



LOJİSTİK MERKEZLERDE DEMİRYOLU YÜK KAPASİTE ANALİZİ

Fatma Zehra EFE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TRAFİK PLANLAMASI VE UYGULAMASI ANA BİLİM DALI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Fatma Zehra Efe

21/05/2021

LOJİSTİK MERKEZLERDE DEMİRYOLU YÜK KAPASİTE ANALİZİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Fatma Zehra EFE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2021

ÖZET

Günümüzde lojistik faaliyetlerin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye de bu nedenle yirmi beş lojistik merkez kurmayı hedeflemiştir. Lojistik yer seçiminde ulaşım ağları ve yük potansiyeli dikkate alındığında Kars lojistik merkezinin 2017 yılında inşasına başlanmıştır. Kars Lojistik merkezinin ulaşım moduna bakıldığında Bakü-Tiflis-Kars (BTK) demiryolu, yük potansiyelinde ise Çin ve Türk Cumhuriyetlerinden Avrupa'ya aktarılacak yükler dikkat çekmektedir. Lojistik merkezler misyonlarını yerine getirebilmeleri için yük kapasite değerlerini karşılayabilmeleri gerekmektedir. Büyük ticari akışın olduğu lojistik merkezler için kapasite önemli bir parametredir. Kapasitenin yetersizliği ya da fazlalığı hem maliyet hem de alan kullanımı açısından büyük sorunlar meydana getirebilmektedir. Bu çalışmada, Kars lojistik merkezinin yük kapasite değerlendirmesi yapılmış ve bu değerlendirmeye göre kapasite kullanımını maksimize eden üç aşamalı bir model önerilmiştir. Önerilen modelin ilk aşamasında, Üstel Düzeltme yöntemi ile Kars lojistik merkezinde geçmişte taşınan yük miktarına göre gelecek yıllara ait yük oranı tahmin edilmiştir. Buradaki oran kapasite analizinde belirleyicidir. İkinci aşamada, matematiksel model yardımıyla yük kapasitesi kullanım oranını maksimize eden alternatif yük taşıma senaryoları elde edilerek kapasite analizi yapılmıştır. Son aşamada ise bu alternatif senaryolardan en uygun olanına yıllık sefer sayısı, rampa maliyeti, giden yük miktarı ve konteyner bekletme kriterleri dikkate alınarak TOPSIS yöntemi ile karar verilmiştir. Önerilen modelin tüm lojistik merkezler için referans olması amaçlanmaktadır.

Bilim Kodu : 91123
Anahtar Kelimeler : Lojistik merkez kapasitesi, üstel düzeltme, matematiksel model, TOPSIS
Sayfa Adedi : 49
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Kürşat YILDIZ

RAILWAY LOAD CAPACITY ANALYSIS IN LOGISTICS CENTERS

(M. Sc. Thesis)

Fatma Zehra EFE

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2021

ABSTRACT

Today, the importance of logistics activities is increasing day by day. Therefore, Turkey has aimed to establish twenty-five logistics centers. Considering the transportation networks and freight potential in logistics location selection, the construction of the Kars logistics center started in 2017. Considering the transportation mode of Kars Logistics center, Baku-Tbilisi-Kars (BTK) railway draws attention, in terms of freight potential, the cargoes to be transferred from China and Turkic Republics to Europe. Logistics centers must be able to meet their load capacity values in order to fulfill their missions. Capacity is an important parameter for logistics centers with large commercial flows. Insufficiency or excess of capacity can cause big problems in terms of both cost and space usage. In this study, the load capacity assessment of the Kars logistics center has been made and a three-stage model that maximizes the capacity utilization according to this assessment is proposed. In the first stage of the proposed model, the load ratio for the next years is estimated according to the amount of load carried in the past at the Kars logistics center with the Exponential Adjustment method. The ratio here is decisive in capacity analysis. In the second stage, alternative load carrying scenarios that maximize the load capacity utilization rate with the help of the mathematical model are obtained and capacity analysis has been made. In the last stage, the most suitable one of these alternative scenarios was decided by TOPSIS method, taking into account the annual number of trips, ramp costs, outgoing cargo amount and container holding criteria. The proposed model is intended to be a reference for all logistics centers.

Science Code : 91123

Key Words : Logistics center capacity, Exponential smoothing, Mathematical model, TOPSIS

Page Number : 49

Supervisor : Asst. Prof. Kürşat YILDIZ

TEŞEKKÜR

Bu çalışma boyunca bilgi ve tecrübesiyle bana büyük destek sağlayan çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Kürşat YILDIZ'a, istatistiksel analizlerin hazırlanmasında yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Mehmet Akif YERLİKAYA'ya, lojistik merkezler konusunda çalışmam için beni teşvik eden ve çalışmalarım sırasında bana yol gösteren Büşra KESKİN'e, teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak, bugünlere gelmemde hayatları boyunca hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, bana her günümde olduğu gibi bu çalışma boyunca da koşulsuz destek olan aileme sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
3. LOJİSTİK MERKEZLE İLGİLİ KURAMSAL TEMELLER, KRİTERLER VE LOJİSTİK MERKEZLER	7
3.1. Lojistik.....	7
3.2. Lojistik Merkez	8
3.3. Lojistik Merkez Kriterleri ve Alanları.....	11
4. ÇALIŞMA ALANI	15
4.1. Kars	15
4.2. Kars Lojistik Merkezi.....	19
4.3. Bakü– Tiflis– Kars Demiryolu	20
5. METODOLOJİ	23
5.1. Üstel Düzeltme Yöntemi ile Yük Oranı Tahmini	23
5.2. Matematiksel Model ile Kapasite Analizi	25
5.3. TOPSIS Yöntemiyle Alternatif Senaryo Seçimi	27
6. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	31

Sayfa

7. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	37
EKLER.....	43
EK-1. Düzenli Sefer Sayısına Göre Alternatif Çözümler	44
ÖZGEÇMİŞ	49



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Lojistik merkez kavramının ülkelere göre karşılığı.....	9
Çizelge 4.1. Karayolu ulaşım ağı uzunluğu	17
Çizelge 4.2. Alan kullanımları	19
Çizelge 5.1. Yük oranları	24
Çizelge 6.1. Tahmini yük oranları	31
Çizelge 6.2. Düzenli sefer sayısına göre alternatif çözümler.....	32
Çizelge 6.3. Karar matrisi	33
Çizelge 6.4. Pozitif, negatif ve ideal mesafe değerleri	33

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Türkiye lojistik merkez konumları ve inşaat durumları	9
Şekil 4.1. Kars ili ve ilçeleri.....	15
Şekil 4.2. Kars ilinin yıllara göre nüfusu	16
Şekil 4.3. Kars ili karayolları haritası	17
Şekil 4.4. Kars ili demiryolu haritası	18
Şekil 4.5. Kars lojistik merkezi uydu görüntüsü.....	19
Şekil 4.6. BTK demiryolu güzergahı	21
Şekil 4.7. Yıllara göre BTK ile gelen-giden yük miktarı (ton).....	21
Şekil 5.1. Önerilen yük kapasite modeli akışı.....	23

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Inter Di Campo, İtalya	10
Resim 3.2. Bremen, Almanya	10
Resim 3.3. DP World Gateway, İngiltere	11



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar

Açıklamalar

AB

Avrupa Birliği

ABD

Amerika Birleşik Devletleri

BARON

The Branch and Reduce Optimization Navigator

BTK

Bakü- Tiflis- Kars

GAMS

Guide to Available Mathematical Software

TOPSIS

Technique for Order Preferences by Similarity to Idea Solution

1. GİRİŞ

Ticaret hacminin gün geçtikçe büyümesinin en temel nedenleri küreselleşme ve serbestleşme olarak gösterilmiştir. Ticaret hacminin büyümesi uluslararası ticarete farklı boyutlar kazandırmış bununla birlikte her ülke bu durumdan faydalanmak istemiştir. Bu süreçte rekabet ise öne çıkan önemli bir unsur olmuştur. Ülkeler, oluşan rekabet ortamında bir adım daha öne çıkabilmek için lojistik sektörünün önemini fark etmiş ve lojistik sektörüne yatırımlar yapmaya başlamışlardır. Avrupalı ülkeler lojistikte daha ileri seviyede olsalar da lojistiğin öneminin ilk farkına varan Amerika olmuştur. Ülkemizde ise son 50 yıl içinde var olan bir kavramdır [1].

Ülkemizde sürekli gelişme gösteren lojistik sektörü faaliyetleri önemsenmiş ve devlet tarafından teşvikler, çalışmalar yapılmıştır. Teknolojinin gelişmesi, sermayenin serbest dolaşımının artması ve iletişimin gelişmesi ile birlikte Türkiye'nin ABD (Amerika Birleşik Devletleri) ve AB (Avrupa Birliği) ile olan ilişkileri gelişmiştir. Bu sayede ticaret ilişkileri de önem kazanmıştır. Bu da lojistik sektörünün gelişmesinin önemli nedenlerinden biri olarak gösterilmiştir. Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konum göz önünde bulundurup, avantajlarından yararlanmak adına dünya çapında Türkiye'nin lojistik bir üs olması hedeflenmiş ve bu doğrultuda lojistik merkezler kurulmuştur [2].

“Lojistik Merkez”; hem ulusal hem de uluslararası geçiş için farklı firmalar tarafından gerçekleştirilen taşımacılık, nakliye ve yüklerin dağıtımı ile ilgili işlemlerin gerçekleştirildiği alan olarak tanımlanmıştır [3]. Lojistik üst potansiyelinde görülen Türkiye de bu zamana kadar 25 lojistik merkez hedeflenmiştir. Bunlardan 9'u işleme açılmış, 2 sinin yapımı tamamlanmış, 2 sinin inşa sürecinde ve diğerlerinin de sözleşme, ihale, proje aşamaların da olduğu belirtilmiştir [4].

Lojistik merkezleri etkileyen birçok önemli parametre vardır. Ulaşım, altyapı, konum, tesis ve arazi özellikleri bunlardan birkaçı olarak belirtilmiştir [5]. Lojistik merkezler için ulaşım ağının önemiyle birlikte yük kapasitesinin de büyük önem taşıdığı vurgulanmıştır. Demiryollarında taşınan yük kapasitesinin tam bir tanımı yapılamamıştır. Ancak genel olarak ‘belirli bir süre içinde taşınan maksimum yük miktarı’ olarak tanımlanmıştır.

Kapasitenin statik bir kavram olmadığı, birçok değişkene bağlı olduğu belirtilmiştir. Bu değişkenler arasında tren tipi, hat tipi ve hat uzunluğu yer almıştır [6].

Bu değerlendirmeler ışığında inşa süreci devam eden merkezlerden birinin bulunduğu Kars ili, Türkiye'nin Orta Asya ve Kafkaslara açılan kapısı olarak gerek Türk dünyası ile kültürel ve ekonomik bağların güvenli bir şekilde sürdürülmesi, gerekse Avrupa ile Çin arasındaki ticaretten çıkar sağlanması açısından kilit nokta olduğu tespit edilmiştir. Kars'ın stratejik potansiyeli, inşaatı devam eden Ankara- Kars hızlı tren, Kars- Tiflis- Bakü ve etüt çalışmaları süren Kars- Iğdır- Nahçıvan- İran demiryolu projeleri ile ortaya çıkmıştır [7].

Bu çalışmada Kars Lojistik Merkezinin önemi ve uluslararası ekonomik ilişkiler bağlamında Türkiye açısından Kars lojistik merkezi için yük kapasite analizinin yapılması amaçlanmıştır. Kars lojistik merkezi için tahmini yük verilerine göre kapasite kullanımını maksimize eden TOPSIS temelli yük kapasite modeli önerilmiştir. Literatürde, kapasite kullanımını maksimize eden bir modele rastlanılmamıştır. Analiz aşamasında öncelikle üstel düzeltme metodu ile geleceğe yönelik taşınan yük miktarı tahmini yapılması hedeflenmiştir. Bu tahmini verileri kullanarak matematiksel model yardımıyla lojistik merkezin kapasite kullanımını maksimum yapan yük verileri ve yıllık tren taşıma sayıları elde edilmeye çalışılmıştır. Son olarak ise, yük taşımacılığı ile alternatif senaryolar arasında en uygun olanını seçmek için TOPSIS yöntemine başvurulmuştur.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, konuya ve kullanılan metoda yönelik literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde çalışma için temel altlık oluşturan verilere yönelik tanımlamalar yer almaktadır. Dördüncü bölümde ise çalışma alanından bahsedilmiştir. Beşinci bölümde kullanılan metoda yönelik açıklamalar yer almaktadır. Altıncı bölümde ise metot sonucunda bulunan bulgular ve değerlendirme kısmı yer almaktadır. Son bölüm olarak yedinci bölümde ise çalışmayı toparlayacak şekilde sonuç kısmı yer almaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Günümüzde, müşteri ihtiyaçlarının zamanında karşılanma gerekliliği lojistik sektörünün gelişmesinde itici bir güç olmuştur [8]. Lojistik sektörü gün geçtikçe öneminin artmasıyla birlikte ekonomik hareketliliğe yön vermeye başlamıştır. Böylece ülkeler küreselleşme sürecinde konumlarını güçlendirmek adına lojistik sektörüne yatırımlarını arttırmışlardır [8]. Lojistik faaliyetlerin tüm dünyada artması, lojistiğin süreçlerinde ve çalışmasında değişikliklere neden olmuştur. Entegre taşımacılık, trafik sorunlarının önlenmesi, maliyet düşürülmesi, çevreye duyarlılık vb. temaları lojistik merkezlerin oluşmasına neden olmuştur [9].

