

Araştırma Makalesi

## Bingöl Karakoçan Ayrım Güzergâhında Yavaşlama Ön Uyarı ve Uyarı Yatay Trafik İşaretlerinin Taşıt İşletme Maliyetlerine Etkileri

İhsan Güzel<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl Üniversitesi, Bingöl

### Öz

Ülkemizde bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplamalı dönel kavşaklar trafik kaza riskini azaltmak için yatay yavaşlama ve ön uyarı (YÖU) çizgileriyle işaretlenmektedir. Belirli kalınlık ve genişlikte olan bu çizgiler kaplamanın Uluslararası Düzgünlük İndeksi'ni (IRI) değiştirerek taşıt işletme maliyetlerini artırmaktadır. Kavşaklarda bu maliyet değişimi Bingöl Karakoçan Ayrım güzergâhının BSK'lı 26,80 kilometrelik kesiminde, mevcut altı adet dönel kavşakta araştırılmıştır. Kavşakların statik seviye ölçüm metoduna göre hesaplanan IRI, güzergâh IRI'ni 0,042985 m/km artırmıştır. Güzergâhta yıllık ortalama günlük trafikte (YOGT) en fazla sayıda olan otomobillere 2021/Aralık ayında yapılan anket sonuçlarına göre IRI artışının faiz, genel giderler ve ekip maliyeti hariç otomobillerin hareketiyle ilgili işletme maliyetlerini yıllık yaklaşık 59,482 TL artırdığı hesaplanmıştır. Bu güzergâhta günlük 2581 adet otomobil için hesaplanan maliyet diğer taşıtlarda göz önüne alındığında, dönel kavşaklarda taşıt işletme maliyeti artışı daha fazla olacaktır. Bu nedenle IRI artışına neden olan YÖU çizgilerinin kalınlıklarının azaltılması ve kavşağa giriş hızına göre sayılarının belirlenmesinin maliyetlerde önemli azalmalar sağlayacağı tespit edilmiştir.

*Anahtar Kelimeler:* otomobil, yatay, düzgünlük, maliyet, trafik işaretlemeleri

## The Effects of Deceleration Pre-Warning and Warning Horizontal Traffic Signs on Vehicle Operation Costs on Bingöl Karakoçan Separation Route

### Abstract

In our country, bituminous hot mix (BHM) coated roundabouts are marked with horizontal deceleration and pre-warning (DPW) lines to reduce the risk of traffic accidents. These lines, which are of certain thickness and width, increase the vehicle operating costs by changing the International Roughness Index (IRI) of the pavement. This cost variation at the intersections was investigated at the six existing roundabouts in the 26.80-kilometer part of the Bingöl Karakoçan separation route with BSK. The IRI calculated according to the static level measurement method of the intersections increased the route IRI by 0.042985 m/km. According to the results of the survey conducted in 2021/December, on the cars with the highest annual average daily traffic (AADT) on the route, the increase in IRI is related to interest, general expenses. It has been calculated that the operating costs related to the movement of cars excluding crew costs, increase by approximately 59,482 TL per year. When the cost calculated for 2581 cars per day on this route is considered in other vehicles, the increase in vehicle operating costs will be higher at roundabouts. For this reason, it has been determined that reducing the thickness of the DPW lines that cause IRI increase and determining their number according to the intersection entry speed will provide significant reductions in costs.

*Keywords:* automobile, horizontal, roughness, cost, traffic signs

\* İletişim / Contact: İhsan Güzel, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl Üniversitesi, Bingöl Türkiye. E-Posta / E-mail: [guzelihsan23@gmail.com](mailto:guzelihsan23@gmail.com).

Gönderildiği tarihi / Date submitted: 28.12.2021, Kabul edildiği tarih / Date accepted: 18.03.2022

Alıntı / Citation: Güzel, İ. (2022). Bingöl Karakoçan ayrım güzergâhında yavaşlama ön uyarı ve uyarı yatay trafik işaretlerinin taşıt işletme maliyetlerine etkileri. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 98–108. doi:10.38002/tuad.1049949



## Bingöl Karakoçan Ayrım Güzergâhında Yavaşlama Ön Uyarı ve Uyarı Yatay Trafik İşaretlerinin Taşıt İşletme Maliyetlerine Etkileri

Yol kullanıcı maliyeti taşıt işletme, zaman, kaza, emisyon maliyetlerini içeren kullanıcıları doğrudan parasal yönden etkileyen maliyetler ile çevre, gürültü, inşaat faaliyetlerinin diğer işletmeler üzerindeki etkilerini içeren parasal olmayan iki bileşene göre hesaplanmaktadır (Mallela ve Sadasivam, 2011). Bu maliyetler içerisinde yakıt, motor yağı, lastik aşınması, bakım, onarım, amortisman, faiz, genel giderler ve ekip maliyetini içeren taşıt işletme maliyetleri; taşıt tipi, güzergâhın geometrisi ve kaplamanın fiziksel özellikleriyle yakından ilişkilidir (Mikolaj ve Remek, 2014). Yol kullanıcı maliyetlerinde yaklaşık %60'lık orana sahip olan taşıt işletme maliyetlerinin artmaması proje fizibilitesi açısından önemlidir.

Objektif olarak kaplama performansını değerlendirebilmek amacıyla üstyapı servis yeteneği indeksi, sürüş sayısı, sürüş konforu, Uluslararası Düzgünsüzlük İndeksi gibi çeşitli değerlendirme bileşenleri geliştirilmiştir (Kırbaş, 2018).

Üstyapının mevcut performansı çoğunlukla, tasarımında kullanılan hizmet düzeyiyle doğrudan ilişkili IRI ile değerlendirilmektedir (Kırbaş, Karasahin, Demir ve Ünal, 2015).

İlk yapılan çalışmalarda IRI değerinin artışının genel olarak taşıt işletme maliyetlerini artırdığı fakat yakıt tüketiminde artışın olmadığı; son yıllarda Dünya Bankası tarafından HDM-4 modeliyle gerçekleştirilen çalışmalarda ise yakıt tüketimini arttığı belirlenmiştir (Barnes ve Langworthy, 2003; Robbins ve Tran, 2015). Kaplamanın hizmet süresince IRI iyileştirme çalışmaları için ilk kaplama maliyetinin %30'u oranında ilave bakım onarım maliyetinin, hizmet süresince taşıt işletme maliyetlerinde %60 tasarruf sağlanacağı belirtilmiştir (Islam ve Buttlar 2013).

Zaabar ve Chatti (2010) HDM-4 modeliyle yaptığı çalışmada, kaplamalı yollarda IRI değerinin 1 m/km artışının otomobil ve ağır taşıtlarda, ortalama yakıt tüketimini %2, lastik aşınmasını 88 km/sa hızda %1 artırdığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada IRI değerinin 3 m/km üzerinde 1 m/km artışında ise taşıtların ortalama bakım ve onarım maliyetlerini %20 artırdığı saptanmıştır.

Taşıtların amortisman bedelinin %70'lik kısmının taşıtın yaşına, %30'lik kısmının kilometreye bağlı olduğu, kilometreye ilgili amortisman bedelinin, IRI'nın 1 m/km artışında %1 arttığı belirtilmiştir (aktaran, Islam, 2015).

Ülkemizde Karayolu Trafik İşaretleme Standartları (KTİS) Yönetmeliğine (Karayolları Genel Müdürlüğü [KGM], 2020) göre yerleşim yeri dışı kavşaklarda trafik güvenliği açısından düşey işaretlemelerle beraber yatayda kavşağa belirli mesafede belirli kalınlık ve aralıklarla kaplama yüzeyine YÖÜ çizgileri uygulandığı gözlenmiştir. Bu yatay tarama çizgilerinin belirli kalınlıkta olması nedeniyle bu kesimlerde IRI değerinin artışından dolayı taşıt işletme maliyetleri artmaktadır. Günümüz ekonomik koşulları göz önüne alındığında bu maliyet artışlarının belirlenmesi yol kullanıcıları açısından önemlidir.

Bu çalışmada Bingöl Karakoçan Ayrım güzergâhında bulunan altı adet dönel kavşakta uygulanan YÖÜ çizgilerinin, güzergâhta YOGT'ği en fazla sayıda olan otomobillerin hareketiyle ilgili işletme maliyeti artışları hesaplanmıştır.

YÖÜ çizgilerinden dolayı artan yol kullanıcı maliyetlerinin ülke genelinde maliyet değerlendirmelerine yardımcı olması amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

## 2. Uluslararası Düzgünsüzlük İndeksi (IRI) ve Taşıt İşletme Maliyetleri

Kaplama düzgünsüzlüğü, Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu (American Society For Testing and Materials [ASTM]) E867-06'ya göre "Bir yüzeyin, araç dinamiklerini ve sürüş kalitesini etkileyen karakteristik boyutlara sahip gerçek bir düzlemsel yüzeyden sapma" olarak tanımlanmaktadır (Buttlar ve Islam, 2014). Yol düzgünsüzlüğü subjektif ve objektif olarak iki ana yöntemle ölçülmektedir (Al-Rousan, Asi ve Abu-Baker, 2010). Subjektif ölçümler sürüş kalitesiyle ilgili fiziksel ve görsel incelemelere, objektif ölçümler ise,

- Hassas profilometre (Seviye çubuğu, yürüme profilmetresi, statik seviye ölçümleri)
- Diğer profilometreler (California Profilografı, yüksek hızlı lazer profilometreler vb.)
- Tepki türü ölçümler (Akıllı telefon, çeyrek veya yarım otomobil modeli) ile yapılmaktadır (Gamage, Pasindu ve Bandara, 2016).

Kaplama üzerinde hareket eden taşıtın dinamik tepkisini simüle edilerek kaplama düzgünsüzlüğü değerlendirmelerini sayısal bir ölçek olarak kullanan IRI, hareket eden aracın çeyrek otomobil matematiksel modeliyle (Chen, Lin, Tang, Chu ve Cheng, 2020) (bkz. Şekil 1) süspansiyon hareketinin toplamı olarak Eşitlik 1'le hesaplanmaktadır (Bilodeau, Gagnon ve Doré, 2017).

