

# Küçük Ölçekli Kentlerde Işıklı Kavşaklarda Başlangıç Zaman Kaybı ve Doymun Akım Değerinin Belirlenmesi

**Ayşe POLAT<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat  
Fakültesi, Ulaştırma Anabilim Dalı, İstanbul  
Tel: (0553) 571 85 83  
E-Posta: ayysepolat@gmail.com

**Gürcan SARISOY<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat  
Fakültesi, Ulaştırma Anabilim Dalı, İstanbul  
Tel: (0532) 486 66 57  
E-Posta: gurcansarisoy@gmail.com

**Kemal Selçuk ÖĞÜT<sup>3</sup>**

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Ulaştırma Anabilim Dalı, İstanbul  
Tel: (0543) 795 43 10  
E-Posta: oguts@itu.edu.tr

## Öz

Türkiye’de artan nüfusun ve gelişen teknolojinin etkisiyle araç sahipliği ve kullanımına olan eğilim artmakta, artan araç sayılarına paralel bir şekilde gerekli trafik düzenlemelerinin yapılmaması, trafik sorunlarına neden olmaktadır. Özellikle büyük kentlerde görülen trafik sorunları, küçük kentlerde de son yıllarda araç sahipliği ve kullanımının artmasıyla rahatsızlık verici düzeye gelmektedir. Farklı yönlerden gelen akımların kesiştiği bölgeler olan kavşaklarda, trafik sorunları daha çok görülmekte, bu sorunların çözümü için genellikle kavşağın, trafik ışığıyla denetlenmesi yoluna gidilmektedir. Işık denetimi ile gecikmelerin azalması amaçlansa da, yanlış uygulamalar nedeniyle gecikmelerde artışların meydana geldiği gözlenmektedir.

Bu çalışmada, merkez nüfusu 200 bin’den az olan Tokat, Karabük ve Yalova’da, yapılacak zaman cinsinden aralık ölçümleri ile ışıklı kavşaklardaki başlangıç zaman kaybı ve doymun akım değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada Tokat’ta 2 kavşakta 4 akım kolunda, Yalova’da 2 kavşakta 4 akım kolunda ve Karabük’te 1 kavşakta 1 akım kolunda olmak üzere toplamda benzer özellikli 5 kavşakta, 9 akım kolu seçilerek zaman cinsinden aralık gözlemleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında kavşaklarda zaman cinsinden aralıklar ölçülerek kuyruktaki hangi araçta zaman cinsinden doymun aralığa ulaşıldığı belirlenmiş, zaman cinsinden doymun aralık, doymun akım değeri ve başlangıç zaman kayıpları hesaplanmıştır. Gözlemlerin hava şartlarından etkilenmemesi için, olumsuz hava şartlarında gözlemler yapılamamıştır. Ayrıca tüm gözlemler havanın aydınlık olduğu gündüz saatlerinde yapılmış olup gün içinde farklı zamanlarda (hem zirve saatler hem de zirve dışı saatler) yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda başlangıç zaman kayıpları 0–2,24 sn, doymun zaman cinsinden aralıklar 1,97–2,33 sn doymun akım değerleri ise 1546–1827 taşıt/saat arasında değişmektedir. Gözlemler sonucu elde edilen başlangıç zaman kaybı ve doymun akım değerleri hem kavşaklar arasında hem de iller arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Işıklı kavşak, zaman cinsinden aralık, zaman cinsinden doymun aralık, başlangıç zaman kaybı ve doymun akım değeri.

## Giriş

Küçük ölçekli şehirlerde yol ağının en basit şekilleri görülmekte olup, bu ağdaki kesişim noktaları olan kavşaklar, ilk olarak ışık denetimsiz işletilmişlerdir. Nüfusun artması, teknolojinin gelişmesi ve buna bağlı olarak araç sahipliğinin hızla artmasıyla bu tür kavşaklar istenilen performansı vermemeye başlamış, çözüm için devreye ışık denetimi girmiştir.