Lojistik merkez kavramı ilk kez 1967 yılında Fransa’da kurulan Sogaris Lojistik Merkezi ile gündeme gelmiştir. 1970 ve 1980’li yıllardan itibaren Avrupa’da ve ABD’de lojistik merkezlerin sayıları hızla artmaya başlamıştır [10]. Uluslararası EUROPLATFORM organizasyonuna göre lojistik merkezi, ulusal ve uluslararası tutarlılıkta taşıma, lojistik ve dağıtım ile ilgili tüm faaliyetlerin yürütüldüğü ve bu faaliyetlerin farklı operatörler tarafından sağlandığı bir ulaştırma işletmeleri alanı olarak tanımlanmıştır. Lojistik merkezi, birçok endüstri parkı, otoyol ve demiryolu hattı bulunan kentsel alanların ve yeterli trafik akış hacmine sahip alanların yanında bulunması gerektiği ayrıca belirtilmiştir. Ülkelerin lojistikte dış ticarete açılabilmesi için belirli bir disiplinin gerekli olduğu ve bununla ancak lojistik merkezlerle sağlanacağı belirtilmiştir [11]. Ülkelerin küresel ölçekte lojistik bir üs olabilmesi için lojistik merkezlere rol düştüğü, rekabet gücü elde edebilmek adına lojistik merkez projelerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir [10]. Lojistik merkezinin yer seçim kararı, tüm lojistik sistemini etkileyen bir parametre olduğu vurgulanmıştır. Lojistik ağını oturtmak, trafik koşullarını ve hizmetleri en iyi seviyeye ulaştırmak için iyi bir konumun gerekli olduğu ifade edilmiştir [12]. Lojistik merkezinin coğrafi lokasyonunun ülkenin ekonomik ve coğrafi koşulları göz önüne alınarak teknik ölçütlerle belirlenmesi gerektiği açıklanmıştır. Sanayi, ticaret ve taşımacılığın yoğunlaştığı, farklı ulaştırma sistemlerinin bir arada bulunduğu, altyapıya sahip bölgeler dikkat çekmiştir [10]. Lojistik merkez yer seçiminde birçok parametre bulunmakla birlikte ulaşım ağları üzerinde durulması gereken en önemli parametredir [11]. Lojistik merkezlerin en önemli eğilimi farklı taşıma modları arasında ara yüz oluşturabilme özelliği olarak

gösterilmiştir. Alternatif bir ulaşım modu kullanma imkânı iş esnekliğini arttırmıştır. Ayrıca lojistik hizmetlerin devamlılığını garanti etmiştir [13].

Hızlı bir ulaşım ağının nasıl yapılandırılacağı ve bir şehir içindeki mevcut ulaşım kapasitesini birbirine bağlı bir şekilde nasıl daha verimli kullanabileceği araştırılmıştır. İntermodal karayolu-demiryolu taşımacılığını incelenmiş ve kentsel alanlarda paylaşılan bir mal ve talep üzerine yolcu hızlı transit sistemini entegre etme potansiyelini araştırılmıştır [14]. Kamuya açık metro hizmetini geleneksel yük taşıt operasyonu ile entegre eden yeni bir şehir lojistik sistemi önerilmiştir. Bu sistem, özellikle yoğun kar yağışının trafiğin çalışmasını olumsuz etkilediği kış aylarında trafik sıkışıklığı, çevresel etki ve teslimat gecikmesi gibi kentsel ulaşım sorunlarını azaltır. Bu sistemin etkinliğini doğrulamak için bir pilot proje yürütülmüştür. Pilot projenin sonucunda, bu sistemin sorunsuz mal akışını artırmasının, sokakta boşaltma araçlarının sayısını azaltmasının ve çevreyi korumasının beklenebileceğini sonucuna varılmıştır. Sonuçta şehir lojistiği için halka açık bir metro kullanmanın potansiyel çevresel ve operasyonel kazanımlarını sunan bir çalışma ele alınmıştır [15]. İntermodal bir karayolu-demiryolu taşımacılığı sorunu üzerinde çalışmış ve kentsel yük taşımacılığının hem rekabet gücünü hem de çevresel faydalarını iyileştirmek için yerel düzeyde olası eylemler belirlenmiştir. [16,17]. Demiryolu diğer taşımacılık araçlarına göre güvenlik, enerji maliyeti ve çevre etkileri bakımından daha avantajlıdır [18]. Birçok gelişmiş ülkenin politikalarına bakıldığında hem çevresel hem ekonomik anlamda avantaj sağlamak adına demiryolu kullanımının arttırılmasına yönelik çalışmalar yer almıştır. Yüklerin çoğu karayolu ile taşınmış ancak demiryolu taşımacılığı daha çevre dostu olarak kabul edilmiştir. Demiryoluyla yük taşımacılığının enerji tüketiminde, tıkanıklık düzeyinde, yük taşıma potansiyelinde ve kaza ihtimallerinde daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir [19]. Ayrıca ulaştırma faaliyetlerinin sera gazı etkilerini azaltmaya yönelik sürdürülebilir bir kentsel lojistik alternatifi olarak demiryolu ile yük taşımacılığı önerilmiştir [20]. Kentsel yük taşımacılığının demiryolu ile taşınmasında kullanılabilecek bir dizi teknoloji incelenmiş, bu sistem sayesinde pazarda rekabetçi olmayı ve kentsel yük taşımacılığına olan gücünü göstermek amaçlanmıştır [21,22]. 2016 TCDD verilerine göre lojistik merkezler kurulurken en temel kriterler ulaşım ağı büyüklüğü ve yük taşıma potansiyelleri olduğu belirtilmiştir [22].

Lojistik merkezler için ulaşım ağının önemi kadar taşınan yük miktarı ve yükün depolanması yani kapasitede de önemlidir. Lojistik merkez kalite kriterleri arasında ulaşım

modlarının çeşitliliğinin yanında merkezin kapasitesi ve mekânsal özelliklerine de yer verilmiştir [23]. Kapasitenin herkes tarafından kabul edilen bir tanımı yapılmamıştır. Çünkü birçok faktörden etkilenen çok değişkenli bir kavramdır. Kapasitenin tanımı kapsamlı olarak ‘belirli bir süre içinde tüm demiryolunu veya belirli kritik (darboğaz) bölümleri geçebilecek maksimum tren sayısı ya da trafik miktarı’ olarak tanımlanmıştır [24]. Demiryolu taşımacılığında kapasite daha çok ulaşım, nakliye, lojistik kapasitesi olarak tanımlansa da genel anlamda kapasite “icra etme ve üretme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır [25]. Bu açıdan lojistik kapasitenin lojistik merkezinin ‘icra etme kabiliyetini’ belirlediği için kilit bir role sahip olduğu söylenebilir. Demiryolu ağlarının operasyonlarını garanti altına almak için kapasite değerlendirmesi ve darboğazların belirlenmesinin gerekli olduğu vurgulanmıştır. Doğru başlangıç ve engelleme süresi hesaplamalarını kapsayan yeni bir cebirsel yaklaşıma dayalı bir kapasite değerlendirme modeli önerilmiştir [26]. Kapasitenin hem altyapıya hem de zaman çizelgesine bağlı olduğu da ayrıca vurgulanmıştır [27]. Demiryolu kapasitesi hesaplamasının kapsamlı ve karmaşık olduğunu belirtilmiştir. İnşaat projelerinin yüzeysel ve geçici olduğunu vurgulanmıştır. Bunun kapsamlı bir kapasite hesaplaması gerektirdiği belirtilmiştir. İnşaat projelerinde uygun kapasite özellikleri için çalışma süresi, tren sıklığı, sollama ve geçiş gibi özellikleri ifade eden bir programlama dili önerilmiştir [28].

Lojistik kapasitenin belirsiz parametrelere bağlı olduğu özellikle vurgulanmıştır. Kötü hava koşulları, teknik hatalar yani kontrol edilemeyen birçok dışsal etkenler kapasiteyi olumsuz etkilerken; ekipman ve tesis güncelliği, personel fazlalığı, ekipmanların teknolojik olması da kapasiteyi arttıracak şekilde olumlu etkiledikleri belirtilmiştir [29]. Kapasite ölçmek için işletme sayısı ya da işletmelerin büyüklükleri bir gösterge olarak sayılmıştır [30]. Bir lojistik merkez için yük taşıma süreçleri incelenmiş, bir lojistik merkezi üzerinde analiz yapılmış ve bir ölçü önerisi hazırlanmıştır [31]. Yük taşımacılığında demiryolu kapasitesini analiz etmek için grafiksel, analitik ve simülasyon yöntemleri kullanılmıştır [32]. Çok modlu ulaşım sistemlerine (MMTS) ve bunların kapasite değerlendirmesine odaklanılmıştır. Bunun için MMTS-CAP ile temsil edilen doğrusal bir programlama modeli (LP) geliştirildiği bildirilmiştir [33].

Lojistik merkezlerin özellikle yer seçiminde en çok kullanılan yöntemlerden biri TOPSIS dir. TOPSIS yöntemi, Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir [34].

Topsis veri dönüşümüne gerek kalmadan uygulanan çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. Farklı seçenekler arasından belli kriterler ışığında, seçeneklerin maksimum ve minimum değerleri belirlenir. Böylece ideal sıralamaya ve çözüme ulaşılabilir [35]. Yöntemde, pozitif ve negatif olmak üzere ideal çözümler hesaplanarak çözümler arasındaki puanlamaya göre seçenekler sıralanmaktadır. Bu yöntemde maliyet ve fayda ön plandadır. Pozitif çözümde fayda kriterini maksimumda tutup, maliyet kriterini minimumda tutarken; negatif çözümde ise maliyet kriterini maksimumda, fayda kriterini ise minimumda tutmaktadır [34]. Bu yöntem hem basit hem de kullanımı kolaydır. Ayrıca kriteri çok olan birçok probleme uygulanabilir bir yöntemdir [36]. TOPSIS yöntemiyle Türkiye de lojistik köy olmaya en uygun 3 merkez önerilmiştir [14]. Başka bir çalışmada lojistik merkez yer seçimi için AFS (Aksiyomatik Bulanık Küme) ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır [37]. LPI (lojistik performans endeks) kriterleri dikkate alınarak yedi Asya ülkesinin (Güney Kore, Hong Kong, Singapur, Endonezya, Malezya, Tayvan ve Tayland) lojistik performans değerleri karşılaştırılmak istenmiş, bunun için de TOPSIS yöntemi kullanılarak sıralama yapılmıştır [23].

Bu çalışmada farklı kriter kümelerine sahip alternatiflerin değerlendirilmesine imkan sağladığı, pozitif ve negatif ideal çözümlere uzaklıkları ortaya koyarak ideal ve ideal olmayan çözümleri de ortaya çıkardığı ve kullanımının kolay olmasından kaynaklı olarak TOPSIS temelli bir yöntem kullanılmıştır.

3. LOJİSTİK MERKEZLE İLGİLİ KURAMSAL TEMELLER, KRİTERLER VE LOJİSTİK MERKEZLER

3.1. Lojistik

Lojistik “hesap yapma beceresi” anlamına gelen Yunanca "Logosticos" kelimesinden türemiştir. İlk defa askeri üslerde gerekli hizmet desteğini sağlamak adına yapılan faaliyetler için kullanılmış bir terimdir.

Kelime anlamı olarak lojistik; ihtiyaçlar doğrultusunda her türlü ürünün ve hizmetin çıkış ve varış noktası arasındaki planlama, uygulama olarak tanımlanır [38]. Yani bir ürünün üretiminden tüketiciye ulaşıncaya kadar geçen süreçte gerçekleşen ambalajlama, depolama, gümrükleme, dağıtma gibi bütün süreçleri kapsayan bir süreçtir [39].

Dünya genelinde birçok farklı tanımlama yapılmıştır. Her araştırmacı başka açıdan bakıp, yeni kavramlar eklemişlerdir. Bununda temel nedeni lojistiğin Farklı ve geniş bir yelpazeye hitap etmesi, ilgi alanının çok büyük olmasından kaynaklanmaktadır.

Tedarik Zinciri Yönetimi Uzmanları’nın (2020) açıklamasına göre lojistik; müşterinin ihtiyaçları doğrultusunda tüm ürünlerin ve ilgili bilgilerin çıkış noktasından varış noktasına kadar hem etkili hem de verimli bir biçimde taşınması ve depolanması için gerekli prosedürleri planlama, uygulama ve denetleme süreci olarak tanımlanmıştır. Birçok tanımı olan lojistik kavramı en basit şekilde geçmişteki taşımacılığın günümüzde modernleşmiş hali olarak tanımlanabilir [23].

Lojistik Yönetim Konseyi (1991) lojistiğin 'malların, hizmetlerin ilgili bilgilerin; verimli, etkili ileri ve geri akışını ve depolanmasını planlayan, uygulayan ve kontrol eden tedarik zinciri sürecinin bir parçası olduğunu tanımlamıştır [18]. Lojistik hizmetler, bilgi sistemleri ve altyapı / kaynaklar sistemin üç bileşenidir ve yakından bağlantılı olduğu vurgulanmıştır.

Uluslararası Lojistik Birliği’nin (The International Society of Logistics- SOLE) tanımı ise; “Lojistik, ürünlerin ömrü boyunca, lojistik elemanlara gerekli ilginin sürekli gösterilmesi sonucu, herhangi bir anda gerekli müdahaleleri yaparak daha etkin kaynak harcaması

yapılmasıdır.” Bu tanımda, lojistik sürecinin devamlı bir yapıda olduğu ön plana çıkarılmak istenmiştir [40].

Lojistik; tedarikçiden tüketiciye olan çift yönlü bir akışı ifade etmektedir. akışın gerçekleştiği süreç olarak da belirtilmiştir [41].

