

T.C.  
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI  
2020-DR-099

**TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA RİSK ANALİZİ  
YAPILARAK COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE GÜZERGÂH  
BELİRLENMESİ**

**HAZIRLAYAN  
Şükrü UZUNDAĞ**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. Hüseyin ŞENKAYAS**

**AYDIN-2020**



**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

... / ... / 2020

Şükrü UZUNDAĞ



## ÖZET

### TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA RİSK ANALİZİ YAPILARAK COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ İLE GÜZERGÂH BELİRLENMESİ

Şükrü UZUNDAĞ

Doktora Tezi, İşletme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin ŞENKAYAS

2020, XXX+ 200 sayfa

Dünyadaki ekonomik büyüme ve teknolojik gelişmelere paralel olarak tüm sanayi sektöründeki gelişmeler neticesinde gerekli olan ticari ürünlerin hammaddesi olan tehlikeli maddelerin kullanılması son yıllarda artış göstermiştir. Tehlikeli madde taşımacılığı 1970'li yıllardan günümüze kadar üzerinde sürekli çalışılan bir konu olmuştur. Özellikle tehlikeli madde taşımacılığı esnasında karşılaşılabilecek tüm riskleri en küçükleme konusu hem kamu kurumlarının hem de firmaların dikkatini çekmiştir.

Çalışmada ulusal ve uluslararası mühimmat ve patlayıcı taşımacılığı yapan bir kamu kurumunda tüm riskleri (nüfus yoğunluğu, kaza olasılığı, trafik yoğunluğu, terör/sabotaj) dikkate alarak coğrafi bilgi sistemi ArcMap 10.2.2 programı vasıtasıyla riskleri en küçükleyen en uygun güzergâhları bulmak amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan bölge için elde edilen tüm veriler CBS'ye girişi yapılmış ve şebeke tasarlanmış müteakiben nüfus yoğunluğu, zaman, mesafe, trafik yoğunluğu ve terör verilerine göre en uygun güzergâhlar tespit edilmiştir. Ayrıca uzman personel görüşleri alınarak oluşturulan risk kriterleri belirlenen üç senaryoya göre AHP kullanılarak analiz edilmiştir.

AHP tekniği ile belirlenen risk kriterlerinin ağırlık dereceleri hesaplanmış ve Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden olan VİKOR ve MOORA ile tüm yol dilimlerine ait girilen değerler analiz edilmiştir. Elde edilen değerler neticesinde karar verme aracı olan coğrafi bilgi sistemi ile risklerin minimize edildiği en uygun güzergâhlar bulunmuştur. Son olarak tehlikeli madde taşımacılığında oluşabilecek anlık durumlara karşı dinamik olarak en uygun güzergâhlar elde edilmiştir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Tehlikeli Madde Taşımacılığı, Risk Analizi, CBS, AHP, VİKOR, MOORA.



## ABSTRACT

### DETERMİNING ROUTE WITH GEOPHICAL INFORMATION SYSTEM BY CONDUCTİNG RISK ANALYSIS İN HAZARDOUS SUBSTANCE TRANSPORTATION

Şükrü UZUNDAĞ

Doctoral Thesis, Department Of Business Administration

Supervizor: Doç. Dr. Hüseyin ŞENKAYAS

2020, XXX + 200 page

The use of hazardous materials, which are the raw materials of commercial products needed, has increased in recent years as a result of developments in the entire industry sector which took place in paralel with the economic growth and technological developments in the World. Hazardous materials transportation has been a subject that has been continuously studied on since the 1970s. The subject of minimizing the risks that may be encountered especially during the transportation of hazardous materials attracted the attention of both public institutions and businnes firms. In the study, it was aimed to find the most suitable routes that minimize the risks through the geographic information system ArcMap 10.2.2 program, taking into account all risks (population density, probability of accident, traffic density, terrorism / sabotage) in a public institution responsible with national and international ammunition and explosive transportation.

All the data obtained for the region used in the study were entered into CBS, the network was designed and subsequently the most suitable routes were determined according to the population density, time, distance, traffic density and terrorism data. In addition, risk criteria created by taking the opinions of expert personnel were analyzed using AHP according to three scenarios determined. Weight degrees of risk criterias determined by AHP technique were calculated and the values which were entered in all road segments were analyzed with VIKOR and MOORA, which are among the Multiple Criteria Decision Making methods. As a result of the obtained values, the most appropriate routes were found in which risks are minimized with the geographical information system, which is a tool for decision making, Finally, dynamically the most suitable routes have been obtained against emergency situations that may occur in hazardous material transportation.

**KEYWORDS:** Hazardous Material Transport, Risk Analysis, CBS, AHP, VIKOR, MOORA.





## ÖNSÖZ

İnsan hayatının her alanında bir nefes gibi her zaman yer alan risk kavramının önemi zaman geçtikçe daha iyi anlaşılmaktadır. İşletmeler ve kamu kurumları risk analizlerinin sağlıklı yapabilmek için büyük maliyetler ayırmaktadır. İnsan sağlığını ön planda tutmak muhtemel kazaların önüne geçebilmek için yetişmiş personele olan ihtiyaç son yıllarda artmıştır.

Risk değerlendirilmesi ve sonucunda alınacak tedbirler için yasal otoriteler ve uzman personelin doğru ve güvenilir bir şekilde karar vermesi büyük önem arz etmektedir. Tehlikeli maddelerin taşınmasında ortaya çıkabilecek riskleri analiz ederek bu riskleri minimize etmeye çalışmak hem bu sektörde faaliyet gösteren işletmeler hem de devletin kolluk kuvvetleri için hayati öneme sahiptir.

Bu çalışmada tehlikeli maddelerin taşınmasında karşılaşılabilecek risklerin analiz edilerek riskleri en küçüklemesinin yapılması ile birlikte coğrafi bilgi sistemi vasıtasıyla en uygun güzergâhlar belirlenmeye çalışılmıştır. Karar vericilerin riskleri ağırlıklandırılmasında ve analiz edilmesinde AHP, VİKOR ve MOORA yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Tehlikeli maddelerin taşınması sırasında belirlenecek güzergâhlar için doğru karar verebilme hem insan sağlığını hem de çevrenin korunmasını sağlayacaktır.

Doktora tez çalışmasının tamamlanmasında yüksek lisans öğrenim hayatımdan bugüne kadar her zaman yanımda olan, ilgisini daima her alanda hissettiğim, bilgi ve tecrübesi ile akademik çalışmalarında bana destek olan çok saygı değer tez danışmanım ve büyüğüm Sayın Doç. Dr. Hüseyin ŞENKAYAS'a, tecrübelerini ve bilgi birikimleri ile tez çalışmamda katkılarını esirgemeyen çok kıymetli Tez İzleme Komite üyeleri hocalarım sayın Dr. Öğr. Üyesi Gülşah SEZEN AKAR VE Dr. Öğr. Üyesi Esin SAYIN'a, beni her zaman cesaretlendiren ve destek olan başta sıralı komutanlarıma ve silah arkadaşlarıma çok teşekkür eder şükranlarımı sunarım.

Hayatımın her anlamında yanımda olan en büyük destekçim hayat arkadaşım sevgili eşim Kadriye UZUNDAĞ'a, aileme ve tüm dostlarıma minnettirim.

Bu doktora tezimi hem akademik hayatımdan hem de iş hayatımdan dolayı ihmal ettiğim biricik kızım Özge UZUNDAĞ'a ithaf ediyorum.

Şükrü UZUNDAĞ



# İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI.....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
ÖNSÖZ.....	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ.....	xxiii
FORMÜLLER DİZİNİ.....	xxv
EKLER DİZİNİ .....	xxvii
KISALTMALAR DİZİNİ .....	xxix
GİRİŞ.....	1
<b>1. BÖLÜM</b> .....	4
1. KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE.....	4
1.1. Tehlikeli Maddeler ve Tehlikeli Madde Taşımacılığı .....	4
1.2. Tehlikeli Maddelerin Sınıflandırılması.....	8
1.2.1. Sınıf 1: Patlayıcı ve Patlayıcı İçeren Madde ve Nesnelere.....	10
1.2.2. Sınıf 2: Gazlar.....	12
1.2.3. Sınıf 3: Yanıcı Sıvı Maddeler .....	14
1.2.4. Sınıf 4: Yanıcı Katı Maddeler.....	16
1.2.5. Sınıf 5: Yakıcı (Oksitleyici) ve Organik Peroksit Maddeler .....	18
1.2.6. Sınıf 6: Zehirleyici ve Bulaşıcı Maddeler.....	20
1.2.7. Sınıf 7: Radyoaktif Maddeler .....	21
1.2.8. Sınıf 8: Aşındırıcı Maddeler .....	22
1.2.9. Sınıf 9: Farklı Tehlikeleri Olan Maddeler .....	23

1.3. Tehlikeli Maddelerin Paketlenmesi.....	24
1.4. Tehlikeli Maddelerin Yüklmesi ve Boşaltılması .....	27
1.5. Tehlikeli Maddelerin Taşınmasında Kullanılan Araçlar .....	29
1.5.1. Kara Yollarında Kullanılan Araçlar .....	30
1.5.2. Deniz Yollarında Kullanılan Araçlar .....	30
1.5.3. Demir Yollarında Kullanılan Araçlar.....	31
1.5.4. Hava Yollarında Kullanılan Araçlar.....	31
1.6. Tehlikeli Madde Taşımacılığına İlişkin Mevzuat.....	32
1.6.1. Tehlikeli Maddelerin Kara Yolu ile Taşınmasına Yönelik Çok Taraflı Avrupa Anlaşması (ADR).....	32
1.6.2. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Sınırlı Taşıma Kuralları .....	34
1.7. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Meydana Gelen Kaza ve Ekonomik Durum .....	35
1.8. Mühimmat ve Patlayıcıların Taşınması.....	37
1.8.1. Mühimmat ve Patlayıcıların Taşınmasında Sınırlamalar .....	39
1.8.2. Mühimmat ve Patlayıcı Maddelerin İşaretlenmesi.....	42
1.8.3. Mühimmat ve Patlayıcıların Karayolu ile Taşınması.....	43
1.8.4. Mühimmat ve Patlayıcıların Demiryolu ile Taşınması .....	46
1.8.5. Mühimmat ve Patlayıcıların Denizyolu ile Taşınması.....	46
1.8.6. Mühimmat ve Patlayıcıların Havayolu ile Taşınması .....	47
1.9. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Literatür Araştırması .....	47
<b>2. BÖLÜM.....</b>	<b>59</b>
<b>2. TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA RİSK ANALİZİ YAPILMASI VE GÜZERGAH SEÇİMİNDE KULLANILABİLECEK YÖNTEMLER.....</b>	<b>59</b>
2.1. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Risk Analizi.....	59
2.1.1. Riskin Tanımı ve Tehlikeli Madde Taşımacılığında Kullanılan Risk Analiz Modelleri.....	59
2.1.2. Nüfusa Etki Risk Modeli.....	63
2.1.3. Olaylı Kaza Olma Olasılığı .....	64

2.1.4. Terör Risk Analizi .....	65
2.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Yöntemi ile Risk Analizi .....	65
2.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi .....	65
2.2.2. Tehlikeli Madde Taşımacılığında CBS Analizi.....	66
2.2.3. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Coğrafi Bilgi Sistemi ile Risk Analizi Yöntemi.....	68
2.3. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri .....	69
2.3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci – AHP (Analytic Hierarchy Process) Yöntemi .....	74
2.3.2. VIKOR Yöntemi (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje).....	84
2.3.3. MOORA Yöntemi (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis) .....	89
<b>3. BÖLÜM</b> .....	93
<b>3. TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA RİSK ANALİZİ YAPILARAK COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ İLE GÜZERGAH BELİRLENMESİ</b> .....	93
3.1. Çalışmanın Uygulama Alanı.....	93
3.2. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi.....	94
3.3. Çalışmanın Yöntemi .....	97
3.4. Çalışma İçin Kullanılacak Araç ve Mühimmat Cinsi .....	100
3.5. Çalışma ile İlgili Verilerin Toplanması ve Girilmesi .....	101
3.5.1. CBS’ye Mesafe ve Zaman Verilerin Girilmesi .....	102
3.5.2. Trafik Yoğunluğu Verilerin Girilmesi.....	104
3.5.3. Kaza Sayısı Verilerin Girilmesi.....	106
3.5.4. Nüfus Verilerin Girilmesi .....	109
3.5.5. Terör Verilerin Girilmesi.....	110
3.6. Tehlikeli Madde Taşımacılığında CBS Kullanılarak Şebeke Oluşturulması .....	111
3.6.1. CBS’de Mesafe ve Zaman Verileri Kullanılarak En Uygun Güzergâhın Tespit Edilmesi.....	113
3.6.2. Nüfus Verileri Kullanılarak En Uygun Güzergâhın Tespit Edilmesi .....	117
3.6.3. Kaza Sayısı Verileri Kullanılarak En Uygun Güzergâhın Tespit Edilmesi... ..	119

3.6.4. Trafik Yoğunluk Verileri Kullanılarak En Uygun Güzergâhın Tespit Edilmesi .....	120
3.6.5. Terör Verileri Kullanılarak En Uygun Güzergâhın Tespit Edilmesi .....	121
3.7. Risk Kriterlerin Belirlenmesi ve Ağırlıkların Hesaplanması .....	122
3.7.1. Karar Vericilerin, Risk Kriterlerin Belirlenmesi ve Kriter Değerlendirme Anketinin Yapılması .....	122
3.7.2. AHP Tekniği ile Risk Kriter Ağırlıklarının Tespit Edilmesine Yönelik Uygulama.....	124
3.8. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Tehlikeli Madde Taşımacılığında Güzergâh Belirlenmesi.....	127
3.8.1. VİKOR Yöntemi ile Tehlikeli Madde Taşımacılığında Güzergâh Belirlenmesi .....	128
3.8.2. MOORA Yöntemi ile Tehlikeli Madde Taşımacılığında Güzergâh Belirlenmesi .....	136
3.9. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Anlık Durumlar ile Karşılaşıldığında Güzergâh Belirlenmesi .....	143
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>145</b>
<b>5. KAYNAKLAR.....</b>	<b>151</b>
<b>6. EKLER.....</b>	<b>165</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>199</b>

## SİMGELER DİZİNİ

$<$  : Küçüktür

$>$  : Büyüktür

$\Sigma$  : Toplam

$\lambda$  : Öncelikler Matris Değerinin Ağırlıklara Bölünmüş Değeri







## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. IMDG Koduna Göre Patlayıcı ve Mühimmat İçin Kullanılan Etiket .....	11
Şekil 1.2. IMDG Koduna Göre Yanıcı Gazlar İçin Kullanılan Etiket.....	14
Şekil 1.3. IMDG Koduna Göre Yanıcı Sıvılar İçin Kullanılan Etiket.....	15
Şekil 1.4. IMDG Koduna Göre Yanıcı Katılar İçin Kullanılan Etiket .....	16
Şekil 1.5. IMDG Koduna Göre Kendi Kendine Yanabilen Katılar İçin Kullanılan Etiket ...	17
Şekil 1.6. IMDG Koduna Göre Su ile Temas Ettiğinde Yanabilen Katılar İçin Kullanılan Etiket.....	17
Şekil 1.7. IMDG Koduna Göre Oksitleyici Maddeler İçin Kullanılan Etiket .....	19
Şekil 1.8. IMDG Koduna Göre Organik Peroksitler İçin Kullanılan Etiket.....	20
Şekil 1.9. IMDG Koduna Göre Zehirleyici Maddeler İçin Kullanılan Etiket .....	20
Şekil 1.10. IMDG Koduna Göre Bulaşıcı Maddeler İçin Kullanılan Etiket.....	21
Şekil 1.11. IMDG Koduna Göre Radyoaktif Maddeler İçin Kullanılan Etiket.....	22
Şekil 1.12. IMDG Koduna Göre Aşındırıcılar İçin Kullanılan Etiket.....	23
Şekil 1.13. IMDG Koduna Göre Çeşitliler İçin Kullanılan Etiket .....	24
Şekil 1.14. Tehlikeli Maddelerin Tanımlanması .....	27
Şekil 1.15. Mühimmat ve Patlayıcıların Etiketlenmesi .....	42
Şekil 1.16. Mühimmat Taşıyan Aracın Etiketlenmesi.....	43
Şekil 1.17. Tehlikeli Bölge Yarıçapı .....	50
Şekil 2.1. Hiyerarşik Model.....	79
Şekil 2.2. İdeal ve Uzlaşık Çözümleri .....	87
Şekil 3.1. Çalışma Alanı Sınırları ve Ulaşım Ağı.....	94
Şekil 3.2. Uygulama İş Akış Şeması .....	99
Şekil 3.3. Uygulama Alanı Başlangıç-Bitiş Noktası .....	102
Şekil 3.4. Trafik Yoğunluk Haritası .....	105
Şekil 3.5. CBS ile En Kısa Mesafenin Bulunması .....	115
Şekil 3.6. CBS ile En Kısa Zamanın Bulunması .....	116

Şekil 3.7. CBS ile En Kısa Zaman ve Mesafenin Karşılaştırılması .....	116
Şekil 3.8. Nüfusa Göre En Uygun Güzergâhın Bulunması.....	118
Şekil 3.9. Kaza Sayısına Göre En Uygun Güzergâhın Bulunması .....	120
Şekil 3.10. Trafik Yoğunluğuna Göre En Uygun Güzergâhın Bulunması .....	121
Şekil 3.11. Terör Verilerine Göre En Uygun Güzergâhın Bulunması .....	122
Şekil 3.12. KV-1 Uzman Personelin Barış Şartlarındaki Verdiği Yanıtlar.....	124
Şekil 3.13. VIKOR Yöntemi ile Elde Edilen Riske Maruz Kalacak Nüfus Yoğunluğuna Göre En Uygun Güzergâh .....	131
Şekil 3.14. VIKOR Yöntemi ile Elde Edilen Trafik Kaza Riskine Göre En Uygun Güzergâh .....	132
Şekil 3.15. VIKOR Yöntemi ile Elde Edilen Terör/Sabotaj Riskine Göre En Uygun Güzergâh .....	133
Şekil 3.16. VIKOR Yöntemi ile Tüm Güzergâhların Birlikte Gösterilmesi.....	134
Şekil 3.17. VIKOR Yöntemi ile Farklı Başlangıç ve Bitiş Noktalara Göre Güzergâh Belirlenmesi.....	135
Şekil 3.18. MOORA Yöntemi ile Elde Edilen Riske Maruz Kalacak Nüfusa Göre En Uygun Güzergâh.....	138
Şekil 3.19. MOORA Yöntemi ile Elde Edilen Kaza Riskine Göre En Uygun Güzergâh...	139
Şekil 3.20. MOORA Yöntemi ile Elde Edilen Terör/Sabotaj Riskine Göre En Uygun Güzergâh .....	140
Şekil 3.21. MOORA Yöntemi ile Tüm Güzergâhların Birlikte Gösterilmesi.....	141
Şekil 3.22. MOORA Yöntemi ile Farklı Başlangıç ve Bitiş Noktalara Göre Güzergâh Belirlenmesi.....	142
Şekil 3.23. Mesafeyi En Küçükleyen Güzergâhta Mersin-Reyhanlı Arası Terör Olayı Meydana Gelmesi.....	143
Şekil 3.24. Terör Nedeniyle Mersin-Reyhanlı Yolu Kapatıldığında Belirlenen Yeni Güzergâh .....	144

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Tehlikeli Madde Sınıflandırması.....	9
Çizelge 1.2. Taşınan Tehlikeli Maddenin Paket Türünü, Maddesini Açıklayan Numara ve Harfler.....	25
Çizelge 1.3. Tehlikeli Madde Paketlerinde Paketleme Grubu Sembolleri .....	26
Çizelge 1.4. ADR Anlaşmasının Genel Yapısı.....	33
Çizelge 1.5. Diğer Yasal Mevzuatlar .....	34
Çizelge 1.6. Tehlikeli Madde Taşıma Sınırlamaları.....	35
Çizelge 1.7. Taşıma Modu ve Yıllara Göre Meydana Gelen Kaza ve Olaylar .....	36
Çizelge 1.8. Taşıma Modu ve Yıllara Göre Meydana Gelen Kazalarda Ölen ve Yaralananların Sayısı.....	36
Çizelge 1.9. Mühimmat ve Patlayıcıların Müşterek Taşıma Grupları.....	41
Çizelge 2.1. Literatürde Yer Alan Risk Analiz Modelleri.....	62
Çizelge 2.2. Kriterler İçin İkili Matrisin Oluşturulması .....	79
Çizelge 2.3. İkili Karşılaştırma Önem-Değer Ölçeği .....	80
Çizelge 2.4. Rastgele Tutarlılık İndeksi Değerleri .....	83
Çizelge 2.5. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden Bazı Performanslarının Karşılaştırılması.....	90
Çizelge 3.1. Çalışma Alanı Ark Numaraları ve Arklar Arası Mesafeler.....	103
Çizelge 3.2. Arklara Göre Trafik Yoğunluk Verileri .....	106
Çizelge 3.3. Arklara Göre Kaza Sayıları Verileri.....	107
Çizelge 3.4. Arklara Göre Nüfus Verileri.....	109
Çizelge 3.5. Arklara Göre Terör Verileri .....	111
Çizelge 3.6. Coğrafi Bilgi Sitemine Aktarılmak Üzere Oluşturulan Veri Bilgileri .....	112
Çizelge 3.7. Değerlendirme Ana Kriterleri .....	123
Çizelge 3.8. AHP Uzman Görüş Anketi.....	124
Çizelge 3.9. KV-1 Ana Kriter Karşılaştırma Matrisi .....	125
Çizelge 3.10. KV-1 Ana Kriterlere Ait Karşılaştırma Matrisinin Normalize Edilmiş Matrisi.....	125

Çizelge 3.11. KV-1 Tüm Öncelikler Matris Değerleri ve $\lambda$ Değeri.....	125
Çizelge 3.12. KV-1 Uyum İndeksi ve Uyum Oranı.....	126
Çizelge 3.13. Geometrik Ortalaması Alınarak Oluşturulan Karar Matrisi .....	126
Çizelge 3.14. Normalize Edilmiş Bütünleştirme Matrisi .....	127
Çizelge 3.15. Ana Kriter Tüm Öncelikler Matrisi ve $\lambda$ Değerleri.....	127
Çizelge 3.16. Ana Kriterler Uyum İndeksi ve Uyum Oranı .....	127
Çizelge 3.17. Barış Şartlarında Ana Kriter Bütünleştirilmiş Öncelik Vektörleri .....	128
Çizelge 3.18. En İyi ve en Kötü Kriter Değerlerinin Belirlenmesi .....	129
Çizelge 3.19. Normalizasyon Matrisi.....	130
Çizelge 3.20. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi .....	130
Çizelge 3.21. Sıralanacak Kriterler ve Bu Kriterlerin Değerleri.....	136
Çizelge 3.22. Normalizasyon İşlemi Sonucunda Elde Edilen Değerler.....	137
Çizelge 3.23. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi .....	137