Şehir içinde trafik yoğunluğundan dolayı kavşaklarda tıkanmalar meydana gelmektedir. Meydana gelen tıkanıklıkların olumsuz yönü yalnızca zaman kaybı değil aynı zamanda yüksek yakıt tüketimi, çevre kirliliği ve kullanıcılar üzerindeki olumsuz psikolojik etkileridir.

Bildiri kapsamında, küçük ölçekli şehirlerden olan ışıklı kavşaklarda Tokat, Yalova, Karabük'ten sırasıyla 2, 2, 1'er adet benzer özellikteki kavşakta 9 farklı akım kolunda yapılan ölçümler ışığında zaman cinsinden aralık, zaman cinsinden doygun aralık, doygun akım değerleri ve başlangıç zaman kayıpları belirlenmiştir. Belirlenen değerler hem kavşaklar arasında hem de iller arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

## Literatür Çalışması

### Zaman Cinsinden Doygun Aralığın Bulunması

Kavşakta kırmızı ışıkta bekleyen taşıtların oluşturduğu kuyruk yeşil ışık yandığında taşıtların hareketiyle erimeye başlamaktadır. Trafik ışığı önünde durulup, taşıtlar arasındaki zaman cinsinden aralıklar incelendiğinde, başlangıçtan belli bir araç sonra kuyruk sonuna kadar zaman cinsinden aralık değerinin birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Bu durum akımın homojen bir yapıya ulaşması anlamına gelmekte olup, ölçülen zaman cinsinden aralık değerleri, zaman cinsinden doygun aralık olarak tanımlanmaktadır. Zaman cinsinden doygun aralığın hesabı, Denklem (1)'de verilmektedir.

$$h_s = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=a}^{n_i} h_{ij}}{\sum_{i=1}^m (n_i - (a+1))} \quad (1)$$

$h_s$  : Zaman cinsinden doygun aralık (sn)

$h_{ij}$  :  $i$ 'nci devrede kuyruktaki  $j$ 'nci aracın zaman cinsinden aralığı (sn)

$n_i$  :  $i$ 'nci devrede kuyruktaki araç sayısı

$a$  : Doygun aralığın başladığı araç

$m$  : Gözlem yapılan devre sayısı

### Başlangıç Zaman Kaybının Bulunması

Sürücülerin yeşil ışığa verdiği tepki ile aracın harekete geçerek istediği hıza ulaşmak için kaybettiği sürelerin toplamına başlangıç zaman kaybı ( $t$ ) denilmektedir. Başlangıç zaman kaybı Denklem (2)'de verilmektedir.

$$t = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{(a-1)} (h_{ij} - h_s)}{m} \quad (2)$$

## Doygun Akım Değerinin Bulunması

Doygun akım kavramının tanımı ilk defa İngiltere’de yapılmıştır (Webster ve Cobbe, 1966). Doymuş akım, yeşil ışığın sürekli yanması durumunda bir saatte bir şerit grubundan geçebilecek en büyük taşıt sayısıdır.

Doygun akım değerlerinin hesaplanması için; Transport and Road Research Laboratory (TRRL) yöntemi, regresyon analizi yöntemi ve zaman cinsinden aralık yöntemi olmak üzere üç farklı yöntem bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında yaygın olarak kullanılan zaman cinsinden aralık yöntemi kullanılmıştır. Zaman cinsinden doymuş aralıkla, doymuş akım değerini hesaplamak için Denklem (3) kullanılmıştır.

$$s = \frac{3600}{h_s} \quad (3)$$

s : Doymuş akım değeri (bo/sa/şrt)

$h_s$  : zaman cinsinden doymuş aralık (sn)