3.2. Lojistik Merkez

Tüm lojistik faaliyetlerin gerçekleştiği, iş bütünlüğünü sağlamak adına özel olarak kurulan bölge lojistik merkez olarak tanımlanmıştır [23]. Lojistik merkez kavramı ilk kez 1967 yılında Fransa’da doğmuş, Sogaris Lojistik Merkezi kurulmuştur. 1970 ve 1980’li yıllardan itibaren Avrupa’da ve ABD’de lojistik merkezlerin sayıları hızla artmaya başlamıştır [6]. Türkiye de ise bu merkezlere yönelik ilk çalışmalara 2006 yılında başlanmıştır [39].

Lojistik merkez ayrı bölge, yol ve telekomünikasyon ağları ile bağlantılı, altyapıya sahip, yükleme, depolama, nakliye ve kalifiyeli eleman ile iletişim teknolojilerine sahip bağımsız bir ticari kuruluş olarak da tanımlanmaktadır [42].

Lojistik üsler hem yerel hem de küresel boyutta transit taşımacılık ve tüm tedarik zinciri boyutuyla ilgili tüm hizmetlerin çeşitli operatörler tarafından ticari olarak gerçekleştirildiği tanımlanmış bir alandaki merkezdir. Operatörler, burada inşa edilmiş bina ve tesislerin (depolama alanları, bürolar, dağıtım merkezleri, taşıma araç hizmetleri) sahipleri veya kiracısı olabilirler [43].

Türkiye de lojistik merkezlerin kurulması ve işletilmesi Devlet Demiryolları (TCDD) tarafından gerçekleştirilmektedir. TCDD şimdiye kadar 25 lojistik merkez öngörmüştür. 9’u (Halkalı/İstanbul, İzmit, Balıkesir, Eskişehir, Uşak, Denizli, Kahramanmaraş, Samsun, Erzurum) işleme açılmış, 2 sinin (Mersin, Konya) yapımı tamamlanmış, 2 sinin (Kars, Kemalpaşa/İzmir) inşa süreci devam etmekte ve diğerlerinin de sözleşme, ihale, proje aşamaların da olduğu bilinmektedir. (Şekil 1) Hedeflenen lojistik merkezlerin tamamı işleme açıldığında Türk lojistik sektörüne 35,6 milyon ton ilave taşıma imkânı ile 12,8 milyon m² lik açık alan, stok alanı, konteyner stok ve elleçleme sahası eklenmiş olacaktır [44].



Şekil 3.1. Türkiye lojistik merkez konumları ve inşaat durumları [31]

Lojistik merkezler farklı isimlendirmeler ile de anılmaktadır. Lojistik merkezlerin bazı ülkelerdeki karşılığı Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Lojistik merkez kavramının ülkelere göre karşılığı [45]

ÜLKE	TÜRKÇE KARŞILIĞI	TÜRKÇE/ALMANCA KARŞILIĞI
İngiltere	Lojistik Köy	Freight Village
Amerika	Lojistik Köy	Freight Village
Fransa	Lojistik Platformu / Multimodal Platform	Plate Forme Logistique / Plat Forme Multimodales
Almanya	Lojistik Köy	Güterverkehrszenrum
İtalya	Lojistik Köy	Interporto
Güney Kore	Çok Modlu Endüstriyel Park	Multimodal Industial Park
Danimarka	Taşımacılık Merkezi	Transport Centre



Resim 3.1. Inter Di Campo, İtalya [46]



Resim 3.2. Bremen, Almanya [47]



Resim 3.3. DP World Gateway, İngiltere [48]

3.3. Lojistik Merkez Kriterleri ve Alanları

Avrupa Lojistik Platformları Derneğine göre lojistik merkez;

1. Altyapı yeterliliği
2. Taşıma kalitesi
3. Koordineli planlama ve finansman

olmak üzere üç önemli unsura dayanmaktadır [44]. Bir lojistik merkezinin kriterleri 5 başlıkta toplanmış ve incelenip önem sırasına göre değerlendirilmiştir. Bunlar;

- Ulaşım(A3),
- Konum ve birbirine bağlı ticari faaliyetlerdir(A5)
- Mülkiyet koşulları(A4)
- Arka plan tesisleri(A2)
- Alan uygunluğu(A1)

Yapılan çalışmalarda beş başlık önem sıralamasına göre listelendiğinde sonuç $A3>A5>A4>A2>A1$ şeklinde çıkmaktadır [46]. Ayrıca rekabet, iş gücü, işletme kapasitesi, yönetim ve organizasyon, teknolojik yeterlilik lojistik merkez kriterleri arasında sayılmaktadır [47,48].

Lojistik merkezlerde kapasite birçok etmenden etkilenir. Bunlar; nakliyenin kalitesi ve güvenilirliği, ulaşımın kapasitesi ve nakliyedeki esnekliklerdir. Bu etmenler sayesinde lojistik kapasitenin verimliliği değişebilmektedir [49]. Ayrıca lojistik merkezlerinin önemli kriterlerinden biri de nakliyedeki esnekliği arttırmak adına lojistik merkezinin kapasitesine göre yer seçimini sağlamaktır. Birçok açıdan kapasite ve yer seçimi kritik biçimde birbirleriyle ilişkilendirilir [18].

Son yıllarda demiryolu ile ulaşım talebi artmaktadır. Bu durumda kapasitenin artırılması ve genişletilmesi kaçınılmaz olacaktır. Ancak lojistik kapasitenin artırılması ve genişletilmesi önemli ölçüde planlama ile birlikte yapılmalıdır. Aksi takdirde kapasite arttırımı bütçe kısıtlaması, arazi kullanımı gibi sınırlılıklar ile çatışabilir. Bu nedenle artan talebe karşılık taleplerin etkisi, mevcut durumu gibi faktörler düşünülerek planlama yapılmalı ve sistemsal olarak ilerlenmelidir. Ancak bu durumda kapasite verimliliği ve kalitesi optimal düzeye çıkarılabilecektir [50].

Lojistik merkezlerde farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Hem çalışanlar hem de malzemeler için farklı, çeşitli alanlar mevcuttur. Yönetim birimleri, müdürlükler, sosyal tesis alanları çalışanlar için; malzemeler, yükler ve araçlar için de ayrıca temin etme, depolama ve yükleme-boşaltma alanları bulunmaktadır.

Antrepo Alanı; eşyaların özelliklerinin miktar ve kalite açısından incelenip, değerinin belirlenip ona göre uygun şartlarda muhafaza edildiği alanlardır. 4458 sayılı Gümrük Kanunu ile Gümrük Yönetmeliğinin ilgili maddelerinde belirlenen özellikleri taşımaktadır [51].

Loko Bakım Atölyesi; lokomotiflere yönelik bakım, onarım tesislerinin yer aldığı alanlardır.

Rampa; yükleme-boşaltma işlemlerinin rahatlıkla gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla yapılmaktadır.

Boşaltma Çukuru: Malzemelerin tren, uçak, kamyon vb. bir araçtan uygun bir biçimde indirildiği alandır [52].

Konteyner: Malzemeleri ya da yükleri taşımak için uluslararası standartlara göre yapılmış büyük metal sandıklardır [52].

Konteynır stok alanı: Gelecekte oluşacak veya oluşabilecek gereksinmelere karşı depolanan veya bulundurulmuş malzemelerin tutulduğu alandır [52].

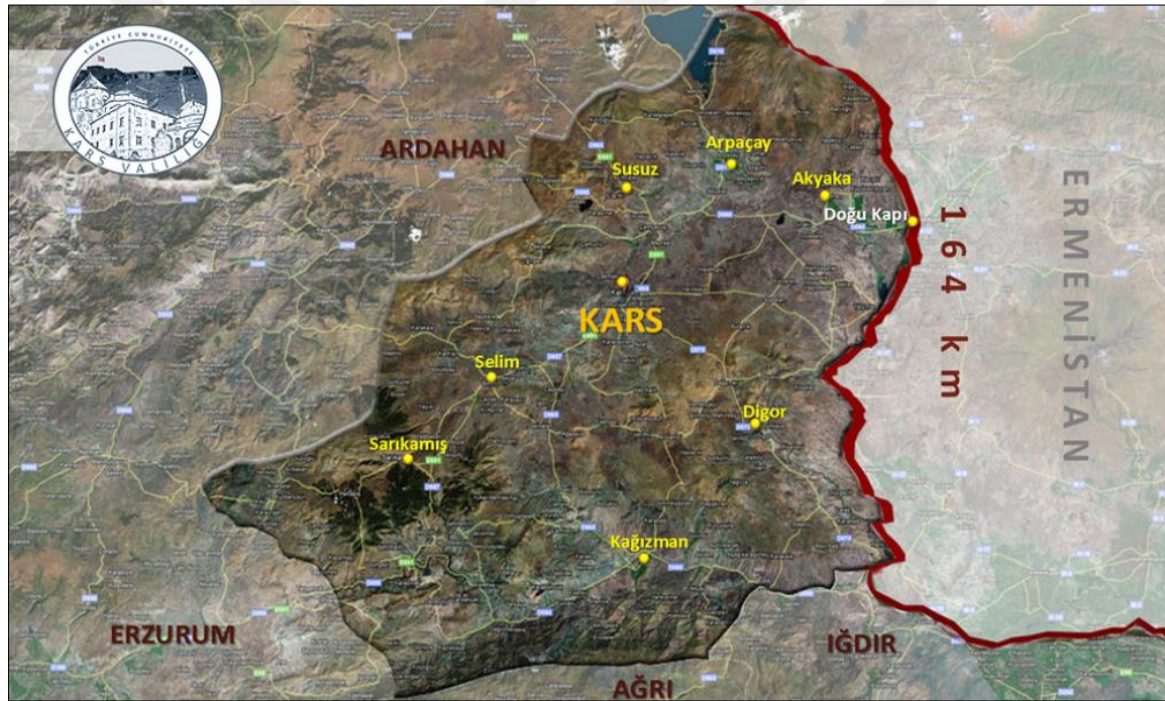




4. ÇALIŞMA ALANI

4.1. Kars

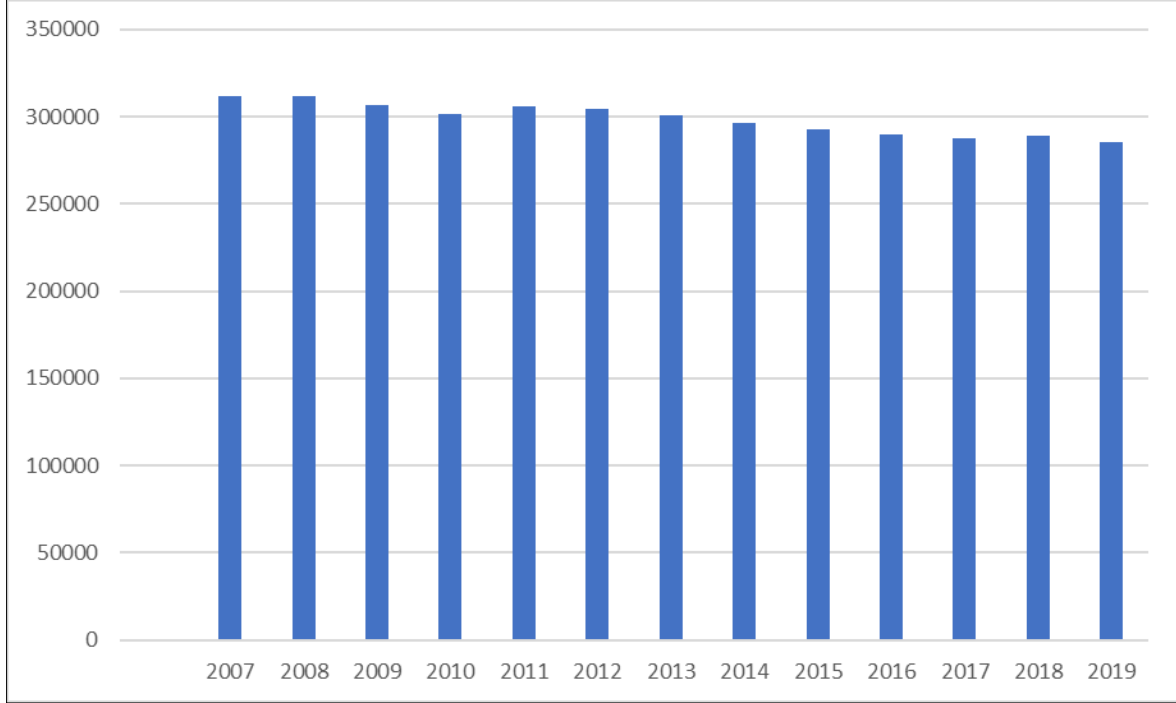
Çalışma alanı Kars ili Doğu Anadolu Bölgesinin kuzey-doğu kesiminde, $42^{\circ} 10'$ ve $44^{\circ} 49'$ doğu boylamlarıyla, $39^{\circ} 22'$ ve $41^{\circ} 37'$ kuzey enlemleri arasında yer almaktadır [53]. Kuzeyinde Ardahan, güneyinde Ağrı, doğusunda Ermenistan, batısında Erzurum ile komşudur. Toplam yüzölçümü 10 127 km² dir. İlde Merkez, Akyaka, Arpaçay, Digor, Kağızman, Sarıkamış, Selim, Susuz olmak üzere 7 İlçe, 8 Belediye, 382 Köy ve 55 Mahalle bulunmaktadır [54].