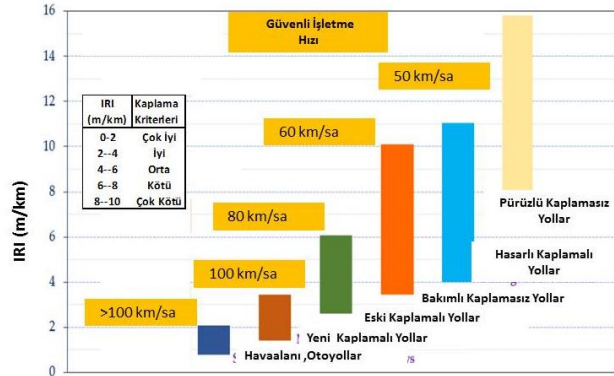


Şekil 1. IRI ölçümü için çeyrek araba modeli (Chen ve ark., 2020)

$$IRI = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n |Z_S - Z_U| \quad (1)$$

L analiz edilen kaplama uzunluğu (km),  $Z_S$  taşıt şasesinin yer değiştirmesi (m),  $Z_U$  taşıt aksının yer değiştirmesi (m), n dikey hareket sayısıdır.

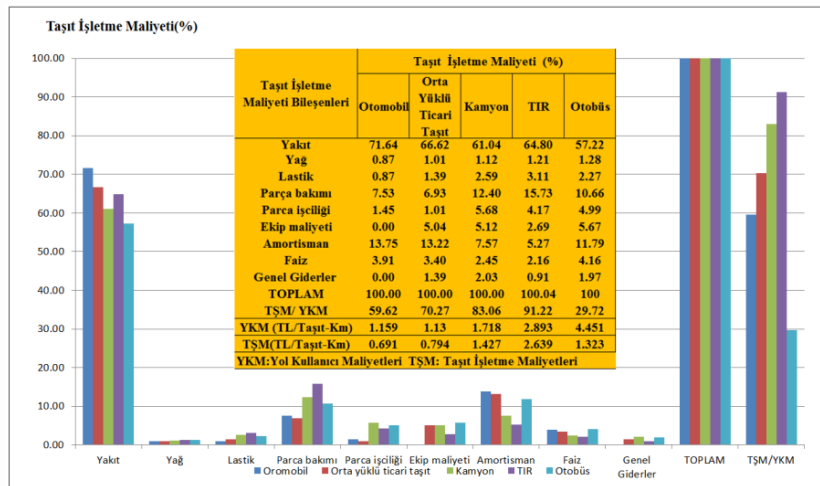
Dünya bankasının 1980 yılında üstyapı durumunu değerlendirme sürecinde nicel parametre olarak kullanılan IRI'nin, nitel kaplama kriterleri ve güvenli işletme hızına göre farklı kaplama tiplerinde değişim aralığı Şekil 2'de gösterilmiştir (Hasibuan ve Surbakti, 2019).



Şekil 2. Farklı kaplamalarda IRI değişim aralığı ve kaplama kriterleri (Chen ve ark., 2020; Hasibuan ve Surbakti, 2019)

Yol kullanıcı maliyetleri ülkelerin ekonomik, sosyal durumu, güzergâhın geometrik, fiziksel ve trafik özelliklerine göre değişmektedir. Kötü durumlu bir kaplamanın kullanıcı ortalama maliyetini ağır yüklü taşıtlarda %20, hafif yüklü taşıtlarda ise % 7 artırdığı belirlenmiştir (Ahmed, 2020).

Hareketli taşıtların dinamiğini etkileyen IRI artışı işletme maliyetlerini artırır. HDM -4 yazılımıyla ülkemize ait bir güzergâhta karayolu işletme maliyetleriyle ilgili 2020 yılında yapılan çalışmanın (Canver, Özen, Saraçoğlu ve Maltaş, 2020) sonuçları özet olarak Şekil 3’de gösterilmiştir. Taşıtların işletme maliyetlerinin yol kullanıcı maliyetlerinin ortalama %59,62’si ile %91,22’si arası faiz, genel giderler ve ekip maliyeti hariç taşıtın hareketiyle ilgili işletme (HTİ) maliyetleri ise taşıt işletme maliyetlerinin %80,20’si ile %96,09’ arasında değişmektedir. IRI değeri 2 m/km esas alınarak yapılan bu çalışmada IRI değerinin 8 m/km olması durumunda yol kullanıcı maliyetleri otomobillerin 1,06, orta yüklü ticari taşıtların 1,03, kamyon 1,08, tır 1,07, otobüs 1,17 kat artmıştır. Çalışmanın faiz, genel giderler ve ekip maliyetleri dikkate alınmadan otomobil işletme maliyetleriyle diğer taşıtların işletme maliyetleri karşılaştırıldığında, orta yüklü ticari taşıtların 1,08, kamyonun 1,94, tırın 3,74, otobüsün 1,74 kat otomobilin işletme maliyetinden fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Taşıtların işletme maliyetlerinin bileşenlerinin maliyet % (Canver ve ark., 2020)