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 1.1. Ambalajlı Durumda Olan Tehlikeli Maddelerin Yüklenmesi .....	40
Fotoğraf 1.2. Mühimmat ve Patlayıcı Maddelerin Taşıma Öncesi Sabitlenmesi.....	45
Fotoğraf 3.1. Tenteli Tır .....	100
Fotoğraf 3.2. 122mm ÇNRA Mühimmatı .....	101





## FORMÜLLER DİZİNİ

Formül 2.1 Tehlike Alanı İçinde Yaşayan İnsan Nüfusunu Hesapalama Formülü.....	64
Formül 2.2 Nüfusa Etki Değeri Formülü.....	64
Formül 2.3 Olaylı Kaza Olma Olasılığı Formülü.....	64
Formül 2.4 Matris Köşegeni Altında Kalan Bileşen Değerlerini Hesaplama Formülü.....	80
Formül 2.5 B sütün Vektörü Hesaplama Formülü.....	81
Formül 2.6 Kriterlerin Yüzdesel Önem Dağılımlarını Hesaplama Formülü.....	81
Formül 2.7 Temel Değerler Hesaplama Formülleri.....	82
Formül 2.8 Tutarlılık Göstergesi Formülü.....	82
Formül 2.9 Uzlaşık programlamada toplama fonksiyon Formülü.....	86
Formül 2.10 En iyi ve En Kötü Kriter Değerlerinin Belirlenmesi Formülü.....	87
Formül 2.11 Normalizasyon İşlemi ve Matrisinin Oluşturulması Formülü.....	87
Formül 2.12 $Q_i$ Değerlerinin Hesaplama Formülü.....	88
Formül 2.13 Oran Yöntemi Normalizasyon Hesaplama Formülü.....	91
Formül 2.14 Oran Yöntemi Optimizasyon Değeri Hesaplama Formülü.....	91
Formül 2.15 Referans Noktası Hesaplama Formülü.....	91
Formül 2.16 Tchebycheff Min-Maks Metrik İşlemi Formülü.....	91
Formül 2.17 Önem Derecesi Hesaplama Formülü.....	92





## EKLER DİZİNİ

Ek 1. Ana Kriterlerin Değerlendirme Anketi .....	165
Ek 2. Karayolu Katmanı Tablosunun İlk Görüntüsü.....	166
Ek 3. Coordinate System (Optional) Bölümü Ekran Görüntüsü .....	168
Ek 4. Length-Geo Sütununun Metre Cinsinden Gösterilmesi.....	169
Ek 5. New Network Dataset Ekran Görüntüsü.....	170
Ek 6. Add New Attribute Görüntüsü.....	171
Ek 7. Network Analyst ve New Route Görüntüsü.....	172
Ek 8. Creat Network Location Tool .....	173
Ek 9. Zamanın Hesaplanması .....	174
Ek 10. Nüfusa Göre İl ve İlçe Nokta Katmanlarının Gösterilmesi.....	175
Ek 11. CBS'ye İl ve İlçe Nüfus Verilerinin Girilmesi .....	176
Ek 12. CBS'ye Kaza Sayılarının Girilmesi .....	177
Ek 13. Diğer KV'lerin Değerlendirme Anketine Verdiği Cevaplar.....	178
Ek 14. Diğer KV'lerin Her Üç Senaryoya Göre Ana Kriterlere Ait Karşılaştırma Matrisleri.....	184
Ek 15. Diğer KV'lerin Her Üç Senaryoya Göre Ana Kriterlere Ait Karşılaştırma Matrislerinin Normalize Edilmiş Matrisleri .....	187
Ek 16. Diğer KV'lerin Her Üç Senaryoya Göre Ana Kriterlere Ait Diğer Değerler .....	190
Ek 17. VİKOR Yöntemi ile Farklı Başlangıç ve Bitiş Noktalarına Göre Elde Edilen Güzergâhlar.....	195
Ek 18. MOORA Yöntemi ile Farklı Başlangıç ve Bitiş Noktalarına Göre Elde Edilen Güzergâhlar.....	197



## KISALTMALAR DİZİNİ

- W : Öncelikler Vektörü
- E<sub>i</sub> : Öncelikler Matris Değeri
- BM : Birleşmiş Milletler
- UNECE : Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Konseyi
- ADR : Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşması
- IATA : Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
- IMGD : Uluslararası Denizcilik Tehlikeli Maddeler Yönetmeliği
- RID : Tehlikeli Maddelerin Demiryolu ile Taşınması Hakkında Yönetmelik
- OTIF : Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükümetlerarası Örgütü
- CBS : Coğrafi Bilgi Sistemi
- CI : Uyum İndeksi
- CR : Uyum Oranı
- Min : Minimum
- Max : Maksimum
- AHP : Analitik Hiyerarşi Prosesi
- ÇKKV : Çok Kriterli Karar Verme
- KV : Karar Verici
- VIKOR : Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)
- MOORA : Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis



## GİRİŞ

Dünyadaki ekonomik büyüme ve teknolojik gelişmelere paralel olarak tüm sanayi sektöründeki gelişmeler neticesinde gerekli olan ticari ürünlerin hammaddesi olan tehlikeli maddelerin kullanılması son yıllarda git gide artmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler ile birlikte neredeyse tüm dünya ülkeleri için üretimde gerekli olan tehlikeli maddelerin taşınması problemi ile karşılaşmıştır. Birleşmiş Milletler tarafından dokuz sınıfa ayrılan tehlikeli maddeler; mühimmat ve patlayıcılar, gazlar, yanıcı sıvı ve katı maddeler, yakıcı maddeler ile peroksitler, bulaşıcı ve zehirli maddeler, radyoaktif maddeler, aşındırıcı maddeler ve son olarak tehlikeli atıklardan oluşmaktadır.

Tehlikeli maddelerin adında da geçtiği gibi üretiminde, depolanmasında, taşınmasında ve elden geçirilmesinde dikkat edilmediği takdirde insan sağlığına, doğaya ve hayvanlara tahmin edilemez felaketlere yol açması muhtemel olacaktır. Bu nedenle tehlikeli maddelerin üretiminden nihai ürün olarak son noktaya kadar taşınmasında çok dikkatli olunmalıdır. Özellikle tehlikeli maddelerin taşınmasında karşılaşılması muhtemel risklerin hesaplanması ve tüm riskleri minimize edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Tehlikeli maddeler sürekli olarak ihtiyaç duyulan ticari ürünler olması nedeniyle tüm ulaşım modları ile her noktaya devamlı olarak taşınmaktadır. Bu nedenle günümüzde tehlikeli maddelerin taşınmasına yönelik olarak uluslararası platformda birçok anlaşmalar, kurallar ve yönetmelikler yapılmıştır. Ancak tüm bu düzenlemeler tehlikeli maddelerin taşınması esnasında ortaya çıkabilecek risklerin ortadan kaldırılması kapsamında yeterli olamamaktadır. Bu nedenle tehlikeli maddelerin taşınmasında ortaya çıkabilecek riskleri en küçükleme için 1970'li yıllardan itibaren birçok akademik anlamda çalışmalar yapılmıştır. Çalışmaların amacı tehlikeli maddelerin taşınması sırasında olması muhtemel kazalar sonucunda insan sağlığının ve çevrenin korunmasıdır.

Tehlikeli maddelerin taşınması esnasında ortaya çıkabilecek riskler arasında nüfus yoğunluğu riski, kaza olasılık riski, toplumsal risk, terör/sabotaj riski ve çevresel riskleri sayabiliriz. Yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu genellikle etkilenebilecek nüfus yoğunluğu riskini minimize etmek olmuştur. Tehlikeli maddelerin taşınması sırasında yapılan diğer çalışmalar ise ortaya çıkabilecek riskin ölçülmesi ve riskleri minimize eden en uygun güzergâhları tespit eden modeller üzerine yapılmıştır.

Tehlikeli maddelerin taşınması yıllarca yasal otoritenin, sivil toplum kuruluşlarının, akademik çevrelerinin, kamu kurum ve kuruluşları ile ticari işletmelerin dikkatini çekmiştir. Taşıma yapan işletmeler daha çok ekonomik durumu düşündüğü için riskleri en küçüklemekten ziyade mesafe ve zamanı düşünmüşlerdir. Ancak kamu kurumları ise maliyetten çok tüm riskleri minimize etmeyi amaçlayan şebeke tasarımı üzerinde durmuşlar ve bu konuda riskleri en küçükleyen en uygun güzergâhları bulmayı amaçlamışlardır.

Çalışma kamu kurumunda mühimmat ve patlayıcıların taşınmasına yönelik olacaktır. Tehlikeli maddelerin sınıflandırmasına bakıldığında sınıf 1 tehlikeli maddeler mühimmat ve patlayıcılardır. Mühimmat ve patlayıcıların taşınması hem kamu kurumları hem de taşıyıcı firmaların çok dikkat etmesi gereken bir konudur. Mühimmat ve patlayıcıların taşınması konusunda yok denecek kadar az çalışma yapıldığı bilinmektedir. Mühimmat ve patlayıcılar da kendi için de tehlikelerine ve reaksiyona girme durumlarına göre altı sınıfa ayrılmaktadır.

Kamu kurumunda yapılacak olan çalışmada mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasında tüm riskleri (nüfus, kaza olasılığı, trafik yoğunluğu, terör/sabotaj) dikkate alarak bir şebeke oluşturulması ve neticesinde tüm riskleri en küçükleyerek en uygun güzergâhların bulunması amaçlanmıştır. En uygun güzergâhların bulunması için coğrafi bilgi sistemi içerisinde kullanılan ArcMap 10.2.2 programından istifade edilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde tehlikeli maddelerin tanımlanması, sınıflandırılması, tehlikeli madde taşımacılığı hakkında genel bilgi, tehlikeli maddelerin yüklenmesi ve boşaltılması, tehlikeli maddelerin taşınmasında kullanılan araçlar, tehlikeli maddelerin taşınması için yapılan yasal düzenlemeler, tehlikeli maddelerin taşınması esnasında meydana gelen kaza ve ekonomik durum, mühimmat ve patlayıcıların taşınması ile ilgili hususlar ve tehlikeli madde taşımacılığında yapılan literatür taraması yer almaktadır.

İkinci bölümde tehlikeli madde taşımacılığında karşılaşılabilecek risklerin analizlerinin yapılması, coğrafi bilgi sistemi yardımı ile belirlenecek güzergâh seçiminde kullanılacak yöntemler, tehlikeli madde taşımacılığında kullanılan risk analiz modelleri, coğrafi bilgi sistemi vasıtasıyla risk analizi, tehlikeli madde taşımacılığında coğrafi bilgi sistem analizi ve tehlikeli madde taşımacılığında çok kriterli karar verme yöntemlerini içermektedir.

Üçüncü bölüm uygulamaların ve elde edilen güzergâhların olduğu bölümdür. Bu bölümde çalışmanın amacı, kapsamı ve önemi belirtilmiştir. Ayrıca çalışma için coğrafi

bilgi sistemine girilecek verilerin toplanarak sisteme nasıl girildiğinin gösterilmesi yer almıştır. Müteakiben elde edilen veriler ışığında risklerin en küçükleme yapılarak en uygun güzergâhların oluşturulması ve tespit edilen güzergâhların harita üzerinde gösterilmesini içermektedir.

Uygulama ile mühimmat ve patlayıcı taşımacılığında coğrafi bilgi sistemi programı ile birlikte çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak bütünleşik bir yapı içinde kullanılması amaçlanmıştır.

Son olarak mühimmat ve patlayıcı taşımacılığında belirlenen üç senaryoya göre (barış, kriz ve gerginlik anı ve savaş zamanı) risklerin tespit edilmesi, risklerin analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ile ağırlıklandırılması ile ağırlıklandırılması yapılan risklerin çok kriterli karar vermek yöntemlerinden olan VIKOR ve MOORA yöntemi ile analiz edilerek tehlikeli madde taşımacılığında güzergâhların belirlenmesi yer almaktadır.

Çalışmanın uygulama neticesinde elde edilen güzergâhlara ilişkin değerlendirme ve öneriler sonuç bölümünde yer almıştır.

# 1. BÖLÜM

## 1. KAVRAMSAL VE KURAMSAL ÇERÇEVE

Tehlikeli madde ve tehlikeli madde taşımacılığı son dönemde hem kamu hem özel sektörde öne çıkan ve bu konu üzerinde araştırmacıların dikkatini çeken bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Tehlikeli madde, içerdiği kimyasal maddeler ve reaksiyona girmesi sebebiyle tüm doğayı ve insanlığı etkileyebilecek bir hammadde veya nihai ürün olarak elden geçirilmesi söz konusudur.

Çalışmanın bu bölümünde, tehlikeli maddeler ve tehlikeli madde taşımacılığı, tehlikeli maddelerin sınıflandırılması, tehlikeli maddelerin paketlenmesi, yüklenmesi ve boşaltılması, kullanılan araçlar, tehlikeli madde taşımacılığındaki yasal mevzuatlar, tehlikeli madde kazaları ve ekonomik durum ile tehlikeli madde konusunda literatür taraması incelenecektir.

### 1.1. Tehlikeli Maddeler ve Tehlikeli Madde Taşımacılığı

Son yıllarda gelişmekte olan ekonomi ve sanayileşmedeki ilerlemeler dikkate alındığında en çok ihtiyaç duyulan ticari mallar için hammadde olan tehlikeli maddelerin kullanılması yaygın hale gelmiştir. En başta gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler olmak üzere tüm dünyada sanayileşme sonucu ortaya çıkan patlayıcı madde, yakıcı, yanıcı ve parlayıcı ile kimyevi maddelerin talebi gün geçtikçe artmış ve bunun neticesinde söz konusu maddelerin taşınma problemini ortaya çıkarmıştır. Tehlikeli maddelerin çıkış noktasından son nihai varış noktasına kadar taşınmasının yapılması ulaşım alanında önemli bir konuma sahiptir. Tehlikeli maddenin özelliği dikkate alındığında hem çevreye hem de bölgede yaşayan insan ve hayvan nüfusa verebileceği zararların büyük olabilmesi nedeniyle bu maddelerin üretimi, depolanması ve taşınması sırasında çok dikkatli olunması gerekmektedir.

Tehlikeli maddeler özellikle küreselleşme sonucunda uluslararası ticaretin bir neticesi olarak tüm ulaşım türleri arasında devamlı olarak yapılan bir faaliyettir. Tehlikeli maddelerin üretilmesi, depolanması ve özellikle taşınması esnasında toplumu ve çevreyi belirli bir riske maruz bıraktığı bilinmektedir. Tehlikeli maddelerin tehlike özelliğinden dolayı üretimi, depolanması ve dağıtımını esnasında alınacak emniyet tedbirleri ile oluşabilecek tüm kaza risklerini en aza indirilmesi gerekecektir. Kaza risklerini minimum



seviyede tutmanın yanı sıra tamamen ortadan kaldırılması kapsamında son yıllarda bazı yasal düzenlemelere ihtiyaç duyulmuş ve uluslararası düzeyde müştereken yapılmış kanun ve kurallar ortaya çıkmıştır.

Tehlikeli madde taşımacılığı yerli ve yabancı kaynaklara bakıldığında çok farklı problem alanlarına daha farklı bir görüş açısı getiren birçok konu üzerine odaklandığı gözlenmiştir. Bu güne kadar yapılan çalışmalardan önemli bir bölümünü meydana getiren risk analiz modelleri, tehlikeli madde taşımacılığında ortaya çıkan riskin ölçülebilmesi ve amaca en uygun güzergâhın tercih edilmesi için kullanılan modellerdir. (Karabulut, S. 2014).

Hemen hemen tüm tehlikeli madde taşımaları bu maddelerin üretildiği, depolandığı veya dağıtım yapıldığı sabit bir tesis olan kaynak noktasından, tehlikeli maddenin ihtiyaç duyulduğu yer olan bir ya da daha fazla varış noktasına taşınmaktadır. Taşımanın yapılacağı çıkış noktası ile varış noktası arasında izlenebilecek birçok farklı güzergâh bulunabilir. Tehlikeli madde taşımacılığının yapılacağı güzergâhın belirlenmesi sırasında taşıyıcıların kararlarını belirleyecek bazı etmenlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu etkenleri, yasal ve fiziksel olarak yapılacak sınırlamalar çerçevesinde zorunlu etkenler ve çevrenin maruz bırakıldığı risk gibi değişebilen etkenler olmak üzere iki şekilde sınıflandırmamız mümkün olacaktır (Thierheimer ve ark., 2010).

Tehlikeli madde taşımacılığı için en uygun güzergâhı belirlemek adına karar verme yöntemlerinden faydalanılması gerekmektedir. Çoğunlukla ekonomik etkenler göz önünde bulundurulduğunda güzergâh belirleme modellerinden en çok tercih edileni olan en kısa ya da minimum maliyetli olan yol modeli tercih edilmektedir. Fakat güzergâhı tayin etmede başka etkenlerin de göz önünde bulundurulması büyük önem arz etmektedir. Taşımacılıkta güzergâhın belirlenmesinde ne gibi etkenlerin ağırlıklı olarak göz önüne alınacağı yasal kanun koyucular ya da taşıyıcı firmalar açısından değişiklik göstermekle birlikte güvenlik etkenleri ile ekonomik etkenlerin çatışması sonucu söz konusu süreci daha karmaşık bir hale getirmesi kaçınılmaz olacaktır (Castillo, 2004).

Yasa koyucular, karayolu üzerinde tehlikeli madde taşıyıcıların meydana getirmiş olduğu riski en aza indirmeyi amaç edinmişken, taşıyıcı firmalar taşımacılıktan kaynaklanan riski ile taşıma maliyetlerini en aza indiren güzergâhı belirlemeyi kendine amaç edinmişlerdir. (Ümit ve Kara, 2003).

Taşıyıcılar maliyetlerini minimum seviyeye indiren en kısa yol basit bir matris yapılarak belirlenebilir. Fakat belirlenen güzergâhın meskûn yerlere yakın yerden veya çevresel faktörlerin yoğun olduğu yerlerden geçmesi, taşıma sırasındaki riski de artırması kaçınılmaz olacaktır. Söz konusu durumda mesafenin artması veya zamanın çoğalması gibi durumlar göz önünde bulundurulmayıp baştan yeni bir güzergâh belirlenebilmesi durumunda riskin düşebileceği değerlendirilmiştir. Böyle bir durumda gerçekte varılması istenen temel hedef, her iki amacın da ideal çözüme ulaşması anlamında önemli olduğu vurgulanmıştır (Erkut ve Alp, 2007).

Tehlikeli madde taşımacılığı iki nokta arasında yükün güvenli taşınması için her biri farklı görevi olan yükleyen, taşıyan, paketleyen, gönderen, sigortalayan ve resmi otorite gibi birçok ana aktörü içermektedir. Her birinin kendine göre farklı öncelikleri ve bakış açıları olan bu ana aktörlerden resmi makamlar riski minimumda tutmaya çalışırken, taşıyıcı firmalar ise taşıma zamanı ve maliyetini minimumda tutmaya çalışmaktadırlar. Bu sebepten dolayı tehlikeli madde taşımacılığı çeşitli aktörler içeren tipik birçok amaçlı problemdir (Erkut ve ark. 2007).

Yasal kanun koyucular ile taşıyıcı şirketler arasındaki değerlendirmeler göz önüne alındığında oluşan başka bir ayırım da taşımanın içeriğidir. Kanun koyucular gerçekleşen tüm tehlikeli madde taşımalarını göz önünde almak durumundayken, taşıyıcılar yalnızca kendi adına yaptıkları taşımaları organize etmektir. (Kara ve Verter, 2004).

### **Tehlikeli Madde Tanımlanması**

Kavramsal olarak tehlikeli madde en basit ifade ile “insana, doğaya ve diğer canlılara zarar verme olasılığı olan veya zarar veren maddeler olarak” tanımlanabilir. “Tehlikeli maddeler kimyasal, fiziksel ve yapısal özellikleri bakımından insan sağlığı, çevre ve eşyalara zarar veren katı, sıvı veya gaz halinde bulunan ve özel kaplarda ve şartlarda depolanan patlayıcı, parlayıcı, yanıcı ve yakıcı maddelerdir” (Eroğlu vd., 2013).

Tehlikeli madde taşınması yasaklanmış ya da taşınması ADR anlaşması hükümlerine bağlı olarak mümkün tehlikeli tepkime oluşturmayan maddelerdir. 2010 yılında Türkiye’nin taraf olduğu ADR (Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşması)’ye göre tehlikeli maddeler; “kimyasal ve fiziksel yapısı itibariyle elde edilmesi, işlenmesi, saklanması, paketlenmesi, kullanılması, atılması ve taşınması çevreye,

insanlara ve doğal hayata zararlı olabilecek tüm maddelere tehlikeli maddeler denir” olarak tanımlanmaktadır (ADR, 2017).

ADR'nin tanımı dikkate alındığında “tehlikeli madde veya maddeler, insanlara, hayvanlara ve doğaya zarar verebilecek nitelikte kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip maddeler olarak ifade edilmektedir.” Tehlikeli maddeler için tanımlama yapılırken küresel açıdan standartlarına uygun tanımlamalar esas alınmalıdır. Bunun için bütün dünyada geçerli olan ve aynı anlamı taşıyan rakamlar, harfler ve işaretler kullanılır. Bu yüzden tehlikeli madde lojistiği yapılırken, lojistik süreç içinde ilgili ürünler ve bu ürünlerin özellikleri tanımlanır ve potansiyel risk veya riskler yok edilmeye çalışılır. Bir tehlikeli maddenin bazen birden fazla tehlikesi olma ihtimali yüksektir.

Tehlikeli maddeler, “kendine has özellikleri veya sevki esnasındaki pozisyonu itibariyle, lojistiği esnasında kamu güvenliğini ve düzeninin, kamu ve önemli mallarını, insanların ve diğer canlıların, hayatını ve sağlığını tehlikeye atabilirken aynı zamanda çevreye de ciddi zarar verme riskini her zaman barındırabilen her türlü madde ve araçlardır”( Delisi, 2006:79).