Şekil 4.1. Kars ili ve ilçeleri (Kars Valiliği, 2020)

İlin ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Çayır ve otlak alanlarının geniş yer kaplaması küçük ve büyük baş hayvancılığın gelişmesine katkı sağlamıştır. 2019 nüfus sayımına göre ilin toplam nüfusu 285 410 kişidir [54]. Kars ili nüfusunun Türkiye geneline göre zaman zaman yavaş artmasının zaman zamanda giderek azalıyor olmasının temel nedeni ilde iş olanaklarının nüfusa göre yetersiz kalmasıdır. Neticede nüfusun bir kısmının bulunduğu yerden kent merkezlerine ve batıda bulunan illere göç etmesi de ayrıca nüfusu

etkileyen bir nedendir. Göç hem il içinde kırsal kesimden kent merkezlerine doğru hem de sanayinin daha gelişmiş olduğu batı illerine doğru olmaktadır. (Şekil 4. 2)



Şekil 4.2. Kars ilinin yıllara göre nüfusu

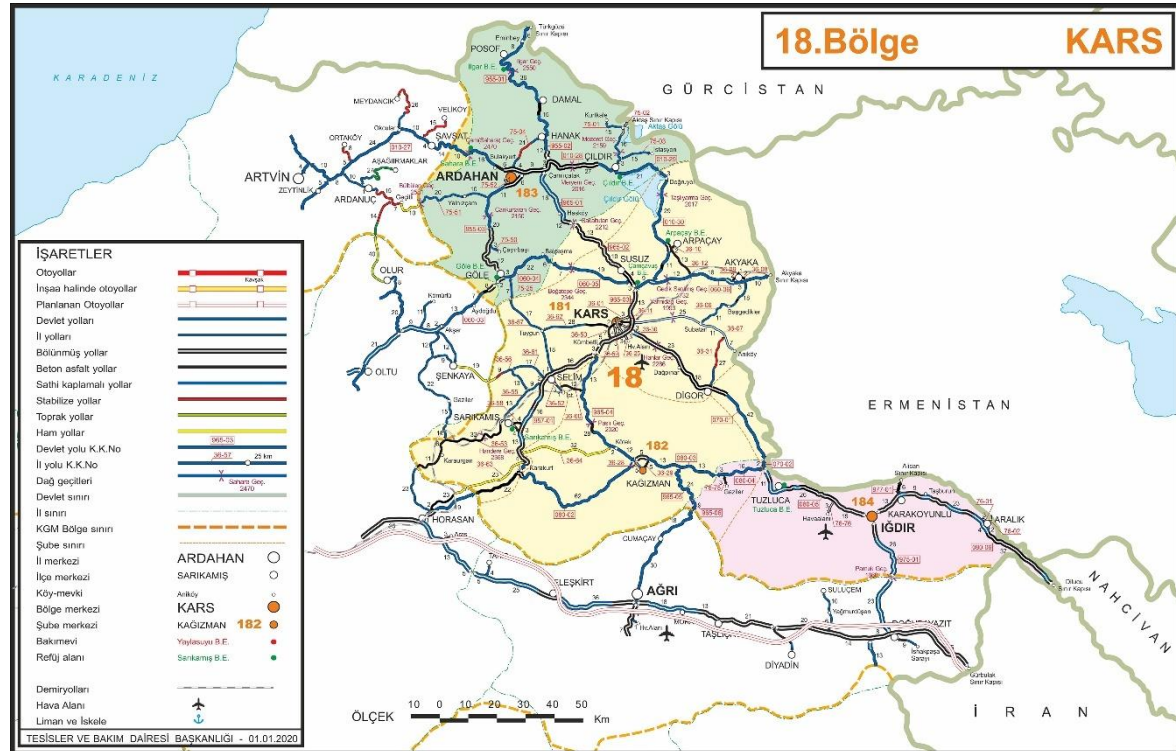
Kars'ta yeryüzü şekillerini yüksek platolarla bu platolar üzerinde yükselen kıvrım dağları belirlemektedir. Kars ili toprakları bir yandan Aras ve Arpaçay vadileri diğer taraftan Yalnızçam dağları ili çevrilidir. Büyük bir plato özelliği gösteren il topraklarının deniz seviyesinden yüksekliği 1 768 metredir. Akarsu vadileri boyunca sıralanan ovaların arasında yer alan platolar, İl topraklarının %51'ini oluşturur. Türkiye'nin ve Doğu Anadolu Bölgesinin en soğuk bölümünde yer alan Kars, yüksek yayla iklimi özellikleri gösteren karasal iklim tipine sahiptir. İlde kışlar oldukça soğuk ve sert, yazlar ise kısa ve ılımlı hatta serin geçmektedir. Kars'ta kış dönemi, 6 aydan uzun bir süreyi kapsamaktadır. Ekim ayı ortalarında başlayıp mayıs ayının ortalarına kadar sürmektedir. Yıllık yağışın büyük bir bölümü ilkbahar aylarında gerçekleşmektedir. Yıllık yağış ortalaması 489,5 mm'dir. İlde yağış şehrin yükseltisi ve sahip olduğu topografik şartlarla yakından ilgilidir [2].

Bir ilin, yörenin ekonomik gelişiminde ulaşımın önemli bir payı vardır. Kars'ta ise ulaşım karayolu, demiryolu ve havayolu ile sağlanmaktadır. Karayolu ağı uzunluğu 814 km olup, bunun 236 km'si il yolu, 578 km'si de devlet yoludur. Devlet yolunun 495 km'si asfalt, 25

km'si stabilize, 58 km'si de bölünmüş yoldur. İl yollarının 138 km'si asfalt, 55 km'si stabilize, 17 km'si toprak, 13 km'si geçit vermez, 13 km'si de bölünmüş yol niteliğindedir [2] (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.3).

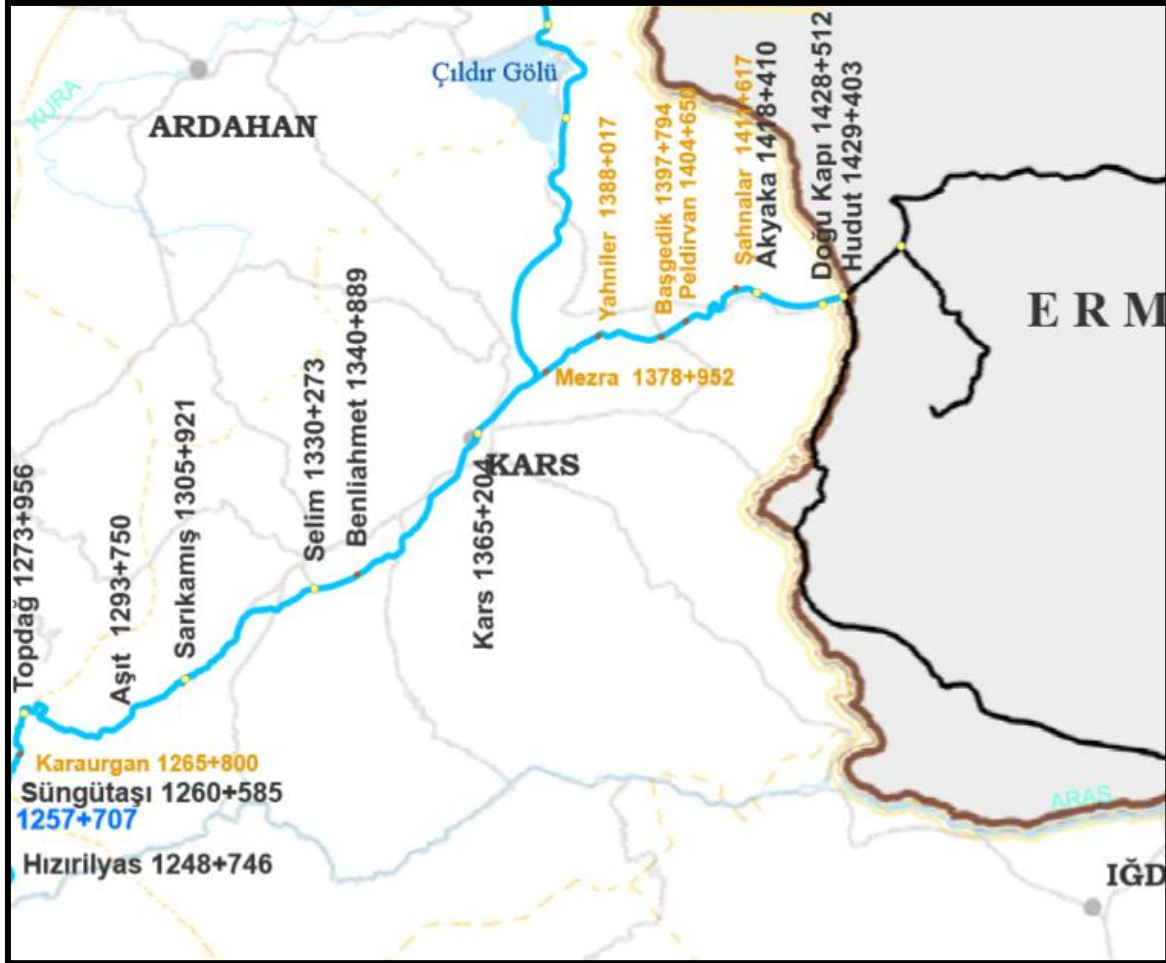
Çizelge 4.1. Karayolu ulaşım ağı uzunluğu

	Uzunluk (km)
Yol	
İl Yolu	236
Devlet Yolu	578
Toplam	814
Devlet Yolu	
Asfalt	495
Stabilize	25
Bölünmüş	58
Toplam	578
İl Yolları	
Asfalt	138
Stabilize	55
Toprak	17
Geçit vermez	13
Bölünmüş	13
Toplam	236



Şekil 4.3. Kars ili karayolları haritası

Kars'ta demiryolu ulaşımı uzun bir geçmişe sahiptir. İl sınırları içinden geçen demiryolu ağının uzunluğu 168 km'dir (Şekil 4.4). Kars'tan hareket eden Doğu Ekspresi her gün karşılıklı olarak Kars- İstanbul (Haydarpaşa) arasında yük ve yolcu taşımaktadır. Erzurum Ekspresi ise, her gün karşılıklı olarak Kars-Ankara arasında yük ve yolcu taşımaktadır [2].

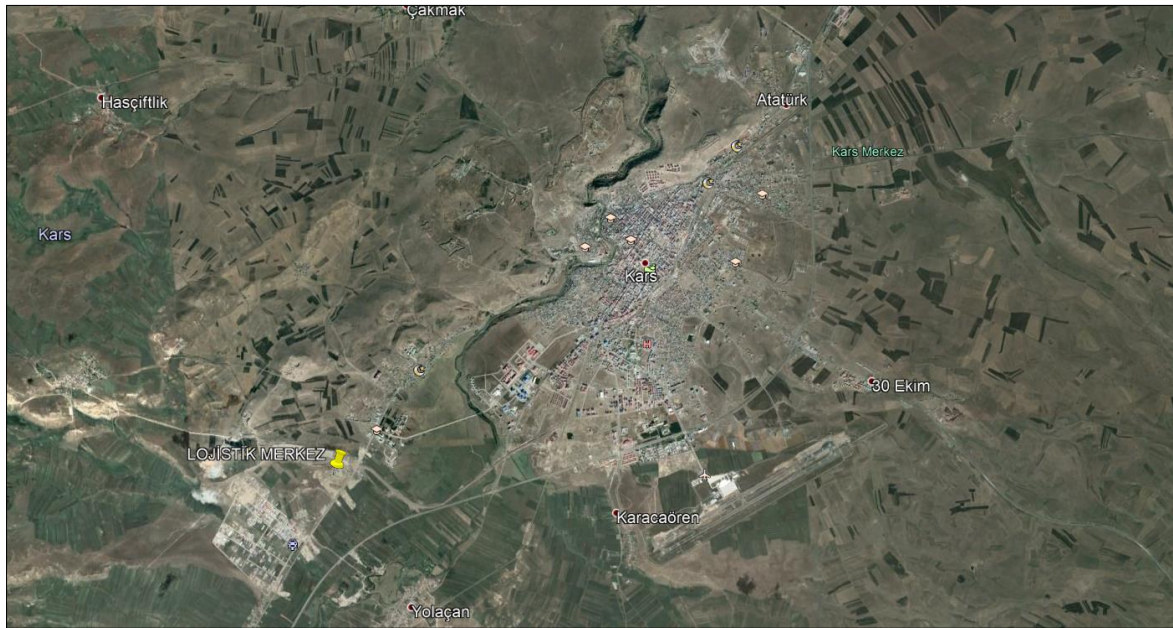


Şekil 4.4. Kars ili demiryolu haritası

İlde her türlü uçağın inip kalkabileceği piste sahip bir havaalanı ile terminal binası ve müştemilatı bulunmaktadır. Devlet Hava Meydanları İşletmesi'ne ait olan havaalanı 1988 yılında iç hat seferlerine açılmıştır. 1993 yılından itibaren de uluslararası tarifersiz uçak seferlerine hizmet vermeye başlamıştır. Kars havaalanının yıllık uçuş kapasitesi (inip-kalkan uçak sayısı) 8 760 yıllık yolcu kapasitesi ise 1 000 000 kişidir. Türk Hava Yolları'nın her gün Kars-Ankara arasında karşılıklı uçak seferi bulunmaktadır. Ayrıca haftada iki gün özel bir havayolu şirketi olan İstanbul Hava Yolları ile Kars-İstanbul, İstanbul-Kars uçak seferleri yapılmaktadır [2].

