra sinyalizasyon sistemi gerektirmemesi yani ekonomik oluşu en belirgin avantajlarındandır. Ayrıca bu kavşaklar eski tip dönel kavşaklara göre kapasiteyi genellikle artırmakta, trafik kazalarını ise azaltmaktadır. Dolayısıyla eski tip dönel kavşaklardan modern dönel kavşaklara olan dönüşüme olan ihtiyaç ülkemiz için kaçınılmazdır. Fakat bu dönüşümün

bilinçsiz bir şekilde gerçekleştirilmesi halinde getireceği faydaların ortadan kalkacağı hatta kavşaklarda yaşanacak karmaşıklığın artarak trafik kazalarına sebep olabileceği mevcut birkaç dönüşüm uygulamasından açıkça görülmüştür. Bu bildiri ile ülkemiz için bu mevcut kavşakların dönüşümü, yeni tip kavşakların kullanımının yaygınlaşabilmesi amacıyla nasıl bir yol izlenmesi gerektiği gösterilmiştir. Bu amaçla ilk olarak batılı ülkelerde kullanılan modern dönel kavşak standartlarının araştırılması gerektiğine değinilmiştir. Sonraki adımda ise ülkemizde sınırlı sayıda bulunan modern dönel kavşak uygulamaları değerlendirilerek ülkemiz için batı standartlarını temel alan modifiye standartların hazırlanması gerektiği belirtilmiştir. Ülkemize özgün olarak hazırlanacak bu yeni standartların araç simülatörü ortamı için tasarlanacak modern dönel kavşak senaryoları ile ülkemiz sürücülerinin davranışlarının incelenmesinin gerekliliği belirtilmiştir. Sürüş testleri sonuncunda elde edilecek sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilip yorumlanarak standartların hazırlanabileceğine değinilmiştir. Bu çalışma ile yaşanabilecek her türlü tehlike önceden öngörülerek, dönüşümün başarıyla yapılabilmesi için gerekli olan sürücü ve sürücü adaylarına yönelik eğitim metotları ve sürücülerin dönüşüme adapte olabilmesi için kavşaklarda bulunması gereken trafik işaretlemelerinin bilimsel olarak belirlenmesi amacıyla kullanılabilecek metotlar, simülatör senaryoları halinde verilmiştir. Elde edilecek senaryo sonuçlarının nasıl değerlendirilmesi gerektiği, standardın nasıl hazırlanabileceği ve yetkililerin bu yeni standartları nasıl benimseyip uygulayabileceği konusunda da yol gösterici bilgiler verilmiştir.

KAYNAKLAR

1. ALÇELIK, N., (2010) Kentiçi Sinyalize ve Dönel Kavşakların Kapasite Açısından Karşılaştırılması Ümraniye İlçesi Örneğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
2. ARIKAN ÖZTÜRK, E., ÇUBUK, M. K., ARSLAN, D., YÜKSEL, E., (2007) Modern Dönel Kavşakların Kapasite ve Güvenlik Yönünden İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(4), 917-926.
3. AYDEMIR, T., (2006) Başlangıç-Son Matrisinin İzmir'deki Dönel Kavşak Giriş Kapasitesi Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
4. ÇALIŞKANELLI, P., ÖZUYSAL, M., TANYEL, S., YAYLA, N., (2009) Comparison of Different Capacity Models for Traffic Circles, Transport 24(4), 257–264.
5. ÇAVUŞ, H. K., KARAŞAHIN, M., (2013) Kentiçi Modern Dönel Kavşaklarda Kural İhlalleri ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Çalışma, 4. Karayolu Trafik ve Güvenliği Sempozyumu, Ankara, 289-303.
6. EMNIYET GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, (2012) Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri, Ankara.
7. ERSOY, M., (2012) Capacity Analysis on Multi-Lane Roundabouts: An Evaluation with HCM 2010 Capacity Model, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
8. FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA), (2000) Roundabouts: An Informational Guide, Department of Transportation, Virginia, FHWA-RD-00-67.

9. GATES, T. J., MAKI, R. E., (2000) Converting Old Traffic Circlesto Modern Roundabouts: Michigan State University Case Study, Institute of Transportation Engineers; Annual Meeting and Exhibit, 1-17, Tennessee, USA.
10. GROSS, F., CRAIG, L., BHAGWANT, P., RAGHAVAN, S., (2013) Safety Effectiveness of Converting Signalized Intersections to Roundabouts, Accident Analysis and Prevention, 50, 234-241.
11. GUNAY, B., WOODWARD, D., (2007) Lateral Position of Traffic Negotiating Horizantal Bends, The Transport Journal of the Institute of the Civil Engineers, 160(1), 1–11.
12. İNANÇLI, M., (2012) Dönel Kavşakların Güvenliği ve Konya'daki Bazı Kavşakların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
13. JANSSENS, R., (1994) Evaluating the Performance of A Roundabout, CEEC's Training Seminar on Road Development and Safety for Managerial Staff from Central and Eastern European Countries, 3-14 October, Brussles, Belgium.
14. KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (2006) Karayolu Tasarımı El Kitabı, Ankara.
15. KAYGISIZ, Ö., (2010) Trafiği Sakinleştirmeye Yönelik Önlemler, Karayolu Trafik Güvenliği Sempozyumu Kitabı, Ankara, 543-562.
16. KAYGISIZ, Ö., ŞENBIL, M., (2011) Şehir Planlamada Yol Ağı ve Kavşaklar Sorunu: Kazalar ve Kaza Çeşitlerinden Bir Bakış, Eskişehir Örneği, 2. Kentsel ve Bölgesel Araştırmalar Sempozyumu Kitabı, ODTÜ, Ankara, 133-144.
17. NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (NCHRP Report 672), (2010) Roundabouts: An Informational Guide, Second Edition, U.S. Department of Transportation, Washington.
18. ÖZGAN, E., (2013) Kavşakların Tasarım Özelliklerinin İncelenmesi, Örnek Bir Uygulama, 4. Ulusal Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi.
19. SAPLIOĞLU, M., KARAŞAHIN, M., (2010) Şehiriçi Kontrolsüz Eşdüzey Kavşak Kazalarını Etkileyen Unsurların Değerlendirilmesi, SDÜ International Technologic Sciences, 2(2), 26-49.
20. SWEROAD, (2000) Karayolu Tasarımı Raporu Ek 2: Modern Dönel Kavşaklar İçin Önerilen Tasarım Esasları, Ankara.
21. SWEROAD, (2001) Ulusal Karayolu Trafik Güvenlik Projesi, Taslak Nihai Rapor, Ankara.
22. TANYEL, S. (2001) Türkiye'deki Dönel Kavşaklar İçin Kapasite Hesap Yöntemi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
23. TANYEL, S., ÇALIŞKANELLI, S. P., AYDIN, M. M., UTKU, S. B., (2013) Yuvarlakada Kavşaklardaki Ağır Araç Etkisinin İncelenmesi, İMO Teknik Dergi, 6479-6504.
24. TÜRKIYE İSTATISTIK KURUMU (TÜİK) (2012) Trafik Kaza İstatistikleri, Ankara.
25. MURAT Y.Ş., GEDİZLİOĞLU E., (2007) "Investigation of Vehicle Time Headways in Turkey" Institute of Civil Engineers-Transport Journal, 160, Issue TR2, 73-78.
26. YÜKSEL, E., (2007) Modern Dönel Kavşakların Kapasite ve Trafik Güvenliği Yönünden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.