“Kendi yapısından, kendi özelliklerinden veya kendi durumlarından dolayı taşıma esnasında umuma, genel düzene, önemli eşya ve mallara, insanlara, hayvanlara ve çevreye tehlike arz eden madde ve nesnelere tehlikeli madde adı verilmektedir.” Bir diğer tanıma göre “tehlikeli maddeler, doğaları gereği, içerik ve durumları itibariyle dikkatsizlik ve kazalar sonucunda çevre güvenliğini, hayvanları, insanları ve genel güvenliğini tehlikeye düşüren maddeler olarak tanımlanmışlardır (www.tehlikelimaddetasimaciligi.org erişim tarihi 10 Mayıs 2020)”

Avustralya Hükümeti tarafından yayınlanan Tehlikeli Maddeler Yönetmeliğinde; içeriğinde tehlikeli kimyasallar, maddeler, mallar, atık maddeler ve radyoaktif maddelerden birini veya daha fazlasını barındıran maddeler, tehlikeli madde olarak sıralanmaktadır. Yönetmelikte tehlikeli maddeler; fiziksel, kimyasal veya akut toksisite özellikleri ile insanlara, canlılara ve doğaya anında bir tehlike oluşturması muhtemel maddeler olarak tanımlanmaktadır (Australian Government, 2016:3-5). Gerek ADR ve gerekse Avustralya Hükümeti tarafından yayınlanan yönetmelikteki tanımlar incelendiğinde; tehlikeli maddelerin benzer şekilde tanımlandığını söylemek mümkündür. Bu durumu; tehlikeli maddelere ilişkin uluslararası anlamda ortak bir görüş birliğinin olduğu, Birleşmiş Milletler

Alt Komisyonu tarafından hazırlanan anlaşmayı tüm dünya devletlerinin ortak bir çerçeve olarak benimsedikleri şeklinde açıklamak mümkündür. Nitekim 22 Mart 2010 tarihinde Türkiye’de ADR Anlaşmasına taraf ülke olarak (UTİKAD, 2010), tehlikeli maddelere ilişkin uluslararası görüş ve eylem birliğinin bir parçası olmuştur.

## **1.2. Tehlikeli Maddelerin Sınıflandırılması**

Tehlikeli maddeler kimyasal özelliklerine (yanıcı), yapısal özelliklerine (sıvı, gaz, katı)ve sebep olabilecekleri tehlikelerine göre (patlayıcı, zehirli, asidik) sınıflandırılmaktadır. Tehlikeli maddelerin bir ana riski ya da asıl riski ve birde yan riski vardır. Bu risklere göre çevreye vereceği zarar da değişir. Örneğin: UN 2817 Amonyum hidrojen fulorid çözeltilisinin ana riski sınıf 8 iken yan riski sınıf 6.1 dir. Yani bu madde hem aşındırıcı ve hem de zehirlidir. Dolayısı ile bulunduğu ortamı aşındırırken çevresindeki canlıları da zehirler (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

Tehlikeli Maddeler dokuz temel sınıfa ayrılmıştır. Alt sınıflandırmalar ile birlikte toplam 13 tehlikeli madde sınıfı vardır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır. Sınıf 1 Patlayıcı maddelerde ayrıca 6 alt sınıf ve 13 tolerans grubu mevcuttur (UN, 2011a; IMO, 2010a).

Çizelge 1.1. Tehlikeli Madde Sınıflandırması

UN Sınıfı	Tehlikeli Madde Türü	Alt Sınıf	Sınıf İsmi
1	Mühimmat ve Patlayıcı Maddeler	1.1- 1.6 arasında alt sınıfa ayrılmıştır	1.1 kütle halinde patlama özellikli maddeler 1.2 parça tesirli patlama özellikli maddeler 1.3 yangın çıkarma riski olan maddeler 1.4 belli bir karakteristiği olmayan maddeler 1.5 kütle haline patlama riski olan çok duyarsız maddeler 1.6 kütle halinde patlamayan duyarsız maddeler
2	Gazlar	2.1- 2.3 arasında alt sınıfa ayrılmıştır	2.1 yanıcı gazlar 2.2 yanıcı ve zehirli olmayan gazlar 2.3 zehirli gazlar
3	Yanıcı Sıvılar	3.1- 3.3 arasında alt sınıfa ayrılmıştır	3.1 zehirli yanıcı sıvılar 3.2 aşındırıcı yanıcı sıvılar 3.3 patlayıcı yanıcı sıvılar
4	Katılar	4.1- 4.3 arasında alt sınıfa ayrılmıştır	4.1 yanıcı katı maddeler 4.2 kendiliğinden tepkimeye giren yanıcı katı maddeler 4.3 ısılandığında yanıcı gaz üreten katı maddeler
5	Oksitleyiciler	5.1 ve 5.2 arasında alt sınıfa ayrılmıştır	5.1 oksitleyici maddeler 5.2 organik peroksitler
6	Zehirli ve bulaşıcı maddeler	6.1 ve 6.2 arasında alt sınıfa ayrılmıştır	6.1 zehirli maddeler 6.2 bulaşıcı maddeler
7	Radyoaktif maddeler	Alt sınıfa ayrılmamıştır	
8	Aşındırıcı maddeler	Alt sınıfa ayrılmamıştır	
9	Diğer tehlikeli maddeler	Alt sınıfa ayrılmamıştır	

**Kaynak:** (UN, 2011a).

Sınıf numaraları birden dokuza doğru sıralanmasının anlamı maddelerin taşıdıkları risklerin büyüklüğüne göre değil, tamamen tesadüfi bir sıralamadan kaynaklı olduğu bilinmektedir.

### **1.2.1. Sınıf 1: Patlayıcı ve Patlayıcı İçeren Madde ve Nesnelere**

Bu tür sınıfa giren tehlikeli maddeler meskûn mahallinden ve tesislerden en az 400 metre korunaklı ve doğal ya da yapay barikatlandırılma yapılan depolara konulmalıdır. Bu sınıfa dâhil maddeler: “Kara barut, fişek, sis bombası, cephane, dinamit vb.”. “Patlayıcı maddeler, ısı ışık gibi dıştan gelebilecek faktörün etkilenmesi sonucu farklı ölçeklerde infilak edebilen bu yönüyle insan sağlığı ve diğer varlıklara olumsuz etkiler yaratabilen maddelerdir.” Bu tür maddelerin patlaması ya da infilak etmesi, patlayıcı maddeye etki eden bu etkenlerin patlayıcı maddenin doğasında yer alan reaksiyonu başlatması sonucunda söz konusu olabilmektedir (UN, 2011a:57-71).

Mühimmat ve patlayıcı maddelerin içerdiği riskler açısından değerlendirildiğinde, herhangi bir düzeyde patlama değerine sahip olan madde ve bileşikler de patlayıcı madde kapsamına girebilmektedir. Bu kapsamda, patlayıcı madde sınıfı içerisinde her türden infilak riskine sahip askeri nitelikte mühimmatlar, maden ocakları gibi amaçlarla kullanılan dinamit lokumları, nitrogliserin, TNT ve gibi maddeler yer almaktadır (Görçün Ö.F, Demir, G, 2007).

Patlayıcı madde sınıfında bulunan tüm gereçler, bu sınıfa ait kendine has etiket ile birlikte taşınabilmektedir. Etiketinin zemin rengi turuncu olup üzerinde patlamayı gösteren patlama işareti bulunmaktadır. Söz konusu etiketin alt kısmında sınıf numarası ile birlikte, alt tehlike sınıf sembol ve işareti bulunmaktadır (H.J. Kimisch, R.Bretz. J.E.Doe. D. A. Purser, 1987:7).

Patlayıcı maddeler sınıfına dâhil olan materyallerin risk değer ve özelliklerini tanımlamak üzere harf kodları da kullanılmaktadır. BM bu konuda harfler ile sınıflandırma ve sınırlandırma yapmıştır. Bu harfler “A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, N, S”dir.” Bu kodlar müşterek uyum grupları olarak da ifade edilmektedir. Patlayıcılar birlikte yükleme veya depolama yapıldığında, müşterek yükleme yasağı tablosuna göre yükleme veya depolama yapılmalıdır ( UN, 2011b:357-359).



**Kaynak:** (KKT 9-1300-1-20 (A) Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları 2020)

Şekil 1.1. IMDG Koduna Göre Patlayıcı ve Mühimmat İçin Kullanılan Etiket

Patlayıcı madde sınıfı içerisinde yer alan tehlikeli maddelerin sahip oldukları riskler ve yaratacakları tehlikeler çerçevesinde altı alt tehlike grubu tanımlanmıştır. Bu gruplar sınıf numarasının noktadan sonra yanına yazılacak bir başka numara ile tanımlanmaktadır. Dolayısıyla alt grupların tanımlanması; Grup 1.1.'den başlayarak Grup 1.6'ya kadar söz konusu olmaktadır. Gruplamada en önemli nokta, alt grup numarası arttıkça riskin de azalmasıdır.

- 1.1 Kütle halinde patlayan maddeler
- 1.2 Kısmi ve parça tesirli halde patlayan maddeler
- 1.3 Kütle halde patlamayan fakat hava basıncı ve parça tesiri nedeni ile düşük tehlike içeren, yangın tehlikesi olan maddeler
- 1.4 Özel bir tehlike içermeyen ve patlama riski düşük olan maddeler
- 1.5 Kütle halinde patlayan, düşük tehlikeli maddeler
- 1.6 Kütle halde patlamayan, riski çok az olan maddeler (Görçün, Ö.F, Erdal, M. 2010).

Patlayıcı ve patlayıcı içeren madde ve nesnelerin içerdiği tehlikeler ve dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda sunulmuştur;

- Yangın tehlikesi,
- Patlayıcı madde taşınmasında azami dikkat,
- Darp,
- Isı yükselmesine,
- Kıvılcıma karşı aşırı hassasiyet,
- Parça ve şarapnel etkisi,
- Körlük,
- Zehirli duman (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010)

### **1.2.2. Sınıf 2: Gazlar**

Tüm gazlar, lojistik planlamada özellikle taşıma ve depolamada sıkıştırılmaktadır. Bu yüzden yerden tasarruf edilmektedir ve potansiyel olarak tehlike oluşturan özelliklerde sıkıştırmadan kaynaklanan basınçtır. Sıkıştırmadan oluşabilecek ve basıncın aniden serbest kalması durumunda, Sınıf 1 'dekine benzer basınç ve parça tesiri tehlikesine sebep olacak büyük bir kuvvet oluşturabilmektedir (CGA, 2003).

Tehlikeli maddeler sınıflandırmasında sınıf 2 başlığı; "saf gazlar veya gaz karışımları ile bir veya birden fazla madde-nesne içeren gaz ve gaz karışımlarını" kapsamaktadır. Ayrıca 50 °C 'de 3.0 bardan daha fazla buhar basıncı veya 20 °C'de ve standart 1.01 bar basınçta tamamen gaz olan maddeleri ifade etmektedir (Danışman E.2019).

Patlama riskinden hariç, kademeli gaz kaçağı boğulmaya sebebiyet verebilmektedir. Bu sebeple elden geçirme ve depolama mümkün oldukça açık havada yapılmalıdır. Gaz kaçaqları ( özellikle sıvı haldeki gazlar için) ciddi ısı düşüşlerine sebep olabilir ve insanlara zarar verebilir. Ayrıca muhafaza esnasında diğer maddelerin aşırı soğumasından dolayı kolay kırılır hale gelmesine neden olabilirler (UN,2012a:146-155).



İçeriğinde gaz olsa dahi risk yaratmayan maddeler bu sınıfa dâhil edilmemektedir. Örnek olarak gazlı içecekler ve mineralli maden suları verilebilir. Gazlar kendi içerisinde farklı kategorilere ve alt tehlike gruplarına ayrılabilir. Her bir alt tehlike grubu harf kodu ile tanımlama yapılabilmekte, gaz formunda olan tehlikeli maddeler bu alt gruplar içerisinde birden çoğuna dâhil olabilmektedir. Bu yüzden alt gruplar harf bileşenleri ile çoğalabilmektedir. Gazlar lojistik faaliyetlerde kullanılmak üzere aşağıdaki gibi kategorilere ayrılmıştır.

**Sıkıştırılmış Gazlar:** Örnek olarak UN 1072 Oksijen, Sıkıştırılmış ( UN,2012a:344-345).

- **Sıvılaştırılmış Gazlar:** Örnek UN 1978 Provan (UN,2012a:424-425), UN 1011 Butan (UN, 2012a:340-341). UN 1017 Klor (UN,2012a:340-341).
- **Dondurulmuş Sıvılaştırılmış Gazlar:** Örnek, UN 1977 Azot, Dondurulmuş Sıvı (UN,2012a:424-425).
- **Çözünmüş Gazlar:** Örnek, UN 1001 Asetilen, Çözünmüş (UN,2012a:338-339).
- **Basıncı Gaz Ambalajlar ve Küçük Gazı Hazneler:** Örnek, UN 1950 Aeroseller (UN,2012a:420-421). ve UN 2037 küçük Gazlı Hazneler, (UN,2012a:434-435).
- **Basınç Altında Gaz Bulunduran Gereçler:** Örnek, UN 2857 Soğutucu Makineler, (UN,2012a:494-495).
- **Bazı Özel Kurallara Bağlı Olan Basınç Altında Olmayan Gazlar:** Örnek, UN 3167 Gaz Numuneleri, Basınç Altında Olmayan, Tutuşabilen (UN,2012a:530-531).
- **Ayrıca boş hazneler:** Örnek, Atık halde olan basınç bulunduran boş gaz şişeleri ve boş tanklar.



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.2. IMDG Koduna Göre Yanıcı Gazlar İçin Kullanılan Etiket

Gaz maddelerin içerdiği tehlikeler ve dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda sunulmuştur;

- Yanıcı,
- Yangını körükleyici,
- Zehirli,
- Donma,
- Tahriş edici,
- Boğucu,
- Asidik,
- Oksijen veya hava ile karışımı sonucunda patlama tehlikesi (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2009).

### **1.2.3. Sınıf 3: Yanıcı Sıvı Maddeler**

“Yanıcı sıvı maddeler atmosferik ortamda ve 61°C’den daha düşük yanma (parlama) derecesine sahip olan tehlikeli maddelerin yer aldığı sınıftır. Yanıcı sıvı maddeler sınıfı; sıvı bir madde içerisinde hassasiyeti azaltılmış patlayıcı maddeleri de içerebilmektedir. (H.J. Kimisch, R.Bretz. J.E.Doe. D. A. Purser, 1987:7).”

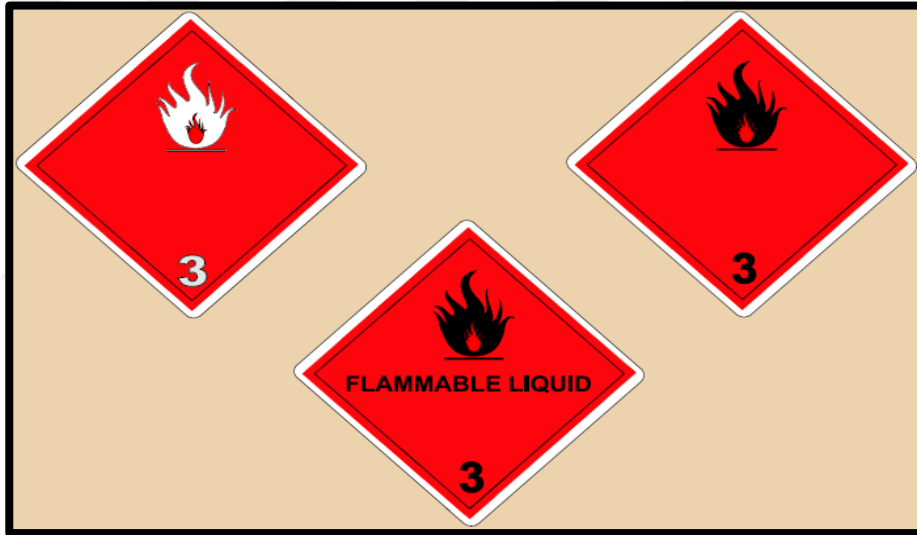
Tehlikeli maddeler sınıflandırmasında sınıf 3 başlığı yanıcı sıvılardır. Yanıcı sıvılar; “sıvı-sıvı karışımları, solüsyon veya süspansiyon içinde katı içeren (boya, vernik, vb. gibi ancak içerdiği tehlike özelliği nedeniyle başka sınıflarda olan maddeler hariç) ve 60 °C’de yanan veya 37.8 °C’de parlayan sıvılar olarak tanımlanmaktadır (Akyürek, 2015:12).”

ADR’nin sınıflandırmasında 3.1 sınıf ve bölüm numarası ile gösterilen zehirli yanıcı sıvılar; genel olarak 60 °C’de yanan ve yanma sonucunda zehirli buhar çıkaran sıvılardır. Alkol, pestisit (arsenikal, civa esaslı, vb.) ve izosiyantlar ile izosiyant çözeltileri zehirli yanıcı sıvılara örnek olarak verilebilir. Sınıflandırmada 3.2 ile sınıf ve bölüm numarası ile gösterilen aşındırıcı yanıcı sıvılar; yanma ve bulunduğu ortam veya zemin üzerinde aşındırma tehlikesi bulunan sıvılardır. Boya, vernik, emaye, renklendirici, lake, cila, parlatma sıvı dolgu ve sıvı vernik dâhil bazı sıvılar, aşındırıcı yanıcı sıvılara örnek olarak

verilebilir. Sınıflandırmada 3.3. sınıf ve bölüm numarası ile gösterilen yanıcı ve patlayıcı sıvılar ise; hem yanma hem de tepkimeye bağlı patlama riski taşıyan sıvılardır.

Yanıcı sıvı maddeler sınıfı için maddelerin tehlikeleri ve risklerini tanımlamak üzere iki unsur göz önüne alınmaktadır. Bunlarda ilki tehlikeli maddenin parlama derecesi, diğeri ise akışkanlık seviyesidir. Yanıcı sıvı bir maddenin tehlike ve risk derecesini gösteren faktörlerden birisi söz konusu maddenin parlama derecesidir. Bu değer maddenin kaç °C derecede yanıcı olabileceğini göstermektedir. (H.J. Kimisch, R.Bretz. J.E.Doe. D. A. Purser, 1987:7).

BM'ye göre dünya çapında en çok yanıcı sıvı maddeler taşınmaktadır. Yanıcı sıvı maddeler, “yakıt olarak kullanılan petrol ürünleri, boya ve boya çözücüler, mürekkepler, yapıştırıcılar gibi bazı tüketim maddelerini içermektedir” ( Akçetin, E. 2012).



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.3. IMDG Koduna Göre Yanıcı Sıvılar İçin Kullanılan Etiket

Yanıcı sıvı maddelerin içerdiği tehlikeler ve dikkat edilmesi gereken noktalar;

- Buharları patlayıcıdır,
- Yanıcı,
- Patlayıcı,
- Aşındırıcı,
- Zehirli,

- Suyun biyolojik, kimyasal, fiziksel yapısını değiştirmekte olup, zehirlemektedir (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

#### 1.2.4. Sınıf 4: Yanıcı Katı Maddeler

“Yanıcı katı maddeler sınıfı; içerik olarak katı nitelikte olan kendiliğinden veya dışsal bir etken sonucu yanabilen katı maddeleri içeren bir tehlikeli madde sınıfıdır.” Gazlar ve sıvılardan başka katı maddeler de yangın riskini içinde bulundururlar. Bu sınıftaki dikkate değer önemli nokta, ürünü de içine alan herhangi bir yangının çok yoğun, yüksek sıcaklıkta olacağından sndrmesinin g olacağıdır. Büyük olasılıkla yanmadan kaynaklanan zehirli veya aşındırıcı gazlar gibi istenmeyen ilave tehlikeler meydana getirebilecektir.

Güvenlik için bu sınıftaki maddelere diğer yanıcı maddeler gibi muamele edilmeli ve bu maddeler olası ateş kaynaklarından uzak tutulmalıdır. Yanıcı katı maddeler kendi içerisinde yarattığı riskler ve tehlikeler dikkate alınarak üç alt gruba ayrılmaktadır (IMO,2010a:59-68).

Sınıf 4.1’de Yanıcı Katılar, açıkta veya bina içinde istif edilmelidir. Yaşam mahallerinden uzak tutulmalıdır. Bu sınıfa dâhil maddeler: “Alüminyum tozu, sellloid, naftalin, kırmızı fosfor, filmler, petrol yağı, kuru lifler gibi. (Küçük, .2015:6).”



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.4. IMDG Koduna Göre Yanıcı Katılar İçin Kullanılan Etiket

Sınıf 4.2’de Kendi Kendine Yanabilen Maddeler, çok iyi havalandırılmış yerlerde istiflenmeli, istif araları hava dolaşımını sağlayacak Şekilde oluşturulmalıdır. Bu sınıfa dâhil maddeler: “Kuru ot, mangal kömürü gibi (Küçük, .2015:7).”



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.5. IMDG Koduna Göre Kendi Kendine Yanabilen Katılar İçin Kullanılan Etiket

Sınıf 4.3’de Su ile temas ettiklerinde veya ıslandıklarında, yanma özelliği gösteren katılardır. İyi havalandırılmış kuru yerlerde muhafaza edilmeli ve su ile temasından mutlak suretle kaçınılmalıdır. Bu sınıfa dâhil maddeler: “Alkalin alaşımlar, baryum, karpit, ferro silisyum, natriyum, magnezyum gibi (Küçük, Ö.2015:7).”



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.6. IMDG Koduna Göre Su ile Temas Ettğinde Yanabilen Katılar İçin Kullanılan Etiket

Yanıcı katı maddelerin içerdiği tehlikeler ve dikkat edilmesi gereken noktalar;

- Yangın esnasında zehirli duman oluşabilir,
- Kıvılcım, ateş, sıcak yüzeyler (egzost) temasında kolayca yanar,
- Kuru halde patlayıcı olabilir,
- Tozları patlayabilir (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

### 1.2.5. Sınıf 5: Yakıcı (Oksitleyici) ve Organik Peroksit Maddeler

Hemen yanmaya müsait olan bu madde oksijeni fazlaca barındırmaktadır. Söz konusu bu maddeler bölünebildiği gibi bölünme aşamasında oksijeni açığa çıkarmaktadırlar.

Güvenlik için Sınıf 5 maddelerini uzak bile olsa, asla yanıcı olan başka herhangi bir maddeyle birlikte depolamamak veya taşımamak gerekir. Bu maddeler aşındırıcı özelliği de sahiptirler. Bu sınıfın iki alt sınıfı vardır (UN, 2010a).