4.2. Kars Lojistik Merkezi

Kars lojistik merkezi Kars ilinin merkez ilçesinde bulunmaktadır. Konum itibariyle Kars Organize Sanayi Bölgesinin yakınındadır (Şekil 4.5). Yaklaşık 400 000 m² lik bir alanda, 2017 yılının Nisan ayında inşa çalışmalarına başlanmıştır. Lojistik merkezin %70'i tamamlanmış durumdadır [55]. Merkez 412 bin ton taşıma kapasitesine ve 175 bin m² konteyner stok alanına sahiptir [56]. Kars Lojistik Merkezi proje büyüklükleri Çizelge 4.2'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Kars lojistik merkezi uydu görüntüsü

Çizelge 4.2. Alan kullanımları [51]

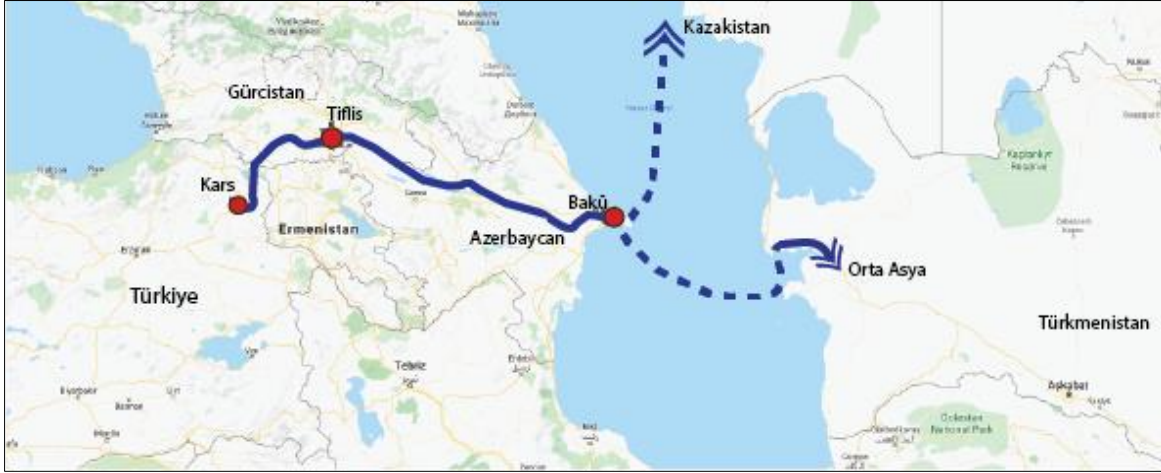
KULLANIM ALANI	BOYUT (m ²)
Antrepo Alanı	10 000
Tır Parkı	5 000
Trafik Tesisler ve Lojistik Müdürlüğü	1 500
Konteynır Stok Alanı	175 000
Loko Bakım Atölye	8 800
Rampa	12 500
Boşaltma Alanı	20 000
Bakım Onarım Müdürlüğü	430
Boşaltma Çukuru Alanı	20 000
Sosyal Tesis Alanı	4 000

Bir Lojistik merkezini etkileyen en önemli etkenlerden biri ulaşım ağlarıdır. Merkezin büyüklüğü ve yerinin konumunun yanında ulaşım ağlarının varlığı, çeşitliliği de önemli parametrelerdendir. Kars Lojistik merkezi ulaşım ağı açısından değerlendirildiğinde büyük avantaja sahiptir. Kars havalimanı, karayolu ve demiryoluna sahip bir şehirdir. Demiryolu olarak Avrupa'nın Türk ülkelerine ve Çin'e açılan yolu olarak nitelendirilen BTK (Bakü-Tiflis- Kars) demiryoluna sahiptir.

4.3. Bakü– Tiflis– Kars Demiryolu

Bakü-Tiflis-Kars (BTK) demiryolu diğer adıyla demir İpekyolu hattı projesine Türkiye, Gürcistan ve Azerbaycan ulaştırma bakanlarının katılımıyla 2005'te müzakerelere başlanmıştır. İlk anlaşma Şubat 2007'de Tiflis' te Azerbaycan, Gürcistan ve Türkiye arasında imzalanan anlaşma aynı zamanda Kazakistan ve Çin tarafından da desteklenmektedir. Azerbaycan, Türkiye ve Gürcistan'ın Cumhurbaşkanı'nın katıldığı törenle ilk temel Kasım 2007 de Gürcistan'da atılmıştır. Türkiye de ise Kars'ta Azerbaycan, Türkiye ve Gürcistan'ın Cumhurbaşkanı'nın katılımı ile 24 Temmuz 2008'de ilk temel atılmıştır. İlk tren 30 Ekim 2017 de hizmet vermeye başlamıştır. Hat 1 milyon yolcu ve yaklaşık 6,5 milyon ton yük kapasitesi ile faaliyete başlamıştır. 2034'te yolcu sayısının 3 milyon ve yük kapasitesinin 17 milyon tona çıkarılması hedeflenmiştir [56].

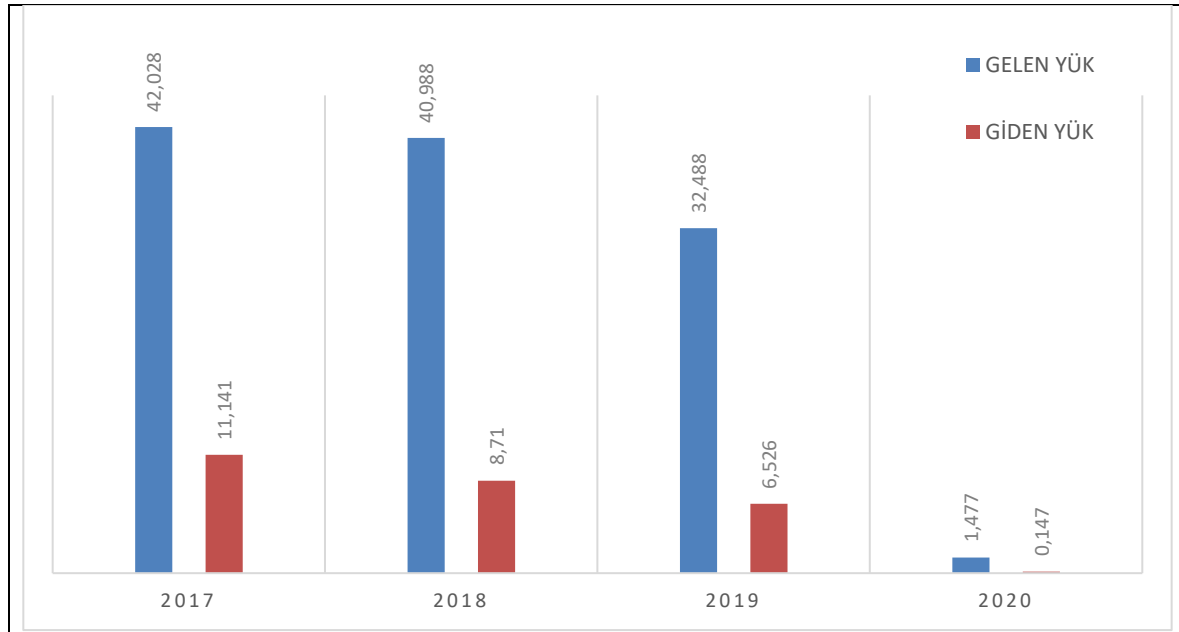
Demiryolu güzergahı çift ve tek hattan oluşmaktadır. Kars'tan Akhalkalaki'ye (Ahılkelek) kadar çift hat (108 km), Akhalkalaki'den Tiflis'e kadar tek hat (155 km), Tiflis'ten Bakü'ye kadar ise çift hat (566 km) olacak şeklinde düzenlenmiştir. Hat Bakü'den sonra hem Kazakistan hem de Türkmenistan üzerinden geçecek şekilde tasarlanmış ve sonrasında Orta Asya'ya ve devamında Çin'e gidebilecek şekilde ikiye ayrılmıştır [55]. Şekil4.6'da BTK demiryolunun güzergahı gösterilmiştir.



Şekil 4.6. BTK demiryolu güzergahı

BTK Demiryolu Gürcistan'dan Kars'a gelmektedir. Kars'a gelen yükler İskenderun, Mersin ve Derince'ye (İzmit) gitmektedir. Kullanılan bu güzergahlardan en işlek olanı Kars-İskenderun hattıdır.

BTK demiryolunun açılmasıyla birlikte taşınan yüklerde bir hareketlilik olduğu belirtilmiştir. Mevcutta bulunan Kars istasyonuna BTK ile gelen yük miktarı son 3 yılda 122 504, istasyondan BTK ile son 3 yılda giden yük miktarı ise 25 852 tondur (TCDD) (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Yıllara göre BTK ile gelen-giden yük miktarı (ton)

BTK hattı ile yapılan konteyner taşımalarında yerli üretim olan, TCDD Genel Müdürlüğüne ait platform vagonları kullanıldığı bilinmektedir. Bu vagonlar 90 ayaklık vagon olup, 2x40 veya 2x45 ayaklık konteynerler yüklenebildiği belirtilmiştir [57]. Kars lojistik merkez, konteyner depolama alanında aynı anda 2x40'lık konteynerler için yaklaşık 6,4 ton, 2x45'lik konteynerler için ise 7 ton kabul kapasitesine sahiptir. Ahılkelek-Kars arasında tek seferde 1 500, Kars- Ahılkelek arasında da 1 510 ton taşınabilmektedir (TCDD).

BTK demiryolunun mevcutta Gürcistan'dan Kars'a haftalık ortalama 7 sefer yaptığı ve yük kapasitesinin sadece %25-30'u kullanıldığı belirtilmiştir (TCDD). Başka bir deyişle kapasitenin tam kullanılması durumunda hali hazırda taşınan yükün yaklaşık 3 katı kadar daha taşınma oluşacağı beklenmektedir. Gürcistan'dan gelen trenin tek seferde Kars'a taşıyabileceği yük miktarı; minimumda 1 500 ton, maksimumda 4 000 tondur (TCDD). Darboğazdan kaynaklı olarak gelecek miktarı 1 500 ton olarak hesaplanmaktadır. Bu durum için Kars'ta 6-7 tonluk bir depolama alanı tasarlanmıştır. Yaklaşık 4 ton kadar fazla bir alan mevcuttur. Merkezin toplam kapasitesi 412 000 ton olup, demiryolunun şimdiye kadar getirdiği en fazla yük yaklaşık 42 000 tondur.

5. METODOLOJİ

Çalışmada BTK demiryolunun tek seferde ve yıl içinde taşıdığı toplam yükler baz alınmıştır. Bu kapsamda, lojistik merkezdeki depolama alanları ve genel kapasite incelenmiştir. Bunun için, yük kapasite kullanımı oranını maksimize eden ve en uygun alternatif taşıma senaryosunu seçen bir yük modeli önerilmiştir.

Lojistik merkezlerde kapasitenin en iyi şekilde kullanılması bir sorun haline geldiğinden, önerilen modelin tüm lojistik merkezler için referans olması amaçlanmıştır. Önerilen modelin aşamaları Şekil 4.4'te verilmiştir. Şekil 4.4'te öncelikle Kars lojistik merkezinde son 5 yılda gelen ve giden navlun miktarına göre gelecek yıllara ait navlun oranı tahmin edilmektedir. Buradaki oran giden yükün gelen navluna oranıdır ve kapasite analizinde belirleyicidir. Bu aşamada, yalnızca geçmiş verilere güvenmekten kaçınmak için üstel yumuşatma kullanılır. İkinci olarak, matematiksel model kullanılarak yük kapasitesi kullanım oranını maksimize eden alternatif yük taşıma senaryoları elde edilerek kapasite analizi yapılmıştır. Üçüncüsü, bu alternatif yük taşıma senaryolarından en uygun olanı belirli kriterler altında TOPSIS yöntemi kullanılarak seçilir.



Şekil 5.1. Önerilen yük kapasite modeli akışı

5.1. Üstel Düzeltme Yöntemi ile Yük Oranı Tahmini

Oluşturulan modelin ilk adımı olarak Çizelge 5.1'de verilen 2017-2020 yıllarına ait gelen ve giden yük miktarları verilerine göre üstel düzeltme yöntemi kullanılarak gelecek yıllara ait giden yük oranı tahmin edilmiştir. Giden yük oranı şöyledir:

$$\text{Giden Yük Oranı (p)} = \text{Giden Yük Miktarı} / \text{Gelen Yük Miktarı} \quad (5.1)$$

Çizelge 5.1. Yük oranları

Yıl	Giden Yük Miktarı	Gelen Yük Miktarı
2017	11 185	46 582
2018	9 150	46 490
2019	6 526	42 733
2020	147	1 477
2021	-	-

Üstel Düzeltme yöntemi, gerçekleşen değerlerin son değişimleri göz önünde bulundurularak öngörülerin devamlı güncelleştirildiği bir yöntemdir. Geçmiş verilere giderek azalan farklı ağırlıklar vererek hesaplamaya dahil eder. Ağırlıkların değerlerinin belirlenmesi çok büyük önem taşımaktadır. Hesaplamalarda fazla teknik bilgiye ihtiyaç duyulmaması ve basitliği sebebiyle uygulamada yoğun olarak talep görmektedir. Yöntemin avantajlarından biri, serideki trendin, mevsimselliğin varlığını da dikkate alarak yapılan farklı varsayımlar ile farklı düzeltme modellerinin bulunmasıdır. Üstel düzeltme yöntemlerinde geçmiş döneme ait verilerin ağırlıklı ortalaması gelecek döneme dair tahminler olarak kabul edilmektedir. Geçmişe gidildikçe verilen ağırlıklar üstel olarak azalmaktadır. Gerçekleşen her verinin modele dahil edilmesi ve işlemlerin süreklilik kazanması yöntemin en belirgin özelliğidir. Bu nedenle yöntem dinamik yapıya sahiptir. Öngörü yaparken en önemli gözlemler öngörülen döneme en yakın gözlemlerdir. Çünkü gelecek hakkında en iyi fikri bu değerler verir. Buradan yola çıkarak, "son dönem değerlere eski gözlemlere kıyasla daha fazla ağırlık verilmelidir" fikri ileri sürülebilir. Bu fikri göz önünde bulundurduğumuzda, istenilen ağırlıklandırma yöntemi son gözlemlere en yüksek ağırlığı, önceki gözlemlere ise azalan oranda ağırlıklar veren bir ağırlıklandırma yaklaşımını kullanmalıdır. Üstel düzeltme yöntemi bu koşulları sağlamaktadır. Prensip olarak, üstel düzeltme metodu, geçmiş verilerin düzeltilmesi amacıyla tesadüfiliği ortadan kaldırır [58]. Üstel düzeltme yönteminde düzeltilmiş değerler aşağıdaki matematiksel ifadeyle elde edilmektedir:

$$p_t^l = ap_t + (1 - a)p_{t-1}^l \quad (5.2)$$

Denklemden p_t mevcut dönem gerçekleşen değeri, p_t^l mevcut döneme ait tahmin değeri p_{t-1}^l ise önceki dönemin tahmini değerini ifade eder.

5.2. Matematiksel Model ile Kapasite Analizi

Bu bölümde Kars lojistik merkezine ait kapasite kullanım oranını maksimize eden bir matematiksel model önerilmiş ve optimizasyonu yapılmıştır. Modelleme karşılaşılan problemlerin matematiksel ifadeye dönüştürülmüş hali olarak tanımlanmıştır. Optimizasyon ise oluşturulan matematiksel modelde var olan kaynakların (işgücü, zaman, kapital, süreçler, hammaddeler, kapasite, ekipman vb.) en verimli biçimde işlenerek belirlenen amaçlara (maliyet enazaltılması, kâr ençoklanması, kapasite kullanımının enyükseltilmesi ve verimliliğin ençoklanması vb.) ulaşmayı destekleyen bir teknoloji olarak belirtilmiştir. Optimizasyon ve modelleme birbirini takip eden bir bileşen olduğu vurgulanmıştır [59].

Bu çalışmada amaç fonksiyonu 0 ile 1 arasında değişen bir oranı ifade etmektedir. 0 ile 1 arasında sonuç veren sonsuz tane değer olabilir. Bu yüzden parametreler az da olsa sonuca ulaşmak zordur. Bu yüzden modelleme ihtiyaç duyulmaktadır. Önerilen modelin amacı, Kars lojistik merkezini maksimum kapasitede kullanmak ve bu kapasitede ortaya çıkan senaryoları değerlendirmektir. Bu senaryolar, gelen yük miktarını, giden yük miktarını, tren seferlerinin sayısını ve ilgili maliyetleri içerir. Bu model, tek amaçlı ve doğrusal olmayan bir modeldir. Modelde amaç fonksiyonu olan kapasite kullanım oranı, denklem 5.3'te verilmiştir. Bu denklemde dışarıdan gelen yük miktarının depolanabilir miktarı oran olarak ifade edilir. Denklem 5.4'te Z kapasite kullanım oranı ve w gelen yük miktarıdır. Bir matematiksel model:

$$\text{Maksimum Kapasite} = \text{Mevcut Kapasite (M)} + \text{Giden Yük Miktarı} \quad (5.3)$$

$$\text{Kapasite Kullanım Oranı (Z)} = \text{Gelen Yük Miktarı (w)} / \text{Maksimum Kapasite} \quad (5.4)$$

Önerilen matematiksel model şöyledir:

Değişkenler

Z: Kapasite kullanım oranı

w: Taşıma başına gelen yük miktarı

t: Yıllık sefer sayısı

w.t: Yıllık gelen yük miktarı

w.t.p: Yıllık giden yük miktarı

Parametreler

M: Mevcut Kapasite = 412 000 ton

p: giden yük oranı = 0,146

Model

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Maks } Z = w.t / (412000 + w.t. 0,146) \quad (5.5)$$

Kısıtlar:

$$w.t / (M + w.t.p) \leq 1 \quad (5.6)$$

$$w \leq 4000 \quad (5.7)$$

$$w \geq 1500 \quad (5.8)$$

$$t \leq 365 \quad (5.9)$$

$$w, t \geq 0 \quad (5.10)$$

Modelde amaç fonksiyonu (5.5), Kars lojistik merkezi için gelen yük miktarının kapasite kullanım oranını ifade etmektedir. Amaç, bu oranı maksimize etmektir. Kısıt (5.6), kapasite kullanım oranının 1'den büyük olamayacağını, kısıt (5.7)- kısıt (5.8), tek seferde en az 1 500 ve en fazla 4 000 ton taşıma yapılabileceğini, kısıt (5.9), yılda en fazla 365 tren seferi yapılabileceğini ve kısıt (5.10) ise pozitif değişken kısıtını ifade eder.

Tahmini yük oranı değeri dikkate alınarak önerilen matematiksel model yardımıyla lojistik merkezin kapasite kullanımını maksimum yapan yük verileri ve yıllık tren taşıma sayıları

elde edilmiştir. Modelin çözümü için GAMS (Guide to Available Mathematical Software)/BARON (The Branch And Reduce Optimization Navigator) optimizasyon yazılımı kullanılmıştır. Çözüm sonucunda $Z=1$ olup, 201 tane alternatif optimal değer elde edilmiştir. Bu alternatif optimal değerler Ek 1’de verilmiştir.

Bu model alternatif çözümlü bir modeldir. Ancak, lojistik merkez için bir alternatif taşıma türüne karar vermek gerekir. Bununla birlikte, bu karar lojistik merkezin taşıma maliyeti ve konteyner bekletme gibi kriterler üzerinde etki oluşturacaktır. Bu nedenle, TOPSIS temelli matematiksel model önerilmiştir.

5.3. TOPSIS Yöntemiyle Alternatif Senaryo Seçimi

Matematiksel modelin çözümü sonucunda düzenli sefer sayısına göre belirlenen alternatif çözümler arasından en uygununu seçmek için ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Yöntem sayesinde alternatif çözümler arasından en iyisi seçilmiş olur. Bu seçim için dikkate alınan kriterler ve tanımları şöyledir:

- Yıllık sefer sayısı: Bir yılda yapılan toplam tren sefer sayısıdır.
- Rampa maliyeti: Yükleme ve boşaltma için rampa kullanım maliyetidir.
- Giden yük miktarı: Kars lojistik merkezinden sefer başına gönderilen yük miktarıdır.
- Konteyner Bekletme: Sefer sayısı ve giden yük miktarına göre konteynerların stok sahalarında bekletme durumudur. Bu kriter, sefer yapılmayan gün sayısının giden yük miktarına oranından yola çıkılarak 1-5 arasında puanlandırılmıştır.

Çok kriterli karar verme yöntemi olan TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution) de veriler üzerinde işlem yapılmadan uygulamaya alınır. Yöntem sayesinde alternatif seçeneklerden belirlenen kriterler doğrultusunda maksimum ve minimum değerler hesaplanır. Sonuçta sıralama yapılarak en ideal çözüme ulaşılır [35,60]. Ayrıca TOPSIS yöntemi farklı kriter kümelerine sahip alternatiflerin değerlendirilmesine imkan sağlamaktadır. Bu nedenle TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi çözüm süreci 6 adımdan oluşmaktadır [61]:

1. Karar Matrisinin Oluşturulması: Karar matrisinin satırlarında alternatifler, sütunlarında ise karar vermede belirleyici olan kriterler yer alır. Problem için başlangıç karar matrisi şöyledir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.11)$$

2. Standart Karar Matrisinin Oluşturulması: Standart Karar Matrisi, karar matrisinin normalize edilmesiyle oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (5.12)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.13)$$

3. Ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisinin Oluşturulması: Standart karar matrisinin her bir ögesi o sütuna ait kriterin ağırlık değeriyle çarpılarak ağırlıklandırılmış standart karar matrisi oluşturulur. Problemden, kriterler eşit ağırlıklı olarak kabul edilmiştir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.14)$$

4. Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözümlerin Oluşturulması: TOPSIS esas olarak seçilen alternatiflerin en yakın ve en uzak mesafeye sahip olması gerektiğini (Öklid ölçümü) ve

dolayısıyla bir alternatifin optimal çözüme olan göreceli yakınlığını hesaplamanın pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm üreteceğini belirler.

$$V^+ = \{\max_i V_{ij} \mid j \in J\}, (\min_i V_{ij} \mid j \in J') \quad (5.15)$$

$$V^- = \{\min_i V_{ij} \mid j \in J\}, (\max_i V_{ij} \mid j \in J') \quad (5.16)$$

5. Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması: TOPSIS yönteminde her bir alternatife ilişkin kriter değerinin pozitif ideal (S+) ve negatif ideal (S-) çözüm kümesinden sapmaların bulunabilmesi için boyutsal Öklid ölçümünden yararlanılır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (5.17)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (5.18)$$

6. İdeal Çözüme Göreceli Yakınlığın Hesaplanması: Her alternatifin ideal çözüme göreceli yakınlık değeri (C^*) pozitif ideal ve negatif ideal ayırım ölçüleri kullanılarak hesaplanır. İdeal çözüme göreceli yakınlık değeri, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki oranıdır. Burada C^* değeri $0 \leq C^* \leq 1$ aralığındadır ve $C^*=1$ ise alternatifin pozitif ideal çözüme, $C^*=0$ ise ilgili alternatifin negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını ifade eder.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (5.19)$$



6. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Tez çalışmasında, Kars lojistik merkezi için tahmini yük verilerine göre yük kapasitesini optimize eden TOPSİS temelli bir matematiksel model önerilmiştir.

Bu modelin ilk aşamasında, üstel düzeltme yöntemi ile gelecek yıllara ait tahmini yük oranı tespit edilmiştir. Çizelge 6.1’de üstel düzeltme yöntemi ile yapılan analiz neticesinde her bir yılın gerçekleşen değeri ve tahmini değeri verilmiştir. 2021 yılı için tahmini giden yük oranı (p) değeri 0,146 olarak bulunmuştur. ($\alpha=0,5$ alınmıştır.) Bu değer önerilen matematiksel modele girdi olarak kullanılmıştır.

Çizelge 6.1. Tahmini yük oranları

Yıl	p_t	p_t^l
2017	0,240115	-
2018	0,196813	0,240115
2019	0,152723	0,218
2020	0,1	0,192
2021	-	0,146

Üstel düzeltme yöntemi daha önce iş kazası, sağlık analizleri gibi birbirinden bağımsız birçok alanda kullanılmıştır. Ancak yapılan literatür taramasına göre lojistik kapasite hesaplamasında kullanılmamış bir yöntemdir. Bu yüzden sonuçlar başka bir çalışmayla karşılaştırılamamıştır.

BTK demiryolunun taşıma potansiyeli ve hattın önemi göz önüne alındığında gelecek yıllarda yük taşıma miktarının artması beklenmektedir. Ancak yapılan analiz sonucunda yük taşıma miktarının azalış gösterdiği saptanmıştır.

Modelin İkinci aşamasında, giden yük oranını dikkate alan bir matematiksel model yardımıyla Kars lojistik merkezinin kapasitesini maksimize eden toplam yük taşıma miktarı (yıllık) belirlenmiştir. Çözüm sonucunda 201 tane alternatif optimal değer elde edilmiştir. 201 alternatif optimal değer EK 1’de verilmiştir. Bu alternatif optimal değerlerden 8’i düzenli haftalık tren sefer sayısına göre seçilmiştir (Çizelge 6.2). Bu seçimde, her hafta düzenli sefer olmasına ve bu düzende tek seferde taşınabilecek

minimum ve maksimum yük miktarlarına göre yapılmıştır. Seçilen alternatif optimal değerler;

1. Alternatifte; bir hafta 2, 1 hafta 3 sefer
2. Alternatifte; her hafta, 3 sefer
3. Alternatifte; bir hafta 3, 1 hafta 4 sefer
4. Alternatifte; her hafta 4 sefer
5. Alternatifte; bir hafta 4, bir hafta 5 sefer
6. Alternatifte; her hafta 5 sefer
7. Alternatifte; bir hafta 5, bir hafta 6 sefer
8. Alternatifte; her hafta 6 sefer

olacak şekilde belirlenmiştir.

Çizelge 6.2. Düzenli sefer sayısına göre alternatif çözümler

	Taşıma başına gelen yük miktarı	Yıllık sefer sayısı
Alternatif Çözüm 1	3711	130
Alternatif Çözüm 2	3092	156
Alternatif Çözüm 3	2650	182
Alternatif Çözüm 4	2319	208
Alternatif Çözüm 5	2061	234
Alternatif Çözüm 6	1855	260
Alternatif Çözüm 7	1686	286
Alternatif Çözüm 8	1546	312

Yapılan literatür taramasında MMTS_CAP ile gösterilen doğrusal bir programlama modeli geliştirildiği görülmüştür. Bu model farklı taşıma modlarının hesaplaması için geliştirilmiş bir modeldir. Bu çalışmada tek bir taşıma modu olduğu için modelin çözümünde GAMS/BARON optimizasyon yazılımı tercih edilmiştir.

Modelin son safhasında, seçilen optimal alternatif değerler arasından en uygun olanına TOPSİS yöntemi ile karar verebilmek için Çizelge 6.3’de verilen karar matrisi kullanılmıştır. Bu karar matrisine TOPSİS işlem adımları uygulandıktan sonra Çizelge 6.3’de verilen her bir alternatifte ait pozitif, negatif ve ideal mesafe değerleri elde edilmiştir. Bu değerlere göre en uygun optimum çözüm alternatif çözüm 4’dür. Yani, Kars lojistik merkezi tam kapasite kullanıldığında, taşıma başına gelen yük miktarı 2 319 ton,

yıllık tren sefer sayısı 208 ve haftalık sefer sayısı ise 4 olması kapasite ve maliyet açısından en uygun durumu oluşturacaktır.

Çizelge 6.3. Karar matrisi

	Sefer Sayısı	Rampa Maliyeti (TL)	Giden Yük Miktarı	Konteyner Bekletme
Alternatif Çözüm 1	130	491,79	542	2
Alternatif Çözüm 2	156	409,76	451	1
Alternatif Çözüm 3	182	351,26	387	1
Alternatif Çözüm 4	208	307,32	339	1
Alternatif Çözüm 5	234	273,13	301	2
Alternatif Çözüm 6	260	245,83	271	3
Alternatif Çözüm 7	286	223,47	246	4
Alternatif Çözüm 8	312	204,88	226	5

Çizelge 6.4. Pozitif, negatif ve ideal mesafe değerleri

	S+	S-	C*
Alternatif Çözüm 1	0,118625586	0,08680616	0,42255475
Alternatif Çözüm 2	0,087905248	0,118510019	0,57413398
Alternatif Çözüm 3	0,080449878	0,114654584	0,58765742
Alternatif Çözüm 4	0,075575331	0,115539111	0,60455458
Alternatif Çözüm 5	0,097525553	0,071296634	0,42231792
Alternatif Çözüm 6	0,112726931	0,073899513	0,39597557
Alternatif Çözüm 7	0,122184813	0,085694915	0,41223315
Alternatif Çözüm 8	0,129583171	0,099320364	0,43389615



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Lojistik merkezlerin değerlendirilmesinde çeşitli kriterler (altyapı, ulaşım çeşitliliği, konum, mülkiyet, alan yeterliliği) arasında alan büyüklüğü ve alanın verimli kullanılması en önemlileridir. Kars lojistik merkezi için yapılan analizler neticesinde kapasitesinin mevcutta olan yük giriş-çıkışından daha fazla planlandığı sonucuna varıldı ve gereğinden fazla maddi yatırım yapıldığı tespit edildi. Bu durum ekstra maliyet ve âtıl alan kullanımının artışına sebep olmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin hem doğru yatırımı yapmaları hem de kalite standartlarını yakalayabilmeleri için bir ön çalışma yapmaları gerekmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada, Kars lojistik merkezi için tahmini yük verilerine göre kapasite analizi yapan bir model önerildi. Önerilen modelin sonucuna göre Kars lojistik merkezi tam kapasite kullanıldığında, taşıma başına gelen yük miktarı 2319 ton, yıllık tren sefer sayısı 208 ve haftalık sefer sayısı ise 4 olması kapasite ve maliyet açısından ideal durumdur.

Bu çalışmada Kars lojistik merkezi kapasite analizi için önerilen modelin diğer lojistik merkezlere referans olması amaçlanmaktadır. Gelecek çalışmalarda Dünyada ve Türkiye de henüz inşasına başlanmamış veya proje aşamasında olan lojistik merkezlere bu modelin uygulanması verimli ve tam kapasiteli bir proje hazırlanmasına katkı sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

1. Terzi, N., and Bolukbas, O. (2016). Logistics sector in turkey and logistics villages. *Pressacademia Procedia*, 2(1), 206-228.
2. İnternet: SERKA Kalkınma Ajansı, Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü. URL: <https://www.serka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/tkb---kars-stratejik-gelisme-raporu-2008.pdf> Son Erişim Tarihi 12.02.2020
3. Türker, A. (2017). Demiryolu ve Karayolu Rekabeti. *Demiryolu Mühendisliği*, (5), 79-80.
4. İnternet: TCDD. URL: <http://www.tcdd.gov.tr/content/33>. Son Erişim Tarihi 06.04.2020.
5. Önden, İ., Eldemir, F., and Canci, M. (2015). Logistics center concept and location decision criteria. *Sigma: Journal of Engineering & Natural Sciences/Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 33(3), 325-340.
6. Abril, M., Barber, F., Ingolotti, L., Salido, M. A., Tormos, P., and Lova, A. (2008). An assessment of railway capacity. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(5), 774-806.
7. İnternet: SERKA Kalkınma Ajansı. URL: <https://www.serka.gov.tr/>, Son Erişim Tarihi 05.06.2020
8. Çekerol, G., ve Nalçakan, M. (2011). Lojistik sektörü içerisinde Türkiye demiryolu yurtiçi yük taşıma talebinin ridge regresyonla analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 31(2), 321-344.
9. Sezen, B., ve Gürsev, S. (2014). Türkiye’de kurulması planlanan lojistik merkezler hakkında bir analiz çalışması - An Analysis of the Planned Logistics Centers in Turkey. *Öneri Dergisi*, 11(42), 105-126.
10. Bayraktutan, Y., ve Özbilgin, M. (2014). Türkiye’de illerin lojistik merkez yatırım düzeylerinin bulanik mantık yöntemiyle belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (43), 1-36.
11. Yıldız, K., Yerlikaya, M. A., and Keskin, B. N. (2021). Evaluation of the effect of transport networks on the Kemalpaşa logistics center in logistics site selection. *Politeknik Dergisi*, 22(4), 1061-1067.
12. Chen, B., and Wang, B. (2017). Location selection of logistics center in e-commerce network environments. *American Journal of Neural Networks and Applications*, 3(4), 40.
13. Záhumenská, Z., and Gašparík, J. (2017). Supporting the connection the logistics centers to rail network. *Procedia engineering*, 192, 976-981.

14. Fatnassi, E., Chaouachi, J., and Klibi, W. (2015). Planning and operating a shared goods and passengers on-demand rapid transit system for sustainable city logistics. *Transportation Research Part B: Methodological*, 81, 440-460.
15. Kikuta, J., Ito, T., Tomiyama, I., Yamamoto, S., and Yamada, T. (2012). New subway-integrated city logistics szystem. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 39, 476-489.
16. Behrends, S. (2012a). The significance of the urban context for the sustainability performance of intermodal road-rail transport. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, 375-386.
17. Behrends, S. (2012b). The urban context of intermodal road-rail transport–threat or opportunity for modal shift?. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 39, 463-475.
18. Tseng, Y. Y., Yue, W. L., and Taylor, M. A. (2005). The role of transportation in logistics chain. *Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 1657-1672.
19. Boysen, H. E. (2013). *General model of railway transportation capacity*. 13th International Conference on Design and Operation in Railway Engineering (Comprail), 335-347.
20. Nazarko, J., Dobrzyński, M., and Ryciuk, U. (2006). From road to rail: Polish perspective. *Contemporary Research Issues IN International Railway Logistics*, 5, 5-19.
21. Browne, M., Allen, J., Woodburn, A. G., and Piotrowska, M. (2014). Potential for non-road modes to support environmentally friendly urban logistics. *Procedia: Social and Behavioural Sciences*, 151, 29-36.
22. Hamdan, A., and Rogers, K. J. (2008). Evaluating the efficiency of 3PL logistics operations. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 235–44.
23. Motraghi, A., and Marinov, M. V. (2012). Analysis of urban freight by rail using event based simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 25, 73-89.
24. Atalay, A. G. Ö., Karakaş, A., ve Akça, A. G. M. (2017). Türkiye’de lojistik merkezi yeri seçiminde kriterlerin AHP ile ağırlıklandırılması: Kars ili üzerine bir analiz. *Ataturk University Journal of Economics & Administrative Sciences*, 31(3), 110-122.
25. Oguz, S., Alkan, G., ve Yılmaz, B. (2019). Seçilmiş Asya ülkelerinin lojistik performanslarının topsis yöntemi ile değerlendirilmesi. *Ibad Sosyal Bilimler Dergisi*, 497-507.
26. Burdett, R. L., and Kozan, E. (2006). Techniques for absolute capacity determination in railways. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40(8), 616-632.
27. İnternet: Online Dictionary and Translation. URL: <http://www.webstersonline-dictionary.org>, Son Erişim Tarihi 13.05.2021.

28. Bešinović, N., and Goverde, R. M. (2018). Capacity assessment in railway networks. In *Handbook of Optimization in the Railway Industry*, 25-45.
29. Landex, A., Kaas, A. H., Schittenhelm, B., and Schneider-Tilli, J. (2006). *Evaluation of railway capacity*. Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University, Aalborg University, Denmark, 1-22.
30. Luteberget, B., Claessen, K., and Johansen, C., (2018, October). *Design-time railway capacity verification using SAT modulo discrete event simulation*. 2018 Formal Methods in Computer Aided Design (FMCAD), University of Oslo, Norway, 1-9.
31. Sun, Y., Lu, Y., and Zhang, C. (2019). Fuzzy linear programming models for a green logistics center location and allocation problem under mixed uncertainties based on different carbon dioxide emission reduction methods. *Sustainability*, 11(22), 6448.
32. Xue, L., Huang, X., Wu, Y., Yan, X., and Zheng, Y. (2020). Grade setting of a timber logistics center based on a complex network: a case study of 47 timber trading markets in china. *Information*, 11(2), 107.
33. Peceny, L., Mesko, P., Kampf, R., and Gasparik, J. (2020). Optimisation in Transport and Logistic Processes. *Transportation Research Procedia*, 44, 15-22
34. Abramovic, B., Zitricky, V., and Mesko, P. (2017). Draft methodology to specify the railway sections capacity. *Scientific Journal on Transport and Logistics*, 8(1), 1-10.
35. Bevrani, B., Burdett, R. L., Bhaskar, A., and Yarlagaadda, P. K. (2017). A capacity assessment approach for multi-modal transportation systems. *European Journal of Operational Research*, 263(3), 864-878.
36. Ofluoglu, A., Birdogan, B., and Ar, İ. M. (2017). Multi-criteria decision analysis model for warehouse location in disaster logistics. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4(2), 89-106.
37. Eleren, A., ve Karagül, M. (2008). 1986-2006 Türkiye ekonomisinin performans değerlendirmesi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 1-14.
38. Çelikbilek, Y., and Tüysüz, F. (2020). An in-depth review of theory of the TOPSIS method: An experimental analysis. *Journal of Management Analytics*, 7(2), 281-300.
39. Li, Y., Liu, X., and Chen, Y. (2011). Selection of logistics center location using Axiomatic Fuzzy Set and TOPSIS methodology in logistics management. *Expert systems with applications*, 38(6), 7901-7908.
40. İnternet: URL: <https://sozluk.gov.tr/> Son Erişim Tarihi 13.03.2020
41. İnternet: CSCMP. URL: <https://cscmp.org/> , Son Erişim Tarihi 15.03.2020
42. Sakarya, A. (2013). *Türkiye’de Kentsel Kademelenmenin Lojistik Sektörü Açısından Değerlendirilmesi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 39-41.

43. İnternet: Utikad. URL: <https://www.utikad.org.tr/>, Son Erişim Tarihi 20.03.2020
44. İnternet: TCDD. URL: <http://www.tcdd.gov.tr/content/36>, Son Erişim Tarihi 06.04.2020
45. İnternet: SOLE. URL: <http://www.sole.org/info.asp>, Son Erişim Tarihi 15.03.2020
46. İnternet: Türkiye de Ve Dünyada Lojistik Köyler URL: <https://slideplayer.biz.tr/slide/2977057/> Son Erişim Tarihi 03.01.2021
47. İnternet: Kentsel Lojistik Ve Lojistik Merkezler. URL: <https://docplayer.biz.tr/754452-Kentsel-lojistik-ve-lojistik-merkezler.html>. Son Erişim Tarihi 03.01.2021
48. İnternet: Solent Stevedores to open five acre container storage facility at DP World London Gateway. URL: <https://solentstevedores.co.uk/news/expansion-london-gateway-dp-world.php>. Son Erişim Tarihi 03.01.2021
49. Skowron Grabowska, B. (2008). Development of logistics centres in Poland. *Czestochowa University of Technology*, 17, 2015.
50. İnternet: Euro Platforms. URL: <https://www.europplatforms.eu/>, Son Erişim Tarihi 20.03.2020
51. Meidute, I. (2005). Comparative analysis of the definitions of logistics centres. *Transport*, 20(3), 106-110.
52. Eleveli, B. (2014). Logistics freight center locations decision by using fuzzy-promethee. *Transport*, 29(4), 412-418.
53. İnternet: Kars Sanayi ve Ticaret Odası. URL: <https://www.karstso.org.tr/> Son Erişim Tarihi 05.06.2020
54. Zhou, T., Chen, J., and Qiao, Z. (2003). The competition ability index system and vague evaluation of third-party logistics Corporation. *Logistics Management*, 26(5), 30-32.
55. Bešinović, N., and Goverde, R. M. (2018). Capacity assessment in railway networks. In *Handbook of Optimization in the Railway Industry*, 25-45.
56. Halás, M., and Gašparík, J. (2011). The impact of a capacity of railway infrastructure to the logistic chains. *Scientific Journal on Transport and Logistics 2011*, 1, 42-49.
57. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü. (2018, Ekim). N08-Nihai. *Türkiye Lojistik Master Planı Danışmanlık Hizmeti Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı*. 50, 948.
58. İnternet: Max Lines Logistics. URL: <http://www.maxlines.com.tr/lojistik-terimler-sozlugu/> Son Erişim Tarihi 22.05.2020

59. İnternet: Kars Valiliği. URL: <http://www.kars.gov.tr/kars-ili-cografi-yapisi>, Son Erişim Tarihi 23.06.2020
60. Abramovic, B., Zitricky, V., and Mesko, P. (2017). Draft methodology to specify the railway sections capacity. *Scientific Journal on Transport and Logistics*, 8(1), 1-10.
61. İnternet: TÜİK. URL: <http://www.tuik.gov.tr/start.do>, Son Erişim Tarihi 23.06.2020
62. Üzümcü, A., ve Akdeniz, S. (2014). Yeni İpek Yolu: Traceca ve Bakü-Tiflis-Kars demiryolu projesi. *Avrasya Etüdleri*, 45(1), 11-39.
63. İnternet: TCDD, 2018 Faaliyet Raporu. URL: <http://www.tcdd.gov.tr/content/36> Son Erişim Tarihi 10.05. 2020
64. Polat, Ç. (2016). *Yapay Sinir Ağları ve Üstel Düzeltme Yöntemleri ile Talep Tahmini ve Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
65. İnternet: Türkay, M. (2011). Optimizasyon Modelleri ve Çözüm Metodları, *Koç Üniversitesi Fen Bilimleri*, 1-18. URL: <http://home.ku.edu.tr/~mturkay/indr501/Optimizasyon.pdf>, Son Erişim Tarihi 21.05.2020.
66. Monjezi, M., Dehghani, H., Singh, T. N., Sayadi, A. R., and Gholinejad, A, (2012). Application of TOPSIS method for selecting the most appropriate blast design. *Arabian Journal of Geosciences*. 5(1), 95-101.
67. Akçay, V. H. (2005). *Lojistikte demiryolu taşımacılığının önemi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
68. Benjelloun, A., and Crainic, T. G. (2008). Trends, challenges, and perspectives in city logistics. *Transportation and land use interaction, proceedings TRANSLU*, 8, 269-284.
69. Demir, S. E. (2016). *Lojistik Bir Merkez Olarak Gemlik*. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
70. Elgün, M. N., ve Aşıkoğlu, N. O. (2016). Lojistik köy kuruluş yeri seçiminde TOPSIS yöntemiyle merkezlerin değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1), 161-170.
71. Eryürük, S. H. (2010). *Tekstil ve Konfeksiyon Sektörleri Arasında Etkin Lojistik Faaliyetlerinin Gerçekleştirilmesi Amacıyla Bir Lojistik Merkez Yer Seçimi Ve Tasarımı*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
72. İnternet: Türkiye Haritası. URL: <https://www.haritatr.com/> Son Erişim Tarihi 05.06.2020
73. Li, B., Krushinsky, D., Reijers, H. A., and Van Woensel, T. (2014). The share-a-ride problem: People and parcels sharing taxis. *European Journal of Operational Research*, 238(1), 31-40.

74. Li, Z., and Zhang, Y. (2019). Hierarchical evaluation algorithm of logistics carrying capacity based on transfer learning in multimedia environment. *Multimedia Tools and Applications*, 78(4), 4481-4501.
75. Loo, B. P., and Liu, K. (2005). A geographical analysis of potential railway load centers in China. *The Professional Geographer*, 57(4), 558-579.
76. Peker, I., Baki, B., Tanyas, M., and Murat Ar, I. (2016). Logistics center site selection by ANP/BOCR analysis: A case study of Turkey. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 30(4), 2383-2396.
77. Stevi, Ž. (2015). *The Selection of The Logistics Center Location Using Ahp Method*. 2nd Logistics International Conference, Belgrade, Serbia, 6.
78. İnternet: TCDD, 2017 Faaliyet Raporu. URL: <http://www.tcdd.gov.tr/content/36> Son Erişim Tarihi 10.05.2020
79. Türker, A. (2015). Demiryollarında lojistik merkezler. *Demiryolu Mühendisliği*, (2), 32-35.
80. Wang, B., Xiong, H., and Jiang, C. (2014). A multicriteria decision making approach based on fuzzy theory and credibility mechanism for logistics center location selection. *The Scientific World Journal*, 2014, 347619.
81. Yılmaz, F. (2019). Mekânsal anlamda lojistik merkez incelemesi İstanbul Hadımköy örneği, *Kent Akademisi*, 12(1), 186-199.



EK-1. Düzenli Sefer Sayısına Göre Alternatif Çözümler

	Taşıma başına gelen yük miktarı	Yıllık sefer sayısı
Alternatif Çözüm 1	3 711,00	130
Alternatif Çözüm 2	3 092,00	156
Alternatif Çözüm 3	2 650,00	182
Alternatif Çözüm 4	2 319,00	208
Alternatif Çözüm 5	2 061,00	234
Alternatif Çözüm 6	1 855,00	260
Alternatif Çözüm 7	1 686,00	286
Alternatif Çözüm 8	1 546,00	312
Alternatif Çözüm 9	3 987,02	121
Alternatif Çözüm 10	3 954,34	122
Alternatif Çözüm 11	3 922,20	123
Alternatif Çözüm 12	3 890,56	124
Alternatif Çözüm 13	3 859,44	125
Alternatif Çözüm 14	3 828,81	126
Alternatif Çözüm 15	3 798,66	127
Alternatif Çözüm 16	3 768,98	128
Alternatif Çözüm 17	3 739,77	129
Alternatif Çözüm 18	3 682,67	131
Alternatif Çözüm 19	3 654,77	132
Alternatif Çözüm 20	3 627,29	133
Alternatif Çözüm 21	3 600,22	134
Alternatif Çözüm 22	3 573,56	135
Alternatif Çözüm 23	3 547,28	136
Alternatif Çözüm 24	3 521,39	137
Alternatif Çözüm 25	3 495,87	138
Alternatif Çözüm 26	3 470,72	139
Alternatif Çözüm 27	3 445,93	140
Alternatif Çözüm 28	3 421,49	141
Alternatif Çözüm 29	3 397,39	142
Alternatif Çözüm 30	3 373,64	143
Alternatif Çözüm 31	3 350,21	144
Alternatif Çözüm 32	3 327,10	145
Alternatif Çözüm 33	3 304,32	146
Alternatif Çözüm 34	3 281,84	147
Alternatif Çözüm 35	3 259,66	148
Alternatif Çözüm 36	3 237,79	149
Alternatif Çözüm 37	3 216,20	150
Alternatif Çözüm 38	3 194,90	151
Alternatif Çözüm 39	3 173,88	152
Alternatif Çözüm 40	3 153,14	153
Alternatif Çözüm 41	3 132,66	154
Alternatif Çözüm 42	3 112,45	155
Alternatif Çözüm 43	3 072,80	157
Alternatif Çözüm 44	3 053,35	158

EK-1. (devam) Düzenli Sefer Sayısına Göre Alternatif Çözümler

Alternatif Çözüm 45	3 034,15	159
Alternatif Çözüm 46	3 015,19	160
Alternatif Çözüm 47	2 996,46	161
Alternatif Çözüm 48	2 977,96	162
Alternatif Çözüm 49	2 959,69	163
Alternatif Çözüm 50	2 941,65	164
Alternatif Çözüm 51	2 923,82	165
Alternatif Çözüm 52	2 906,20	166
Alternatif Çözüm 53	2 888,80	167
Alternatif Çözüm 54	2 871,61	168
Alternatif Çözüm 55	2 854,62	169
Alternatif Çözüm 56	2 837,82	170
Alternatif Çözüm 57	2 821,23	171
Alternatif Çözüm 58	2 804,83	172
Alternatif Çözüm 59	2 788,61	173
Alternatif Çözüm 60	2 772,59	174
Alternatif Çözüm 61	2 756,74	175
Alternatif Çözüm 62	2 741,08	176
Alternatif Çözüm 63	2 725,59	177
Alternatif Çözüm 64	2 710,28	178
Alternatif Çözüm 65	2 695,14	179
Alternatif Çözüm 66	2 680,17	180
Alternatif Çözüm 67	2 665,36	181
Alternatif Çözüm 68	2 636,23	183
Alternatif Çözüm 69	2 621,90	184
Alternatif Çözüm 70	2 607,73	185
Alternatif Çözüm 71	2 593,71	186
Alternatif Çözüm 72	2 579,84	187
Alternatif Çözüm 73	2 566,12	188
Alternatif Çözüm 74	2 552,54	189
Alternatif Çözüm 75	2 539,11	190
Alternatif Çözüm 76	2 525,81	191
Alternatif Çözüm 77	2 512,66	192
Alternatif Çözüm 78	2 499,64	193
Alternatif Çözüm 79	2 486,75	194
Alternatif Çözüm 80	2 474,00	195
Alternatif Çözüm 81	2 461,38	196
Alternatif Çözüm 82	2 448,88	197
Alternatif Çözüm 83	2 436,52	198
Alternatif Çözüm 84	2 424,27	199
Alternatif Çözüm 85	2 412,15	200
Alternatif Çözüm 86	2 400,15	201
Alternatif Çözüm 87	2 388,27	202
Alternatif Çözüm 88	2 376,50	203
Alternatif Çözüm 89	2 364,85	204

EK-1. (devam) Düzenli Sefer Sayısına Göre Alternatif Çözümler

Alternatif Çözüm 90	2 353,32	205
Alternatif Çözüm 91	2 341,89	206
Alternatif Çözüm 92	2 330,58	207
Alternatif Çözüm 93	2 308,28	209
Alternatif Çözüm 94	2 297,29	210
Alternatif Çözüm 95	2 286,40	211
Alternatif Çözüm 96	2 275,61	212
Alternatif Çözüm 97	2 264,93	213
Alternatif Çözüm 98	2 254,35	214
Alternatif Çözüm 99	2 243,86	215
Alternatif Çözüm 100	2 233,47	216
Alternatif Çözüm 101	2 223,18	217
Alternatif Çözüm 102	2 212,98	218
Alternatif Çözüm 103	2 202,88	219
Alternatif Çözüm 104	2 192,86	220
Alternatif Çözüm 105	2 182,94	221
Alternatif Çözüm 106	2 173,11	222
Alternatif Çözüm 107	2 163,36	223
Alternatif Çözüm 108	2 153,71	224
Alternatif Çözüm 109	2 144,13	225
Alternatif Çözüm 110	2 134,65	226
Alternatif Çözüm 111	2 125,24	227
Alternatif Çözüm 112	2 115,92	228
Alternatif Çözüm 113	2 106,68	229
Alternatif Çözüm 114	2 097,52	230
Alternatif Çözüm 115	2 088,44	231
Alternatif Çözüm 116	2 079,44	232
Alternatif Çözüm 117	2 070,52	233
Alternatif Çözüm 118	2 052,89	235
Alternatif Çözüm 119	2 044,19	236
Alternatif Çözüm 120	2 035,57	237
Alternatif Çözüm 121	2 027,02	238
Alternatif Çözüm 122	2 018,54	239
Alternatif Çözüm 123	2 010,13	240
Alternatif Çözüm 124	2 001,78	241
Alternatif Çözüm 125	1 993,51	242
Alternatif Çözüm 126	1 985,31	243
Alternatif Çözüm 127	1 977,17	244
Alternatif Çözüm 128	1 969,10	245
Alternatif Çözüm 129	1 961,10	246
Alternatif Çözüm 130	1 953,16	247
Alternatif Çözüm 131	1 945,28	248
Alternatif Çözüm 132	1 937,47	249
Alternatif Çözüm 133	1 929,72	250
Alternatif Çözüm 134	1 922,03	251

EK-1. (devam) Düzenli Sefer Sayısına Göre Alternatif Çözümler

Alternatif Çözüm 135	1 914,40	252
Alternatif Çözüm 136	1 906,84	253
Alternatif Çözüm 137	1 899,33	254
Alternatif Çözüm 138	1 891,88	255
Alternatif Çözüm 139	1 884,49	256
Alternatif Çözüm 140	1 877,16	257
Alternatif Çözüm 141	1 869,88	258
Alternatif Çözüm 142	1 862,66	259
Alternatif Çözüm 143	1 848,39	261
Alternatif Çözüm 144	1 841,34	262
Alternatif Çözüm 145	1 834,33	263
Alternatif Çözüm 146	1 827,39	264
Alternatif Çözüm 147	1 820,49	265
Alternatif Çözüm 148	1 813,65	266
Alternatif Çözüm 149	1 806,85	267
Alternatif Çözüm 150	1 800,11	268
Alternatif Çözüm 151	1 793,42	269
Alternatif Çözüm 152	1 786,78	270
Alternatif Çözüm 153	1 780,18	271
Alternatif Çözüm 154	1 773,64	272
Alternatif Çözüm 155	1 767,14	273
Alternatif Çözüm 156	1 760,69	274
Alternatif Çözüm 157	1 754,29	275
Alternatif Çözüm 158	1 747,93	276
Alternatif Çözüm 159	1 741,62	277
Alternatif Çözüm 160	1 735,36	278
Alternatif Çözüm 161	1 729,14	279
Alternatif Çözüm 162	1 722,96	280
Alternatif Çözüm 163	1 716,83	281
Alternatif Çözüm 164	1 710,74	282
Alternatif Çözüm 165	1 704,70	283
Alternatif Çözüm 166	1 698,70	284
Alternatif Çözüm 167	1 692,74	285
Alternatif Çözüm 168	1 680,94	287
Alternatif Çözüm 169	1 675,10	288
Alternatif Çözüm 170	1 669,31	289
Alternatif Çözüm 171	1 663,55	290
Alternatif Çözüm 172	1 657,84	291
Alternatif Çözüm 173	1 652,16	292
Alternatif Çözüm 174	1 646,52	293
Alternatif Çözüm 175	1 640,92	294
Alternatif Çözüm 176	1 635,36	295
Alternatif Çözüm 177	1 629,83	296
Alternatif Çözüm 178	1 624,34	297
Alternatif Çözüm 179	1 618,89	298

EK-1. (devam) Düzenli Sefer Sayısına Göre Alternatif Çözümler

Alternatif Çözüm 180	1 613,48	299
Alternatif Çözüm 181	1 608,10	300
Alternatif Çözüm 182	1 602,76	301
Alternatif Çözüm 183	1 597,45	302
Alternatif Çözüm 184	1 592,18	303
Alternatif Çözüm 185	1 586,94	304
Alternatif Çözüm 186	1 581,74	305
Alternatif Çözüm 187	1 576,57	306
Alternatif Çözüm 188	1 571,43	307
Alternatif Çözüm 189	1 566,33	308
Alternatif Çözüm 190	1 561,26	309
Alternatif Çözüm 191	1 556,23	310
Alternatif Çözüm 192	1 551,22	311
Alternatif Çözüm 193	1 541,31	313
Alternatif Çözüm 194	1 536,40	314
Alternatif Çözüm 195	1 531,52	315
Alternatif Çözüm 196	1 526,68	316
Alternatif Çözüm 197	1 521,86	317
Alternatif Çözüm 198	1 517,08	318
Alternatif Çözüm 199	1 512,32	319
Alternatif Çözüm 200	1 507,59	320
Alternatif Çözüm 201	1 502,90	321



GAZİ GELECEKTİR..