Yol kullanıcı modelleri içerisinde gelişmekte olan ülkelerin verilerine göre geliştirilen ve IRI değerinin yakıt tüketimini etkilediği açıkça gösterilen HDM-4 modelinin, ABD koşullarında IRI ile ilişkili yakıt tüketimi, bakım, tamirat, amortisman, lastik maliyet çarpanları Eşitlik 2,3,4,5,’ten hesaplanmaktadır (Islam, 2015).

$$YTA \% = 0.01573.IRI - 0.996 \quad (2)$$

$$BTMF = -5.10^{-6}IRI^2 + 0.0049.IRI + 0.6239 \quad (3)$$

$$AMF = -1.10^{-6}IRI^2 + 0.0007.IRI + 0.9535 \quad (4)$$

$$LMF = -9.10^{-6}IRI^2 + 0.0064.IRI + 0.51333 \quad (5)$$

YTA: Yakıt tüketiminde artış (%)

BTMF: Bakım, tamirat maliyet çarpanı

AMF: Amortisman maliyet çarpanı

LMF: Lastik maliyet çarpanı

IRI Uluslararası düzgünlük indeksi: inch/mil

Ağır taşıtlar ve otomobillerin sabit hızda güzergahın düşey eğim ve IRI değişimine göre yakıt tüketimi Eşitlik 5,6'da yaklaşık hesaplanmaktadır (Velmurugan, Madhu, Nataraju ve Ravinder, 2012).

$$FC_{OTO} = 35 + \frac{983.503}{V_{oto}} + 0,003V_{oto}^2 + 0,002.IRI + 0,452.RS - 1.914.FL \quad (6)$$

$$FC_{AT} = 50 + \frac{8049,95}{V_{AT}} + 0,012V_{AT}^2 + 0,005.IRI - 4,565.RS - 4.904FL - 7,285 \frac{P}{W} \quad (7)$$

FC: Otomobil ve ağır taşıt yakıt tüketimi, ml/km

$V_{OTO}$ ,  $V_{AT}$ : Otomobil ve ağır taşıt hızı, km/sa

IRI: Uluslararası düzgünlük indeksi, mm/km

RS: Güzergâhın yükselen eğimi, m/km

FL: Güzergâhın alçalan eğimi, m/km

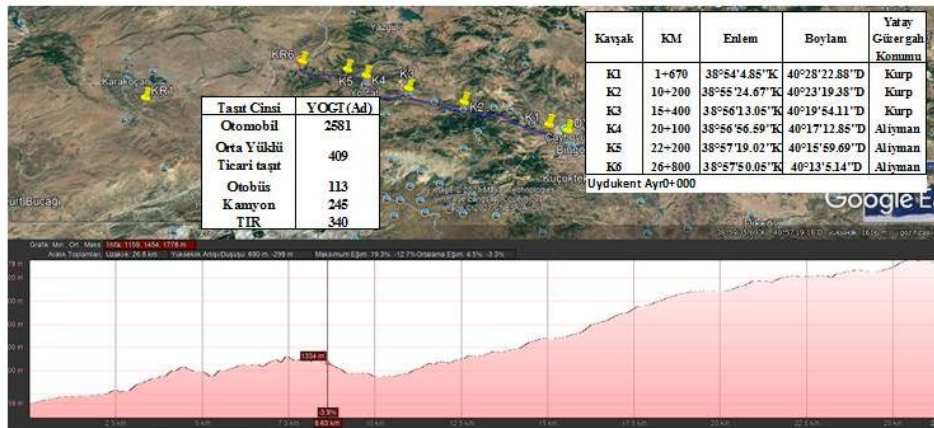
P/W: Taşıtın güç ağırlık oranı

### 3. Yöntem

Bingöl Karakoçan Ayrımının BSK'lı olan kesiminin dönel kavşaklarında uygulanan YÖÜ çizgileri sayısı ve kalınlığı KTİS' de belirtilen değerler alınarak, güzergâhın IRI değişimi statik seviye ölçüm metoduna göre belirlenmiştir. Taşıt işletme maliyet hesaplamalarında dünya genelinde gelişmekte olan ülkeler tarafından yaygın olarak kullanılan HDM-4 programına maddi zorluklar ve temin etme zorluğu nedeniyle güzergâhı kullanan taşıtlar içerisinde işletme maliyeti bilgilerine hızlı ulaşılan ve maliyetlerinde çok fazla değişkenlik göstermeyen çeşitli markalarda on adet otomobil kullanıcısına IRI'nin HTİ maliyetine etkisini hesaplamak için yapılmıştır. 2021 yılının Aralık ayında güzergâh başlangıcında yapılan dokuz maddelik anket sonuçları ve bu ayın ortalama yakıt ve lastik fiyatları dikkate alınarak, IRI ile ilişkili faktör eşitlikleriyle HTİ maliyet değişimleri hesaplanmıştır.

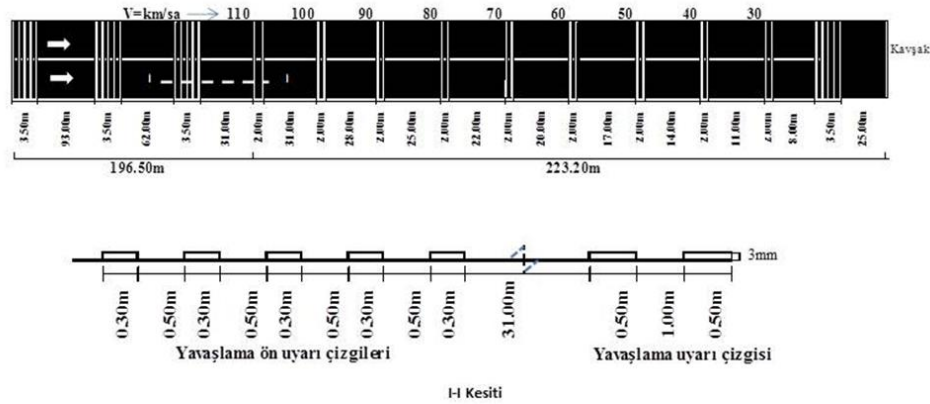
### 4. Bulgular

Bölünmüş yol olarak hizmet veren Bingöl Karakoçan Ayrım güzergâhının üstyapısı bitümlü sıcak karışım olan 0+000-26+800 kesiminde, YÖÜ çizgileri uygulanan dönel kavşakların Google Earth' de tespit edilen koordinatları ve 2020 yılına ait YOGT sayıları Şekil 4'de gösterilmiştir.



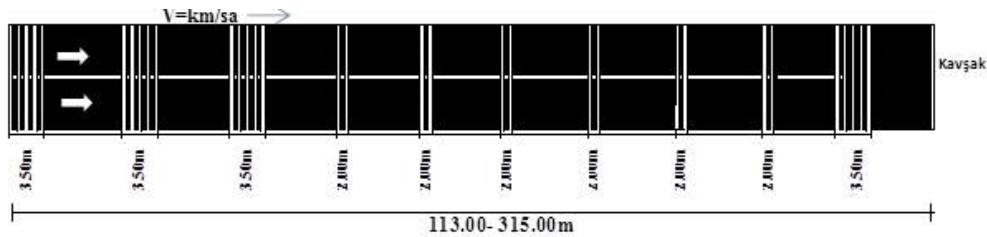
Şekil 4. Bingöl -Karakoçan Ayrım Güzergâhında (15+000-41+800) dönel kavşak koordinatları ve kilometreleri

KTİS'e göre kaza kara noktası ve hız kısıtlaması gereken kesimlerde YÖU çizgilerin alternatif tipinde (bkz. Şekil 5) çizgiler, yaklaşık  $1,94\text{m/sn}^2$  yavaşlama ivmesine göre kavşağa 419,70m mesafede, aşınma tabakası üzerine 3mm kalınlığında çift komponentli yol çizgi boyası ile yapılmaktadır.



Şekil 5. Karayolu trafik işaretleme standardına göre alternatif YÖU çizgileri

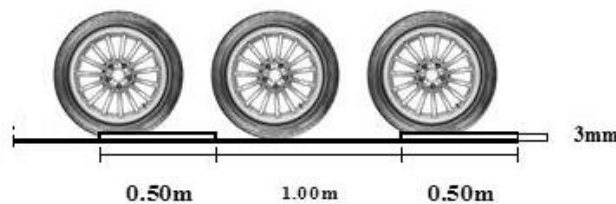
Bingöl Karakoçan Ayrım güzergâhında (0+000-26+800) dönel kavşaklarda uygulanan trafik güvenliği ve hız kontrolü için kavşaklara 113m ile 325m arasında değişen mesafede Şekil 6'da gösterilen biçimde otuz iki adet YÖU çizgisi uygulandığı tespit edilmiştir.



Şekil 6. Kavşaklarda uygulanan YÖU çizgileri

Statik seviye yöntemi ile yol düzgünlüğünün ölçülmesi için test yönteminin açıklandığı ASTM E 1364'e göre kaplamalı ve kaplamasız olmak üzere tüm yüzey tipleri için uygulanabilen bu yöntem, ihtiyaca göre seçilen iki doğruluk seviyesi içerir. Sınıf 1 ve 2 olarak adlandırılan doğruluk seviyelerinde sırasıyla maksimum 30,50 cm, 61 cm aralıklarla nivelman işlemi yapılarak IRI değeri hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada statik seviye yöntemine göre YÖU çizgilerinin ortalama kalınlıkları 3 mm kabul edilmiştir. Her kavşakta bir yönde lastiğin 192 mm (32 [çizgi sayısı]x6 [lastiğin her çizgide düşey hareketi] ) düşey yönde hareket edecektir (bkz. Şekil 7). Altı adet kavşağın mevcut güzergâh IRI' ni  $0,042985\text{ m/km}$  ( $0,192 \times 6 / 26800$ ) artıracığı hesaplanmıştır.



Şekil 7. YÖU çizgilerinde teker hareketi

Güzergâhın IRI artışının otomobillerin HTİ maliyetine etkilerini araştırmak için on adet otomobile yapılan anketin sonucunda yıllık ortalama kilometre, 100 km’de ortalama kullanılan yakıt miktarı, taşıt değeri, lastik kullanım ömrü, bakım tamirat maliyetlerinin ortalamaları, Tablo 1’de gösterilmiştir.

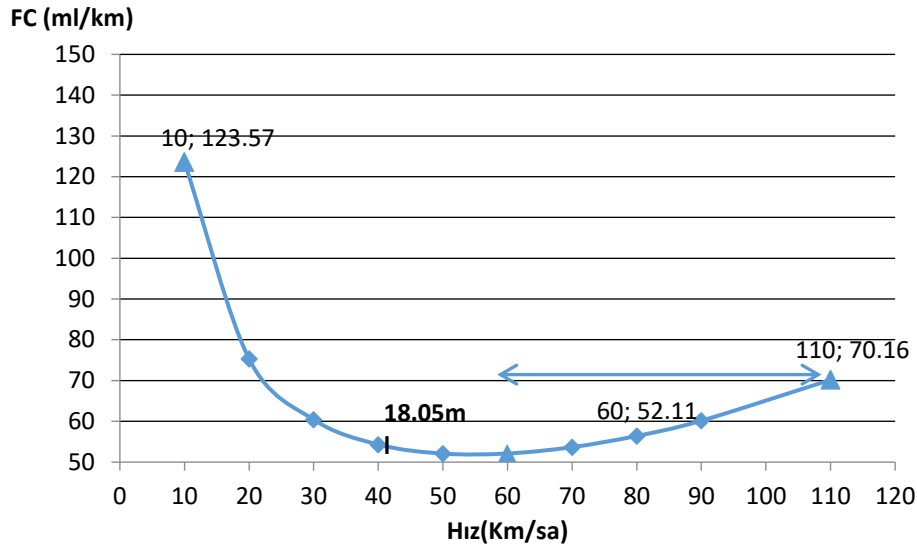
**Tablo 1. HTİ maliyeti anketi ve sonuçları**

Anket Soruları	Anket Sayısı										Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Marka	D.D	O.A	H.C	S.O	F.E	F.F	O.C	S.F	T.C	F.E	
Model Yılı	2020	2015	2018	2018	2019	2014	2009	2015	2014	2018	-
Motor Gücü (HP)	115	115	125	125	85	110	80	110	90	85	-
K:Yıllık Ortalama Yapılan Ortalama Mesafe (km)	30000	7000	10000	12000	15000	10000	20000	11000	10000	11000	13600
BTM: 2020 veya 2021 Yılında Bakım ve Tamirat Maliyeti (TL)	1850	4500	2500	2000	1700	1500	2500	2860	1500	1200	2211
TD: 2021 Yılı Yaklaşık Taşıt Değeri (10 <sup>3</sup> TL)	310	200	350	375	150	170	110	290	300	Blm.	250,556
Kullanılan Yakıt	B+LPG	B	LPG	M	B	LPG	LPG	B	M	B+LPG	-
YM: Yakıt Miktarı (Lt/100km)	6.9	5.1	9	6.5	8	10	10	6.2	5.1	9	7,58
LK: Lastik kullanım Mesafesi (km)	75000	28000	60000	35000	40000	60000	45000	40000	30000	Blm.	45889

M: Motorin B: Benzin LPG: Sıvılaştırılmış petrol gazı Ort: Ortalama Blm: Bilmiyor

Not: Araç markaları hukuki nedenlerden ötürü açıkça belirtilmemiştir.

Güzergâhın Google Earth üzerinden gidiş yönünde ortalama RS’si 22,053 m/km, geliş yönünde ortalama FL’ si- 22,053 m/km olarak hesaplanmış ve mevcut satıh durumu IRI’si 3 m/km kabul edilerek; hıza göre ortalama yakıt miktarı değişimi Eşitlik 6’dan hesaplanarak Şekil 8’de gösterilmiştir. Hızın 110 km/sa.’ den azalarak, 60 km/sa. olması durumunda bir kilometrede ortalama 9,025ml (18,05/2) yakıt miktarında azalma olacaktır. Gidiş veya geliş yönünde YÖU çizgisi olmayan kavşağa 223,20 m mesafede hız azaltılmaya başlanıldığında ise her otomobilde ortalama 2,01 ml (9,025x223,20/1000) yakıt tasarrufu sağlanmaktadır.



Şekil 8. Otomobillerin hız yakıt tüketimi

Otomobillerin bu güzergâh kesimine ait HTİ maliyetleri anket sonuçları ve piyasanın ortalama fiyatlarına göre (bkz. Tablo 2) 1,29 TL/km olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Güzergâhta otomobillerin HTİ maliyetleri

<b>YAKIT</b>	
YM: Lt /100km*	7,58
CK: Çalışılan yol uzunluğu (Km)	26,8
Çalışılan yol uzunluğunda kullanılan yakıt miktarı CYM=CK.YM/100	2,03
YF: Yakıt fiyatı (TL/Lt)**	10,5
<b>Güzergâh maliyeti (TL) TLM=CYM..YF</b>	<b>21,33</b>
<b>LASTİK</b>	
LS: Lastik sayısı	4
LF: Ortalama lastik fiyatı (TL) **	650
LK: Lastik Ömrü (km)*	45889
CK: Çalışılan yol uzunluğu (Km)	26,8
LM: Maliyet (TL/km)=L.S.LF /LK	0.057
<b>Güzergâh maliyeti (TL) TLM=LM.CK</b>	<b>1,518</b>
<b>BAKIM TAMİRAT</b>	
BTM: Yıllık ortalama bakım tamirat fiyat (TL)*	2211
K: Yıllık ortalama yapılan mesafe (km) *	13600
MBT: Yıllık Ortalama maliyet (TL/Km) =BTM/K	0.163
<b>Güzergâh maliyeti (TL) (TL) TBTM=MBT.CK</b>	<b>4,357</b>
<b>AMORTİSMAN</b>	
TD: Yaklaşık taşıt değeri (2021 Yılı TL)*	250556
K: Yıllık ortalama yapılan mesafe (km) *	13600
KÖ: Taşıt kullanım ömrü (Yıl)	15
YA: Yıllık amortisman (TL)=0.20.TD/KÖ***	3340,74
YAK: Yıllık kilometre. Amortisman (TL(km)=YA/K	0.246
<b>Güzergâh maliyeti (TL) TLM=YAK.CK</b>	<b>7,369</b>
* Anket sonuçları ** Ortalama fiyat	
***Normal amortisman yöntemine göre hesaplanmıştır	



Kaplamanın gözlemsel olarak değerlendirilmesi sonucunda kaplamanın iyi durumda olması nedeniyle IRI değeri 3m/km kabulüyle, güzergâhta YÖU çizgilerinden dolayı 0,042938 m/km IRI artışının hesaplanan maliyet çarpanları Tablo 3’ de gösterilmiştir.

**Tablo 3. Maliyet çarpanları**

Güzergâh Durumu	IRI		Maliyet Çarpanları						
	Birim		YTA(%) (2)	Eş, BTMF (3)	Eş, AMF (4)	Eş, LMF (5)	Eş,	Eş,	
	m/km	(in/mil)							
YÖU çizgisiz	3	189,8	1,99	1,373809	1,050337	1,403843			
YÖU çizgili	3,0429985	192,52	2,0323957	1,381939	1,051201	1,411893			
Maliyet Çarpanları Farkı			0,0427922	0,00813	0,000864	0,00805			

Güzergahın 2020 yılı YOGT’sine göre YÖU çizgilerinden dolayı otomobillerin hareketiyle ilgili maliyetlerin, maliyet çarpanlarıyla hesaplamaları sonucunda (bkz. Tablo 4) YÖU çizgilerinin bu güzergahta yapılan ankete göre günlük 0,01 Oto/TL-kavşak (59481,94/(6x365x2581)) HTİ maliyetini artırmıştır.

**Tablo 4. YÖU çizgilerinin HTİ maliyetleri**

Hareketli Otomobil İşletme Maliyet Bileşenleri	Maliyet Çarpanı (MÇ)	Güzergâh Maliyeti (M)	YOGT	Yıllık Ortalama Maliyet (MÇ. M.YOGT.365)
Yakıt (%)	0,04279216	21,33	2581	8598,81
Bakım Tamirat	0,00813	4,36	2581	33368,36
Amortisman	0,00086	7,37	2581	5999,60
Lastik	0,00805	1,52	2581	11515,18
TOPLAM (TL)				59481,94

## 5. Tartışma

YÖU çizgilerinin kalınlığı ve sayısı hareketli taşıtların işletme maliyetlerini artırdığından, KTİS’de belirtilen grup sayılarını ana yol taşıtlarının kavşağa giriş hızına göre hesaplayarak; kalınlığı daha az olan soğuk çizgi boya uygulanması veya başlangıç yavaşlama ön uyarılarının düşey işaretlemelerle yapılması durumlarında sürücü davranışları gözlenerek kaza riskleri araştırılmalıdır.

## 6. Sonuçlar

Ülkemizde bölünmüş yol dönel kavşaklarında sıklıkla uygulanan sıcak çift komponentli YÖU çizgileri hareketli taşıtların işletme maliyetlerini artırmaktadır. Otomobillerin bakım tamirat ve lastik maliyetlerini daha fazla etkilemesi ve güzergahta diğer taşıtlara ait maliyetlerin artması dikkate alınarak ülke genelinde değerlendirildiğinde maliyetlerin daha fazla artacağı tespit edilmiştir.

## Etik Kurul Onay Beyanı

İlgili çalışmada insan veya hayvan katılımcılardan veri toplanmadığı için etik kurul izni gerekmemektedir.

### Kaynakça

- Ahmed, K. (2020). Vehicle operating cost (VOC) for all classes of vehicles. (Report No. NTRC-332). National Transport Research Center. [http://www.ntrc.gov.pk/ntrc\\_studies/VehicleOperatingCost%20\(VOC\)forallClassesofVehicles\(NTRC-332\)May-2020.pdf](http://www.ntrc.gov.pk/ntrc_studies/VehicleOperatingCost%20(VOC)forallClassesofVehicles(NTRC-332)May-2020.pdf)
- Al-Rousan, T., Asi, I. ve Abu-Baker, A. (2010, Ekim). *Roughness evaluation of Jordan Highway Network*. 24th Building on 50 Years of Road and Transport Research Conference, ARRB, Melbourne. <https://www.purdue.edu/discoverypark/nextrans/assets/pdf>
- Barnes, G. ve Langworthy, P. (2003). The per-mile costs of operating automobiles and trucks. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 1864(1), 71-77. doi:10.3141/1864-10
- Bilodeau, J. P., Gagnon, L. ve Doré, G. (2017). Assessment of the relationship between the international roughness index and dynamic loading of heavy vehicles. *International Journal of Pavement Engineering*, 18(8), 693–701. doi:10.1080/10298436.2015.1121780
- Buttlar, W. ve Islam, S. (2014). Integration of Smart-Phone-Based Pavement Roughness Data Collection Tool with Asset Management System. (Proje No . NEXTRANS 098IY04). [https://www.researchgate.net/publication/272355273\\_Integration\\_of\\_Smart-Phone-Based\\_Pavement\\_Roughness\\_Data\\_Collection\\_Tool\\_with\\_Asset\\_Management\\_System](https://www.researchgate.net/publication/272355273_Integration_of_Smart-Phone-Based_Pavement_Roughness_Data_Collection_Tool_with_Asset_Management_System)
- Canver, S., Özen, H., Saraçoğlu, A. ve Maltaş, A. (2020). Yol geometrik standartlarının karayolu işletme maliyetleri üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 4(1), 209–226.
- Chen, S. L., Lin, C. H., Tang, C. W., Chu, L. P. ve Cheng, C. K. (2020). Research on the international roughness index threshold of road rehabilitation in metropolitan areas: A case study in Taipei city. *Sustainability*, 12(24), 1–19. doi:10.3390/su122410536
- Gamage, D., Pasindu, H. R. ve Bandara, S. (2016, Temmuz). *Pavement roughness evaluation method for low volume roads*. 8th International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements, Singapur. doi:10.3850/978-981-11-0449-7-199-cd
- Hasibuan, R.P. ve Surbakti, M.S. (2019, Ocak). *Study of Pavement Condition Index (PCI) relationship with International Roughness Index (IRI) on Flexible Pavement*. MATEC Web of Conferences, Online. doi:10.1051/mateconf/201925803019
- Islam, S. (2015). *Development of a smartphone application to measure pavement roughness and to identify surface irregularities* (Yayımlanmamış doktora tezi). Illinois Üniversitesi, Champaign. <https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/89119/ISLAM-DISSERTATION-2015.pdf>
- Islam, S. ve Buttlar, W. (2013, Ocak). *Assessment of emission costs due to maintenance and rehabilitation to reduce pavement roughness*. Transportation Research Board 92nd Annual Meeting Conference, Washington. <https://www.researchgate.net/publication/272355072>

- Karayolları Genel Müdürlüğü (2020). Karayolu trafik işaretleme standartları-1.Trafik Güvenliği Şubesi Müdürlüğü Ankara
- Kırbaş, U. (2018). Konforlu sürüş için uluslararası düzgünlük indeksi sınır değerlerinin belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(2), 301–309. doi:10.21923/jesd.416037
- Kırbaş, U., Karaşahin, M., Demir, B ve Ünal, B. (2015, Mayıs). *Ülkemizde düzgünlük ölçümleri ve bazı verilerin değerlendirilmesi*. 11. Ulaştırma Kongresi, Ankara
- Mallela, J. ve Sadasivam, S. (2011). Work zone road user costs concepts and applications (Rapor No. FHWA 2011- 12-005) Federal Highway Administration. <https://ops.fhwa.dot.gov/wz/resources/publications/fhwahop12005/fhwahop12005.pdf>
- Mikolaj, J. ve Remek, L. (2014). Life cycle cost analysis-integral part of road network management system. *Procedia Engineering*, 91, 487–492. doi:10.1016/j.proeng.2014.12.031
- Robbins, M.ve Tran, N. (2015). Literature review:The effect of pavement roughness on vehicle operating costs. (Report No.NCAT 15-02) National Center for Asphalt Technology. <https://www.eng.auburn.edu/research/centers/ncat/files/technical-reports/rep15-02.pdf>
- Velmurugan, S., Madhu, E., Nataraju, J. ve Ravinder, K. (2012). Development of congestion cost equations for multilane highways in India. *Transportation Research Record*, 2317, 121–130. doi:10.3141/2317-15
- Zaabar, I. ve Chatti, K. (2010). Calibration of HDM-4 models for estimating the effect of pavement roughness on fuel consumption for U. S. conditions. *Transportation Research Record*, 2155, 105–116. doi:10.3141/2155-12