Sınıf 5.1’de bulunan oksitleyici maddeler, oksijen açığa çıkartmak suretiyle yanmayı kolaylaştırıcı bir ortam meydana getirir. Oksitleyici maddeler oksijen fazlasının yararlı olduğu, günlük kullanım maddelerinde bulunan ve doğal olarak oluşan maddelerdir. Bu özellikleri nedeniyle yanıcı maddelerin yanına istiflenmemelidir. Bu sınıfa dâhil maddeler: “Nitrat, emniyet kibritleleri, suni gübre, amonyum sülfat, zararlı ot öldürücüler, baryum klorat gibi (Küçük, Ö.2015:8).

Yakıcı özelliği olan maddelerin içerdiği tehlikeler ve dikkat edilmesi gereken noktalar;

- Yanıcı maddeler ile temas etmemelidir,
- Başka maddeler ile karıştırılması yanmaya sebebiyet verebilir,
- Sürtünme, darp yanmaya sebebiyet verebilir,
- Patlama, asidik etki, sağlık bozucu (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.7. IMDG Koduna Göre Oksitleyici Maddeler İçin Kullanılan Etiket

Sınıf 5.2’de Organik Peroksitler Yalnızca oksijen değil, karbon ve hidrojen içerdiklerinden, kendi kendilerini oksitleme potansiyeli olan sentetik maddelerdir. Bu sınıfa giren maddeler yanıcı olabilecekleri gibi, patlayıcı da olabilir. Açık alanda üstü örtülü olarak, kuru ve serin yerlere konulmalıdır. “Bu sınıfa dâhil maddeler: Bütün peroksitler bu sınıfa dâhildir (Küçük, Ö.2015:9).”

Kendi kendine tepkimeye girebilen organik peroksitlerin, kendiliğinden artan çözülme (ayrışma) ısıları olacaktır. Bu ısının üstünde durdurulamayan kendi kendini ısıtma döngüsü oluşacak, sonuçta ateşleme kaynağı, hatta hava olmadan patlama gerçekleşecektir. Oldukça tehlikeli bir alt sınıftır (UN, 2010a).

Organik peroksit maddelerin içerdiği tehlikeler ve dikkat edilmesi gereken noktalar;

- Ayrışma durumunda yanıcı ve zehirli gazlar meydana gelmektedir,
- Göz ile temastan kaçınılmalıdır,
- Ayrışma durumunda ısı meydana gelmektedir,
- Peroksitler yanıcıdır (Ateş ile dikkat),
- Bazı organik peroksit maddeleri dondurulmuş ortamda taşınmalıdır (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.8. IMDG Koduna Göre Organik Peroksitler İçin Kullanılan Etiket

### **1.2.6. Sınıf 6: Zehirleyici ve Bulaşıcı Maddeler**

Bu sınıfın iki alt bölümü vardır. Bu tür maddelerin sonuçları genel olarak birdenbire olan hastalık veya ölümdür. İnsan açısından bakıldığında, sınıf 6 maddeleri vücuda nefes,

emilme ve yutma gibi birçok yollardan bir kaçını veya hepsiyle girebilir. Bu tür maddelerin her türlü faaliyeti icra edilirken temizliğe büyük önem verilmelidir (UN, 2010a).

Sınıf 6.1 ile gösterilen zehirli maddeler; madde ile temas, maddenin yutulması veya çıkardığı buharın solunması sonucunda insanların ve hayvanların ölümüne neden olabilecek maddelerdir (ADR, 2013:200). Bu maddeler özellikle kazazedeyi biyokimyasal yollarla etkileyen kimyasal zehirlerdir. Birçoğunun yanıcılık veya aşındırıcılar gibi ikincil tehlikeleri vardır (UN, 2010a).



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.9. IMDG Koduna Göre Zehirleyici Maddeler İçin Kullanılan Etiket

Zehirleyici maddelerin içerdiği tehlikeler ve dikkat edilmesi gereken noktalar;

- Yanma noktası 23 °C'nin altında olan zehirli maddeler üçüncü sınıf tehlikeli maddelere girmektedir,
- Zehirlidir,
- Sağlık bozucudur,
- Yanma tehlikesi vardır,
- Suyla temas halinde zehirli gazlar üretirler (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

Sınıf 6.2 numarasında yer alan bulaşıcı maddeler; içeriğinde patojen bulunan, insan ve hayvanların hastalanmasına neden olabilen virüs, mikrop ve bakteri ve mantar gibi mikro organizmalar ihtiva eden maddelerdir.



Bu maddeler mikrop ihtiva ettiklerinden hastalıklara sebep olur. Yiyecek, içecek ve yaşam mahallerinden uzağa istiflenmelidir. Tehlike arz eden durumlarda en yakın sağlık otoritesine haber verilmelidir. “Bu sınıfa dâhil maddeler: Kemik, kemik yağı, sıkıştırılmış et atıkları, hayvan derileri, kan tozu, gibi (Küçük, Ö.2015:10)”.



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.10. IMDG Koduna Göre Bulaşıcı Maddeler İçin Kullanılan Etiket

Bulaşıcı maddelerin içerdiği tehlikeler ve dikkat edilmesi gereken noktalar;

- Temastan kaçınılmalı,
- Temizlik büyük önem taşımaktadır,
- İnsan ve hayvanlar için bulaşıcıdır (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

### 1.2.7. Sınıf 7: Radyoaktif Maddeler

Tehlikeli madde sınıflandırmasının 7. sınıfında yer alan radyoaktif maddeler; çevreye alfa, beta, gama ve X ışın yayan maddelerdir. Radyoaktivite; doğadaki bazı maddelerin atom çekirdek yapılarının bozulması sonucu parçacık ve enerji yaymasıdır (Akbulut, 2009:1).

Radyoaktif maddeler, diğer maddeleri etkileyecek derecede iyonlaşan radyasyon şeklinde enerji açığa çıkaran maddelerdir. Radyoaktif maddeler değişebilir ve canlı dokuya ciddi şekilde zarar verebilir. İnsan vücudunda radyoaktiviteyi algılayacak bir organ yoktur. Yani doğal koruma mekanizmasının radyoaktif maddeler karşısında şansı bulunmamaktadır. Bu nedenle belirtilen kurallarla sınır değerlere uyulması çok önemlidir. Canlıların güvenliği

için radyoaktif maddelerin kullanımı en düşük seviyeye indirilmelidir. Sınıf 7' de bulunan tehlikeli maddelerin taşınması için genelde özel bir eğitim belgesi gereklidir (UN, 2010a).



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.11. IMDG Koduna Göre Radyoaktif Maddeler İçin Kullanılan Etiket

Radyoaktif maddelerin içerdiği tehlikeler ve dikkat edilmesi gereken noktalar;

- Radyoaktif maddelerden zararlı ışınlar ortaya çıkmaktadır,
- Tehlikeli ışınlarla maruz kalma,
- Isı üretimi,
- Kritikalliteye eğilim (birbirleri ile içerisinde reaksiyona girme (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010)).

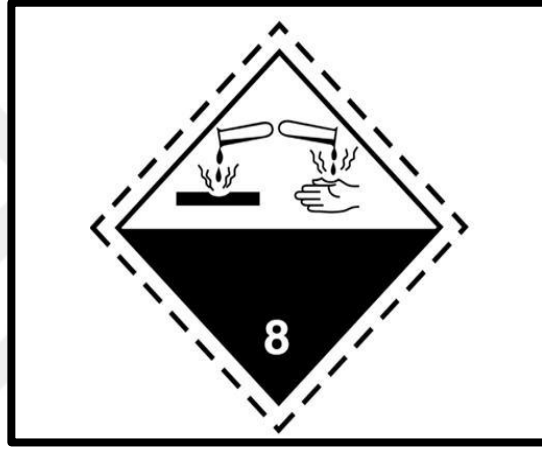
### 1.2.8. Sınıf 8: Aşındırıcı Maddeler

Aşındırıcı maddeler, diğer maddeler ile kimyasal reaksiyona (tepkimeye) girme tehlikesi olan maddelerdir. Bu maddeler, döküldüğü takdirde taşıma yolunu, diğer yükü, çevresindeki diğer maddeleri ve daha da önemlisi insan dokusunu etkiler, hatta yok eder. Bu maddelerin lojistiğinde temel sorun, aşındırıcıların etkili muhafazasını sağlayacak paketlerin seçimindeki sınırlılıktır. Günümüz plastikleri bu iş için uygundur (UN, 2010a).

Aşındırıcı etki Sınıf 8'de bulunan maddelerin dumanından da ortaya çıkabilir. Sınıf 8'de bulunan maddeler ile ilgili genel dikkat ve koruma teçhizatının bulunması madde sızıntılarında her zaman gereklidir. Çünkü küçük asit damlacıkları bile gözlerde ve ciltte ağır hasarlara yol açabilir. Aşındırıcı dumanlar solunduğunda insan vücuduna içten hasar verebilirler (UN, 2010a).

Aşındırıcı (korozif), asidik maddelerin içerdiği tehlikeler ve dikkat edilmesi gereken noktalar;

- Yanma Noktası 23 °C'nin altında olan asidik maddeler genelde sınıf 3'e aittir,
- Aşındırıcıdır,
- Yanma tehlikesi vardır,
- Kendi aralarında aşırı reaksiyona girerler,
- Reaksiyon esnasında zehirli gazların oluşumu mümkündür,
- Nesnelere üzerinde parçalama etkisi vardır.



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

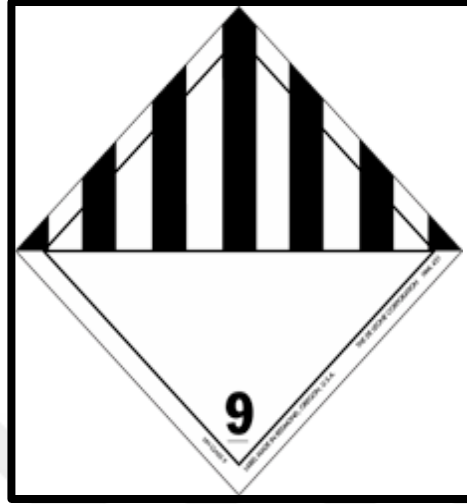
Şekil 1.12. IMDG Koduna Göre Aşındırıcılar İçin Kullanılan Etiket

### 1.2.9. Sınıf 9: Farklı Tehlikeleri Olan Maddeler

Temel sekiz tehlike sınıfına BM tarafından sonradan eklenen dokuzuncu sınıf, başka herhangi bir sınıfa dâhil olabilecek kriterlere uymayan; fakat insanlara ve / veya çevreye zararlı olduğu bilinen madde ve parçaları bir çatı (grup) altında toplar. Sınıf 9, başlangıçta diğer sınıflar kadar çok sayıda madde içermese de, liste gittikçe genişlemektedir. Çeşitli ulusal ve uluslararası düzenlemelerde Sınıf 9'un kullanımına yönelik farklı yaklaşımlar mevcuttur (UN, 2010a).

Anestezik ya da diğer tür zararlı maddeler ve sıcaklık derecesi arttırılmış maddeler gibi insan sağlığına zararlı artıklar veya denizi kirletme riski olan maddelerden diğer kategorilere girmeyen tehlikeli maddelerdir. "Bu sınıfa dâhil maddeler: Asbest, hava yastığı inflatörü, kuru buz (Küçük, Ö.2015:11)."

Taşıması esnasında tehlike oluşturabilecek ve sınıflama kriterleri uygun olmadığı için başka bir sınıfta tanımlanamayan maddeler Sınıf 9'da belirtilmektedir. Bu nedenle bu sınıfta belirtilen maddeler ile ilgili tipik bir ana tehlike yoktur. Bu sınıfta bulunan maddelerin her birinin kendine has tehlikeleri bulunmaktadır (UN, 2010a).



**Kaynak:** (UN, 2010a; UN, 2010b).

Şekil 1.13. IMDG Koduna Göre Çeşitliler İçin Kullanılan Etiket

### 1.3. Tehlikeli Maddelerin Paketlenmesi

Tehlikeli maddeler genel olarak üç paketleme grubuna ayrılır. Aynı zamanda UN Numaralarına (Madde veya parçaların Birleşmiş Milletler örnek düzenlemelerinden alınmış dört basamaklı tanımlama numarası) göre de tasnif edilmişlerdir. Paketleme grubu maddenin risk derecesine göre belirlenir. UN numarası ise maddenin tüm dünyada geçerli olan ismine karşılık verilen standart bir numaradır. Bunlar maddenin özel ve genel niteliklerini ortaya koyar. Tüm bu niteliklerde maddenin lojistiğinin nasıl yapılması gerektiğini açıklar. “Paketleme Grubu” bir tehlikeli maddenin tehlike derecesini belirtmekte olup, ayrıca paketler için alınması gereken emniyet tedbirlerini ortaya koymaktadır. Madde ne kadar tehlikeli ise, ambalaj / paket de o kadar emniyetli ve sağlam olmak zorundadır (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

Tehlikeli maddelerin içerdiği riskler ve tehlikeler göz önüne alındığında paketleme ve ambalajlama sırasında oldukça hassas olunması gereken maddelerdir. Ayrıca tehlikeli madde sınıfı ve tehlike alt gruplarına uygun olarak bu grupların risk ve tehlike özellikleri göz önüne alındığında ayrı ayrı farklı ambalajlama ve paketleme uygulamaları söz konusu olmaktadır ( James W. Snyder 2002).

Tehlikeli maddeler yalnızca kendileri için uygun olan paketlerde taşınabilmektedir. Eğer farklı bir şey belirtilmemişse, tehlikeli madde taşımak için kullanılan plastik fiçı ve varillerin kullanım süresi, taşınacak maddenin türünden dolayı daha kısa bir kullanım süresi olmaması koşulu ile üretim tarihinden itibaren beş yıldır ( Akçetin, E. 2012:114).

Paketleme ve ambalajlama ile ilgili uygulamalar, uluslararası kurallar ve paketlemeye ilişkin genel hükümler çerçevesinde yapılmalıdır. Tehlikeli maddelerin taşınması ile ilgili olarak, paketleme kuralları ve hükümler paketlemede kullanılacak malzemeleri aşağıdaki gibi tanımlamaktadır. Aynı zamanda bu materyallerin fiziksel özellikleri ile ilgili olarak her birisi için bir numara tanımlanmış olup bu numaralar paket ve ambalajların üzerine yazılmaktadır. Ek olarak ambalajların üretildikleri malzemeler için de bir harf kodu tanımlanmıştır. Bu harf kodlarının da rakam kodları ile birlikte paketlerin üzerine işlenmesi gerekmektedir.

Çizelge 1.2. Taşınan Tehlikeli Maddenin Paket Türünü, Maddesini Açıklayan Numara ve Harfler

Taşınan tehlikeli maddenin paket türünü açıklayan numaralar	
1. Silindir	5. Torba
2. Ahşap Fıçı	6. Birden çok bileşeni olan paket
3. Galon	0. Hafif alaşımlı metal paketler
4. Sandık	
Taşınan tehlikeli maddenin paket türünü açıklayan harfler	
A. Çelik (her tür)	H. Plastik materyaller
B. Alüminyum	L. Tekstil
C. Ahşap	M. Kâğıt, Çok Katlı Mukavva
D. Kontrplak	N. Metal ( çelik ve alüminyum dışında kalan) diğer
F. İşlenmiş Ağaç	P. Cam, porselen veya taş kaplar
G. Fiber	

**Kaynak:** Erdal M., Görçün Ö. F., Görçün Ö., Saygılı M. S., Entegre Lojistik Yönetimi, 2008, Beta Yayınları, 2. Baskı, S.327.

### **Tehlikeli Maddelerin Paketlenme Grupları**

Tehlikeli Maddelerin üç çeşit paketleme grubu vardır. Tehlikeli maddelerin 1, 2, 5.2, 6.2 ve 7 sınıflarına dâhil olanlar hariç diğer sınıftaki tehlikeli maddelerin tehlike dereceleri paketleme grubuna göre belirlenir. Bir başka şekilde ifade etmek gerekirse “Paketleme Grubu” bir tehlikeli maddenin tehlike derecesini belirtmekle olup, ayrıca paketler için gerekli şartları ortaya çıkarmaktadır. Madde ne kadar tehlikeli ise, paket/ambalaj da o kadar emniyetli olmak zorundadır (UN, 2012a:107-115). Genel olarak paketleme grubu I, II, III şeklinde sınıflandırılmıştır.

- PG I: Çok Tehlikeli

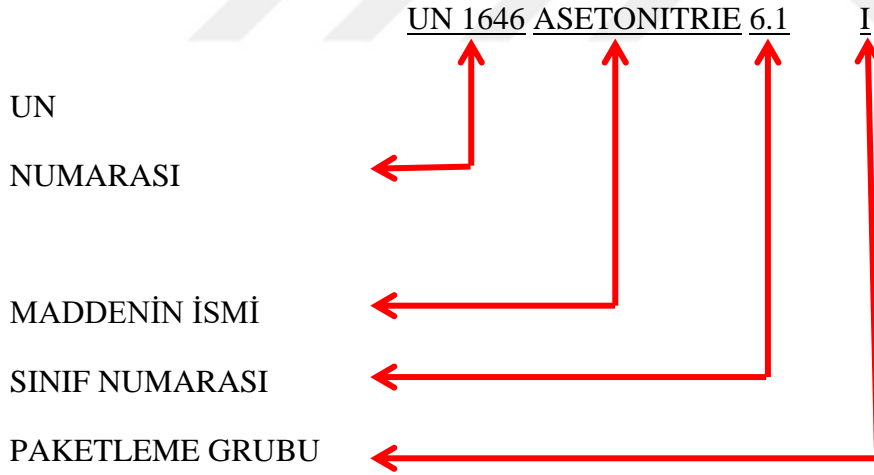
- PG II: Tehlikeli
- PG III: Az Tehlikelidir (UN,2012a:107-115).

01 Ocak 1991 tarihinden itibaren, tehlikeli maddelerin muhafazası için kullanılan tüm paketler BM'nin belirlediği standartlara göre test edilmesi gerekir. Test edilen ambalaj veya paketler uygun işaretlerle BM tarafından işaretlenmek suretiyle onaylanır. Bu işaretler paketin görünebilir kısmında yer almalı, dış etmenlere karşı dayanıklı ve okunaklı olmalıdır (UN,2012a:107-115).

Çizelge 1.3. Tehlikeli Madde Paketlerinde Paketleme Grubu Sembolleri

Paketleme Grubu Sembolü	Paketleme Grubu	Kapsadığı Paketle Grupları	Tehlike Dereceleri
X	PG I	PG I, II ve III ambalaj için kullanılabilir.	Çok Tehlikeli
Y	PG II	PG II ve III ambalaj için kullanılabilir.	Tehlikeli
Z	PG III	Sadece PG III ambalaj için kullanılabilir.	Az Tehlikeli

**Kaynak:** UNITED NATIONS (UN), (2012); European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods By Road (ADR), Voume II, New York and Genova, 978-92-1-055476-3, s: 314-318.



**Kaynak:** United Nations ( UN), (2012); European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods By Road (ADR), Voume II, New York and Genova, 978-92-1-055476-3, s: 314-318.

Şekil 1.14. Tehlikeli Maddelerin Tanımlanması

Şekil 1.14 te görüldüğü üzere ürünün Birleşmiş Milletler tarafından verilmiş olan ve her ülkede geçerliliğe sahip UN numarası gösterilmektedir. Ürünün tam ismi ise sınıf ve paketleme grubu da yazılmaktadır. Bunlara ilaveten ürünün tehlike sınıfı etiketi de ambalaj ve paket üzerinde yer almaktadır.

#### **1.4. Tehlikeli Maddelerin Yüklmesi ve Boşaltılması**

Tehlikeli maddelerin yüklmesi ve boşaltılması diğer yüklemeler ile kıyaslandığında oldukça hassas ve detaylı olarak yapılması gerekmektedir. Bilhassa tehlikeli maddelerin oluşturacağı tehlikeler ve riskler göz önüne alındığında elleçleme faaliyetleri ile ilgili duyarlılığın önemi anlaşılmaktadır. Özellikle risk katsayısının çok yüksek olduğu radyoaktif maddeler, mühimmat ve patlayıcılar, organik peroksitler gibi maddeler elleçleme sırasında oluşabilecek herhangi bir olumsuz durum karşısında oldukça büyük felaketler meydana gelmesi muhtemel olacaktır. (Voke, R.2000:78).

Çeşitli taşıma modları ele alındığında yükleme ve boşaltma faaliyetleri genel olarak farklılık göstermektedir. Özellikle taşıma modlarına bağılı olarak kullanılan araç, gereç, teçhizat ve donanım türleri çeşitli halde olmakta, bunun sonucunda ise taşıma faaliyetleri bir bütün olarak farklılık arz edebilmektedir. Ayrıca taşıma türünün özellikleri çerçevesinde uygulanan ulusal ve uluslararası yasal kurallar ve getirdikleri hüküm ve düzenlemeler de değişebilmektedir. Bu nedenle taşıma modları göz önüne alındığında tehlikeli maddelerin yüklmesi ve boşaltılması konusunun ele alınması bu tür faaliyetlerin daha iyi anlaşılabilmesi açısından daha faydalı hale gelebileceği değerlendirilmiştir. (Barrot, J.2012).

#### **Paletli ve Paketli Olan Tehlikeli Maddelerin Elleçlenmesi**

Tehlikeli maddelerin paletli veya paketli yüklmesi durumunda yüke ilişkin emniyet ve güvenliğe etki eden birçok etkenin var olduğu gözlenmiştir. Bunların en önemlisi olarak yükün taşıma aracından özgür hareket ederek söz konusu risklerin varlığını sürdürmesi görülebilir. Netice itibariyle taşıma aracının hareketine bağılı olarak yüke dikey ve yatay düzlemde kuvvetler etki edebilmekte, yükün araçtan bağımsız hareket edebilme durumunu bu kuvvetlere bağılı olarak söz konusu olabilmektedir. (Voke, R.2000:78)

Tehlikeli madde taşımacılığında yüke tesir eden kuvvetler düzlemde ve aracın hareketi doğrultusunda veya hareket yönünün aksi istikametinde meydana gelebilmektedir. Bu açıdan bakıldığında kuvvetlerin ortaya çıkmasında birinci etken aracın hareket ettirilmesidir. Taşıma aracı hareket ederken ya da hareketine neden olan ivme azalırken taşınan yük bu etkiye belirli bir süre gecikme ile cevap verebilmektedir. Tehlikeli maddenin taşınması esnasında yükün riskini azaltmak için hareket kabiliyetinin kısıtlanması olmalıdır. Tehlikeli madde taşımacılığında yükün özelliklerine göre yükün çeşitli şekillerde sabitlenmesi riski minimum seviyede tutacaktır. (Voke, R.2000:78)

Tehlikeli madde taşımacılığında dışsal etkenler hariç olarak tutulduğunda (kazalar ve hırsızlık gasp vb.) karayolu ile taşımacılık esnasında meydana gelen tüm zarar verebilecek olumsuz unsurlar olması gerektiği gibi yükleme ve istifleme yapılmadığında zamanlarda oluşan hatalardan kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir. Söz konusu riskler göz önünde bulundurulduğunda tehlikeli madde taşımacılığında oluşabilecek riskler aşağıda belirtilmiştir.