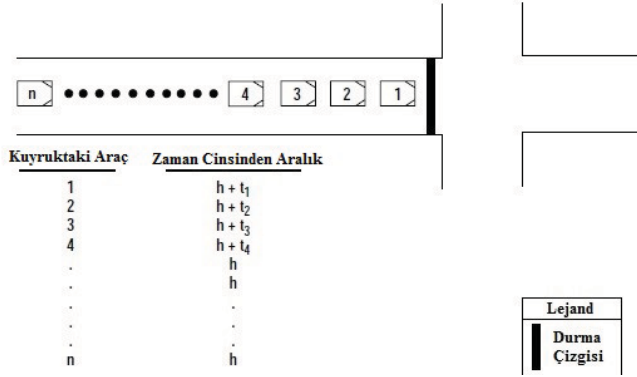
Çeşitli ülkelerde doymuş akım değeri üzerinde çalışmalar sonucunda, doymuş akım değerinin ülkeden ülkeye farklılık gösterdiği görülmüştür. Tablo 1’de, doğru giden şerit için doymuş akım değeri ile ilgili batı ülkelerinde yapılan çalışmaların sonuçları yer almaktadır (Stanic ve diğ., 2011).

Tablo 1. Batı Ülkelerinde Doymuş Akım Değeri ile İlgili Yapılan Çalışmalar.

Araştırmacı	Ülke Adı	Araştırma Yılı	Doymuş Akım Değeri (bo/sa/şrt)
Webster ve Cobbe	İngiltere	1963-1966	1.675-1.850
HCM	ABD	1965	1.500-2.000
Miller	Avustralya	1968	1.710
Depola	Sırbistan	1971-1975	1.140-1.698
Teplý	Kanada	1978	1.150-1.750
Akçelik	Avustralya	1980-1990	1.270-1.850
Bhattacharya ve	Hindistan	1982	1.232
De Anrade	Brezilya	1988	1.660
HEL	Yunanistan	1990	1.972
HCM	ABD	2000	1.900
HBS	Almanya	2001	2.000
Celar	Sırbistan	2008	1.765-2.150

## Çalışmada Kullanılan Yöntem

Devre ve faz sürelerinin belirlenmesinde, her bir şerit grubuna ait doymuş akım değerlerinin hesaplanması gerekmekte, bu hesaplama, sahadan veri toplanabilmesi durumunda daha gerçekçi yapılabilmektedir. Toplanacak veri, kırmızı ışıkta kuyrukta bekleyen taşıtların yeşil ışık yandığında trafik ışığı önünden geçtiği andaki zaman cinsinden aralık değerleridir. Şekil 1’de kırmızı ışıkta araçların kuyruklanması ve zaman cinsinden aralıkların değişimi gösterilmektedir.



Şekil 1. Bir Işıklı Kavşak Kolunda Araçların Kuyruklanması ve Zaman Cinsinden Aralık (HCM,2000).

İlk olarak araçlar kırmızı ışığın yanmasıyla birlikte kuyruklanmaya başlamaktadırlar. Sonrasında kuyruktaki araçlar yeşil ışığın yanmasıyla birlikte harekete geçmektedirler. Bu geçiş araç sürücüsünün algı-tepki süresini ve aracın hızlanma süresini içermektedir. Dolayısıyla kuyruğun ön kısmında bulunan araçlarda zaman cinsinden aralık daha fazla olmaktadır. Sonraki araçlarda ise zaman cinsinden aralıklar giderek azalmaktadır.

Sahada yapılan çalışmalar sonucunda zaman cinsinden aralıklar kaydedilerek, kuyruktaki araç sırasına bağlı olarak zaman cinsinden aralık grafikleri, incelenen akım kollarından hem sağ ve sol şeritlerde ayrı ayrı hem de iki şeridin ortalaması alınarak o akım kolu için çizilmiştir.

