

---

*Araştırma Makalesi / Research Article*

---

## **Demiryolu Yük Taşımacılığının Çok Türlü Rotalara Etkisinin Vaka Analizi ile İncelenmesi: Hatay-Van**

Ömer Faruk CANSIZ, Kevser ÜNSALAN\*

*İskenderun Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hatay  
(ORCID:0000-0001-6857-2513) (ORCID:0000-0002-9163-4855)*

---

### **Öz**

Çalışmada, güzergâh karar değişkenleri ve bu değişkenlere bağlı performans indeksi dikkate alınarak güzergâh karşılaştırması yapılmaktadır. Çalışmanın amacı güzergâh karşılaştırmasında, tek türlü konteyner yük taşımacılığının dışına çıkıp çok türlü taşımacılığın avantajlarını ön plana çıkarırken, ulaşım coğrafyasının çok türlü taşımacılığa olan etkisi de incelenmektedir. Bu nedenle Türkiye'nin güneyinde filtre sanayisi gelişmiş olan Hatay ilinden, Türkiye'nin doğusundaki Van iline güzergâh karşılaştırması yapılmaktadır. Hatay ile Van arasında, ulaşım coğrafyasından dolayı sadece bir çeşit tek türlü yük taşımacılığı güzergâhı oluşturulmaktadır. Bunun yanı sıra iki il arasında karayolu, demiryolu ve feribot taşımacılığının birleştirilebilme ve böylece birden fazla çok türlü yük taşımacılık güzergâhı oluşturulabilmektedir. Güzergâhlar, rota seçiminde önemli yere sahip olan yakıt tüketimi, taşıma maliyeti, taşıma süresi ve CO<sub>2</sub> salınımı parametrelerine bağlı olarak incelenmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda güzergâhların performans indeksleri incelendiğinde, çok türlü 3 rotasının diğer rotalar içerisinde dört parametreye bağlı olarak en uygun güzergâh olduğu bulunmaktadır. Burada şunu belirtmek gerekir ki, Hatay ile Van arasında tek türlü demiryolu taşımacılığı yapılamazken, feribot taşımacılığı ile avantajlı çok türlü taşımacılık güzergâhları oluşturulmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Çok Türlü Taşımacılık, Tek Türlü Taşımacılık, Rota Optimizasyonu.

---

## **Investigation of the Effect of Railway Freight on Multimodal Routes by Case Study: Hatay-Van**

### **Abstract**

In this study, route comparison is made by considering route decision variables and performance index related to these variables. The aim of the study is highlight the advantages of multimodal transportation by out of the unimodal container freight transportation and also to examine the effect of transportation geography on multimodal transportation. Therefore, between Hatay province in southern Turkey and Van province in eastern Turkey route comparison are studied. There is only one kind of unimodal freight transportation route between Hatay and Van due to the transportation geography. In addition, it is possible to combine road, rail and ferry transport between the two provinces, thus creating more than multimodal freight transport route. The routes are examined according to the parameters of fuel consumption, transportation cost, transportation time and CO<sub>2</sub> emission which have an important place in route selection. When the performance indexes of the routes are examined as a result of the calculations, it is found that multimodal route 3 are the most suitable route among the other routes depending on the four parameters. It should be noted here that while there is no unimodal railway transportation between Hatay and Van, advantageous of multimodal transportation routes are being established by ferry transportation and railway transportation.

**Keywords:** Multimodal Transport, Unimodal Transport, Route Optimization.

---

---

\*Sorumlu yazar: [kevser.keskin@iste.edu.tr](mailto:kevser.keskin@iste.edu.tr)

Geliş Tarihi: 28.12.2018, Kabul Tarihi: 17.07.2019

## 1. Giriş

Hatay'da konteyner kullanılarak taşınması yapılan filtre malzemesinin Hatay'ın sanayisinde önemli bir yeri vardır ve Türkiye'nin birçok iline satışı yapılmaktadır. Filtre yükünün taşınmasında kullanılan konteyner, çok türlü taşımacılık yapılmasında birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Bu avantajlardan en önemlisi çok türlü taşımacılıkta modlar arası yük aktarımında konteynerler, büyük kolaylık sağlamaktadır. Demirlioğlu [1], konteyner taşımacılığı ve Türkiye'nin liman altyapılarını incelemekte ve konteyner taşımacılığının avantajlarını liman altyapı imkânlarının geliştirilmesi üzerine öneriler sunmaktadır. Ateş vd. [2] önceki çalışmaları destekler nitelikte denizyolu taşımacılığında konteyner taşımacılığının yerini araştırmakta ve Türkiye'nin konteyner taşımacılığındaki mevcut durumunu inceleyerek, eksiklikleri tespit etmektedir. Ateş vd. [3] başka bir çalışmada Karadeniz etrafındaki konteyner taşımacılığı yapılabilen limanları veri zarflama analizi ile incelemekte ve bu limanların konteyner taşımacılığı için verimli olup olmadığına karar vermektedir. Analiz sonucu Karadeniz etrafında en verimli limanlar Poti ve Novorossisk terminaleri çıkmaktadır.

Çok türlü taşımacılıkta taşıma kabı seçimi önemini yanı sıra uygun yük aktarma istasyonlarının belirlenmesi de oldukça önemlidir. En uygun mod değişim noktalarının belirlenmesi, en iyi rotanın belirlenmesine bağlıdır. Bu nedenle en uygun rotaların oluşturulması, taşımacılık maliyetlerinin önemli ölçüde düşmesine sebep olmaktadır. Uygun rota belirleme ile çok türlü taşımacılığın yapılması, taşımacılıkla ilgili meydana gelen birçok olumsuz durumun da düzelmesine yardımcı olmaktadır. Çok türlü taşımacılığın avantajları ile ilgili birçok araştırma yapılmaktadır [4,5]. Sahin vd. [6] çalışmalarında yıllık kargo potansiyeli ve rotaların doluluk oranını dikkate alarak, intermodal ve çok türlü taşımacılık rotalarının, uygun filo boyutunun ve uygun araç kapasitelerinin belirlenmesine katkıda bulunduğunu belirtmektedir.