#### Yükleme Sırasında Oluşabilecek Riskler

- Yükün araçtan kayması,
  - Yükün başka yüklere çarpması,
  - Yükün araçtan düşmesi,
  - Yükün bir ateş kaynağı ile birleşmesi,
  - Yükün reaksiyon başlatması,
  - Yükün istifleme aracı ile birlikte devrilmesi.
- #### Yükleme Sonrasında Oluşabilecek Riskler
- Yükün araçtan kayması,
  - Yükün araçta başka yükleri ezmesi,
  - Yükün araç içerisinde sızıntı yapması,
  - Yükün başka yüklere çarparak zarar vermesi ve zarar görmesi (Barrot, J.2012).

Bilhassa tehlikeli madde taşımacılığında risk her zaman diğer unsurlardan bağımsızca hareket etmemektedir. Çünkü tehlikeli madde taşımacılığında risk unsurunun gerçekleşmesi durumunda başka diğer faktörlerin devreye girmesi söz konusu olacaktır. Oluşabilecek bir riskin meydana gelmesi durumunda diğer risk etkenlerin de oluşmasını sağlayacaktır. Örneğin tehlike madde taşıyan bir araçta yükün sabitleme veya gerdirme kayışının kopması sonucunda paletlerinde olan yükler dağılarak diğer yüklere çarpabilmekte, dolayısıyla da paket veya ambalajlar aracın içerisinde dağılıp diğer tehlikeli maddeler ile reaksiyona girme ihtimali olabilmektedir. Bu sebeple tehlikeli madde yüklerinin ambalajı veya paletleri sabitlenememesi veya diğer emniyet için kullanılan araç ve gereçlerin kullanılamaz hale geldiğinde tehlikeli maddenin araç içinde dağılmasına ve



çok büyük tahmin dahi edilemez felaketler ile çok sayıda can, mal ve telafisi mümkün olmayan sonuçlar doğurması mümkün olacaktır (Barrot, J.2012).

Bu yüzden tehlikeli maddelerin yüklenmesi ve boşaltılmasına ilişkin kurallar genel yükler ile kıyaslandığında, tehlikeli maddelerin yüklenmesi ve boşaltılmasına ilişkin kurallar ve uygulamalar eş zamanlı olarak çok sayıda risk faktörünü nötr hale getirebilmektedir. Bu nedenle tehlikeli maddelerin risklerini ortadan kaldıracak ya da sınırlandırarak şekilde tehlikeli maddelerin karayolu araçlarına yüklenmesine ilişkin bir takım kurallar ve kabul edilen yaklaşımlar ve de uygulamalar bulunmaktadır ( Martin, W.F. Lippitt J.M.Webb P.S. 2000).

### **1.5. Tehlikeli Maddelerin Taşınmasında Kullanılan Araçlar**

Tehlikeli madde taşımacılığında kullanılan araçlar çok hassas ve özel maddeler taşınmasından kaynaklı olduğu için taşıyacak araç cinsleri de mutlaka taşıyacağı maddeye has olması gerekmektedir. Taşınacak yükün özellikleri, sınıfları ve alt sınıflarının özellikleri ve riskleri ve tehlikelerine göre taşıyacağı araç ve gereçlerin seçiminde özellik arz eden etkenlerdir. (Görçün, E. F, Erdal, M. 2010).

Mevcut bütün taşıma modları göz önüne alındığında, tehlikeli maddelerin taşınmasında kullanılan araçlar tehlikeli maddelerin taşınmanın özelliklerine göre farklılık gösterebilmektedir. Araç ve taşıma modu seçimi yaparken tehlikeli maddelerin yaratacağı riskler ve bu risklerin meydana gelebileceği koşullar göz önünde bulundurulmalıdır. Bilhassa reaktif özellik taşıyan maddelerin taşınacağı taşıma araçlarının, bu reaksiyonu bertaraf edecek özellik ve donanımlara sahip olması beklenirken, zehirli ve aşındırıcı maddelerin taşındıkları araçların da bu riskleri en az düzeye getirebilecek ya da tümüyle ortadan kaldıracabilecek nitelikte olmaları gerekmesi büyük önem arz etmektedir. (Görçün, E. F, Erdal, M. 2010).

Bu kapsamda tehlikeli maddelerin taşınmasında kullanılacak araçların ve taşıma modların belirlenmesinde çok sayıda bağımlı ve bağımsız değişken bu tercihe etki etmektedir. Bu etkenlerin etki derecesi dikkate alınarak taşıma seçimi yapılması beklenebilir. Özellikle yüksek düzeyde risk içeren materyallerin taşınması söz konusu olduğunda seçilebilecek taşıma türünde bu risklerin giderilip giderilemeyeceği gözden geçirilmekte, riskin ortadan kaldırılması söz konusu değilse söz konusu taşıma türü

tercihlere ilişkin alternatifler arasından çıkarılmaktadır (Erdal, M., Görçün, Ö., Saygılı, M.S. 2010).

### **1.5.1. Kara Yollarında Kullanılan Araçlar**

Tehlikeli maddelerin kara yolu ile taşınmasında taşınan maddenin özelliklerine göre farklı türde araçlar kullanılabilir. Bu konuya ilişkin en temel ayrım; taşınan tehlikeli maddenin özellikleri, tehlikeleri ile paketli ya da dökme şeklinde taşıma formları olmaktadır. En başta taşınacak tehlikeli maddelerin dökme ya da paketli olarak taşınması, kullanılacak aracın durumuna göre belirlenmesini sağlamaktadır. Paketli yükler büyük oranda konvansiyonel araçlar ile taşınırken, dökme yükler tanker ve silobas tipi araçlar ile taşınabilmektedir.

Genel olarak kara yolu araçlarında;

- Kapalı ya da diğer ismi ile brandalı araçlar,
- Frigorifik (ısı kontrolü) araçlar,
- Açık kara yolu araçları,
- Tanker,
- Silobas araçlarıdır (Görçün, E. F, Erdal, M. 2010).

### **1.5.2. Deniz Yollarında Kullanılan Araçlar**

Deniz yolu ile tehlikeli maddelerin taşınması için kullanılan deniz araçları, taşınan yüklerin fiziksel özelliklerine, risklerine ve tehlikelerine göre farklılaşmaktadır. Deniz yolu ile dökme olarak taşınan tehlikeli maddelerin taşınmasında kullanılan gemiler genel olarak tanker olarak tanımlanmaktadır. Deniz yolu ile paketlenmiş olarak taşınan ambalajlı tehlikeli yükler ise kargo gemileri, konteyner gemileri ile nükleer gemiler tipi deniz araçlarında taşınabilmektedir.

Genel olarak deniz yolu araçlarında;

- Ham petrol tanker gemileri,
- Kimyasal madde tanker gemileri,
- Gaz tanker gemileri,

- OBO (Oil Bulk Ore) gemileridir (Görçün, E. F, Erdal, M. 2010).

### **1.5.3. Demir Yollarında Kullanılan Araçlar**

Demir yolu taşımacılığında tehlikeli maddeler dökme ya da paketli halde taşımalarına göre farklı taşıma araç ve gereçlerde taşınabilmektedir. Taşıma faaliyetinde taşınan tehlikeli maddelerin formları ve fiziksel özellikleri dikkate alınarak kullanılan araçlar ve araç tipleri belirlenmektedir.

Genel olarak demir yolu araçlarında;

- Paketli yüklerin taşınmasında kullanılan vagonlar,
- Dökme yüklerin taşınmasında kullanılan vagonlar,
- Ham petrol tank vagonları,
- Kimyasal madde tank vagonları,
- Gaz vagonları,
- Katı Tehlikeli madde vagonlarıdır (Görçün, E. F, Erdal, M. 2010).

### **1.5.4. Hava Yollarında Kullanılan Araçlar**

Hava yolu ile tehlikeli maddelerin taşınmasında kullanılan araçlar; kargo uçakları ile tehlikeli madde konteynerleri şeklinde tanımlanabilmektedir. Hava yolu taşımacılığında tehlikeli maddeler dökme olarak taşınmamakta, sadece ambalajlı ve paketli yükler hava yolu konteynerleri içerisinde taşınabilmektedir.

Genel olarak hava yolu araçlarında;

- Antonov tipi kargo uçaklar,
- ILYUSHIN IL tipi kargo uçaklar,
- McDonnell Douglas tipi kargo uçaklar,
- Boeing tipi kargo uçaklarıdır (Görçün, E. F, Erdal, M. 2010).

## 1.6. Tehlikeli Madde Taşımacılığına İlişkin Mevzuat

Tehlikeli maddeler hammadde olarak kullanıldığından, dünyada ciddi boyutlarda lojistiği yapılan maddelerin başında gelmektedir. 1950'li yıllarda İspanya'da tehlikeli madde taşıyan bir aracın kamp alanında patlaması sonucu 300'den fazla insan ölmüş ve bu olay ülkede büyük yankı uyandırmıştır. Bu olay İspanya'dan başlayan ve tüm Avrupa'ya yayılan ADR konvansiyonun başlangıcını oluşturmuştur. İlk tehlikeli madde lojistiğine ilişkin yasa Almanya'da XVII. Yüzyılda barutun güvenli şekilde taşınması için yapılmıştır. Daha sonra Amerika'ya sıçrayan bu yasalar geliştirilerek bugünkü hale gelmiştir. Günümüzde, uluslararası alanda tehlikeli maddelerin taşınmasına yönelik mevzuat aşağıda sunulmuştur.

- BM Tehlikeli Madde Taşımada Öneriler Dokümanı (UN Recommendations On The Transport Of Dangerous Goods)
- Tehlikeli Maddelerin Kara Yolu ile Taşınmasına Yönelik Çok Taraflı Avrupa Anlaşması (European Agreement Concerning The International Carriage Of Dangerous Goods By Road, ADR)
- Uluslararası Deniz Yolu ile Tehlikeli Madde Taşımacılığı Kuralları (The International Maritime Dangerous Goods Code, IMDG)
- Tehlikeli Maddelerin Hava Yolu ile Güvenli Taşınması Teknik Talimatı (Technical Instructions For Safe Transport Of Dangerous Goods By Air, IATA)
- Uluslararası Demir Yolu ile Tehlikeli Madde Taşımacılığı Talimatı (Regulations Concerning The International Carriage Of Dangerous Goods By Rail, RID) (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

### 1.6.1. Tehlikeli Maddelerin Kara Yolu ile Taşınmasına Yönelik Çok Taraflı Avrupa Anlaşması (ADR)

Tehlikeli maddelerin taşınması, her dönemde özen gösterilmesi gereken özel bir takım düzeneklerin varlığını ve ayrı bir taşıma sistemini gerekli kılar. Bu nedenle Tehlikeli Maddelerin Kara Yolu ile Taşınmasına Yönelik Çok Taraflı Avrupa Anlaşması (ADR), Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE) tarafından düzenlenmiş, 30 Eylül 1957 tarihinde Cenevre'de imzalanarak 29 Ocak 1968 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

ADR Anlaşması halen AB üyesi ülkeler de dâhil olmak üzere 48 ülke tarafından uygulanmaktadır. (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010)

ADR Anlaşması genel olarak; tehlikeli madde taşımacılığında kullanılacak taşıtların ve taşıma malzemelerinin teknik özelliklerine, işaretlenmesine, bu maddelerin ambalajlanma şekillerine, ambalajların etiketlemesine, tehlikeli madde taşımacılığında kullanılacak taşıtları yöneten sürücülerin konu ile ilgili özel eğitime tabi tutulmasına ve bu eğitimin sertifikalandırılmasına standartlar getirmektedir.

ADR çok taraflı uluslararası bir anlaşmadır. Zorlayıcı olmamakla birlikte anlaşmaya taraf olan ülkelerin kara yollarında tehlikeli maddelerin taşınabilmesi için, anlaşmada belirtilen tedbirlerin alınması gerekir. Uygulamada, anlaşmaya taraf ülkelerde otoyol kontrolleri yapılır, anlaşma hükümleri ihlali halinde, ülkeler tarafından kendi mevzuatları gereğince yasal işlem yapılır (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010)

Anlaşma uyarınca ülkeler, emniyet dışındaki gerekçelerle tehlikeli maddelerin ülkelerinden geçişini yasaklama veya anlaşmayla belirlenmiş kuralları yeniden düzenleme hakkına sahiptirler. ADR anlaşması, AB'ne üye ülkelerin toprakları üzerinde gerçekleştirilen tehlikeli madde taşımalarının düzenlenmesinin temel dayanağı olarak kabul edilir. Tehlikeli madde taşımacılığına üye ülke yasalarının uyumlaştırılmasına yönelik olarak çıkarılan 21 Kasım 1994 tarih ve 94/55/ EC sayılı Konsey Direktifi, ADR Anlaşması'nın, 1 Ocak 1997 tarihinden itibaren AB'ne üye ülkelerde uygulanmasını zorunlu kılmıştır (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2009)

#### Çizelge 1.4. ADR Anlaşmasının Genel Yapısı

<b>EK A: Genel Hükümler ve Tehlikeli Madde ve Yükler İle İlgili Sorumluluklar</b>	
Bölüm 1	Genel Hükümler
Bölüm 2	Sınıflandırma
Bölüm 3	Tehlike Madde Listesi, Sınırlı Miktarda Paketlenmiş Tehlikeli Maddelere İlişkin Özel Hükümler ve İstisnalar
Bölüm 4	Paketlerin, IBC'lerin, Büyük Paketlerin, Tankların Kullanımı
Bölüm 5	Sevkiyat prosedürleri
Bölüm 6	Paketlerin, IBC'lerin, Büyük Paketlerin, Tankların Yapımı ve Testlerine Yönelik Şartlar
Bölüm 7	Taşıma, Yükleme, Boşaltma ve Aktarma Koşullarına İlişkin Hükümler
<b>EK B: Taşıma Ekipmanları ve Taşıma İşlemleri</b>	
Bölüm 8	Araç Ekibi, Teçhizatı, Faaliyeti ve Dokümantasyonuna Yönelik Zorunluluklar
Bölüm 9	Araçların Yapımı ve Onayına İlişkin Şartlar

**Kaynak:** ADR:2017

Ülkemizde, Ulaştırma Bakanlığı Kara Ulaştırması Genel Müdürlüğü tarafından, Avrupa Birliği (AB) ve ADR'ye ilişkin düzenlemeler dikkate alınmak suretiyle hazırlanan "Tehlikeli Maddelerin Kara yoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik", 24 Nisan 2019 tarihli ve 30754 sayılı resmi gazetede yayımlanmıştır. Bu yönetmelikte hüküm bulmayan hususlarla ilgili başvurulacak diğer mevzuatlar aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 1.5. Diğer Yasal Mevzuatlar

S.Nu.	Tarihi	Resmî Gazete sayısı	Mevzuat
1	18/07/1997	23053	Karayolları Trafik Yönetmeliği
2	11/05/2003	25105	Karayolunda Tehlikeli Maddelerin Taşınması İçin Tasarlanan Motorlu Araçlar ve Römorkları ile İlgili Tip Onayı Yönetmeliği (98/91/AT)
3	10/07/2003	4925	Karayolu Taşıma Kanunu
4	11/02/2004	25370	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği
5	25/02/2004	25384	Karayolu Taşıma Yönetmeliği
6	14/03/2005	25755	Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
7	08/07/2005	25869	Radyoaktif Maddelerin Güvenli Taşınması Yönetmeliği

**Kaynak:** (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

Türk Silahlı Kuvvetleri'nin, tehlikeli maddelerin taşınması hakkında mevzuat hükümlerinden muaf tutulması sadece bir belge muafiyeti olup, Türk Silahlı Kuvvetleri'ne ait olan veya Türk Silahlı Kuvvetleri'nin temsilcilerinin eşlik ettiği araçlarla yapılan taşıma işlemlerinde bu mevzuatta geçen tedbirleri almayacağı anlamına gelmemektedir.

Tehlikeli maddelerin taşınması hakkında mevzuat hükümlerinde geçen taşıma faaliyetleri, izlenecek rota ve güzergâhlar, liman ve park yerleri, denetim, yükümlülükler, güvenlik danışmanlığı, eğitim, uygulamadan sorumlu kurumlar ve cezai hükümlerde yer alan hususlar bütün tehlikeli madde taşınması yapan komutanlıklar tarafından bilinir ve uygulanır.

### 1.6.2. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Sınırlı Taşıma Kuralları

Tehlikeli madde taşımacılığına ait esaslar dikkate alınmadan veya bu esaslarının tamamı kullanılmadan belirli miktarlarda tehlikeli maddelerin taşınmasına sınırlı taşıma denir. Sınırlı taşıma az miktardaki tehlikeli maddelerin taşınmasını ifade eder. Sınırlı taşıma kapsamında serbestçe taşınabilecek tehlikeli madde miktarı, tehlikeli maddenin sınıfına göre değişir.

Çizelge 1.6. Tehlikeli Madde Taşıma Sınırlamaları

Madde	BM (UN) Nu.	Sınıfı	Miktarı
Hafif Silah Mühimmatı	0012	1.4 S	Sınırsız
Patlayıcılar		1.1, 1.2 1.3, 1.4	10 Kg.
Aerosollar	1950	2	Her aerosol kutusunda azami 1 Kg. veya azami 10 Kg.lık paket.
Oksijen/Asetilen Tüpleri	1072 1001 1006	2, 1 O 2, 4 F 2, 1 A	100 Lt.
LP Gazı İçeren Tüpler	1965	2, 2 F	Azami 25 kg.
Ambalajlı Yanıcı Sıvılar	1202 1203 1223 1170	3, III 3, II 3, III 3, II	Azami 60 Lt.
Aküler	2794	8, III	Hasarlı olmaması ve uygun tedbirler alınması halinde taşınabilir.

**Kaynak:** (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

### 1.7. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Meydana Gelen Kaza ve Ekonomik Durum

Sanayi devrimi öncesi oluşan her türlü felaketler, büyük ölçüde sel olayları, depremler gibi önlenemez doğa olayları ile sınırlı idi. Günümüzde ise bu olaylardan dolayı yaşanan felaketlerin yanı sıra, 21. yüzyıla has nedenlerle daha farklı felaketler ile karşı karşıya kalınmıştır. Bunun gibi sebepler doğrudan modern yaşamın ihtiyaçlarını karşılayan; nükleer, kimya, petrol ve endüstrilerde kullanılan tehlikeli maddeler ile yakından ilişkisi bulunmaktadır. (Erkut, 2005).

İkinci Dünya savaşından bugüne kadar yapılan üretim artışlarında kimyasal maddelerin katkısı göz ardı edilemez. Son zamanlarda tehlikeli maddeler birçok sektörde kullanılmaları nedeni ile binlerce ton malzeme; kara yolu, demir yolu, deniz yolu ve boru hatları ile taşınmaktadır. Kimyasal maddeler değer olarak dünya ticaretinin yaklaşık olarak %10'unu meydana getirmektedir(Erkut, 2005).

Tehlikeli madde taşımacılığında oluşan kazalar ciddi felaketler olabilmektedir. Tehlikeli madde taşımacılığında farklı taşıma türlerine göre çok daha fazla önlem alınmasına rağmen çok çeşitli kazalar oluşabilmektedir. “2003 yılında ABD’de meydana gelen kazaların büyük bir bölümüne yanıcı sıvılar ve aşındırıcı maddeler neden olmaktadır (Erkut,2005).”

Tehlikeli madde taşımacılığında kaza ve olayların büyük bir bölümünün yaşandığı olaylar yükleme, boşaltma veya seyir halindeyken oluşmaktadır. Olaylar; ölüm, yaralanma, tahliye, eşyadaki maddi hasar, çevre kirlenmesi ve trafiğin aksaması ile sonuçlanabilir. “2003 yılında 15.178 olay içerisinde meydana gelen 488 ciddi olay sonucu 15 ölüm, 17’si ciddi olmak üzere 35 yaralanma ve 37.75 milyon dolarlık eşya zararı olmuştur.” Tehlikeli madde taşımacılığındaki meydana gelen kaza ve olayların %90’ı kara yolu üzerinde gerçekleştiği görülmüştür. (Erkut, 2005). Tehlikeli madde taşımacılığında kazalara neden olan faktörlerin en önemlisi insan hatasıdır.

Günümüzde tehlikeli madde taşımacılığı çok önemli bir konu olmasına rağmen yalnızca bazı ülkeler bu konu ile ilgili bir birim kurmuş ve konu ile ilgili bilgileri toplamıştır. Bu birimler tehlikeli madde taşımacılığı ile ilgili bir veri tabanı oluşturmuş ve özellikle kazalar ve kazalara ait sonuçlar bu veri tabanında muhafaza edilmektedir. Amerika’da bu konu ile ilgili birim “Petrol Boru Hattı ve Tehlikeli Madde Taşımacılık Birimi (PHMSA- US Department of Transportation Pipeline and Hazardous Materials) dir.

Çizelge 1.7. Taşıma Modu ve Yıllara Göre Meydana Gelen Kaza ve Olaylar

Taşıma Modu	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Genel Toplam
Havayolu	1.295	1.401	1.460	1.442	1.327	1.130	1.204	1.166	1.433	1.668	13.526
Karayolu	12.653	12.812	13.255	13.887	15.316	15.128	16.527	15.746	17.927	20.640	153.891
Demiryolu	747	745	661	667	718	581	545	573	505	421	6.163
Suyolu	105	71	70	63	47	24	11	9	9	6	415
<b>Genel Toplam</b>	<b>14.800</b>	<b>15.029</b>	<b>15.446</b>	<b>16.059</b>	<b>17.408</b>	<b>16.863</b>	<b>18.287</b>	<b>17.494</b>	<b>19.874</b>	<b>22.735</b>	<b>173.995</b>

**Kaynak:** (Hazmat Intelligence Portal, U.S. Department of Transportation, 29/05/2020).

2019 yılında meydana gelen 22.735 ile son 10 yılın en çok kaza istatistiğine sahip yıl olmuştur. Ayrıca kaza kaza sonucunda ise 179 yaralı, 6 insan maalesef hayatını kaybetmiştir. Ayrıca söz konusu yılda toplam 91.545.226 dolarlık zarar oluşmuştur. (Hazmat Intelligence Portal, U.S. Department of Transportation, 29/05/2020).