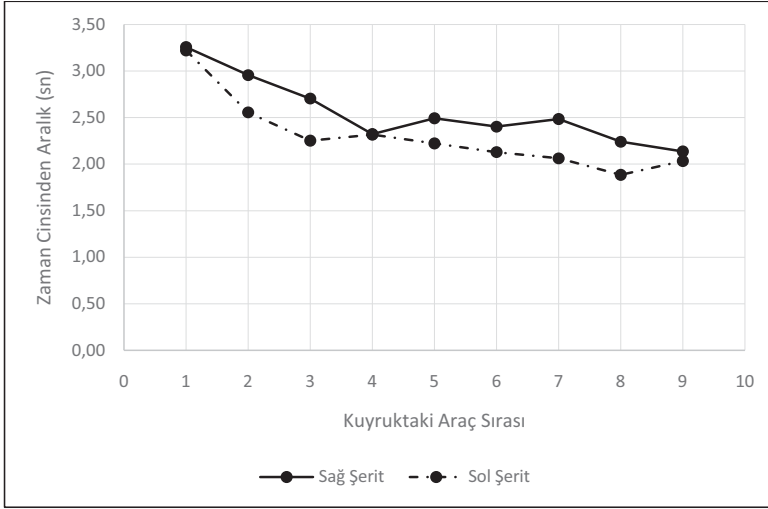
Doğun akım değerinin saptanabilmesi için zaman cinsinden doymun aralığa ulaşan araç sırasının belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada hangi araçtan sonra zaman cinsinden doymun aralığa ulaşıldığını belirlemek için; t testi kullanılarak iki farklı veri grubunun aynı toplumdun gelip gelmediği araştırılmıştır. Bu bağlamda ilk olarak kuyrukta 1. araç için incelenen tüm devrelerde ölçülen zaman cinsinden aralıklar bir grup, kuyruktaki diğer tüm araçlar için incelenen tüm devrelerdeki zaman cinsinden aralık değerleri ikinci grup olacak şekilde iki grubun %10 anlamlılığa göre aynı toplumdun gelip gelmedikleri farklı varyanslı t testi kullanılarak sınanmıştır. Sonrasında grupların aynı toplumdun gelmediği görülürse işleme kuyruktaki 2. sıradaki araç için zaman cinsinden aralık bir grup, kuyruktaki 3. ve üst sıradaki araçlar için tüm devrelerde ölçülen zaman cinsinden aralıklar ikinci grup olacak şekilde yeniden iki grup oluşturularak t testi yenilenmiştir. Bu durum grupların aynı toplumdun geldiği görülene dek sürdürülmüştür. Böylelikle kuyruktaki hangi araçtan sonra zaman cinsinden doymun aralığa erişildiği belirlenmiştir.

Zaman cinsinden doymun aralığa ulaşan araç sırasının bulunması ve bulunan araç sırasından sonraki araçların aralarındaki zaman cinsinden aralıkların aritmetiksel ortalamasının alınmasıyla zaman cinsinden doymun aralık değeri belirlenmiştir. Sonrasında zaman cinsinden doymun aralığa ulaşan ilk aracın önündeki araçların zaman cinsinden aralıklarından zaman cinsinden doymun aralık değerinin çıkartılarak bulunan değerlerin toplanmasıyla başlangıç zaman kayıpları elde edilmiştir.

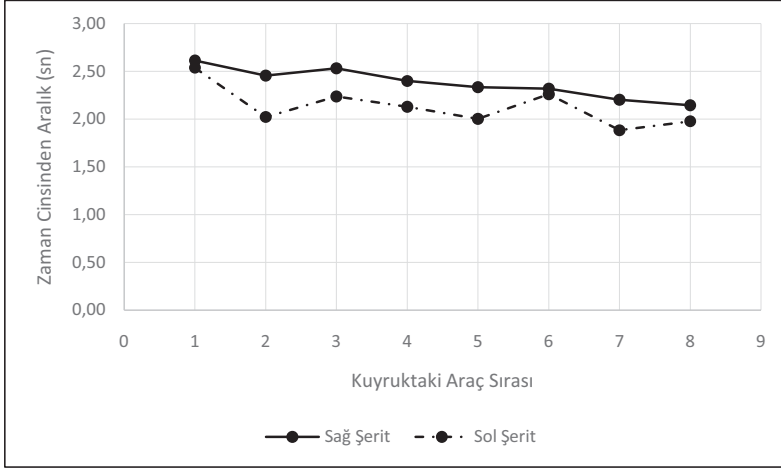
## Saha Verileri

Çalışmada ilk olarak, Tokat, Yalova ve Karabük illerinin il merkezlerinde gözlem yapılacak olan ana yolda bir yönde iki şeridi olan, parklanmanın olmadığı, ortalama %2 eğime sahip ışıklı kavşaklar belirlenmiştir. Bu kavşaklarda yalnızca doğru giden akımlar incelenmiştir. Bu kavşakların bir özelliği de, kırmızı ışıkta en az 7 araçlık kuyruğun oluşmasıdır. Tokat ve Yalova illerinde 2 ayrı kavşakta 4'er farklı akım kolu belirlenirken Karabük ilinde ancak 1 kavşağın 1 akım kolunda sözü edilen özellikte kavşak bulunabilmiştir.

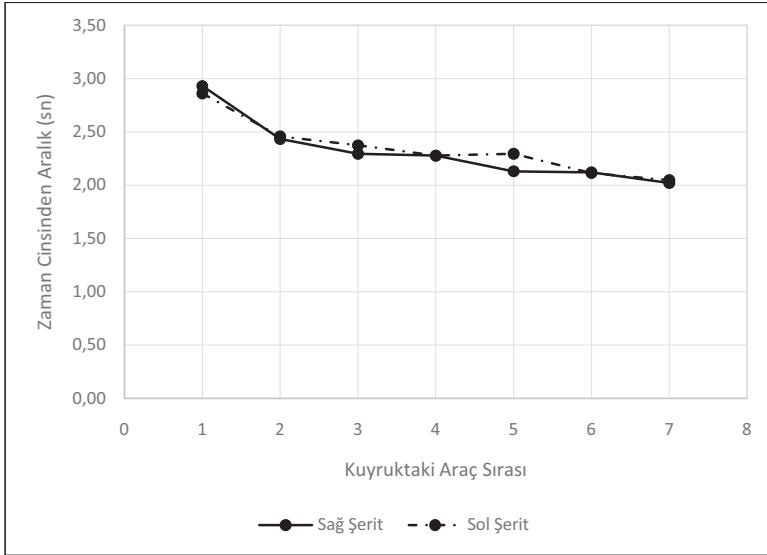
Doğru akım değerinin hesabında kullanılmak üzere ilk olarak doğru zaman aralığını hesaplamak gereklidir. Ölçüm için belirlenen 5 farklı ışıklı kavşakta 9 ayrı akım kolunda her şerit başına 30 devre ölçüm yapılmıştır. Yeşil ışığın yanmasıyla beraber süreölçer yardımıyla zaman cinsinden aralıkların ölçülmesi işlemi yapılmıştır. Zaman cinsinden aralığın kuyruktaki araç sırası ile değişimi, Şekil 3-5'te örnek olarak Yalova ilinde Şht Ömer Faydalı Caddesi-Mehmet Durmuş Caddesi kavşağına ait, Karabük ilinde Zonguldak Caddesi-Ateş Caddesi kavşağına ait, Tokat ilinde Gaziosman Paşa Bulvarı-Çeçenistan Caddesi kavşağına ait akım kolları için verilmiştir.



Şekil 3. Yalova ilinde Şehit Ömer Faydalı Caddesi- Mehmet Durmuş Caddesi kavşağına ait Zaman Cinsinden Aralık - Kuyruktaki Araç sırası Grafiği



Şekil 4. Karabük ilinde Zonguldak Caddesi-Ateş Caddesi kavşağına ait Zaman Cinsinden Aralık - Kuyruktaki Araç sırası Grafiği



Şekil 5. Tokat ilinde Gaziosman Paşa Bulvarı-Çeçenistan Caddesi kavşağına ait Zaman Cinsinden Aralık - Kuyruktaki Araç sırası Grafiği

Yapılan ölçümler üzerinde önceki bölümde anlatıldığı gibi t testi uygulaması yapılarak zaman cinsinden doymun aralığın başladığı kuyruktaki araç sırası belirlenmiş ve bu araçtan sonraki araçların zaman cinsinden aralıklarının aritmetik ortalaması alınarak zaman cinsinden doymun aralık bulunmuştur. Bu işlem sağ ve sol şeritler için ayrı ayrı yapılmıştır. Her kavşak kolunun şeritlerine ait kuyruktaki en fazla taşıt sayısı, doymun aralığın başladığı araç, zaman cinsinden doymun aralık, doymun akım değeri ve başlangıç zaman kayıpları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Işıklı Kavşaklara Ait Değerler.

Akım Kolu No	Şehir	Kavşakta Kesişen Kollar	Kıyıruktaki En Fazla Taşıt Sayısı		Doğgun Akım Değerinin Başladığı Araç		Zaman Cinsinden Doğgun Aralık (sn)		Doğgun Akım Değeri (t/s/sa)		Başlangıç Zaman Kaybı (sn)	
			Sağ Şerit	Sol Şerit	Sağ Şerit	Sol Şerit	Sağ Şerit	Sol Şerit	Sağ Şerit	Sol Şerit	Sağ Şerit	Sol Şerit
1	Tokat	Behzat Bulvarı Mustafa Satan Caddesi Gaziosmanpaşa Bulvarı Çeçenistan Caddesi	10	10	1	1	2,25	2,30	1601	1567	0,00	0,00
2			9	10	5	6	2,09	2,08	1722	1731	1,57	1,86
3			10	10	6	6	1,94	2,01	1859	1796	2,55	1,92
4			10	10	2	2	2,22	2,17	1620	1662	0,86	0,95
5	Karabük	Zonguldak Caddesi Ateş Caddesi	10	8	2	2	2,35	2,08	1531	1731	0,26	0,46
6	Yalova	Şht. Ömer Faydalı Caddesi Mehmet Durmuş Caddesi	15	13	4	3	2,37	2,13	1520	1687	1,81	1,51
7		Şht. Ömer Faydalı Caddesi Mehmet Durmuş Caddesi	11	13	3	3	2,35	2,29	1534	1571	1,3	1,14
8		Atatür Bulvarı Bursa Yolu	13	12	4	4	2,12	2,05	1697	1760	3,07	1,74
9		Yalı Caddesi Atatürk Bulvarı	14	9	4	2	2,05	2,05	1758	1755	1,95	2,10

Kuyruktaki en fazla araç sayısının, ölçüm yapılan 30 devre boyunca en az 10 kez görülmesine dikkat edilmiştir. Örneğin kuyruktaki 10. araç, 30 devre boyunca 3 kez gözlemlendi ise bu 3 araca ait zaman cinsinden aralıklar hesaba katılmamıştır. Bu nedenle Tablo 1’de görülen “en fazla taşıt sayısı” en az 10 devrede gözlenen en büyük kuyruk boyunu yansıtmaktadır.

Zaman cinsinden doygun aralığa, kuyruktaki hangi araçtan sonra erişildiği incelendiğinde, bu değerler oldukça geniş bir aralıkta (1-6) değiştiği görülmektedir. Doygun aralığa hangi araçtan sonra erişildiği şeritten şeride değişiklik gösterebilmektedir. Tokat ilindeki 1 no’lu akım kolunda kuyruktaki tüm araçların zaman cinsinden aralıkları istatistiksel olarak aynı çıktığından başlangıç zaman kaybı sıfır olarak hesaplanmıştır. Bunun en önemli nedeni, kırmızı ışıkta ilk sırada duran sürücülerin yayalar için yanan ışığı kontrol ederek bu ışığa göre harekete başlamalarıdır.

Zaman cinsinden doygun aralık değerinin şeritten şeride farklılık gösterdiği görülmüştür. İncelenen 9 akım kolunun 2’sinde sağ şeritte daha küçük değerler bulunurken 6’sında sol şeritteki değerler daha küçüktür, 1 akım kolunda ise sağ ve sol şeritteki değerler aynıdır.

Literatürde zaman cinsinden doygun aralık değerinin şerit bazında farklılaşmasından pek söz edilmemektedir. Tablo 1’de görülen zaman cinsinden doygun aralıkların şeritlere göre farklı olup olmadığı istatistiksel olarak t testi ile sınanmıştır. Bu istatistiksel değerlendirmeye göre Tokat ilinde gözlem yapılan 4 akım kolunda sağ ve sol şeritler için ölçülen zaman cinsinden doygun aralık değerlerinin aynı toplumdaki geldikleri, Yalova ilinde ise yalnızca 7 no’lu akım kolunda şeritler için ölçülen zaman cinsinden doygun aralık değerleri arasında istatistiksel bir fark olmadığı, diğer 3 akım kolu için ise şeritler arasında istatistiksel anlamlı bir fark olduğu, Karabük ili için de gözlem yapılan akım kolunda şerit bazında istatistiksel farklılık olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak ölçüm yapılan 9 akım kolunun 5’inde sağ ve sol şeritler için yapılan zaman cinsinden doygun aralık ölçümlerinin birleştirilmesinin istatistiksel olarak doğru olduğu anlaşılmaktadır.

Başlangıç zaman kaybı ve doygun akım değeri hesabında Denklem 1 ve Denklem 2 kullanılmıştır.

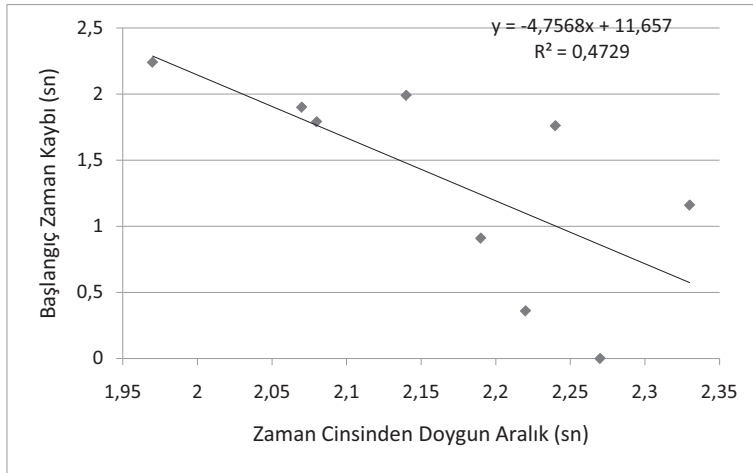
İncelenen akım kollarındaki sağ ve sol şeritlerin birlikte değerlendirilmesi durumunda her bir akım kolu için zaman cinsinden doygun aralık, doygun akım değeri ve başlangıç zaman kayıpları hesaplanarak Tablo 3’te verilmiştir. Çalışma şerit bazlı yapıldığından aslında her akım kolu için istatistiksel olarak şerit verilerinin birleştirilmesinin doğru olmadığı daha önce belirtilmiş olmakla birlikte, incelenen akım kollarında genel bir değerlendirmeye gidebilmek için böylesi bir birleştirme yoluna gidilmiştir.



Tablo 3. Her Bir Kavşakta Sağ ve Sol Şeritlerin Ortalamalarına Ait Değerler.