Çok türlü taşımacılıkta yük türüne, ağırlığına, hacmine, mali değerine göre ulaşım modu seçimi de oldukça önemlidir. Demiryolu taşımacılığı karayolu taşımacılığına kıyasla enerji tüketimi bakımından oldukça avantajlıdır [7-12]. Çok türlü taşımacılıkta, demiryollarının rotanın içerisine girmesi olumlu sonuçları beraberinde getirmektedir. Bu amaçla Vitoşoğlu ve Evren [13] demiryolu ağırlıklı kombine taşımacılık araştırması yapmaktadır. Bunun için yük ve yolcu taşımacılığı üzerinde uygulanabilir denklemler geliştirmektedir.

Çok türlü taşımacılıkta demiryolu taşımacılığının önemini yanı sıra, üç tarafı denizlerle kaplı yurtiçi ve yurtdışı deniz taşımacılığının uygun olduğu Türkiye'de çok türlü taşımacılık ve denizyolu taşımacılığı uyumu da birçok çalışmada incelenmektedir [14]. Balık vd. [15] Türkiye ve Dünya deniz taşımacılığını karşılaştırmakta ve denizyolu ile diğer taşıma modlarının birleştirilmesinin uluslararası ticarete birçok avantajı beraberinde getireceği vurgulanmaktadır. Saatçioğlu ve Saygılı [16], intermodal taşımacılıkta demiryolu ve denizyolu birleşiminde etkili olan parametreleri araştırmaktadır.

Taşımacılıkta en önemli konulardan biriside nakliye maliyetlerinin en doğru şekilde tahmin edilmesidir. Bu nedenle karayolu, denizyolu ve demiryolu ulaşım modlarında teknik, ekonomik ve operasyonel parametrelere dayanan gerçekçi bir analiz yapılması gerekmektedir [17]. Ozbay vd. [18] çoklu taşımacılıkta rota başına düşen marjinal maliyet hesabı için statik trafik ve mikroskobik trafik simülasyon yazılımlarını kullanarak tahmin yapmaktadır. Janic, intermodal ve karayolu taşımacılık maliyetlerini iç ve dış olmak üzere iki gruba ayırmaktadır. İç maliyetler başlığı altında nakliye, terminal operatörlerinin getirdiği operasyonel maliyetleri incelemekte, dış maliyetler başlığı altında ise taşıma araçlarından kaynaklı hava kirliliği, gürültü kirliliği, trafik tıkanıklığı ve trafik kazalarını incelemektedir [19]. Chang [20], uluslararası intermodal taşımacılığı çoklu hedef, teslimat süresi ve taşıma maliyetleri olmak üzere üç kategoride ele alarak sezgisel bir algoritma önererek optimize etmektedir.

Çok türlü taşımacılıkta uygun ulaşım modu seçiminde yük türü, birçok parametre seçimini etkilemesinden kaynaklı olarak literatürde bu konu üzerine vaka analizi çalışmaları yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada yük türü olarak filtre yükü seçilmekte ve filtre fabrikalarından alınan bilgiler doğrultusunda filtre yükünün taşınmasına uygun olan standart 40' konteyner ile taşınması dikkate alınmaktadır. Belirlenen yük türü için filtre fabrikasından alınan bilgilere göre, filtre çeşitlerine bağlı olarak üç farklı yük ağırlığı ve yük mali değeri belirlenmektedir. Çalışmada Türkiye'nin Akdeniz bölgesi ile Doğu Anadolu Bölgesi arasındaki ulaşım coğrafyasının çok türlü taşımacılık rota seçimini ne yönde etkilediğini görebilmek amacıyla Hatay-Van arasında vaka analizi çalışması yapılmaktadır. İki il arasında oluşturulan rotaların karşılaştırılması için yakıt tüketimi, maliyet, taşıma süresi, emisyon, performans indeksi gibi beş farklı karar değişkeni belirlenmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Yakıt tüketimi

Rota seçiminde en önemli parametrelerden biri maliyettir. Maliyeti etkileyen ana bileşenlerden biri ise taşıtın yakıt tüketimidir. Bu çalışmada yakıt tüketiminin güzergâh karar değişkeni olarak alınmasının nedenleri, maliyeti oluşturan ana bileşenlerden biri olmasının yanı sıra, Dünya’da yenilenemez enerji kaynaklarından biri olması da etkilidir. Türkiye’de ulaştırma sektörü içerisinde petrol ürünlerinin tüm sektörler içindeki payı %11,19’dur [21]. Petrol ürünlerinin tüketiminde ulaştırma sektörünün payı azımsanmayacak bir orana sahip olmasından dolayı çalışmada güzergâh karar değişkeni olarak alınmaktadır. Yakıt tüketim hesabı karayolu ve demiryolu ulaşım türleri için, farklı ulaşım aracı tiplerine göre ayrı ayrı hesaplanmaktadır.

#### 2.1.1. Karayolu yakıt tüketimi

Karayolu taşımacılığında yakıt tüketim hesabı yapılırken, taşıtın yüklü olarak varış yerine gittiği ve yüksüz olarak başlangıç noktasına geri geldiği kabul edilmektedir. Taşıtın taşıyacağı maksimum yük ise 26 ton olarak belirlenmektedir. Taşıtın 26 ton ile yüklü iken 100 km’de 40 litre, boş iken ise 100 km’de 30 litre dizel akaryakıt tükettiği kabul edilmektedir [14]. Karayolu yakıt tüketimi Denklem 1’e göre hesaplanmaktadır.

$$YT_{\text{karayolu}} = ((YM)/(MY) \times (YT_{\text{max}} - YT_{\text{min}}) + YT_{\text{min}}) \times (M/100) + (M/100) \times YT_{\text{min}} \quad (1)$$

Denklem 1’de  $YT_{\text{karayolu}}$ , karayolu yakıt tüketimini, YM; taşınan yük miktarını, MY; konteynerin maksimum yük kapasitesini, M; karayolu taşıma mesafesini,  $YT_{\text{max}}$  100 km’de maksimum yükün taşınmasında tüketilen yakıt miktarını,  $YT_{\text{min}}$  boş iken tükettiği yakıt miktarını göstermektedir.