Çizelge 1.8. Taşıma Modu ve Yıllara Göre Meydana Gelen Kazalarda Ölen ve Yaralananların Sayısı

Taşıma Modu	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Genel Toplam
Havayolu	0/2	0/7	0/20	0/12	0/15	0/20	0/9	0/3	0/8	0/6	0/102
Karayolu	8/152	12/130	13/147	11/142	11/134	12/157	8/148	8/128	6/131	6/162	95/1431
Demiryolu	0/13	1/20	0/18	0/15	0/14	0/213	0/17	0/12	0/9	0/11	1/342
Suyolu	0/2	0/8	0/0	0/2	0/0	0/0	0/8	0/10	0/0	0/0	0/30
<b>Genel Toplam</b>	<b>8/169</b>	<b>13/165</b>	<b>13/185</b>	<b>11/171</b>	<b>11/163</b>	<b>12/390</b>	<b>8/182</b>	<b>8/153</b>	<b>6/148</b>	<b>6/179</b>	<b>104/1905</b>

**Kaynak:** (Hazmat Intelligence Portal, U.S. Department of Transportation, 29/05/2020).



Tehlikeli madde taşımacılığında tüm taşıma modları ele alındığında Amerika Birleşik Devletleri'nde Çizelge 1.8'de görüldüğü gibi çok sayıda yaralanmaya ve hatta ölümlerle sonuçlanan üzücü hadiseler meydana gelmiştir. Özellikle taşıma modları incelendiğinde son 10 yılda toplam 1905 yaralı, 104 ölümlerle sonuçlanan kaza meydana gelmiştir. Ayrıca söz konusu kazalar araştırıldığında en çok kaza ve ölüm hadisesinin de karayolu taşımacılığında meydana geldiği gözlenmiştir.

Tehlikeli madde taşımacılığı ekonomik alanda da çok büyük önem arz etmektedir. Tehlikeli madde taşınırken meydana gelen kaza olayları neticesinde sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde 2010-2020 yılları arasında toplam \$ 909.898.206 \$ zarar meydana gelmiştir. (Hazmat Intelligence Portal, U.S. Department of Transportation, 29/05/2020.)

Türkiye'de meydana gelen tehlikeli madde kazalarına ilişkin veriler incelendiğinde, trafik kazası tespit tutanaklarında tehlikeli madde taşıyan araçların belirtilmediği görülmüştür (Karabulut ve Akunal, 2014). Tehlikeli madde olarak incelendiğinde tankerlerin karıştığı kazalar araştırıldığında, 2012 yılında oluşan kazalara karışan toplam araç sayısı 210.609 iken bunun 331 tanesini tankerler oluşturduğu, 2013 yılı Aralık ayına kadar meydana gelen kazalara karışan toplam araç sayısının da 202.405 olduğu saptanmıştır. Bunun da sadece 219 tanesinin tankerlerin oluşturduğu saptanmıştır (EGM, 2013). 2018 yılında ise toplam kazaya karışan araç sayısı 300.704 olarak kayıtlara geçmiş, bunun da 253 tanesi de tankerler oluşturduğu gözlenmiştir (EGM, 2018).

## **1.8. Mühimmat ve Patlayıcıların Taşınması**

Mühimmat ve patlayıcı maddeler; yapıları, binaları, malzemeyi vb. kullanılamaz veya işe yaramaz hale getirmek amacıyla kullanılır. Buldukları katı, sıvı, kristalize halden bir alev, ısı, darbe, basınç veya sürtünme etkisi ile ani olarak gaz haline geçip, her yöne eşit olarak ısı ve basınç yayan maddelerdir (KKTT 9-1300-1-20 (A) Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları 2020 ).

Mühimmat ve patlayıcı maddelerin istenilen yer ve zamanda ihtiyaç duyulan yerlere ikmal edilebilmesi için çok iyi organize olmuş bir ulaştırma sistemi, koordinasyon ve taşıyıcı araçlara ihtiyaç vardır. Mühimmatın genel olarak muharebe alanlarında ihtiyaç duyulması göz önünde bulundurulduğunda sahada en çok sarf edilen ikmal maddelerinden biri olması ile tonaj ve hacim yönüyle de diğer ikmal maddelerinden ağır ve fazla olması, taşınmasında zorluklar doğurmaktadır. Mühimmat ve patlayıcı maddelerin tehlikeli olması

sebebiyle; elden geçirilmesi ve taşınması esnasında birçok emniyet tedbirinin alınması gerekir. Usulüne uygun olarak yapılmayan taşımalarındaki kazalar sonucu önlenemez can ve mal kayıpları meydana gelebilmektedir. Mühimmat ve patlayıcılar;

- 1.1 Kütlece patlama tehlikesi olan mühimmat ve patlayıcılar,
- 1.2 Fırlama tehlikesi olan fakat kütlece patlama tehlikesi olmayan mühimmat ve patlayıcılar,
- 1.3 Yangın tehlikesine ve düşük infilak tehlikesine sahip mühimmat ve patlayıcılar,
- 1.4 Önemli tehlikesi olmayan mühimmat ve patlayıcılar,
- 1.5 Kütlece infilak tehlikesi olan, fazla hassas olmayan maddeler,
- 1.6 Kütlece infilak tehlikesi olmayan ve hiç hassas olmayan maddeler olmak

üzere altı tehlike bölümüne ayrılmıştır (KKT 9-1300-1-20 (A) Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları 2020 ).

Mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasında uygulanacak genel emniyet tedbirleri aşağıda gösterilmiştir.

- Mühimmat ve patlayıcıların taşınması ve yer değiştirmesi mümkün olan en az seviyede yapılır.
- Mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında genel prensip olarak; deniz yolu, demir yolu taşımacılığına, demiryolu taşımacılığı ise kara yolu taşımacılığına tercih edilir.
- Yükleme ve boşaltma mühimmat personeli nezaretinde yapılır.
- Yükleme ve boşaltma esnasında azami dikkat gösterilir, mühimmat ve patlayıcı ambalajları düşürülmez, fırlatılmaz ve sürüklenmez.
- Taşıma için yüklenen mallar araç kasalarına veya vagonlara sabitlenir. Taşıma esnasında yüklerin kontrolsüz hareketlerine karşı tedbir alınır.
- Taşıma yapılacak vasıtanın teknik dokümanlarında belirtilen yük kapasitelerinin üzerinde yükleme yapılmaz.
- Elverişsiz hava koşullarına karşı mühimmat ve patlayıcıların korunması için tedbir alınır.
- Mühimmat ve patlayıcılar ambalajlı veya paletli olarak taşınır.

- Mühimmat ve patlayıcıların yüklendiği veya boşaltıldığı bölge içinde 30 m yarıçapındaki alanda sigara içilmez, kibrit, çakmak gibi yakıcı maddelerin bölgeye sokulmasına müsaade edilmez.
- Geçiş güzergâhında gerekli emniyet tedbirlerinin alınması maksadıyla mülki makamlara ve kolluk kuvvetlerine yol güzergâhın emniyetin alınması gerekir (KKT 9-1300-1-20 (A) Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları 2020).

Mühimmat ve askeri patlayıcılar, depolama, elden geçirme, muayene, bakım ve taşıma faaliyetlerinde kontrol dışı patlamalara ve yangınlara neden olmamak maksadıyla çeşitli emniyet tedbirleri dikkate alınarak tasarlanmıştır. Bununla birlikte, tehlike sınıfı 1.6 mühimmat ve patlayıcılar hariç, yangın ve patlama olasılığı her zaman vardır. Bu nedenle taşıma esnasında meydana gelebilecek kaza ve kaza sonucu yangın gibi riskler, taşımanın planlamasından başlayarak bazı tedbirleri almayı gerekli kılar. Bir yangın meydana geldiğinde veya böyle bir ihtimal oluştuğunda, alandan görevi olmayan personelin çıkarılır ve yangınla yoğun bir şekilde mücadele edilmesine yönelik azami çaba sarf edilir. (Nato Guidelines For The Storage Of Military Ammunition And Explosives, 2018)

Mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında kaza veya arıza durumunda ambalajların sağlamlığı göz önüne alınır. Risk değerlendirmesi tehlikenin derecesine göre ayarlanır. Lastik değiştirme ya da küçük çaplı kazalarda tam acil durum tepkisine ihtiyaç yoktur. Ancak yangın riski varsa, öncelik yangının kontrol altına alınmasına ve personelin tahliyesine verilir. Bu faaliyetler, yükün durumuna göre mühimmat ve patlayıcı madde tehlike sınıfına göre icra edilir. (Nato Guidelines For The Storage Of Military Ammunition And Explosives, 2018)

Tehlike sınıfı 1.1, 1.2, 1.3 ve 1.5 mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasında, yük yangına maruz kalırsa ya da yangın riski çok yüksekse, hiçbir koşulda yangınla mücadele edilmez ve personel tahliye edilir. (Allied multi-modal Transportation of Dangerous Goods Directive, 2014)

### **1.8.1. Mühimmat ve Patlayıcıların Taşınmasında Sınırlamalar**

Mühimmat ve patlayıcılar yanıcı, yakıcı, kolay alev alabilen vb. malzemelerle bir arada taşınmaması gerekmektedir. Mühimmat yükleme alanının temiz, kuru ve iyi havalandırılmış olması tercih edilir. Mühimmat ve patlayıcı bulunmayan boş yükleme

alanları diğer cins malzemelerin taşınmasında kullanılacaksa, yüklenecek malzemeler yanıcı tip olmayanlardan seçilir. Mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında aynı tehlike sınıfına ve aynı depolama uyum grubuna ait mühimmatın aynı vasıta ile taşınması ideal olan taşıma yöntemidir (Allied multi-modal Transportation of Dangerous Goods Directive, 2014).

### **Mühimmat ve Patlayıcıların Uyum Grupları ile Taşınması**

Hem patlayıcı hem de zehirli kimyasal maddeler içeren mühimmatın nakliyatı deniz taşımacılığı dışındaki diğer bütün taşıma türlerinde yasaklanmıştır. Bu maddelerin nakliyatı, uluslararası özel anlaşmalar söz konusu olduğunda, ülkenin ulusal otoritelerinin yetkisine bırakılmalıdır.

Mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında aynı tehlike sınıfına ve aynı depolama uyum grubuna ait mühimmatın aynı vasıta ile taşınması ideal olan taşıma yöntemidir. Bu durumun sağlanamadığı takdirde Çizelge 1-8'e uygun olarak yükleme yapılmalıdır (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

Ancak farklı tehlike sınıflarına ait mühimmat ve patlayıcılar (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 ) aynı araçta taşınıyor ise, yükün tamamının en yüksek tehlike sınıfına ait olduğu kabul edilir. Mühimmat ve patlayıcıların konteyner ile taşınmasında da aynı çizelgede belirtilen esaslar alınır. Savaş ve olağanüstü durumlarda mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında Çizelge 1-8'de belirtilen esaslar uygulanmaz (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).



**Kaynak:** (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010)

Fotoğraf 1.1. Ambalajlı Durumda Olan Tehlikeli Maddelerin Yükleneşi

Çizelge 1.9. Mühimmat ve Patlayıcıların Müşterek Taşıma Grupları

Uyum Grubu	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	S
A	1												
B		X		2	2	2							X
C			X	X	X		X					3	X
D		2	X	X	X		X					3	X
E		2	X	X	X		X					3	X
F		2				X							X
G			X				X						X
H								X					X
J									X				X
K										X			
L											4		
N			3	3	3							5	6
S		X	X	X	X	X	X	X	X				X

**Kaynak:** KKT 9-1300-1-20 (A) Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları 2020 ).

Çizelgenin açıklaması aşağıda belirtilmiştir;

X: Müşterek taşıma imkânı vardır.

1: Demiryolu ve havayolu ile taşınmaz.

2: Tehlike sınıfı 1.1 ve B uyum grubuna ait yükler; farklı konteynerlerde ya da uygun bir şekilde ayrılmışsa, D, E ve F uyum grupları ait yüklerle aynı araçta da taşınır.

3: N uyum grubuna ait yükler, genel prensip olarak S uyum grubu dışındaki diğer gruplarla beraber yüklenmez. Ancak zorunlu hallerde N uyum grubunun C, D ve E uyum grupları ile birlikte yüklenmesi durumunda, N uyum grubuna ait yüklerin D uyum grubunun özelliklerine sahip olduğu kabul edilir.

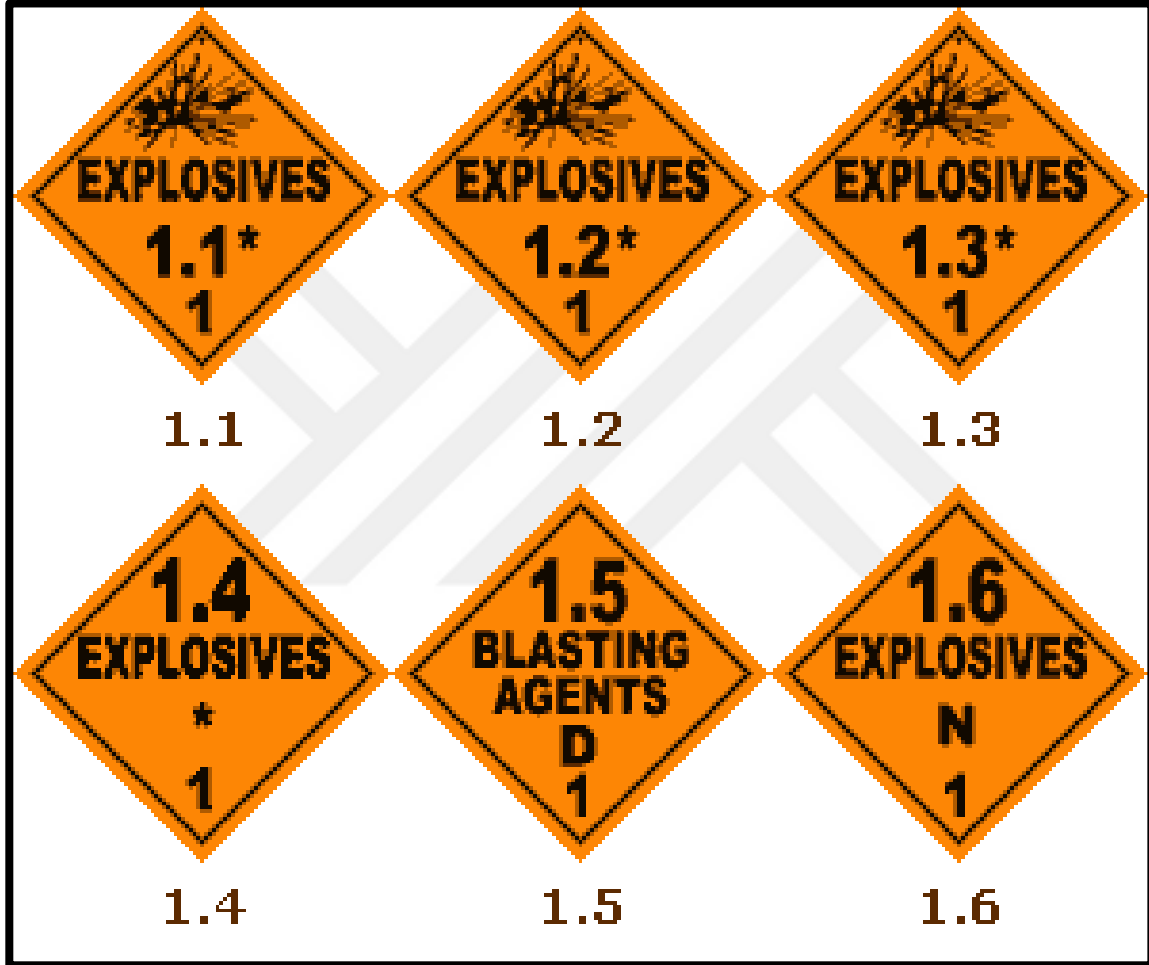
4: L uyum grubuna ait yükler diğer gruplara ait mühimmat ve patlayıcılarla yüklenmez. Bu uyum grubuna ait mühimmat, aynı uyum grubu içerisindeki aynı cins mühimmatla yüklenir.

5: N uyum grubuna ait yükler yine aynı gruba ait yüklerle birlikte de taşınır. Ancak müşterek taşımada, farklı tipte ya da infilak halinde infilakın diğer mühimmat ve patlayıcılara sirayet edebileceği yazı ve markalaması varsa, mühimmat ve patlayıcıların uyum grubu D olarak kabul edilir.

6: N ve S uyum gruplarından oluşan karışık yükün uyum grubu N olarak kabul edilir.

## 1.8.2. Mühimmat ve Patlayıcı Maddelerin İşaretlenmesi

Mühimmat ve patlayıcılar taşınırken sadece özel paketleme yapmak yeterli değildir. Çünkü paketin içerisinde bulunan madde özel bir madde olup bulunduğu ortama zarar verecek niteliktedir. Dolayısı ile istenmeyen olayların ve oluşabilecek riskleri önlemek için paket üzerine, paket içerisinde bulunan maddeyi tanımlayan ve bu maddenin taşıma özelliklerine ilişkin bir takım etiketlemeler yapılır.



**Kaynak:** KKTT 9-1300-1-20 (A) Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları 2020 ).

Şekil 1.15. Mühimmat ve Patlayıcıların Etiketlenmesi

Mühimmat ve patlayıcı maddelerin taşınmasında, taşınan yüklerin tehlikelerini gösteren bir dış tanımlamaya ihtiyaç vardır. Bu amaçla kullanılan işaretlere ‘Tehlike Etiketi’ denir. Mühimmat ve Patlayıcıların taşınmasında kullanılan tehlike etiketleri Şekil 1.16.’da gösterilmiştir. Mühimmat ve Patlayıcıların taşınmasında gizliliğin esas olduğu durumlarda araçların ve yüklerin etiketlenmesi yapılmaz, araçlara ikaz levhası asılmaz. Etiketleme yapılacak paket, araç veya vagonlara yüklenen patlayıcı ve mühimmat birden

farklı tehlike sınıfına aitse, etiketleme en tehlikeli olan tehlike sınıfına göre yapılır (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

Tehlike etiketi, paketin içerisinde bulunan mühimmat ve patlayıcının tehlike sınıfını gösteren ve dikkat çeken işaret veya levhadır. Etiketın alt kısmında bir rakam bulunmaktadır. Bu rakam tehlikeli maddenin ait olduğu sınıfı gösterir. Mühimmat ve patlayıcı maddeler için ‘1’ rakamı kullanılır. Paketler üzerinde bulunan etiketlerin ölçüleri 10 cm x 10 cm ebadındadır Ancak, paketin boyutu bu ölçülere uymadığında etiket küçültülür. İçerisinde mühimmat ve patlayıcı bulunan konteynerlere 25 cm X 25 cm ebadındaki büyük tehlike etiketi takılır. (Allied multi-modal Transportation of Dangerous Goods Directive, 2014). Tehlike bölümleri 1.1’den 1.6’ya kadarki kısımda belirtilen türde paket ya da parçaları taşıyan araçlar, her iki yandan ve arkadan etiketlenir. Araçta bulunan mühimmat ve patlayıcılar bir uyum grubuna ait ise uyum grubu etikette bulunur. Taşınan mühimmat ya da patlayıcı ile ilgili olmayan etiketler örtülür veya kaldırılır. Mühimmat ve patlayıcıları taşıyan vagonlarda araçlara takılan etiketler kullanılır. Vagonların her iki tarafına etiketler takılır. Vagonların etiketlenmesi araçlarla aynı esaslara göre yapılır.



**Kaynak:** KKTT 9-1300-1-20 (A) Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları 2020 ).

Şekil 1.16. Mühimmat Taşıyan Aracın Etiketlenmesi

### 1.8.3. Mühimmat ve Patlayıcıların Karayolu ile Taşınması

Mühimmat ve patlayıcıların karayolu ile taşınması barışta ve savaşta en çok kullanılan bir taşıma şeklidir. Diğer taşıma usullerinde de (demir yolu, deniz ve hava yolu) mühimmat ve patlayıcılar depolara giriş çıkışında kara yolu ile taşınır. Kara yolu taşımacılığında Türk Silahlı Kuvvetleri, Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet Müdürlüğü gibi kamu kurumları tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınmasına yönelik çok

tarafı Avrupa Anlaşması (ADR) hükümlerine göre faaliyetlerini icra eder (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

Kara yolu ile taşıma; Mühimmat ve patlayıcıların; depolandığı yerden alınması ve yüklenmesi de dâhil olmak üzere, teslim edileceği depoya kadar doğrudan taşıma imkânı sağlamaktadır. Olağanüstü ve savaş durumunda her türlü harekât şeklinde kullanılabilir. Kara yolu ile mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında esneklik ve dağılıma sağlamaktadır. Fakat diğer taşıma usullerine göre daha pahalı ve daha az emniyetli bir taşıma türüdür (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

Kamu kurumlarında mühimmat ve patlayıcı maddelerin taşınmasında, taşıma güzergâhında bulunan Garnizon Komutanlıkları, Jandarma teşkilleri ile Mahalli Emniyet Makamlarına emniyetin sağlanması amacıyla en az 48 saat önceden bilgi verilmelidir (KKKYY 55-1-2 Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları 2010).

Taşıyıcı firmaların her birinde mutlaka Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanlığı (TMGD) bulunması zorunlu olmakla birlikte, güzergâh üzerindeki İl ve İlçe Emniyet Müdürlüğü ile Jandarma birliklerinden tüm izinleri almalıdır. (ADR, 2017).

Kara yolu taşımacılığında mühimmat ve patlayıcılar taşınmasında genel emniyet tedbirleri aşağıda belirtilmiştir. (Allied multi-modal Transportation of Dangerous Goods Directive, 2014).

- ✓ Araçların teknik dokümanlarında belirtilen tonajı aşacak şekilde yükleme yapılmamalıdır.
- ✓ Yükler araç kasasından taşmayacak şekilde yüklenir, üzeri kapatılmalıdır.
- ✓ Yükleme yapılan alanın en az 30 m civarında sigara içilmez, çakmak, alevli fener ve kıvılcım çıkaran cihazlar kullanılmamalıdır.
- ✓ Mühimmat ve patlayıcı taşıması yapan araçların elektrik aksamında herhangi bir şekilde kaçak, kıvılcım ve kısa devre olmayacak şekilde araçlar izole edilmiş olacaktır.
- ✓ Mühimmat ve patlayıcılar uyum gruplarına göre taşınmalıdır.
- ✓ Yükleme sırasında yangın söndürme cihazları hazır bulundurulmalıdır.



- ✓ Görevli personele yapacağı işler ve yüklemeye uyulacak emniyet tedbirleri hakkında eğitim verilmelidir.
- ✓ Ağır yükler alta, hafifler üste yüklenmelidir. Araç kapakları üzerine yük yüklenmemelidir.
- ✓ Hasar görmüş veya sızıntı yapmış mühimmat ve patlayıcılar yüklenmez.
- ✓ Taşıma emniyetli mühimmat ve patlayıcı maddeler ile taşıma emniyetsiz mühimmat ve patlayıcılar aynı araçta taşınmamalıdır.
- ✓ Yükler, ağırlık merkezi mümkün olduğunca ortada ve aşağıda olacak şekilde yüklenir.
- ✓ İstifler arasında istenmeyen boşluklar oluşması durumunda boşluklar hava yastıkları ile doldurularak istiflerin kaymaması sağlanır.
- ✓ Mühimmat ve patlayıcılar taşınması esnasında şehir içi ve şehir dışındaki hız limitlerine uyulmalıdır.
- ✓ Mühimmat ve patlayıcı taşıyan sürücüler tehlikeli maddeler ile ilgili eğitim almalı ve girdiği sınavlardan başarılı ile geçmelidir.
- ✓ Mühimmat ve patlayıcı taşıyan araçların sürücüleri 24 saat içinde en fazla 9 saat araç kullanılabilirler. Bu süre hafta iki kez 10 saate çıkarılabilir.



**Kaynak:** KKT 9-1300-1-20 (A Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları 2020 ).

Fotoğraf 1.2. Mühimmat ve Patlayıcı Maddelerin Taşıma Öncesi Sabitlemesi

#### **1.8.4. Mühimmat ve Patlayıcıların Demiryolu ile Taşınması**

Demiryolu taşımacılığı, karayoluna nazaran daha ucuz ve de emniyetli olmasına rağmen, daha fazla elden geçirmeyi gerektirir ve karayolu taşımacılığına bağımlıdır. Büyük tonajdaki mühimmat ve patlayıcıların her türlü hava koşulunda taşınmasına imkân verir. Kamu kurumları ve firmalar mühimmat ve patlayıcı maddelerin taşınmasına yönelik olarak tehlikeli maddelerin demiryolu ile taşınmasında çok taraflı Avrupa Anlaşması (RID) hükümlerine göre hareket eder. (Allied multi-modal Transportation of Dangerous Goods Directive, 2014).

Hem karayolu ve hem de havayolu taşımacılığı incelendiğinde her ikisine göre daha ekonomik olan demiryolu taşımacılığıdır. Demiryolu ağının hemen hemen her ülkede ve her alanda yeterli düzeyde olmamasından kaynaklı olarak çok popüler olmayan bir taşımacılık modudur. Fakat ülkemizde kamusal alanda mühimmat ve patlayıcı maddelerin demiryolu ile taşınması genellikle tercih edilen bir taşıma türüdür. Demiryolu ile tehlikeli madde taşımacılığında, Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Örgütü (OTIF) tarafından hazırlanan Tehlikeli Maddelerin Demiryolu ile Taşınmasına Dair Yönetmelik (RID) hükümleri uygulanmaktadır (OTIF, 2018).

#### **1.8.5. Mühimmat ve Patlayıcıların Denizyolu ile Taşınması**

Denizyolu ile tehlikeli maddelerin taşınması, kişilerin yaralanmalarını veya gemilerin ve yüklerin hasar görmelerini, özellikle de deniz çevresine gelecek zararları önlemek amacıyla bazı kurallara bağlanmıştır. Bu kuralların en başında Tehlikeli Maddelerin Denizyolu ile taşınmasına yönelik çok taraflı Avrupa Anlaşması (IMDG) gelir. IMDG'nin amacı, tehlikeli yüklerin serbest, kısıtsız hareketliliklerini kolaylaştırırken bu yüklerin emniyetli bir şekilde taşınmalarını sağlamak ve çevre kirliliğini önlemektir. (Allied multi-modal Transportation of Dangerous Goods Directive, 2014).

Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde diğer taşıma modlarına göre ucuz, fakat taşıma süreleri de dikkate alındığında denizyolu taşımacılığı diğer taşıma türlerine göre daha uzun sürmektedir. Deniz yolu ile mühimmat ve patlayıcıların taşınması, Uluslararası Denizcilik Organizasyonu (International Maritime Organization-IMO) tarafından düzenlenen International Maritime of Dangerous Good (IMDG) sözleşmesi veya diğer bir ifade ile tehlikeli maddelerin denizyolu ile taşınması kurallarına göre yapılmaktadır.

### **1.8.6. Mühimmat ve Patlayıcıların Havayolu ile Taşınması**

Hava yolu ile tehlikeli madde taşımacılığında tehlikeli maddeler dökme olarak taşınmaz, sadece ambalajlı ve paketli yükler havayolu konteynerleri içerisinde taşınır. Havayolu ile tehlikeli maddelerin taşınması genellikle kargo tipi uçaklar ile yapılır. Tehlikeli maddelerin havayolu ile taşınmasında, Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (International Civil Aviation Organization-ICAO) tarafından belirlenen kurallar geçerli olup, ICAO'ya üye tüm ülkeler tarafından uygulanmaktadır (ICAO, 2001). Havayolu ile mühimmat ve patlayıcı maddelerin sevkinde uluslararası sevkiyatlar da yapıldığı için Tehlikeli Maddelerin Hava Yolu ile Güvenli Taşınması Teknik Talimatına (Technical Instructions For Safe Transport Of Dangerous Goods By Air, IATA) uyulması gerekir. (Allied multi-modal Transportation of Dangerous Goods Directive, 2014).

### **1.9. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Literatür Araştırması**

Tehlikeli madde taşımacılığı geçtiğimiz 60 yılda araştırmacılar için sürekli dikkat çeken bir konu haline gelmiştir. Tehlikeli madde taşımacılığı ile ilgili akademik çalışmalar ve araştırmalar 1970 yılından itibaren yapılmaktadır. Tehlikeli madde taşımacılığının özellikle insanlara, hayvanlara, doğal tabiata ve çevreye verebileceği zararın diğer taşınan malzemeye göre çok daha vahim sonuçları olabileceğinden araştırmacıları özellikle taşıma ile ilgili riskleri minimuma indirecek modeller üzerinde durma konusunda zorlamıştır.

Tehlikeli madde taşımacılığı ile ilgili yazılan makaleler incelendiğinde daha çok ikinci ve üçüncü sınıf tehlikeli maddenin taşınmasına yönelik çalışmaların olduğu gözlenmiştir. İkinci ve üçüncü sınıf tehlikeli maddelerin dünya genelinde taşımacılığının yoğun olarak yapılmasından dolayı bu sınıflara ait tehlikeli maddelerin daha çok taşınmasının yapıldığı bilinmektedir. Ayrıca birinci sınıf tehlikeli maddelerin taşınması ile ilgili neredeyse hiç araştırma yapılmaması dikkati çekmektedir.

Tehlikeli madde taşımacılığı yapan firmaların öncelikle konusu maliyetleri minimum düzeyde tutmak olduğu bilinmektedir. Fakat tehlikeli madde taşımacılığı konusu hem kanun, yönetmelik ve anlaşmalardan dolayı hem de insanlara ve çevreye verebilecek zararın en az düzeye indirilmesinin toplumsal bir sorumluluk ve farkındalık olması sebebiyle riskin de en az maliyetler kadar dikkate alınması gereği ortaya çıkmaktadır. Tehlikeli madde taşımacılığında meydana gelebilecek kazalar öngörülemez ise sonuçları çok kötü olarak karşımıza çıkabilmektedir. Tehlikeli madde ile ilgili yapılan araştırmalar

genellikle risk analizi, riskin azaltılması ve risklerin değerlendirilmesi konularında olmuştur. Ayrıca tehlikeli madde taşımacılığında riske bağlı olarak tehlikeli maddelerin taşınması için en uygun güzergâhların bulunması da başkaca en fazla araştırma yapılan konu olmuştur.

Tehlikeli madde taşımacılığında yapılan ilk araştırmalar risk derecesinin tanımlanması ve modellemeler üzerine odaklanmıştır. Fakat söz konusu araştırmalarda genel bir fikir birliğine varılmamıştır. Genel olarak risk tanımlanması, istenmeyen bir durumun olma olasılığı ile bu olay neticesinde meydana gelen zararın ölçülebilmesidir. (Alp, 1995).

Tehlikeli madde taşımacılığında taşıma modu ne olursa olsun araştırılan makalelerde tehlikeli madde taşımacılığında riski ve maliyeti minimum düzeye indiren modeller ve bu modellerle elde edilen en uygun güzergâhlar tehlikeli madde taşımacılığı sorunlarına çözüm bulmak amacıyla önerilmiştir.

Tehlikeli madde taşımacılığında risk tanımlanması iki ayrı durumu ortaya çıkarmıştır. Bunlardan birincisi kaza durumunda istenmeyen olumsuz bir olayın oluşma olasılığı, ikincisi ise meydana gelen olumsuz olayın neticeleridir. Yerli ve yabancı kaynaklar araştırıldığında istenmeyen olay olarak tehlikeli madde taşıyan bir aracın kaza yapması ve tahmin edilemez felakete yol açması olarak tanımlanabilir (Erkut ve Verter, 1998).

Tehlikeli madde taşımacılığında meydana gelen kaza ve olaylar sonucunda tehlikeli maddenin etrafa yayılmasıyla meydana gelen olumsuz olayın sonucu, insan kayıplarının yanı sıra yakınında veya yanındaki çevresel ve ekonomik kayıpları da içermektedir. Olumsuz olarak sonuçlanan bir olayın neticesinde insanlar üzerindeki genel etkisi ölüm ve yaralanmanın haricinde insan sağlığına kalıcı etkisi olabilecek faktörler ile çevre üzerindeki sonuçları da tabii doğal kaynakların yok olması ve ağaçlık, makilik ve ormanlık alanların tamamen yok olması şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Karabulut, S. 2014).

Geleneksel risk tanımlanmasına bakıldığında, yalnızca bir olay için meydana gelen risk ve bu olayın oluşma olasılığı ile bu olayda ortaya çıkan neticenin çarpımına eşittir diye tanımlanmaktadır (Barilla ve ark. 2009).

Tehlikeli madde taşımacılığındaki kaynaklar ele alındığında genel olarak risk değerlendirmesi, en uygun rota seçimi, yerleşimi, tesis seçimi ve şebeke tasarımı olmak üzere dört temel konu üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca bu dört temel problem alanına

ait konuların birleşimini inceleyen farklı birçok akademik araştırma da bulunmaktadır. (Erkut ve ark. 2007).

Tehlikeli madde taşımacılığında fikir birliğine varılan risk analiz değerlendirmeleri olmadığı ve kaynak araştırmasında yaygın olarak kullanılan modellerin ele alındığı, buna ilave olarak taşıma riskinin nasıl ölçüleceği ve bunun sonucunda sonuçların değiştirip değiştirmediği konusunu araştırmıştır. Amerika'da bulunan çeşitli eyaletlerde tehlikeli madde taşınmasında kullanılan 28 ayrı çıkış ve varış noktası arasında değişik risk modellerini uygulamışlardır. Bunun sonucunda da bir model için en uygun olan rotalamanın ve başka diğer modellerin uygulanmasında ise farklı sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır (Erkut ve Verter, 1998).

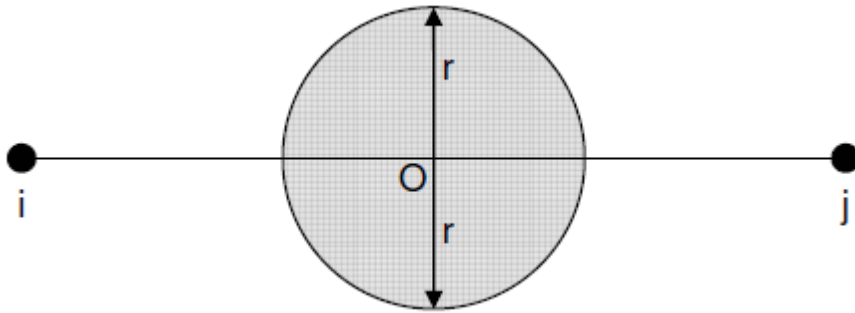
Tehlikeli madde taşımacılığında yapılan diğer bir çalışma ise karayolu ve boru hattıyla yapılan tehlikeli madde taşınmasında meydana gelecek olan riski bulanık mantık ile değerlendirmektir. Risk analizlerini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen bulanık parametreleri tanımlanması ve oluşturulan algoritmalar yardımıyla yine bulanık mantıkla hesaplamalar yaparak analiz sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışma neticesinde, karayolu ve boru hattı taşımacılığındaki risk analiz yöntemi ortaya çıkmıştır (Bonvicini ve ark.,1998).

Tehlikeli madde taşımacılığında meydana gelebilecek kazalar neticesinde tahmin edilemez sonuçlar olabileceğinden meydana gelecek kazaların önüne geçilebilmesi maksadıyla üç modele ihtiyaç duyulmuştur. İlk model meydana gelen kaza sonucu ortaya çıkabilecek çok kötü sonuçlar neticesinde riske maruz kalabileceği değerlendirilen insan nüfusunun minimum seviyesine indirilerek önlenmesi amaçlanmıştır. İkinci model tehlikeli madde taşımacılığı sırasında güzergâhta meydana gelebilecek kaza sonucunun varyansının güzergâh içine dâhil edilmesidir. Üçüncü model ise kati suretle kullanılamazlık fonksiyonunun kullanılması olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu modeller incelendiğinde sayısal örnekler gösterilerek geliştirilen bu üç modelin birbirine olan benzerlikleri ve farklılıkları açısından değerlendirilmiştir. Bu kapsamda çalışma sonucunda bütün modeller incelendiğinde toplam güzergâhın kısaldığı ve güzergâh üzerinde bulunan nüfus yoğunluğunun bölgenin seçiminden kaçınıldığı tespit edilmiştir (Erkut ve Ingolfsson, 2000).

Tehlikeli madde taşımacılığında yapılan çalışmada tehlikeli maddelerden mühimmat ve patlayıcıların taşınması için bir model önerisi yapılmıştır. Mühimmat ve patlayıcıların

taşıması sırasında, çevreye verilen zararın minimum seviyeye indirilmesi için taşıma güzergâhında bulunan yerleşim yerlerindeki nüfus, temel risk belirleyicisi olarak kullanılmıştır. Taşıma güzergâhında bulunan nüfus oranı risk belirlemesi kapsamında en temel değer olarak alınmış ve güzergâhın en kısa yol algoritması oluşturularak bir model oluşturulmaya çalışılmıştır. Söz konusu model, Türkiye’de Kayseri-Şırnak arasındaki mühimmat ve patlayıcı taşımacılığı için uygulanmıştır. Yapılan çalışmada, belirlenen karayolu şebekesinde yer alan 87 ark noktasındaki her iki nokta için en kısa güzergâh en az riskli güzergâh, %50 uzaklık %50 risk ağırlıklı hesaplanan güzergâh çözümleri bir optimizasyon programı kullanılarak elde edilmiştir (Şahin ve Erol, 2006).

Tehlikeli maddelerin herhangi bir kaza anında tehlikeye girebilecek bölge alanı tehlikeli madde türlerin sınıflarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Şekil 1.17’de gösterilen  $r$  yarıçaplı dairesel alana tehlike alanı denir. Tehlikeli madde taşımacılığı yapan bir aracın (i,j) bağlantı üzerindeki her bir tehlike alanının birleşimine etki alanı adı verilmektedir. Bu kapsamda etki alanı içinde yasayan nüfus sayısının o bağlantıya içindeki nüfusa etki değerini vermektedir (Şahin ve Erol, 2006).



**Kaynak:** (Şahin ve Erol, 2006).

Şekil 1.17. Tehlikeli Bölge Yarıçapı

Tehlikeli madde taşımacılığında, iki aşamadan oluşan güzergâh planlama modeli uygulanmaya çalışılmıştır. Söz konusu model incelendiğinde öncelikle ekonomik açıdan kabul edilmesi mümkün rotalar belirlenerek her rota için risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Problemi çözen farklı seçim kriterlerine göre güzergâh seçim kriterleri ve değerlendirme kriterleri açısından belirlenen kıymetlendirme matrisi ile en uygun güzergâhı ortaya koyan bir model ortaya çıkarmışlardır (Barilla ve ark. 2009).

Tehlikeli madde taşımacılığında en uygun güzergâh seçimini çok amaçlı karar verme problemi olarak tanımlamaya çalışmışlardır. Yapılan çalışmada tehlikeli madde

taşımacılığına yönelik iki temel problem alanının tespiti yapılmış ve bunların çözümü anlamında bir yaklaşım modeli önerilmek istenmiştir. Problem sahalarından birincisi ulaşım riskinin tanımlanmaya çalışılması diğeri de riski minimize eden güzergâh seçimi için algoritma geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda, hesaplama aracı olarak “Genetik Algoritmayı uygulayarak çok amaçlı bir karar verme modeli önermişlerdir” (Jassbi ve Makvandi, 2010.)

Tehlikeli madde taşımacılığında riskli olaylı kazanın meydana gelme olasılığı tanımlaması yapılmış, karayoluyla taşınmasında olması muhtemel bir kazaya ait araçların kaza yapma olasılıkları ile kazaya ait zararı ve taşıma maliyetlerini azaltmaya yönelik ayırt edici üç yol geliştirmeye çalışılmıştır. Söz konusu çalışmada üç ayrı güzergâh stratejisini Toronto (Kanada) karayolunda 1981 yılına ait kaza istatistikleriyle ayrı ayrı uygulayarak sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Çalışma neticesinde önerilen emniyetli yol güzergâhları, büyük kapsamlı çevresel faktörler göz önünde bulundurularak taşıma maliyetlerini minimum seviyeye indirmeye yönelik olarak değerlendirme yapmışlardır. Bu değerlendirme neticesinde iki önemli bulguya rastlanılmıştır. Bunlarda ilki, minimum riskli güzergâh stratejisi güvenliğe yönelik kesin bir ekonomik kazanım elde edilmesi sağlanacaktır. İkincisi de taşıma maliyetleri ile güvenlik kazanımları arasında önemli bir karşıtlığın ortaya çıkmasıdır. Söz konusu karşıtlık tehlikeli maddelerin taşınması için geliştirilen emniyet stratejilerinin uygulanabilirliği konusunda bir endişeyi de beraberinde getirmektedir (Saccomanno ve Chan, 1985).

Tehlikeli madde taşımacılığında güvenli ve istenilen bir şekilde icra edilebilmesi maksadıyla farklı bir kaç alternatifler üzerinde çalışılmıştır. Tehlikeli madde taşımacılığı için risk yönetimi en önemli değerlendirme olacağı için alternatif seçeneklerin kullanılması ve ağırlıklandırılması çalışmasını ortaya koymuşlardır. Çalışmanın uygulama alanı olarak Güney Kaliforniya olarak belirlenmiş olup güzergâh seçimi, risk ölçümü ve acil müdahale ile ilgili değerlendirmeler yapılmaya çalışılmıştır. Kanun koyucular ile taşıyıcı firmaları memnun edecek değerlendirme materyalleri ve standardizasyon yaklaşımı geliştirilmesi gerektiği önemi ortaya çıkmıştır (Abkowitz ve ark., 1992).

Sivakumar ve arkadaşlarının 1993 ve 1995’te yaptıkları çalışmalar incelendiğinde şartlı risk yaklaşımını ortaya koymuşlardır. Bu yaklaşıma göre, tehlikeli madde taşınması yapılan yolda olası meydana gelmesi beklenen ilk olaylı kazanın beklenen kötü sonuçları modellenmeye çalışılmıştır. Kazanın olması öncelikli risk kabul edilerek kaza sonrası oluşan

yeni durumdaki riski minimuma indirmeyi amaçlayan bir model sunulmaktadır. Model gerçek yaşanmış verilere dayalı bir tehlikeli madde taşımacılığı senaryosunda denenmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar, “çözüm metodolojisinin yeterli süre içerisinde tutarlı çözümler sağladığını göstermiştir” (Sivakumar ve ark. 1993,1995).

Pijawka ve diğer çalışma arkadaşları 1985’te Amerika Birleşik Devletleri’nin Arizona eyaletinde yaptıkları çalışmada tehlikeli madde taşımacılığında risk yönetimi için bir model geliştirmiş ve bunun neticesinde güzergâh seçiminde risk ölçüm yaklaşımını önermişlerdir. Tehlikeli madde taşımacılığında güzergâh seçimini etkileyen dört değişkeni “(yolda meydana gelen tehlike sayısı, kaza olasılığı, risk altındaki nüfus ve potansiyel tehlike oranı) inceleyerek bir risk analiz modeli geliştirmişlerdir” (Pijawka ve ark. 1985).

1988’de yapılan çalışmada tehlikeli madde taşımacılığında oluşabilecek kaza sonucu en az nüfus sayısına ulaşabilmek maksadıyla bir risk modeli geliştirme çabasında olmuşlardır. Tehlikeli madde cinsi ve sınıflarına göre değişiklik gösterebilen r yarıçaplı dairesel bir “tehlike alanı” tanımlanmıştır. Buradaki amaç tehlikeli madde taşımacılığında olası kaza sonucu bölgede yaşayan nüfusun maruz kalacağı zararı en aza indiren ve aynı zamanda en kısa yol algoritmasını kullanan bir model ortaya koymak istemişlerdir. Çalışmanın ana amacı kara yolu taşımacılığında güzergâh içindeki yaşayan nüfusu en aza indirgeyecek güzergâhı tespit etmektir. Çalışma neticesinde, “r yarıçaplı tehlike alanı küçüldükçe en kısa yol algoritması ile geliştirilen model sonuçlarının %90-95 benzerlik gösterdiği ve karayolu kesişim noktalarının az olduğu güzergâhlarda kaza ihtimalinin daha düşük olduğu ortaya konmuştur” (Batta ve Chiu, 1988).

Revelle ve arkadaşları 1991’de yaptıkları iki amaçlı çalışma ile tehlikeli atık taşıma ve yerleştirme modelini geliştirmişlerdir. Bu çalışmadaki amaçlarından ilki, en kısa rotanın belirlenmesi, ikincisi ise nüfus üzerindeki algılanmış riskin minimuma indirilmeye çalışılmasıdır. Tehlikeli madde atıkların hem depolanması hem de taşınma güzergâhının tespit edilmesinde ortaya çıkan risk modellenmiştir. “Amerika Birleşik Devletleri’nin doğu kıyılarında üç çeşit otoban ağında yapılan analizlerin ardından, risk ölçümünde iki amaçlı model yerine daha detaylı risk modellerinin geliştirilmesi, harcanan yakıt oranlarındaki belirsizliğin giderilerek modele dâhil edilmesi ve karayolu taşımacılığı yanında demiryolu ve nehir taşımacılığının da araştırılması sonuçları ortaya çıkmıştır” (Revelle ve ark. 1991).



Tehlikeli madde taşımacılığındaki risk ile normal taşımacılık arasındaki risk karşılaştırıldığında bazı farklılık gösterebilir.(Zhang vd. 2000)

- Yaralanmalar, ölümler ve malzeme zararları,
- Kaza sonrası potansiyel olarak açığa çıkan tehlike derecesi,
- Tehlikeli maddenin de yayılımı ile sonuçlanan kaza olasılığı.

Nicelik olarak risk değerlendirmesi yapıldığında aşağıda belirtilen üç maddeye odaklanmışlardır (Erkut ve diğerleri, 2007):

- Sıklık analizi
- Tehlike ve ortaya çıkan reseptör tanımlaması
- Sonuç modelleme ve risk hesaplama;
  - ✓ Risk Maliyeti (yaralanma ve ölümler, temizleme maliyetleri, malzeme zararı, bölgeyi boşaltma, ürün kayıpları, trafik akışında yavaşlama, çevre zararı)
  - ✓ Etki alanını modelleme,
  - ✓ Gaussian Plume Modeli.

Erkut ve diğerleri tarafından tehlikeli madde taşımacılığında karayoluna ait risk değerlendirmesini yola bağlı ark riski ve güzergâh riski olarak hesaplamışlardır. Risk değerlendirmesi tehlikeli madde taşımacılığı çalışmasını yapan birçok araştırmacı için en ilgi çeken araştırma konusu olmuştur. Son zamanlarda yapılan çalışmalara değinildiğinde; “Toumazis ve Kwon, verilen zamana da bağlı olarak tehlikeli madde taşımalarındaki riski en aza indirme konusunda çalışmıştır (Toumazis ve Kwon, 2013). Chakrabarti ve Parikh, risk temelli rota değerlendirmesi çalışması hazırlamıştır (Chakrabarti ve Parikh, 2011) . Saat ve diğerleri, tehlikeli maddelerin demiryolu ile taşınmasında risk maliyetini tahmin etmeye yönelik kantitatif analitik bir yaklaşımda önermiştir (Saat vd. 2014). Cappanera ve Nonato, literatürdeki gerçek olaylardaki toplam riske ve toplam maliyete bağlı verilen domine edilmemiş sonuçlar üzerinde en etkin olarak Pareto frontier modelinin nasıl uygulanabileceğini çalışmıştır” (Cappanera ve Nonato, 2014).

Erkut ve diğerleri tehlikeli madde taşımacılığı için bir kitap bölümü hazırlamıştır ve bu bölümde tehlikeli madde taşımacılığı literatüründe yer alan risk modelleri özet halinde

sunulmuştur (Erkut vd.2007). “Modellerde ‘i’ her bir olayı, ‘b’ olaylı kaza olasılığını, ‘c’ ise ortaya çıkan sonucu nitelendirmektedir.”

Tehlikeli madde taşımacılığında riski değerlendirmek için en çok kullanılan üç model aşağıda belirtilmiştir.

- ✓ Olaylı kaza olma olasılığı modeli,
- ✓ Nüfusa etki modeli
- ✓ Toplumsal risk modelidir.

Olaylı Kaza olma olasılığı modelinde  $(\sum_{i=1}^n b_i)$  herhangi bir yoldaki tek bir yapılan taşımanın olaya dönüşme olasılığı, söz konusu yola ait düğümlerin her birinin uzunluğu ile olaylı kaza olma olasılığı çarpım değerlerinin toplamına eşittir.

Nüfusa etki modeline göre (i,j) bağlantısı üzerindeki bir O noktası etrafındaki r yarıçaplı alanda yaşayan nüfus potansiyel risk altındadır.

$$\left( \sum_{i=1}^n c_i \right)$$

Toplumsal risk modelinde risk, olaylı trafik kaza olasılıklarının tehlike alanında yaşayan insan sayısı ile çarpılmasıyla bulunur.

$$\left( \sum_{i=1}^n b_i c_i \right)$$

Samanlioglu çalışmasında endüstriyel tehlikeli atık maddelerin konumlandırması ve şebekelendirilmesi kapsamında çok amaçlı matematiksel bir model önermiştir (Samanlioglu, 2013). Desai ve Lim, tehlikeli madde taşımacılığı yapan araçlar için güzergâh seçiminde stokastik dinamik programlama yaklaşımı üzerine odaklanmışlardır (Desai ve Lim, 2013). Mahmoudabadi ve Seyedhosseini, tehlikeli madde taşıyan araçların güzergahların belirlenmesi prensipleri ve “kaos teorisinin” temel ilgi alanları üzerinde çalışmışlardır (Mahmoudabadi ve Seyedhosseini, 2014).

Kanun koyucular, devlet, yasal ve yerel otoriteler tehlikeli madde taşımacılığı yapan firmalara danışman gibi hareket edebilirler ve belli bir zaman aralığı içinde söz konusu

firmalara en uygun nüfus bölgelerini içeren yol güzergâhlarını belirlemek için atama yaparlar (Shen vd. 2013). Tehlikeli madde taşıyan her iki tarafta yani hem yasal ve yerel otorite hem de taşıyıcı firmalar tehlikeli madde taşıyan araçlarının riskini en aza indirmek amacıyla yasal otoritenin sınırlamalarına uygun olarak güzergâhlar, çizelgelemeler ve rotalama yaparlar.

Tehlikeli madde taşıyan araçların güzergahlanmasının yanında tehlikeli maddelerin depolanmasının yanı sıra kullanılacağı tesislerin yer seçimi de tehlikeli maddenin riskini azaltmak açısından büyük önem arz etmektedir. Söz konusu yapılan çalışmada nüfus üzerindeki riski azaltarak tesisleri yerleştirmek için araştırmacıların ilgi alanlarından biri haline gelmiştir. Tesislerin yerleştirilmesi tehlikeli madde taşıyan araçların güzergâhları ile birlikte düşünülmelidir. Tehlikeli madde sevkleri genellikle insan sağlığı ve dış çevre için potansiyel olarak tehlikeli olan tesislerden başlatılır. Bu tesisler petrol rafineleri, nükleer enerji merkezleri, mühimmat depoları ve silah fabrikaları olabilir. Bu tesislere uygun olan yer seçim kararları tehlikeli madde sevkiyatlarının güzergâhları üzerinde ciddi etkilere sahiptir. Sonuç olarak tehlikeli madde sevkiyatlarında güzergahlamanın, depo ve tesis yeri seçiminin bütünleşmiş edilmesi tehlikeli maddelerin sevk edildiği bölgelerde olası meydana gelebilecek toplam riski azaltmak anlamında etkili bir yola sahiptir (Erkut vd. 2007).

Son yıllarda teknoloji ve sanayileşme seviyesinin artması tehlikeli maddeyi daha önemli ve bilimsel bir metotla yönetmek için tehlikeli atık yönetimi sorununun önemini daha fazla artırmıştır (Samanlıoğlu, 2013).

Tehlikeli madde taşımacılığında olası meydana gelebilecek kaza sonrasında acil müdahale yöntemi tesis etmek insan sağlığı ve çevre düzeni altyapısı üzerine bir bina tesis edilmesi gibi analiz edilebilir (Berman vd. 2007). Acil müdahale bölümleri ilk yardım personelinden, itfaiye bölümlerinden, polis departmanlarından oluşmaktadır (Xu vd. 2013).

Tehlikeli madde sınıflarından yanıcı sıvıların yanma ve infilak ihtimallerini incelemek için tehlikeli madde taşımacılığı sırasında meydana gelen kazaların bilgi tabanlarını kullanmışlardır (Ronza vd. 2007). Ghazinoory ve Kheirkhah, tehlikeli madde taşımacılığı riskine ana parametre olarak yoğunlaşmış ve değerlendirme durumunda meydana gelen kazaların minimum seviyeye indirilmesi kapsamında daha uygun şartlara kavuşulması için daha yeni politikalar geliştirmişlerdir (Ghazinoory ve Kheirkhah, 2008).

Tehlikeli madde taşımacılığında ağ çizelgelemesini ilk olarak Kara ve Verter ortaya çıkarmışlardır. Çalışmalarında Kara ve Verter iki aşamalı tam sayılı programlama modeli ortaya koymuşlar ve sorunu devlet ile taşıyıcı şirketler olarak çok yönlü düşünmüşlerdir. Konuya yasal otorite ve taşıyıcı firmaların durumu ve birbirleriyle ilişkisi olarak yoğunlaşmıştır. Kanun koyucu riski minimum seviyesine indirmek için mevcut bir ağdaki yol bölümlerinden bir kaçını yasaklanması gerekecektir. Tehlikeli madde taşıyan firmalar da bu yasak yolları kullanmadan önce ağdaki maliyetleri minimum seviyeye indiren güzergâhı seçmektedirler. İki seviyeli programlama formüle edilerek model kurulmuştur. “İç ve dış problem olarak kurulan modelde iç problemi KKT(Karush- Kuhn- Tucker)” koşulları kullanılarak tek seviyeye düşürüp problem tek seviyeli model olarak çözülmüştür” (Kara ve Verter, 2004).

Zhang ve diğerleri tehlikeli madde taşımacılığında meydana gelen kaza sonrası rüzgârın da yardımıyla çevreye yayılan gazların ağ üzerindeki etkisini incelenmişlerdir. Hava kirliliğinin dağılımını bulmak için en popüler olarak kullanılan model olan “The Gaussian Plume Model (GPM)” çalışmada kullanılmıştır (Zhang vd.2000).

Erkut ve Alp’in çalışmasında fazlaca nüfusu çok olan şehir merkezinde tehlikeli madde taşımacılığı için bir şebeke oluşturulması hedeflenmiştir. Çalışmada toplam maliyetler ve toplam risk arasında bir çelişki söz konusudur. Senaryo gereği taraflar yerel otorite ve tehlikeli madde taşıyıcı firmalardır. Kanun koyucular riski minimum seviyesine indirmek maksadıyla bir ağ meydana getirirken, taşıyıcı şirketler ise maliyetlerini minimum seviyede tutmaya çaba göstermişlerdir. Çalışmada tehlikeli madde taşınması için ağ oluşturma sorunu bir yayılan ağaç problemi olarak formüle edilmiştir. Tavsiye edilen ağ tasarımı en iyi yayılan ağaç problemine “(optimum communication spanning tree problem)” benzemektedir. Öncelikle Kara ve Verter, (2004)’in tavsiye ettiği iki aşamalı tehlikeli madde taşıma ağ problemi tanımlaması yapılmıştır.

Verter ve Kara çalışmalarında tehlikeli madde taşımacılığında yasal otoritenin mevcut yol ağ içinde hangi tür yolların kapalı olması gerektiği problemini çalışmışlardır. Meydana getirilen ağda amaç tehlikeli madde taşımacılığında en ekonomik olma durumunu tehdit etmeden yasal otoritenin seçimlerine uygun olarak riski minimum seviyesine indirmeye çalışmışlardır. Yasal otoritenin riski minimum seviyede tutma bakış açısına uygun olan bir model kurulmaya çalışılmıştır. Güzergâh meydana getirilirken ise taşıyıcı firmaya en az maliyet getirecek güzergâhın kabul edilebilir bir oran fazlasına kadar olan

yollar oluşturulan ağa dâhil edilmiştir. Bu yüzden yasal otorite bu kabul edilebilir güzergâhtan daha maliyetli bir güzergâh için taşıyıcı şirketleri zorlama içerisinde olmayacaktır (Verter ve Kara, 2008). Bianco ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında tehlikeli madde taşımacılığında ağ oluşturmak için iki aşamalı şebeke akış modeli önerilmiştir. Bu modelde iki farklı tür otorite söz konusudur. Bunlar bölgesel otorite ve yerel otorite olarak adlandırılmıştır. Bölgesel otorite sorumluluk alanındaki toplam riski minimum seviyeye indirgemeye çalışmaktadır. Yerel otorite de sorumluluk sahasındaki nüfus üzerinde oluşacak riskin mümkün olduğunca az olmasını hedeflemektedir. İki karar vericiye göre iki seviyeli model kurulmuştur. Daha sonra model KKT koşulları ile tek seviyeye indirilmiştir. “4 adımdan oluşan bir çözüm önerilmiştir. Birinci adımda Model kurulmuş ve dal sınır algoritması kullanılarak CPLEX 8.0.1 ile çözülmüştür. İkinci adımda Sezgisel bir algoritma kullanılarak çözüm üretilmiştir. 3 ve 4üncü adımda ise en iyi çözüm ile sezgisel çözüm karşılaştırılmıştır” (Bianco vd, 2009). Fatma Gzara çalışmasında iki aşamalı tehlikeli madde taşıma ağ tasarımı probleminin formülize edilebilmesi için “kesme algoritmasını (cutting plane algorithm)” önermiştir. Dört adımdan oluşan bir kesme algoritması ile çözümler bulunmuş, bu çözümler önceki makalelerde uygulama yeri olan Ravenna ve Western Ontario’da uygulanarak diğer çalışmalardaki sonuçlar ile kesme algoritmasından bulunan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır (Gzara, 2013).

Xu ve diğerleri çalışmasında tehlikeli madde taşımacılığında bulanık değerler kullanılarak acil servis personelinin nerelere yerleştirilmesi gerektiği tespit edilerek bir şebeke tasarımı modellenmesi çalışılmıştır. Çalışmada üç taraf söz konusudur. Birinci taraf riski en aza indirmeye etmeye yasal otorite, ikincisi taşıyıcı şirketler ve üçüncüsü de acil yardım bölümünde çalışanlardır. Acil yardım personeli genelde ilk yardım personeli, itfaiye departmanı veya ilgili polis bölümündeki çalışan personellerden oluşmakta veya bunların birleşiminden oluşmaktadır. Üç taraf için farklı analizler yapılması gereken modelde yasal otorite riski en aza indirmeye çalışacaktır. Risk belirsiz olduğu için çalışmada bulanık değerler kullanılmıştır. Problemin “iki bulanık faktörü(kaza olma ihtimali ve kaza sonucu etkilenme durumu”) içeren karmaşık olmasından kaynaklı bulanık problem olduğu değerlendirilmiş ve riski modellemek için Fu-Fu değişkenleri kullanılmıştır. Kaza sonrası sonuçlar olarak yaralı ve ölümler, malzeme zararı, trafikteki gecikme ve çevresel zararlar düşünülmüş bunlar AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Problem iki seviyeli olarak modellenmiştir. Önce yasal otoritenin riski en aza indirgeyen şebeke tasarımı modeli kurulmuş ve daha alt seviyede de taşıyıcıların maliyeti en aza indiren modeli kurulmuş ve

bundan sonra da acil yardım personelinin maksimum “küme kaplama” modeli düşünölmüştür.

Günümüzde tehlikeli madde taşımacılığı problemi genel olarak bakıldığında iki amaçlı bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Tehlikeli madde taşıyan şirketler maliyeti (zaman ve mesafe) en aza indirecek güzergâhlar bulmaya çalışırken, devlet veya yasal kanun koyucular da güzergâhın geçtiğı yerlerde yaşanan ve kaza olduğı takdirde etkilenebilecek nüfus sayısı anlamında riski en az düzeyde tutması gerektiğı çalışılmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar çoğunlukla risk ve güzergâh üzerinde çalışmışlardır.



## 2. BÖLÜM

### 2. TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA RİSK ANALİZİ YAPILMASI VE GÜZERGAH SEÇİMİNDE KULLANILABİLECEK YÖNTEMLER

Tehlikeli madde taşımacılığında risk analizi yapılması kamuda ve tehlikeli madde taşımacılığı yapan firmalar için büyük önem arz etmektedir. Tehlikeli madde taşınması esnasında oluşabilecek kazalar sonucu tahmin edilemez felaketlere yol açacağı bilinmesinden ötürü hem devlet otoriteleri hem de bu sektörde faaliyet gösteren şirketler risk analizlerini yaparak mümkün olduğunca en az risk içeren yöntemleri tercih etmektedirler.

Çalışmanın ikinci bölümünde tehlikeli madde taşımacılığında risk analiz modelleri, coğrafi bilgi sistemi ile risk analizi ve tehlikeli madde taşımacılığında kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri detaylı olarak incelenmiştir.

#### 2.1. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Risk Analizi

##### 2.1.1. Riskin Tanımı ve Tehlikeli Madde Taşımacılığında Kullanılan Risk Analiz Modelleri

Risk sözcüğü temelde Fransızca dilinden türediği bilinmektedir. Fransızcada kökeni belirtilen “risque” kelimesinden meydana gelmektedir. Başka ifadeyle belirtmek gerekirse lügat anlamı incelendiğinde zarar veya ziyana yol açabilecek bir olayın meydana gelme olasılığıdır (Emhan A. 2009, Risk Yönetim Süreci ve Risk Yönetimde Kullanılan Teknikler, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt:23, Sayı:3, 209).

Son zamanlarda kullanılmakta olan risk kavramı daha çok riskin Çince anlamına daha yakın olduğu bilinmektedir. Çince risk kavramı, öncelikli olarak fırsat, ikincisi de gözdağı manasında olan simge veya işaretlerden meydana gelmektedir. Bu manasıyla risk, güncel andaki mevcut durum içinde dengeyi değiştiren her an karşımıza çıkabilecek koşullar ve olası olaylardır. Söz konusu olası olaylar ve bu olaylara sebep olan engeller ve tehlikeler yaratabileceği gibi karşımıza çıkabilecek fırsatları da bize sunan güncel konumda yeni bir dengeyi oluşturmaktır (www.bizimosgb. 2016).

Riskin birçok farklı alanlarda tanımlamaları mevcut olmasından dolayı aşağıda belirtilen yerli ve yabancı kaynak incelemeleri sonucunda değişik şekilde olan risk tanımları ortaya çıkmıştır:

- Geleneksel anlamda risk kavramı, ihtimal ve kötü bir olayın birbirine bütünleşmiş edilmesi olarak söylenebilir (Kalkan, 2012; 11).
- Risk tanımlanmasını Lowrance (1976) negatif faktörlerin olabirlik ve şiddetin bir ölçütü olarak yapmıştır.
- Risk tanımlarken Williams ve Heins (1985) bazı zaman diliminde meydana gelen şartların ileride olabilecek sonuçları değiştirmesi olarak ifade etmişlerdir.
- Aven ve Renn (2009) açısında riskin tanımı yapılırken, insanların önemsedığı bir olayla ilgili olarak sonuç bazında muğlak olma durumu ile ifade etmişlerdir.

Tehlikeli madde taşımacılığında esnasında tehlikeli maddelere karşı önlem alınması çok büyük önem arz etmektedir. Tehlikeli maddelerin dış ve iç ambalajlamalarının önemi açısından değerlendirildiğinde sürüklenmemesi, hiçbir suretle atılmaması, çarpılmaması ve düşürülmemesi gereklidir (Erdal, 2018; 936). 1980’li yılların başlarında tehlikeli madde taşımacılığında yaşanabilecek sorunlara karşı çözüm metotları geliştirme çabaları görülmektedir. Tehlikeli madde taşımacılığındaki en önemli sorun, taşıma esnasındaki insan hayvan nüfusuna ve doğaya karşı olası tüm risklerin her şekilde minimum seviyeye indirilmesi her açıdan değerlendirdiğinde büyük öneme sahiptir. Bu yüzden tehlikeli madde taşımacılığı sırasında risk değerlendirmesinin yapılması gerekmektedir.

Tehlikeli madde taşımacılığındaki oluşabilecek risk seviyesine göre taşımacılığın tamamen durdurulması veyahut riski en aza indirmek için önlemler alınması ve olası ileride olası zararların minimum seviyelere düşürülmesi sağlanabilir (Göztepe ve Bali, 2014:673). Tehlikeli madde taşımacılığında yapılan araştırmacılar özellikle 1980’li yılların hemen başlarında risk etkenlerin belirlenebilmesi maksadıyla risk modellemeleri sunarken, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Ulaştırma Bakanlığı risk değerlendirilmesi açısından detaylı bir rehber hazırlamıştır (Barber ve Hilderband, 1980:3).

Tehlikeli madde taşımacılığında risk analizi açısından yapılan incelemelerde çıkan sonuçlara göre risk etkilerinin tespit edilmesi ve bu etkilerin matematiksel algoritmalar ile analizi yapılmıştır. Bonvicini ve arkadaşları (1998)’nın yaptığı incelemede, tehlikeli madde



taşımacılığında nüfus ve toplumsal risk modellemeleri incelenmiş ve bu incelemeler neticesinde oluşan risk etkenlerinin analizinde “bulanık matematik” yöntemi kullanmışlardır. Fabiano ve arkadaşları (2002)’nin yapmış oldukları incelemede, tehlikeli maddelerin taşınması sırasında risk etkilerinin araştırıldığı ve etkenlerin, tehlikeli madde taşımacılığındaki yolların kendine özgü özellikleri, hava-iklim şartları ve trafik olmak üzere üç grupta toplanmıştır. Liu ve arkadaşları (2006) ise tehlikeli madde taşımacılığında risk etkenlerini “çok seviyeli bulanık birleşik değerlendirme” ile optimize etmiş ve risk faktörlerini; “yol-çevre, nüfus yoğunluğu ve trafik koşulları” olmak üzere üç grupta toplamışlardır.

Yasal otoriteler veya tehlikeli madde taşımacılığı yapan firmalar tehlikeli madde taşınması sırasında ortaya çıkabilecek herhangi bir riskin tehlikeli madde taşımacılığında yapılacak olan planlama ve uygulama sürecini zorlaştırabileceği bilinmektedir. Günümüzde yapılan ulaştırma planlamaları dikkate alındığında modellerin genel amacı yapılacak taşımayı minimum maliyetle yapma amacıyla olmasına karşın, söz konusu modellemelerin birçoğu tehlikeli madde taşımacılığı anlamında uygun olmadığı gözlenmiştir. