

Doygun Akımın Belirlenmesinde Sürücü Davranışına Bağlı Bir Matematik Yaklaşım

Murat ÇETİN*
Yetiş Şazi MURAT**

ÖZ

Doygun akım, ışıklı kavşak tasarımında kullanılan temel parametrelerden birisidir. Doygun akımın doğru olarak tespit edilmemesi, kapasite ve hizmet seviyesinin doğru olarak belirlenememesine neden olmaktadır. Doygun akım hesabı için, HCM tarafından ortaya konulmuş, biri analitik, diğeri gözlemsel olan iki yöntem dünya çapında kabul görmektedir. Analitik yöntem, doygun akımı etkileyebilecek değişik faktörleri bir çarpan olarak kullanmaktadır. Bununla beraber, sürücü davranışlarının doygun akıma etkileri henüz tam olarak ortaya konulmamıştır. Bu çalışmada, öncelikle doygun akımı ifade edebilecek, sürücü davranışlarına bağlı yeni bir analitik yöntem ortaya konmuş, ardından bu yöntemin geçerliliği arazi gözlemleri ile denenmiş ve sonuçlar HCM yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Önerilen yöntemin kullanımı konusunda oldukça umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doygun akım, ışıklı kavşak, kapasite, sürücü davranışı

ABSTRACT

A New Method for Determining Saturation Flow Depending on Driver Behaviour

Saturation flow is a basic parameter used in design of signalised intersections. Uncertainties in determining saturation flow causes some deficiencies in calculation of capacity and level of service. HCM suggests two methods for determining saturation flow; analytical and observational, which are very common all over the world. Analytical method uses factors effecting saturation flow as coefficients. On the other hand, effects of driver behaviour are not clearly included. In this study, initially a new analytical modelling based on driver behavior is presented; then the results are compared with field studies and HCM method. The results of the recommended method are encouraging.

Keywords: Saturation flow, signalized intersection, capacity, driver behavior

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 07.06.2012 günü ulaşmıştır.
- 30 Haziran 2013 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Karayolları 2. Bölge Müdürlüğü, İzmir - muratcetin_78@hotmail.com

** Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli - ysmurat@pau.edu.tr

1. GİRİŞ

Işıklı bir kavşakta kapasitenin doğru olarak belirlenmesi; işlevsel bir kavşak tasarımı yapılması ve trafiğin en hızlı şekilde işletilmesinde en temel gereksinimdir. Işıklı bir kavşakta kapasite;

$$c=(g/C).s \quad (1)$$

olarak ifade edilmektedir. Burada c , araç/saat olarak kapasiteyi, g efektif yeşil süreyi, C devre süresini ve s de doymun akımı temsil etmektedir. g ve C değerleri planlayan kişi tarafından seçilerek talebi karşılayacak kapasite değerine ulaşılmaya çalışılmaktadır. Ancak s olarak ifade edilen doymun akım kavşağın, trafik, geometrik, çevresel ve insan davranış özelliklerine göre değişmektedir. Ayrıca doymun akım, her kavşak hatta her yaklaşım kolu için değişmektedir. Planlamayı yapacak kişinin doğru doymun akım değerini kullanması oldukça önemli ve aynı zamanda zordur.

HCM'de doymun akım, yeşil sürenin devamlı ve kayıp sürenin olmaması durumunda bir saatte bir şeritten geçen araç sayısı olarak tanımlanmıştır. Kavşak performansını belirleyen kapasite, gecikme ve kuyruk uzunluğu gibi faktörlerin belirlenmesi doğrudan doymun akımın belirlenmesi ile ilişkilidir. Doymun akım sinyal zamanlamasında anahtar rolü oynar. Doymun akımda meydana gelebilecek değişiklikler devre süresini ve yeşil süreyi etkiler.

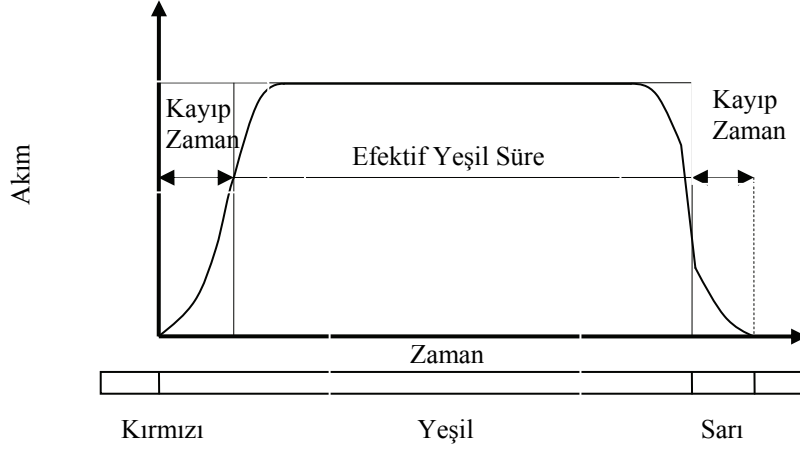
HCM doymun akımın belirlenmesi için;

$$s = so N fw fHV fg fp fbb fa fLU fLT fRT fLpb fRpb \quad (2)$$

formülünü önermektedir. Bu formülde s , doymun akımı; so temel doymun akım değerini, N şerit sayısını, fw şerit genişliğini, fHV ağır taşıt etkisini, fg yaklaşım eğimini, fp parklanma etkisini, fbb otobüs ve minibüslerin etkilerini, fa arazi özellikleri etkilerini, fLU şerit kullanımı etkilerini, fLT şerit grubundaki sola dönüş etkisini, fRT şerit grubundaki sağa dönüş etkisini, $fLpb$ sola dönüşlerdeki yayaların etkisi ve $fRpb$ sağa dönüşteki yaya ve bisikletlerin etkilerini ifade etmektedir. Ayrıca bu faktörlerin belirlenmesi için çeşitli tablo ve bağıntılar bulunmaktadır [1].

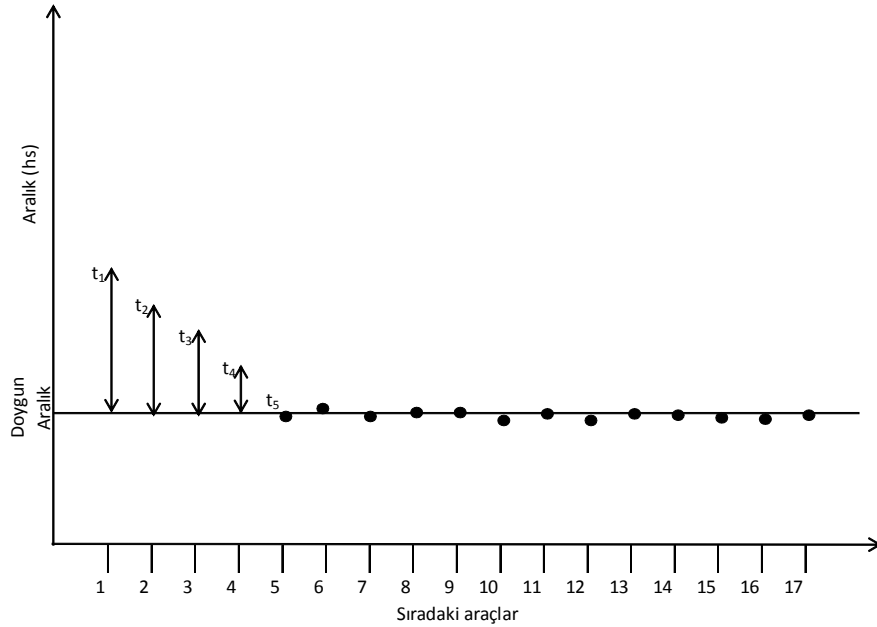
Yukarıdaki formülden de anlaşılacağı üzere, doymun akımı etkileyebilecek çok fazla sayıda faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin insan davranışlarını nasıl etkileyip, insan davranışlarından nasıl etkilendiği tam olarak ortaya konabilmiş değildir. Bu sebeple pek çok araştırmacı tarafından doymun akım üzerine yapılan çalışmalar devam ettirilmektedir.

Doymun akımın arazide oluşumu Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir [2].



Şekil 1. Doymun Akım Oluşumu

Şekilde görüldüğü üzere, kırmızı ışıkta kuyrukta biriken araçlar ışığın sarı ve yeşile dönmesiyle birlikte harekete başlamaktadırlar. Araçların öndeki araçları takibinde giderek azalan farklar oluşmakta, bir süre sonra ise akım homojenleşmektedir. Işık yeşilden tekrar sarı ve kırmızıya dönerken ise süreç tersine işlemekte ve homojen olan akım giderek azalarak sıfıra düşmekte ve trafik durmaktadır. Akımın homojen olduğu kısım doymun akımı göstermektedir.



Şekil 2. Doymun aralık gelişimi

Doymun Akımın Belirlenmesinde Sürücü Davranışına Bağlı Bir Matematik Yaklaşım

Doymun akımın arazide belirlenmesi de mümkündür. Doymun akıma 10 – 14 saniyede veya ışıktan geçen 3. veya 4. araçtan sonra ulaşıldığı kabul edilir. Bu noktadan sonra oluşan araçlar arası aralık doymun aralık olarak adlandırılır (Şekil 2). Son aracın geçiş zamanından 4. aracın geçiş zamanı çıkarılarak bulunan süre 4. araçtan sonra geçen araç sayısına bölünür. Bulunan süre bir araç için ortalama doymun aralık değerini vermektedir. Bir saatin saniye cinsinden değeri (3600), saniye cinsinden bir araç için doymun aralık süresine bölünerek doymun akım belirlenir [1].

Avustralya Yol Araştırma Merkezi (ARRB) tarafından yayınlanan 123 numaralı araştırma raporunda doymun akımın çevre sınıfı ve yol tipine bağlı olarak belirlenmesini önermiştir. [3] (Tablo 1) Bununla birlikte Akçelik aaSIDRA programında Avustralya için doymun akım için 1950 araç/saat değerini önermektedir.

Tablo 1. Araç/saat olarak şerit tipi ve çevre sınıfına bağlı olarak doymun akım, [3]

ÇEVRE SINIFI	ŞERİT TİPİ		
	1	2	3
A	1850	1810	1770
B	1700	1670	1570
C	1580	1550	1270

Tablodaki çevre sınıfları;

A Sınıfı: Araçların serbest olarak hareket edebildiği, görüş açılarının çok iyi olduğu, çok az yaya etkisi olan, park veya yükleme manevraları pek olmayan ideale yakın koşulları,

B Sınıfı: Ortalama kavşak görüşüne sahip, ortalama bir yaya hareketliliği olan, park ve yükleme etkileri olan ortalama koşulları,

C Sınıfı: Kötü görüş özellikleri, yoğun yaya hareketliliği, park yükleme ve boşaltma etkilerinin yoğun olduğu yetersiz koşulları göstermektedir.

Tablodaki Şerit Tipleri;

Tip 1: Düz gidiş trafiğine sahip şeritleri,

Tip 2: Dönüş çapı ortalama olan ve yaya hareketliliği düşük dönüş şeritleri,

Tip 3: Dönüş çapı küçük ve yaya hareketliliği fazla olan dönüş şeritlerini ifade etmektedir.

İngiltere’de Webster ve Cobbe doymun akım için:[4]

$$s=525 w \quad (3)$$

bağıntısını önermiştir. Aynı şekilde Malezya’da 2005 yılında yapılan bir çalışmada Leong Lee Vien vd. doymun akım için:[5]

$$s=527.16 w \quad (4)$$

formülünü önermişlerdir. Burada w metre cinsinden şerit genişliğini ifade etmektedir.

Bester and W.L. Meyers, Güney Afrika da doygun akım incelemiştir. Çalışmada Güney Afrika için doygun akım aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanması öngörülmüştür.[2]

$$s=990+288TL+8.5SL-26G \quad (5)$$

Burada;

s: Doygun akım
TL: Şerit sayısı (1,2)
SL: Hız limiti (60,80)
G:Eğim (%)

olarak önerilmektedir.

Tablo 2’de farklı araştırmacılar tarafından ortaya konulmuş doygun akım değerleri gösterilmektedir [2].

Diğer taraftan HCM 2000’de ABD’nin çeşitli eyaletlerinden elde edilen ölçümlerde 1967-1992 yılları arasında toplam 17 noktada 1470 ile 2000 araç/saatlik doygun akım değerleri ortaya konulmaktadır. [1] Ayrıca Dr Leong Lee Vien vd. Malezya’da 2006 yılında yaptıkları çalışmada 64 farklı noktada 1317 – 2895 araç/saatlik doygun akım değerleri elde etmişlerdir [5].

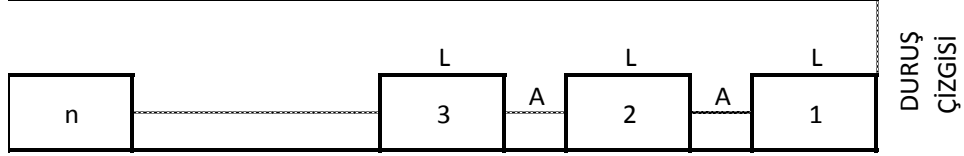
Geliştirilen bu modeller, çalışmaların gerçekleştirildiği ülkelerin koşullarını yansıtmakta ve diğer ülkeler için kullanıldığında farklı sonuçlar verebilmektedir. Aynı zamanda literatürdeki modellerde sürücü davranışı ile ilgili olan parametre yalnızca takip aralığıdır. Bu çalışma kapsamında sürücü davranışı ile ilgili olan diğer bazı parametreleri de içeren ve gerçek durumu daha iyi temsil edebilen bir yaklaşım araştırılmıştır.

Tablo 2 Farklı araştırmacılar tarafından önerilen doygun akım değerleri

Çalışma	Ülke	Ortalama (araç/şerit/saat)	Örnek boyutu
Webster&Cobbe	İngiltere	1800	100
Kimber v.d.	İngiltere	2080	64
Miller	Avusturalya	1710	-
Branston	İngiltere	1778	5
H.E.L. Athens	Yunanistan	1972	35
Shoukry&Huizayyin	Mısır	1617	18
Hussain	Malezya	1945	50
Coeyman&Meely	Şili	1603	4
Bhattacharya&Bhattacharya	Hindistan	1232	20
De Andrade	Brezilya	1660	125

2. MATEMATİK MODEL

Matematik modelde, ışıklı bir kavşakta, kırmızı ışıkta bekleyen araçların dur çizgisi ardında kuyruk oluşturduğu kabul edilmiştir. Işığın yeşile dönmesiyle, kuyruktan bir saat içerisinde boşalacak araç sayısı “n” bize aynı zamanda doymun akımı verecektir. Kuyruktaki bekleyen araçların uzunluklarının ortalaması “L”, araçlar arasında ki ortalama mesafe ise “A” olarak modellenmiştir. Trafik ışığının yeşile dönmesi ile birlikte kuyruktaki ilk araç kısa bir tepki süresinden sonra harekete başlayacaktır. Ayrıca kuyruktaki araçlarda önlerindeki araçların hareketine kısa bir tepki süresinden sonra harekete geçeceklerdir. İlk aracın ışığa, kuyruktaki araçların ise öndeki araçların hareketine gösterdiği tepkinin yakın olduğu arazi gözlemlerinde görülmüştür. Ayrıca literatürde bu değerlerin eşit alındığı görülmüştür [7] [8]. Modelde bu tepki süresi g_i olarak ifade edilmiştir. Her bir aracın “a” olarak ifade edilen ortalama ivme ile hızlanmaya başlayıp, “V” olarak ifade edilen ortalama kavşak geçiş hızına “t” olarak ifade edilen sürede ulaştıkları kabul edilmiştir. Matematik model Şekil 3’te araç ve mesafelere bağlı olarak özetlenmiştir.



Şekil 3. Matematik modelin grafik gösterimi

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (6)$$

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \quad (7)$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n} \quad (8)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (9)$$

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (10)$$

$$g_i = \frac{\sum_{i=1}^n g_{i_i}}{n} \quad (11)$$

Bir saat içerisinde n.g kadar kayıp zaman oluşacaktır. Bu nedenle hareketin başlangıcından itibaren kuyruktaki son araç;

$$T = 3600 - ng_i \quad (12)$$

süresince hareket edecektir. Burada T değeri efektif süre olarak kabul edilmiştir. Bu durumda kuyruktan geçen son aracın kat edeceği mesafe;

$$X = nL + (n - 1)A \quad (13)$$

olacaktır. Aynı zamanda bu değer; aracın V hızına ulaşmaya kadar geçen sürede aldığı mesafeyle, kalan etkin sürede V hızıyla aldığı mesafeye eşit olacaktır.

$$X = \frac{1}{2}at^2 + (T - t)V \quad (14)$$

14. Eşitlikte T yerine 12. eşitlik yazılıp 13. ve 14. denklemler eşitlendiğinde;

$$nL + nA - A = \frac{1}{2}at^2 + 3600V - ng_iV - tV \quad (15)$$

Buradan n değeri çekildiğinde;

$$n = \frac{0.5at^2 + 3600V - tV + A}{g_iV + L + A} \quad (16)$$

elde edilir. Bulunan n değeri aynı zamanda doygun akıma eşit olacaktır. Formülde, a m/s², t saniye, V m/s, A metre, g_i saniye, L metre olarak kullanılmıştır.

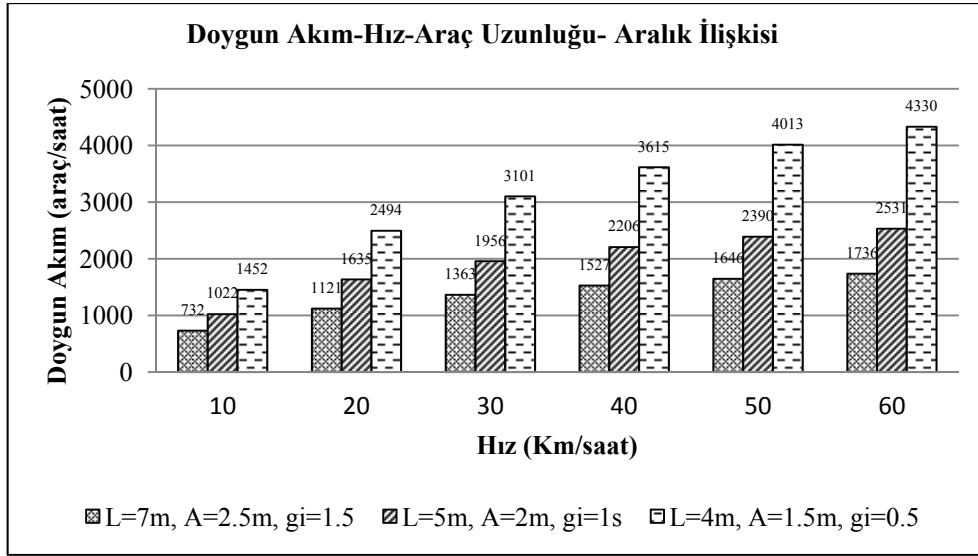
Burada doygun akım; a , t , V , A , g_i , ve L olmak üzere 6 farklı değişkene bağlı olarak bulunmuştur. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda ağırlıklı olarak, şerit genişliği, şerit sayısı, ağır taşıtlar, kavşak geometrisi gibi fiziksel koşulların doygun akıma etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu formülde ise hız, ivme, zaman, araçlar arası aralık, araç uzunluğu, gecikme gibi faktörler kullanılarak doygun akıma ulaşılmıştır. Aşağıda bu formül kullanılarak bir durum çalışması yapılmıştır. Buna göre; ortalama uzunluğu sırasıyla 4, 5 ve 7 m, ortalama araçlar arası mesafe 1.5, 2, 2.5 m, ve araç başına ortalama gecikme 0.5, 1, 1.5 sn. olan üç durum için aynı hız, ivme ve hızlanma değeri için doygun akım değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Durum Çalışması

V (km/sa)	V (m/sn)	a(m/s ²)	t(s)	L=5m, A=2m, g _i =1s	L=7m, A=2,5m, g _i =1,5	L=4m, A=1,5m, g _i =0,5
				S(arac/saat)	S(arac/saat)	S(arac/saat)
10	2,778	2,777	1	1022	732	1452
20	5,556	1,855	3	1635	1121	2494
30	8,333	1,666	5	1956	1363	3101
40	11,111	1,587	7	2206	1527	3615
50	13,889	1,543	9	2390	1646	4013
60	16,667	1,388	12	2531	1736	4330

Doygun Akımın Belirlenmesinde Sürücü Davranışına Bağlı Bir Matematik Yaklaşım

Burada $L=4m$, $A=1.5m$, $g_i=0.5s$ olması durumunda pratikte karşılaşılmayan derecede yüksek doymuş akım değerleri görülmektedir. Ülkemizde ise kapasitenin saatte 2000 otomobil eşdeğerini nadiren ve çok az aşabildiği bilinmektedir.[9] Bunun sebebi pratikte ortalama araç uzunluğunun 4.5m, ortalama takip mesafesinin 2m ve tepki süresinin de 1s.nin altına inmemesidir. Bu değerlerin kullanılmasının amacı, daha küçük araçlardan ve daha kısa tepki sürelerine sahip sürücülerden oluşan bir trafik kompozisyonunda doymuş akımın nasıl değişeceğinin belirlenmesidir. Sonuçlar incelendiğinde pratikte rastlanandan daha uzun araçlar ve geç tepkilere sahip sürücülerden oluşan durumda pratikte rastlanandan daha düşük doymuş akım değerleri, daha kısa araç ve hızlı tepkilere sahip sürücülerden oluşan durumda ise oldukça yüksek doymuş akım değerlerinin görülebileceği tespit edilmiştir.