#### 2.1.2. Demiryolu yakıt tüketimi

Demiryolu yük taşımacılığı için yakıt tüketimi hesabı Denklem 2’ye göre hesaplanmaktadır. Demiryolu taşımacılığında analizler yapılırken bir lokomotifte 80 adet vagon taşındığı ve bir vagonda bir adet standart konteyner taşındığı kabul edilmektedir. Lokomotifin 100 kilometre de en az 85 en çok ise 100 litre dizel yakıt yaktığı kabul edilmektedir [22]. Bu çalışmada lokomotifin en fazla yakıt tükettiği durum ele alınarak en elverişsiz şartlar değerlendirilmektedir.

$$YT_{\text{demiryolu}} = ((M/100) \times OYT) / KS \quad (2)$$

Bu denklemde  $YT_{\text{demiryolu}}$  demiryollarında konteyner başına düşen yakıt tüketimini, M demiryolu taşıma mesafesini, OYT bir lokomotifin 100 kilometrede birim yakıt tüketim miktarını, KS bir lokomotifte taşınan toplam konteyner sayısını göstermektedir.

## 2.2. Maliyet hesabı

Taşımacılık rotalarının belirlenmesinde şirketlerin dikkat ettiği en önemli parametre nakliye ücretleridir. Çok türlü taşımacılığın maliyete etkisinin bilimsel çalışmalarla ortaya konması şirketlerin çok türlü taşımacılık rotalarını önemsemelerine sebebiyet vermektedir. Çünkü lojistikte en önemli rekabet maliyetlerin düşürülmesi ile sağlanabilmektedir [23].

#### 2.2.1. Karayolu maliyet hesabı

Karayolu yük taşımacılığında ton başı birim maliyet hesabı Denklem 3 esas alınarak yapılmaktadır. Karayolu maliyeti taşıtın yakıt tüketim miktarı, sürücü ve dolaylı giderler dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Dizel yakıt litre fiyatı 2018 in ilk yarısında akaryakıt firmalarından alınan bilgilere göre 5,1 TL/lit alınarak hesap yapılmaktadır. Sürücü ve dolaylı giderler ton başı 5 TL kabul edilmektedir.

Dolaylı giderler başlığı altında, karayolu taşımacılığı yapan firmanın muhasebe, yönetici, idareye bağlı giderlerine ek olarak aracın bakım gibi kademe giderleri de yer almaktadır.

$$M_{\text{karayolu}}=(YT_{\text{karayolu}}\times YF_{\text{dizel}}+SDG\times YM\times SS)/YM \quad (3)$$

Denklemden  $M_{\text{karayolu}}$ , karayolunda bir konteyner için hesaplanan ton başı taşımacılık maliyeti;  $YT_{\text{karayolu}}$ , karayolu taşıtının yaktığı yakıt miktarı;  $YF_{\text{dizel}}$ , dizel yakıtın litre fiyatı, SDG ise ton başına sürücü ve dolaylı giderleri, YM ise taşınan yükün miktarını, SS sürücü sayısını göstermektedir.

### 2.2.2. Demiryolu maliyet hesabı

Demiryolu yük taşımacılığında ton başı maliyet hesabı TCDD'nin yayınladığı rapordan alınan birim fiyatlara göre hesaplanmaktadır [24]. Rapordan alınan birim fiyatlara ek olarak yükün mali değerine bağlı kıymet primi hesaba katılmaktadır. Kıymet primi 1000 kilometreden az taşımacılık mesafeleri için yükün mali değerinin 1/1000'i, 1000 kilometreden fazla taşımacılık mesafeleri için ise yükün mali değerinin 2/1000'i alınmaktadır. Demiryolu taşımacılık maliyeti Denklem 4'e göre hesaplanmaktadır.

$$M_{\text{demiryolu}}=(TBF\times YM+KP+YB)/YM \quad (4)$$

Denklemden  $M_{\text{demiryolu}}$  demiryolu ton başı taşımacılık maliyetini, TBF TCDD raporundan alınan ton başı birim fiyatı, YM taşınan yükün ağırlığını, KP ise kıymet primini, YB bir konteynerin vagona yükleme ücretini göstermektedir.

### 2.3. Taşımacılık süresi hesabı

Günümüzde ucuz taşımacılığın yanı sıra, nakliyede en çok dikkat edilen unsur taşıma süresi olarak ön plana çıkmaktadır. Özellikle taze gıdaların taşınmasında zaman faktörü birinci sırada yer almaktadır. Bu nedenle rota seçiminde taşımacılık süresi karar değişkeni olarak ele alınmaktadır.

#### 2.3.1. Karayolu taşımacılık süresi hesabı

Karayolu taşımacılık süresinde seyir esnasında geçen süreç, sürücü mola süreleri, yükleme boşaltma süreleri değerlendirmeye alınmaktadır. Yükleme boşaltma süresi 30 dk olarak kabul edilmektedir. Yönetmeliklere göre karayollarında sürücünün 4,5 saat devamlı sürüşten sonra zorunlu 45 dakika mola vermesi gerekmektedir. 24 saat içerisinde ise maksimum araç kullanma süresi 9 saat ile sınırlandırılmaktadır. En az iki sürücü olması halinde her 30 saatlik sürede her bir sürücü minimum 8 saat kesintisiz bir şekilde dinlenmektedir [25]. Yine belirlenen hız sınırlamalarına göre aracın ortalama hızı 80 km/sa olarak alınmaktadır [26]. Karayolunda taşımacılık süresi Denklem 5 dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

$$TS_{\text{karayolu}}=M/H+SDS+YBS \quad (5)$$

$TS_{\text{karayolu}}$  karayolu yük taşımacılığında taşımacılık süresini, M parametresi karayolu taşıma mesafesini, H değeri taşıtın ortalama hızını, SDS sürücü dinlenme sürelerini, YBS ise yükleme boşaltma süresini göstermektedir.

#### 2.3.2. Demiryolu taşımacılık süresi hesabı

Demiryolu yük taşımacılığında taşımacılık süresi trenin seyir süresi ve yükleme boşaltma süresi dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Trenin yükleme boşaltma süresi 45 dakika olarak alınmaktadır. Türkiye'de yük trenlerinin hızı en fazla 70 km/sa olabilmektedir. Avrupa ülkelerinde ise yük trenlerinin hızı 100 km/sa hızın üzerine çıkabilmektedir [27]. Bu çalışmada trenin hızı 70 km/sa alınarak hesaplamalar yapılmaktadır. Denklem 6'da demiryollarında yük taşımacılığı için taşımacılık süresinin denklemi verilmektedir.

$$TS_{\text{demiryolu}}=M/H+YBS \quad (6)$$

Denklemden  $TS_{\text{demiryolu}}$  demiryolu taşımacılığında taşımacılık süresini, M değişkeni demiryolu taşımacılığında kat edilen mesafeyi, H parametresi trenin ortalama hızını, YBS ise yükleme boşaltma süresini temsil etmektedir.

#### 2.4. Emisyon hesabı

Dünyada iklim değişikliklerinin etkisiyle sera gazı emisyonu araştırılmaya değer bir konu haline gelmektedir. En fazla karbondioksit salınımının olduğu ülkelerden biriside Çin'dir. Çin'de sera gazı salınımlarının azaltılmasına yönelik birçok çalışma mevcuttur [28-30]. Türkiye'de Kyoto Protokolü kapsamında düşük karbon ekonomisi modeli esas alınmaktadır [31]. Bu çalışma da ulaşım sektöründeki sera gazı emisyonunun rota seçimine etkisi incelenmektedir. Karayolu ve demiryolu yük taşımacılığı için emisyon değerleri Denklem 7 ye göre hesaplanmaktadır [32].

$$E=YM \times D \times EF \quad (7)$$

Denklemden E, gram cinsinden CO<sub>2</sub> salınım miktarını, YM taşınan yükün ağırlığını, D taşıma mesafesini ve EF ise ton başı CO<sub>2</sub> emisyon faktörünü göstermektedir. Emisyon faktörünün hesabı ise Denklem 8'de verilmektedir [32].

$$EF= T \times M \times e / (1\ 000\ 000) \quad (8)$$

Denklemden T yük ağırlığını, M taşıma mesafesini, e ise ton-km başı gram cinsinden CO<sub>2</sub> emisyon miktarını göstermektedir.

#### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada yapılan Hatay-Van arası vaka analizi için geliştirilen rotalar ve çok türlü taşımacılık rotalarındaki ulaşım türü değişim noktaları Tablo1'de gösterilmektedir. Bir adet tek türlü karayolu taşımacılık rotası ve üç adet çok türlü taşımacılık rotası geliştirilmektedir. Tabloda da görüldüğü gibi çok türlü rotalar karayolu, demiryolu ve feribot taşımacılığından oluşmaktadır. Ulaşım coğrafyasından kaynaklı olarak denizyolu taşımacılığı yapılamamaktadır. Feribot taşımacılığı ise TCDD'nin desteği ile yapılmaktadır.

**Tablo1.** Hatay-Van arasında geliştirilen tek türlü ve çok türlü taşımacılık rotaları ve tür değişim noktaları

Ulaşım Rotası	Başlangıç Noktası	1. Ulaşım Modu	1. Mod Değişim Noktası	2. Ulaşım Modu	Variş Noktası
Tek türlü Karayolu		Karayolu	-	-	
Çok türlü 1	Hatay	Demiryolu	Siirt	Karayolu	Van
Çok türlü 2		Demiryolu	Bitlis	Karayolu	
Çok türlü 3		Demiryolu	Bitlis	Feribot	

Ulaşım rotalarında kullanılan ulaşım türlerine göre mesafe dağılımları Tablo 2'de verilmektedir. Tablodaki mesafe dağılımları incelendiğinde, çok türlü taşımacılık rotalarının demiryolu taşımacılığı odaklı olduğu göze çarpmaktadır.

**Tablo 2.** Hatay-Van arasında geliştirilen tek türlü ve çok türlü taşımacılık rotalarındaki türlere göre mesafe dağılımları

Ulaşım Rotası	Mesafe	
	Karayolu(km)	Demiryolu (km)
Tek türlü Karayolu	879	-
Çok türlü 1	264	783
Çok türlü 2	152	834
Çok türlü 3	15,70	834

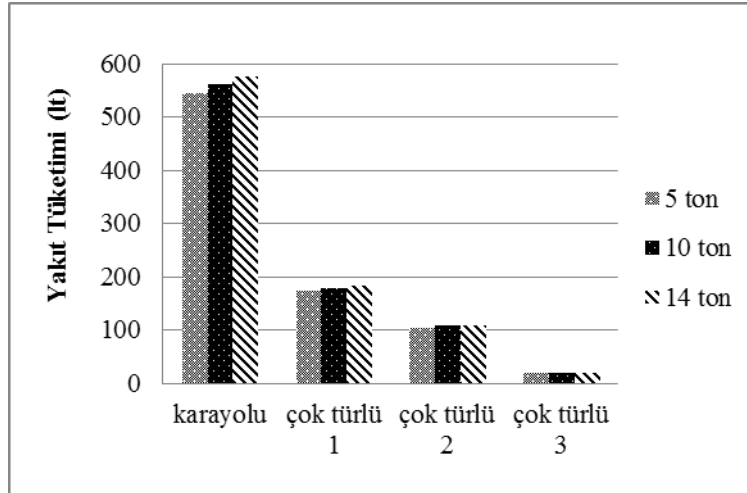
### 3.1. Yakıt tüketimi hesabı

Karayolu taşımacılığında yakıt tüketimini yükün ağırlığı etkilediği için hesaplar üç farklı yük tonajı için yapılmaktadır. Hatay-Van arası taşımacılık rotaları için yakıt tüketimi Denklem 1 ve 2'ye göre hesaplanmakta ve Tablo 3'teki sonuçlar elde edilmektedir.

**Tablo 3.** Hatay-Van arasında geliştirilen tek türlü ve çok türlü taşımacılık rotalarında hesaplanan yakıt tüketim miktarları

Ulaşım Rotası	Yakıt Tüketim Miktarı (lt)		
	5 ton	10 ton	14 ton
Tek Türlü Karayolu	544,30	561,21	574,73
Çok Türlü 1	173,26	178,34	182,40
Çok Türlü 2	104,55	107,47	109,81
Çok Türlü 3	20,15	20,45	20,69

Hatay ve Van arasında yapılan taşımacılık türlerine göre yakıt tüketim grafiği Şekil 1'de verilmektedir. Grafikte karayolu taşımacılığı ile diğer ulaşım türlerine kıyasla açık ara fazla yakıt tüketildiği görülmektedir. Yük tonajının artışı ulaşım türleri içerisinde yakıt tüketiminde çok fark yaratmamaktadır. En az yakıt tüketimi, demiryolu ve feribot taşımacılığının birleşiminden oluşan çok türlü 3 rotasında görülmektedir. Bu da çok türlü taşımacılığı, tek türlü taşımacılığa kıyasla yakıt tüketimi açısından oldukça avantajlı duruma getirmektedir.



**Şekil 1.** Hatay-Van arası ulaşım türlerine göre yakıt tüketim miktarları

### 3.2. Maliyet hesabı

Hatay'dan Van'a yapılacak olan konteyner yük taşımacılığı rotaları için maliyet hesapları Denklem 2 ve 3'e göre hesaplanmaktadır. Hatay'dan Van'a demiryolu ağında Bitlis'ten sonra yük treni feribotla Van'a taşınmaktadır. TCDD'nin İstasyonlar Arası Mesafe ve Taşıma Ücreti Raporundan alınan ton başı birim fiyat tarifesine göre Hatay ve Bitlis arası maliyet 72,91 TL/ton ve Bitlis'ten feribot ile taşımacılık

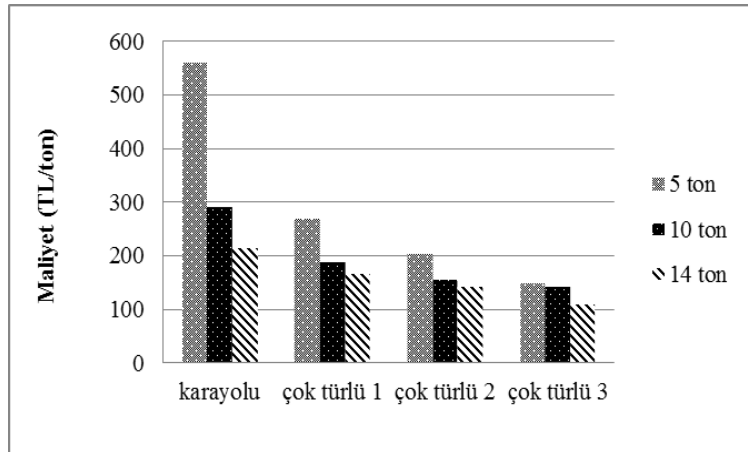
31,50 TL/ton olarak alınmaktadır. Konteynerin vagona yükleme ücreti 80 TL/konteyner alınmaktadır [33]. Maliyet hesap sonuçları Tablo 4'te verilmektedir.

**Tablo 4.** Hatay-Van arasında geliştirilen tek türlü ve çok türlü taşımacılık rotalarında hesaplanan konteyner başı maliyet

Ulaşım Rotası	Maliyet (TL/t)		
	5 ton	10 ton	14 ton
Tek Türlü Karayolu	560	291	214
Çok Türlü 1	270	188	166
Çok Türlü 2	203	155	143
Çok Türlü 3	148	142	110

Karayolu taşımacılığında, yük tonajının artmasına bağlı olarak birim maliyetlerde azalma meydana gelmektedir. Güzergâhlar incelendiğinde minimum birim maliyet her üç yük birimi içinde çok türlü 3 güzergâhında gözlenmektedir. En yüksek birim maliyet Türkiye'de yaygın olarak yapılan tek türlü karayolu rotasında hesaplanmaktadır. Karayolu ve çok türlü 3 rotalarının birim maliyetleri karşılaştırıldığında taşımacılığın karayolu yerine çok türlü taşımacılıkla yapılması ile %74'e varan tasarruf sağlanmaktadır.

Şekil 2'de ulaşım modlarına ve yük tonajına göre maliyet analizi verileri görülmektedir. Grafik incelendiğinde çok türlü 3 ulaşım türünün diğer türlere göre en ucuz taşımacılık olduğu açıkça görülmektedir. En maliyetli taşımacılık ise üç yük birimi içinde karayolu taşımacılığıdır. Güzergâh kombinasyonları içerisinde bulunan demiryolu taşımacılığı oranına göre maliyetlerdeki artışın açık bir şekilde etkilendiği görülmektedir.



**Şekil 2.** Hatay-Van arası ulaşım modlarına göre ton başı maliyet değerleri

### 3.3. Taşımacılık süresi hesabı

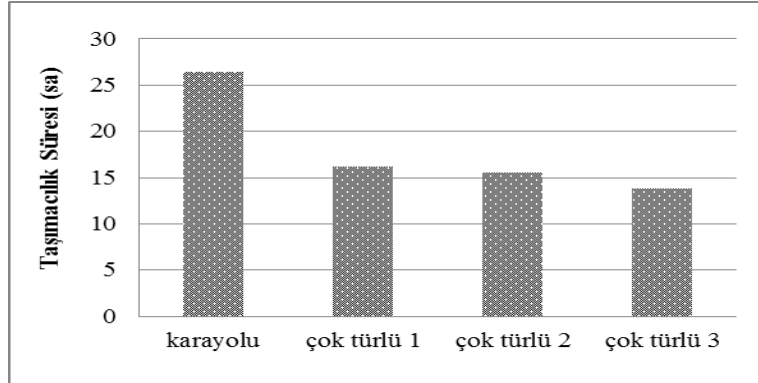
Her güzergâh için materyal metot bölümünde verilen Denklem 5 ve 6 dikkate alınarak taşımacılık süresi hesapları yapılmakta ve hesap sonuçları Tablo 5'te sunulmaktadır.

**Tablo 5.** Hatay-Van arasında geliştirilen tek türlü ve çok türlü taşımacılık rotalarında hesaplanan taşımacılık süresi

Ulaşım Rotası	Taşımacılık Süresi (sa)
Tek Türlü Karayolu	26,4875
Çok Türlü 1	16,2357
Çok Türlü 2	15,5642
Çok Türlü 3	13,8605

Hatay-Van arasında tasarlanan güzergâh senaryolarının taşımacılık süreleri değerleri Şekil 3'te karşılaştırılmaktadır. En hızlı taşımacılık güzergâhı 13,86 saat ile çok türlü 3'tür. Karayolu

taşımacılığına bakıldığında çok türlü 3 rotasına göre %50 daha yavaştır. Doğu Anadolu Bölgesinde gerekli demiryolu altyapı yatırımlarının yapılması ile demiryolu taşımacılığı daha çok geliştirilmelidir. Böylelikle Doğu Anadolu Bölgesinin taşımacılık sektörü bakımından kalkınması sağlanacaktır.



Şekil 3. Hatay-Van arası ulaşım modlarına göre taşımacılık süresi dağılımları

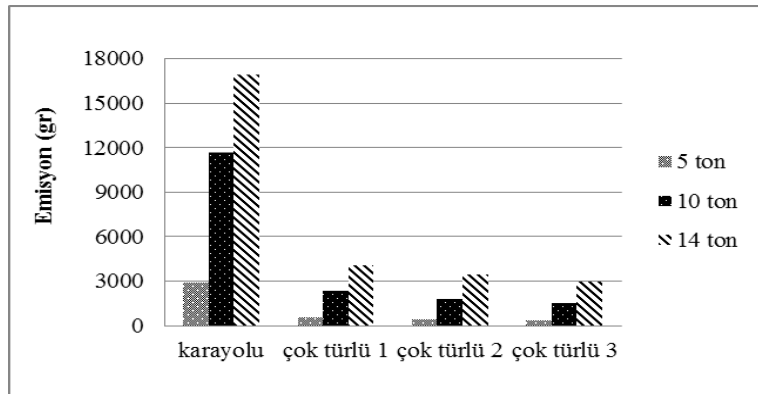
### 3.4. Emisyon hesabı

Hatay ve Van arasında gerçekleştirilen güzergahların emisyon hesapları Denklem 7 ve 8'e göre hesaplanmaktadır. Emisyon hesap sonuçları Tablo 6'da verilmektedir.

**Tablo 6.** Hatay-Van arasında geliştirilen tek türlü ve çok türlü taşımacılık rotalarında hesaplanan emisyon miktarları

Ulaşım Rotası	Emisyon Miktarı (gr)		
	5 ton	10 ton	14 ton
Tek Türlü Karayolu	2918,651	11674,606	16930,728
Çok Türlü 1	590,6919	2362,7675	4114,1201
Çok Türlü 2	464,28	1857,1129	3473,299
Çok Türlü 3	383,0827	1532,3309	3002,2941

Şekil 4'te ulaşım modları ve taşınan yükün ağırlığına bağlı olarak hesaplanan emisyon miktarları verilmektedir. Grafik incelendiğinde minimum emisyon miktarı çok türlü 3 güzergahında görülmektedir. En fazla CO<sub>2</sub> salınımı ise 16933,06 gr ile 14 ton yükün karayolu ile taşınmasında gerçekleşmektedir. Ülkemizde yurtiçi yük taşımacılığında ağırlıklı karayolunun tercih edilmesinden dolayı, taşımacılıktan kaynaklanan emisyon değerleri oldukça yüksek çıkmaktadır. Taşımacılığın demiryoluna kaydırılması CO<sub>2</sub> salınımının indirgenmesinde oldukça etkili olacağı açık bir şekilde görülmektedir.

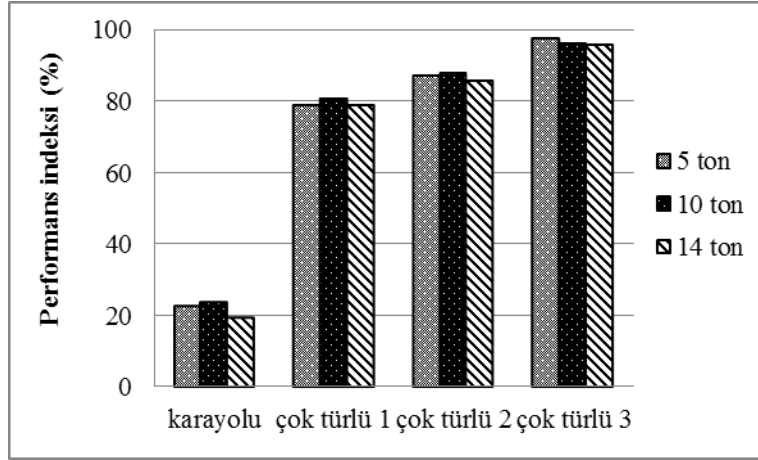


Şekil 4. Hatay-Van arası ulaşım modlarına göre emisyon miktarları

Hatay ve Van arasında geliştirilen güzergâh senaryolarının performans indeksi değerleri Şekil 5'deki grafikte görülmektedir. Grafığe göre performansı en yüksek güzergâh 5, 10, 14 ton için sırasıyla



%97,88, %96,48 ve %96,02 performans ile çok türlü taşımacılık güzergâhı en verimli çıkmaktadır. En verimsiz güzergâh ise grafikte görüldüğü gibi tüm yük birimleri içinde karayolu taşımacılık güzergâhıdır.



Şekil 5. Hatay-Van arası güzergâhların performans indeksleri

#### 4. Sonuç

Yük taşımacılığında rotaların önceden belirlenerek lojistiğin planlı olarak yapılması maliyetlerin, taşıma süresinin, yakıt tüketiminin ve emisyon değerlerinin düşmesinde etkili olmaktadır. Bunlara ek olarak planlı bir şekilde çok türlü taşımacılığın kullanılması bahsedilen karar değişkenlerindeki miktarların optimum seviyelere çekilmesinde büyük rol oynamaktadır. Hatay-Van arasında yaptığımız bu vaka analizi ile bunlar hesaplarımızda net bir şekilde görülmektedir.

Yakıt tüketimi ele alındığında, rotalar arası karşılaştırmada minimum yakıt tüketimi 20,15-20,69 litre ile çok türlü 3 güzergâhında görülmektedir. En fazla yakıt tüketimi ise 544,30-574,73 litre ile tek türlü karayolu taşımacılığında görülmektedir. Taşımacılığın tek türlü karayolundan çok türlü taşımacılığa kaydırılması ile yakıt tüketiminde ciddi oranlarda tasarruf sağlanabilmektedir.

Rotalardaki ulaşım türlerine göre hesaplanan birim maliyet değerleri incelendiğinde, en ucuz taşımacılık 148 TL/t-110 TL/t aralığı ile çok türlü 3 rotasında yapılabilmektedir. Karayolu taşımacılığında bu durum 560 TL/t-214 TL/t aralığında seyretmektedir. Çok türlü 3 rotası ile Türkiye’de yaygın olarak yapılan karayolu taşımacılığına göre oldukça fazla ekonomik bir yük taşımacılığı yapılabilmektedir.

Taşımacılık sürelerine göre rotalar incelendiğinde en hızlı taşımacılık 13,86 saat ile çok türlü 3 rotası ile yapılmaktadır. Geleneksel taşımacılık türü olan karayolu ile taşımacılık süresi 26,49 saate çıkmaktadır.

Güzergâhlar karbondioksit salınım miktarlarına göre ele alındığında, en çevreci rota çok türlü 3 rotasıdır. Çevreye en çok karbondioksit salınımının yapıldığı rota ise tek türlü karayolu taşımacılık rotasıdır.

Dört güzergâh karar değişkenine göre rotaları eş zamanlı olarak değerlendirmek amacıyla performans indeksi değerlerine baktığımızda, %97,88-%96,02 performans aralığı ile en efektif rota çok türlü 3’tür. Performansı en zayıf rota ise %22,54-%19,21 performans aralığı ile tek türlü karayoludur.

Çalışma sonucunda görüldüğü gibi ulaşım coğrafyasından kaynaklı olarak bazı tek türlü taşımacılıkların yapılamadığı lokasyonlarda, çok türlü taşımacılığın yapılması ile yük taşımacılığında avantaj sağlayan demiryolu ve denizyolu ulaşım türlerinin katkısı artırılabilir. Yük taşımacılığında önemli yere sahip demiryolu ve denizyolu taşımacılık modlarının altyapı eksikliklerinin giderilmesi, yük taşımacılığının gelişmesine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

#### Kaynaklar

- [1] Demirlioğlu H. 2008. Türkiye’nin Denizyolu Konteyner Taşımacılığının, Kombine Taşımacılık ile Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 106s,