No	Doygun Akım Değerinin Başladığı Araç	Zaman Cinsinden Doygun Aralık (sn)	Doygun Akım Değeri (tş/sa)	Başlangıç Zaman Kaybı (sn)
1	1	2,27	1583	0,00
2	6	2,08	1735	1,79
3	6	1,97	1827	2,24
4	2	2,19	1641	0,91
5	2	2,22	1624	0,36
6	4	2,24	1610	1,76
7	3	2,33	1546	1,16
8	4	2,14	1680	1,99
9	4	2,07	1742	1,90

İncelenen 9 akım kolu için zaman cinsinden doymun aralık ile başlangıç zaman kaybı arasındaki değişim Şekil 6'da görölmektedir.



Şekil 6. Tüm Akım Kollarında Başlangıç Zaman Kaybı Zaman Cinsinden Doygun Aralık İlişkisi

Şekil 6'ya göre zaman cinsinden doymun aralık ile başlangıç zaman kaybı arasındaki korelasyon katsayısı 0,69 olarak hesaplanmakta olup, iki değişken arasında orta düzeyde bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

## Sonuçlar

Çalışmada benzer geometrik özellikteki kavşaklar seçilmesine dikkat edilmiştir. Ancak doymun akım değerinin belirlenmesinde birçok faktörün etkili olmasından dolayı farklılıklar oluşmuştur. Bu faktörlerden en önemlileri arasında kavşağın karakteristik özellikleri, bölgedeki sürücü ve araç özellikleri sayılabilir. Kavşağın karakteristik özellikleri arasında kavşak kolunun eğimi, trafik kompozisyon durumu, bölgenin özellikleri, şerit genişliği, ışık devre süreleri gibi etkenler bulunmaktadır. Bölgedeki sürücü ve araç özellikleri arasında ise araç cinsi, motor gücü, sürücü davranışları, sürücü alışkanlıkları yer alır.

Çalışma kapsamında doymun akım değerlerinin başladığı araç sırasının 1-6 arasında değişmekte olduğu görülmüştür. En büyük doymun akım değeri 1827 tş/sa olarak Tokat ilinin 3 No'lu akım kolunda en küçük doymun akım değeri 1546 tş/sa olarak Yalova ilinin 2 No'lu akım kolunda hesaplanmıştır. Başlangıç zaman kayıplarının ise 0-2,24 sn arasında değiştiği hesaplanmıştır. Başlangıç zaman kaybında Tokat ilinin 1 No'lu akım kolunda sıfır çıkması, kırmızı ışıkta ilk sırada duran araç sürücülerinin yayalar için yanan ışığı kontrol ederek bu ışığa göre hareket etmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Sağ ve sol şerit verileri birleştirilmiş ve %56'sının sağ ve sol şeritlerinin aynı özellikte olduğu %44'ünde ise birleştirmenin uygun olmadığı görülmüştür. Tokat ilinde ait tüm akım kolları ve Yalova ilinin 2 No'lu akım kolu %56'lık kısmın içerisinde yer almaktadır.

Tüm akım kolları için başlangıç zaman kayıpları ve zaman cinsinden doymun aralıklar karşılaştırıldığında ise iki değişken arasında korelasyon katsayısı 0,69 olarak hesaplanmış ve zaman cinsinden doymun aralık değerleri (ZCDAD) artarken başlangıç zaman kaybı (BZK) değerlerinin azaldığı görülmüştür ve iki değişken arasında

$$BZK = -4,7568 ZCDAD + 11,657 \quad (4)$$

eşitliği elde edilmiştir.

## Kaynakça

HCM (2000), Transportation Research Board, National Research Council, , Highway Capacity Manual, fourth edition , Washington, D.C.

Sığın, A. ve diğ. (2012), Işıklı kavşaklarda Başlangıç Zaman Kaybı, Ortalama Zaman Cinsinden Aralık Ve Doymunluk Akım Oranın Belirlenmesi, Mühendislik Tasarım Projesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Stanic, B., Tubic. and Celar, N. (2011), Straight Lane Saturation Flow and Its Rate in Serbian Cities.

Webster, F. V., & Cobbe, B. M. (1966), Traffic signals, Road Research Technical Paper No. 56. London: Her Majesty's Stationary Office.