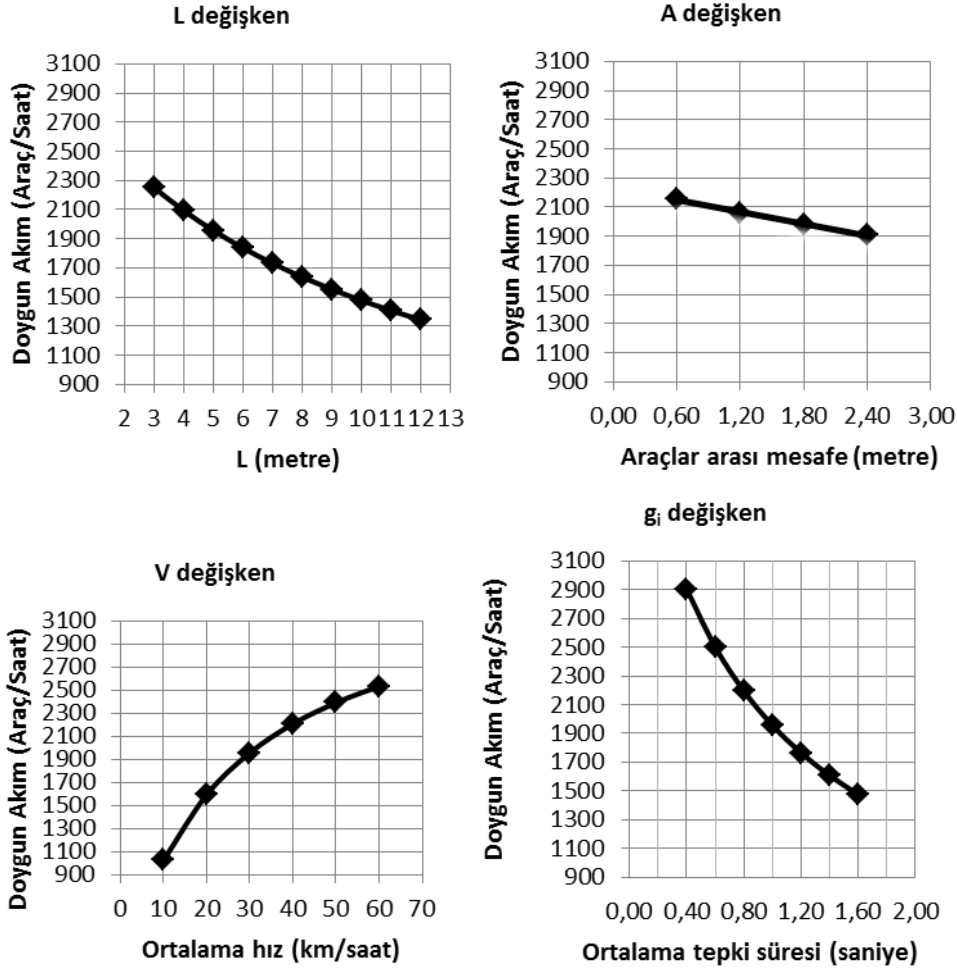


Şekil 4. Doymuş Akımın değişik faktörlere göre değişimi

Ayrıca bu faktörlerden 5'i sabit, diğeri değişken tutularak her bir faktörün doymuş akıma etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Sonuçlar Şekil 5'de gösterilmiştir. Ancak burada i ve t değişkenleri birbirine bağlı olduğundan i ve t değerleri için aynı doymuş akım değerleri elde edilmiştir. Farklı V değerleri içinse sabit i ve t değerleri kullanıldığı için pratikte karşılaşılan durumu tam olarak yansıtmamaktadır. Ortalama hızın değişimi ile ortalama ivme ve ivmelenme zamanında değişeceği unutulmamalıdır. Tablo 4'te kullanılan faktörlere atanan değerler gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 6'da tüm faktörlerin doymuş akıma etkisi tek grafikte gösterilmektedir.

Tablo 4 Doygun akıma etki eden faktörlere ait bazı örnek değerler

L (m)	A (m)	a (m/s ²)	t (s)	V (km/s)	g(s)
3 – 12	2	2,08333	4	30	1
5	0,60 – 2,40	2,08333	4	30	1
5	2	2,08333	4	30	1
5	2	2,08333	4	10 -60	1
5	2	2,08333	4	30	0,40- 1,60



Şekil 5 Doygun akıma etki eden faktörlerin ayırık olarak gösterimi

3. VERİ TOPLANMASI

3.1. Arazide Yapılan Ölçümler

Çalışmada elde edilen formülün pratikte nasıl sonuç verdiğini belirlemek amacıyla seçilen kavşakta video kamera ile gözlem yapılmıştır. Kavşak seçiminde; sürekli doymun akım koşullarının oluşmasına dikkat edilmiştir. Kavşağa hakim en uygun binanın çatısına video kamera yerleştirilmiştir. Video kamera ile pik saatlerde birer saatlik çekimler yapılmıştır. Çekim öncesinde araçlar arası mesafeyi ve kavşaktan ortalama geçiş süresini belirleme amaçlı işaretleme ve ölçümler yapılmıştır.

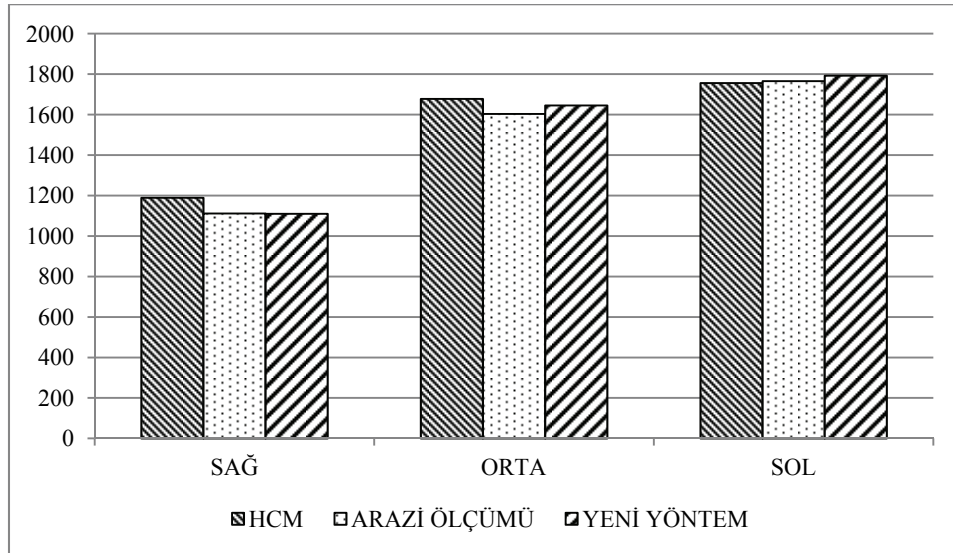


Şekil 6 Ölçümlerin yapıldığı kavşak

Elde edilen çekimler daha sonra laboratuvar ortamında değerlendirilmiştir. Çalışma her bir şerit için sabah ve akşam olmak üzere toplam 6 adet sonuca ulaşılmıştır. Öncelikle ışık kırmızıda araçlar durgun haldeyken araçların boyları ve aralarındaki mesafeler kaydedilmiştir. Daha sonra ışık yeşile döndüğü andan itibaren duruş çizgisini geçen araçların tipi ve geçiş süreleri basit bir bilgisayar programında geçiş anlarında butona basılarak belirlenmiştir. Bu çalışma esnasında ayrıca araç türleri de kayıt altına alınmıştır. Bu şekilde klasik yaklaşımla doymun akım değerleri belirlenmiştir. Daha sonra aynı görüntü tekrar çalıştırılarak her araç için ara mesafesi belli olan iki referans noktasını geçiş süreleri ölçülmüştür. Veriler analiz edilmeden önce doymun akımın oluşmadığı devreler çıkarılmıştır. Her bir şerit için 12 adet olmak üzere toplam 72 devre incelenmiştir. Analiz sonuçları Tablo 5, Şekil 7 ve Şekil 8 de gösterilmektedir.

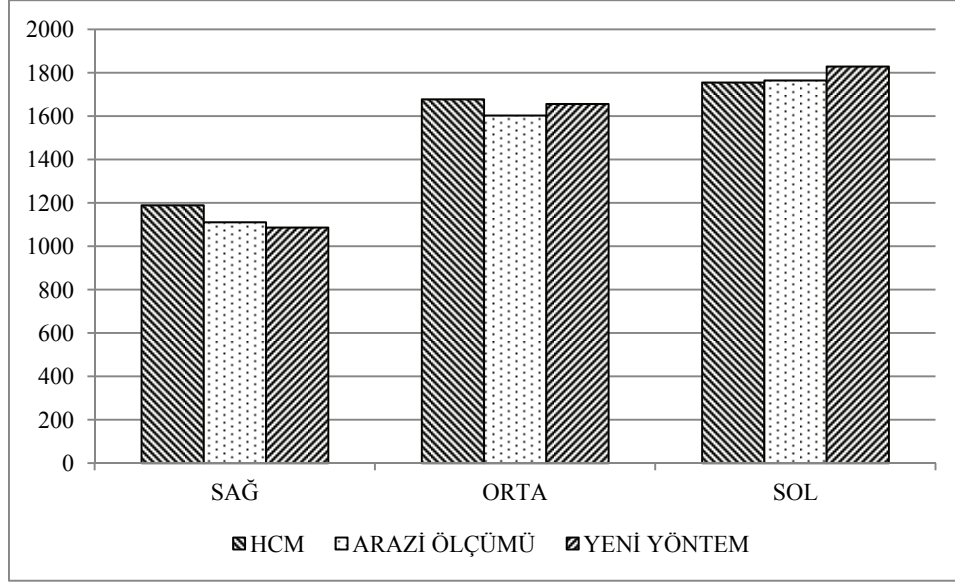
Tablo 5 Arazi verileri

		SABAH			AKŞAM		
		SAĞ ŞERİT	ORTA ŞERİT	SOL ŞERİT	SAĞ ŞERİT	ORTA ŞERİT	SOL ŞERİT
YENİ YÖNTEM İÇİN GEREKLİ DEĞERLER	Ortalama V(km/saat)	19,62	22,72	24,98	18,86	23,00	26,03
	Ortalama L(m)	7,5	5,5	5,5	7,5	5,5	5,5
	Ortalama A(m)	2	2	1,5	2	2	1,5
	Ortalama g_i (s)	1,5	1	1	1,5	1	1
	Ortalama a(m/s ²)	1,09	1,262	1,388	1,048	1,278	1,446
	Ortalama t(s)	5	5	5	5	5	5
Ölçülen ortalama aralık (Hs)(s)		3,240	2,246	2,040	3,197	2,211	2,018
HCM (araç/saat)		1189	1678	1756	1189	1678	1756
ARAZİ ÖLÇÜMÜ (araç/saat)		1111	1603	1765	1126	1628	1784
YENİ YÖNTEM (araç/saat)		1110	1645	1792	1087	1656	1829



Şekil 7 Sabah pik saatlerdeki doygun akım

Doygun Akımın Belirlenmesinde Sürücü Davranışına Bağlı Bir Matematik Yaklaşım



Şekil 8 Akşam pik saatlerdeki doymuş akım

3.2. Literatürden Elde Edilen Veriler

Rahmi Akçelik tarafından TRB konferansında yapılan bir çalışmada sunulan verilerin önerilen yöntemde kullanılabilir nitelikte olduğu görülmüştür. Çalışmadan alınan veriler Tablo 6'da görülmektedir [6].

Tablo 6 Akçelik'ten alınan veriler [6]

ARAZİ	S (araç/saat)	h_s (s)	V_s (km/h)	L_{hj} (m)	t_r (s)	t_a (s)	a_a (m/s^2)
1	2278	1,58	52,8	6,6	1,13	9,04	1,62
2	2083	1,73	45,1	6,9	1,17	7,2	1,74
3	1958	1,84	30,9	7,0	1,02	5,57	1,54
4	2032	1,77	24,5	6,4	0,84	5,45	1,25

Burada kullanılan terminoloji bu çalışmada kullandığımız terminolojiden daha farklıdır. Akçelik'in kullandığı terimler ve bu çalışmadaki karşılıkları aşağıda verilmiştir.

S : Araç/Saat olarak doymuş akım

h_s : Saniye cinsinden doymuş aralık

V_s : Doygun akıma karşılık gelen maksimum hız (Km/saat) Bu çalışmada karşılığı V 'dir

L_{hj} : Araç uzunluğu ile araçlar arasındaki mesafenin metre cinsinden toplamı. Bu çalışmada bu bileşen L ve A olarak iki değişkenle ifade edilmiştir. Formül L ve A ya farklı değerler verilerek denenmiştir. L ve A'nın toplamı L_{hj} 'ye eşit olmak kaydıyla doygun akımdaki değişimin 1 araç/saatten az olduğu görülmüştür. Bu nedenle A değeri 2m alınarak işlemler yapılmıştır.

t_r : Kuyruk boşalımı süresince sürücü tepki süresi (saniye). Bu çalışmada g_i olarak ifade edilmektedir.

t_a : Aracın V hızına ulaşana kadar geçen zaman (saniye). Bu çalışmada t olarak ifade edilmektedir.

a_a : Ortalama ivme (m/s^2). Bu çalışmada a olarak ifade edilmiştir.

Bu verilere göre doygun akım hesaplandığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 7 Akçelik'in verileri ile yeni yöntemin hesapladığı doygun akım değerleri

BÖLGE	Akçelik Yöntemi	Yeni Yöntem
1	2278	2276
2	2083	2090
3	1958	1960
4	2032	2021

4. SONUÇLAR

Çalışmada yeni önerilen denklemin bilinen klasik yöntemlerle karşılaştırılması yapılmaya çalışılmıştır. HCM'nin önerdiği yöntemde doygun akımı etkileyen pek çok faktör söz konusudur. Ayrıca bu faktörlerin tam olarak belirlenebilmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Özellikle ülkemizde olduğu gibi trafik akımının yol ve işaretlerle yeterince yönlendirilmediği, mevcut durumun analizinin güç olduğu durumlarda HCM yi uygulamak oldukça zor olmaktadır. Diğer taraftan uygulanan arazi ölçümünün, akımın yeşil süre boyunca doygun davranış göstermediği durumlarda kapasiteyi yanlış ve yetersiz ölçmesi kaçınılmazdır. Elde edilen ilk sonuçlar yöntemin kullanılabilirliği konusunda umut vericidir.

Yöntemin en büyük avantajı, bir kavşakta karakteristik hız değeri ve bölgedeki sürücü ve araç özelliklerinin bilinmesi durumunda, doygun akım ve kapasite değerlerine ulaşılabilmesidir.

Kavşaklarda, trafik kompozisyonunda ağır taşıtların bulunmaması, hızın artması, aralıkların azalması, sürücülerin tepki sürelerinin düşmesinin kavşak kapasitesine olumlu etkisi bilinmekle beraber, bu etkinin niceliği tam olarak bilinmemektedir. Ortaya koyduğumuz

Doymun Akımın Belirlenmesinde Sürücü Davranışına Bağlı Bir Matematik Yaklaşım

formül ise, bu etkileri matematiksel olarak açıklayabilmektedir. Bir örnek vermek gerekirse, ortalama araç uzunluğunun 5m, kavşak geçiş hızının 30 km/saat, kuyrukta bekleyen araçlar arasındaki mesafenin 2m, gecikme süresinin 1s, olması durumunda doymun akım, 1956 araç/saat olarak bulunurken, araç uzunluğu 4m, araçlar arası mesafe 1m, gecikme süresi 0.5s, olması durumunda doymun akım, 3272 araç/saat ye çıkmaktadır. Aynı koşullar altında hızın 40 km/sa çıkarılması durumunda, ilk durum için 2209 araç/saat olan doymun akım, 3789 araç/saat a ulaşabilmektedir.

Burada ortaya konulan formül incelendiğinde doymun akıma etkileyen faktörler ve bu faktörleri belirleyecek etmenler aşağıda özetlenmektedir.

A: Araç cinsi, motor gücü, yol geometrisi, sürücü davranışları

t: Motor gücü, sürücü davranışı

V:Yol geometrisi, trafik durumu, sürücü alışkanlıkları

g: Sürücü davranışı

L: Trafik kompozisyonu

a: Motor gücü, sürücü davranışı

Bu yaklaşım doymun akımı etkileyen fiziksel faktörleri formülasyonda dikkate almamaktadır. Fakat formülde yer alan ifadeler doğrudan daha önce ortaya konulmuş olan fiziksel faktörlere bağlıdır. Yöntemin en büyük avantajı kavşaktan geçen araçların ortalama hızının bilinmesi durumunda doymun akıma çok yaklaşık sonuçların bulunabilmesidir. Kavşakta trafik kompozisyonunun gün içerisinde de değişkenlik göstermesi durumunda yöntemin çok kullanışlı olacağı düşünülmektedir.

Bu bilgiler ışığında trafikte daha küçük boyutlu taşıtların yaygınlaşması, araç aralıklarını ve reaksiyon süresini minimize eden teknolojilerin geliştirilmesi ile kavşaklarda kapasitenin artırılabilceği anlaşılmaktadır.

Semboller

A	Ortalama Araçlar Arası Aralık
a	Ortalama İvme
a_a	İvme
ARRB	Australian Road Research Board
C	Devre Süresi
c	Kapasite
f_a	Arazi Özellikleri Etkileri
f_{bb}	Otobüs ve Minibüs Etkileri
f_g	Yaklaşım Eğimi

fHV	Ağır Taşıt Etkisi
$fLpb$	Sola Dönüşlerde Yayaların Etkileri
fLT	Şerit Grubunda Sola Dönüş Etkileri
fLU	Şerit Kullanım Etkileri
fp	Parklanma Etkisi
$fRpb$	Sağa Dönüşlerde Yaya ve Bisiklet Etkileri
fRT	Şerit Grubunda Sağa Dönüş Etkileri
fw	Şerit Genişliği
G	Eğim %
g	Efektif Yeşil Süre
g_i	Ortalama Tepki Süresi
HCM	Highway Capacity Manual
h_s	Doygun Aralık
L	Ortalama Araç Uzunluğu
L_{hj}	Araç Uzunluğu ile Araçlar Arası Mesafe Toplamı
N	Şerit Sayısı
n	Araç Sayısı
s	Doygun Akım Değeri
so	Temel Doygun Akım Değeri
SL	Hız Limiti
T	Efektif Süre
t	Ortalama İvmelenme Süresi
t_a	Hızlanma Süresi
TL	Şerit Sayısı
t_r	Tepki Süresi
X	Kat Edilen Mesafe
w	Şerit Genişliği
V	Ortalama Kavşak Geçiş Hızı
V_s	Doygun Hız

Teşekkür

Çalışmada üzerinde sıklıkla durulan a , t , V , A ve g , gibi sürücü davranışları ile ilgili parametreler ait bazı veriler TÜBİTAK tarafından desteklenen 110M677 numaralı proje kapsamında elde edilmiştir. Yazarlar, 110M677 numaralı projenin araştırmacıları olarak desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington D.C., 2000.
- [2] Bester, C. J. and Meyers, W. L., Saturation Flow Rates: Proceedings of the 26th Southern African Transport Conference (SATC 2007). ISBN Number: 1-920-01702-X Produced by: Document Transformation Technologies cc., 2007.
- [3] Akçelik, R., Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis, Research Report ARR No.123, Australian Road Research Board, Melbourne, 1981.
- [4] Webster, F.V.&Cobbe, B.M., Traffic Signals, Road Research Technical Paper No.56, London: HMSO, 1966.
- [5] Vien, L.L., Ibrahim, W.H.W., Mohd, A.F., Determination of Ideal Saturation Flow at Signalized Intersections Under Malaysian Road Conditions, Journal of Transportation Science Society of Malaysia 1 2005, 26 -37, 2005.
- [6] Akçelik, R., The Relationship between Capacity and Driver Behaviour, TRB National Roundabout Conference, Kansas City, MO, USA, 2008.
- [7] Akçelik, R., Besley, M., Queue Discharge Flow and Speed Models for Signalized Intersections, 15th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Adelaide, 2002.
- [8] Murat, Y.S., Kikuchi S., The Fuzzy Optimization Approach:A Comparison with the Classical Optimization Approach using the Problem of Timing a Traffic Signal. Transportation Research Record No 2024, pp 82-91, Washington D.C.,USA, 2007.
- [9] Şahin, İ., Akyıldız, G., Zorer, A., Gedizlioğlu, E., Uzun Otoyol Kuyruklarının İncelenmesi ve İyileştirme Stratejilerinin Araştırılması, Proje Sonuç Raporu, İ-920, TUBİTAK, 2004.