- İstanbul.
- [2] Ateş A., Karadeniz Ş., Esmer S. 2010. Dünya Konteyner Taşımacılığı Pazarında Türkiye'nin Yeri. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 2 ( 2): 83-98.
- [3] Ateş A., Esmer S., Çakır E., Balcı K. 2013. Karadeniz Konteyner Terminallerinin Göreceli Etkinlik Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 5 (1): 1-22.
- [4] Tanır, B. 2009. Marmara Bölgesindeki Karayolu Yük Taşımacılığına Alternatif Kombine Taşımacılık Sistemlerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 135s, Ankara.
- [5] Göde M.G. 2011. Yük ve Yolcu Taşımacılığında Göller Bölgesi İçin Kombine Taşımacılık Sistemlerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 148s, Isparta.
- [6] Sahin B., Yılmaz H., Ust Y., Guneri A.F., Gulsun B., Turan E. 2014. An Approach for Economic Analysis of Intermodal Transport. The Scientific World Journal, 2014: 1-11.
- [7] Cansız O.F., Arslan T., Çubuk M.K., Çalışıcı M. 2008a. Türkiye Demiryollarında Enerji Tüketim Analizi. 2. International Railway Symposium & Trade Exhibition, pp: 287-306, 15-17 Ekim, İstanbul.
- [8] Cansız O.F., Arslan T., Çubuk M.K., Çalışıcı M. 2008b. Yük Taşımacılığında Demiryollarından Uzaklaşan Türkiye'nin Enerji Kaybının İncelenmesi. 2. International Railway Symposium & Trade Exhibition, pp: 241-254, 15-17 Ekim, İstanbul.
- [9] Çubuk K., Cansız O.F. 2005a. Türkiye'de Ulaşım Sistemleri Arasındaki Enerji Durumu. 24. Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri, 17-18, Ankara.
- [10] Çubuk K., Cansız O.F. 2005b. Energy Status Between Transportation System in Turkey. 24. Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri, 47-49, Ankara.
- [11] Cansız O.F. 2007. Enerji Politikalarının Ulaştırma Sistemlerinin Optimizasyonu ile Geliştirilmesi ve Uygulamadan Elde Edilen Getirilerin Ortaya Konması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 352s, Ankara.
- [12] Cansız O.F., Çubuk M.K., Çalışıcı M. 2009. An Energy Analysis of Road Transportation in Turkey, Proceedings of the 3rd International Conference on Energy and Development - Environment – Biomedicine, pp: 91-95, 29-31 December 2009, Athens.
- [13] Vitoşoğlu Y., Evren G. 2008. Türkiye'de Demiryolu Ağırlıklı Kombine Yük Taşımacılığı Olanaklarının Araştırılması. İtü Dergisi/d mühendislik, 7 (1): 77-88.
- [14] Atar F. 2013. Kısa Mesafe Deniz Taşımacılığının Avantajları ve Kombine Taşımacılıktaki Önemi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 89s, İstanbul.
- [15] Balık İ., Aksay K., Şenbursa N. 2015. Marine Transportation in Turkey ans Future Perspective. Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences, 1 (1): 48-60.
- [16] Saatçioğlu C., Saygılı M.S. 2013. İntermodal Taşımacılıkta Denizyolu- Demiryolu Entegrasyonunun Ekonomik ve Çevresel Açından Değerlendirilmesi. Journal of ETA Maritime Science, 1 (2): 19-26.
- [17] Sahin B., Yılmaz H., Ust Y., Guneri A.F., Gulsun, B. 2009. An approach for analysing transportation costs and a case study. European Journal of Operational Research, 193 (1): 1-11.
- [18] Ozbay K., Bartın B., Yanmaz-Tuzel O., Berechman J. 2007. Alternative methods for estimating full marginal costs of highway transportation. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 41 (8): 768-786.
- [19] Janic M. 2007. Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 12 (1): 33-44.
- [20] Chang T.S. 2008. Best routes selection in international intermodal networks. Computers & operations research, 35 (9): 2877-2891.
- [21] TÜİK. 2005. Sektörlere ve Kullanım Alanlarına Göre Nihai Enerji Tüketimi.
- [22] Demiryolu ve Karayolu Taşımacılığında Karşılaştırma. <http://www.ustaokan.com/?Syf=26&Syz=530815> (Erişim tarihi: 22.05.2018)
- [23] Cansız O.F., Ünsalan K. 2018. Cost analysis of çok türlü freight transportation: a case of Iskenderun, International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 5 (5): 315-319.
- [24] [https://portal1.tcdtdasimacilik.gov.tr/tcdd\(bD10ciZjPTIwMCZkPW1pbg==\)/zy02/yuktasimafiyatlari](https://portal1.tcdtdasimacilik.gov.tr/tcdd(bD10ciZjPTIwMCZkPW1pbg==)/zy02/yuktasimafiyatlari), (Erişim tarihi: 10.02.2018).

- [25] Araç Kullanma ve Dinlenme Sürelerine Uyuma Mecburiyeti ve Denetleme Esasları. <https://www.tugem.com.tr/mevzuat?mlid=2528> (Erişim tarihi: 12.03.2018)
- [26] Şehirlerarası Çift Yönlü Karayollarında Hız Sınırı. [www.kgm.gov.tr](http://www.kgm.gov.tr) (Erişim tarihi: 05.05.2018)
- [27] Demiryolunda Rekabetçi Çözümler - Hızlı Trenler. <https://railturkeyakademi.wordpress.com/2015/04/08/demiryolunda-rekabetci-cozumler-hizli-trenler/#more-399> (Erişim tarihi: 29.04.2018).
- [28] Yang H., Chen W. 2017. Retailer-driven Carbon Emission Abatement with Consumer Environmental Awareness and Carbon Tax: Revenue-sharing Versus. *Omega*, 78: 179-191.
- [29] Zhang S.J., Niu T.L., Wu Y., Zhang K.M., Wallington T.J., Xie Q.Y., Wu X.M., Xu H.L. 2018. Fine-Grained Vehicle Emission Management Using Intelligent Transportation System Data. *Environmental Pollution*, 241: 1027-1037.
- [30] Kishimoto P.N., Karplus V.J., Zhong M., Saikawa E., Zhang X., Zhang X. 2017. The Impact of Coordinated Policies on Air Pollution Emissions from Road Transportation in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54: 30-49.
- [31] Bayrak M.R. 2012. Sürdürülebilir Kalkınma İçin Türkiye’de Düşük Karbon Ekonomisi ve Kyoto Protokolü’nün Finansman Kaynakları/Low Carbon Economy and Financial Sources of The Kyoto Protocol for Sustainable Development in Turkey. *Journal of History Culture and Art Research*, 1 (4): 266-279.
- [32] Guidelines for Measuring and Managing CO<sub>2</sub> Emission from Freight Transport Operations-<http://www.cefic.org> (Erişim tarihi: 02.03.2018)
- [33] Kaya O. 2018. Öztrans Lojistik-Lojistik Operasyon Müdürü Telefonla Kişisel Görüşme.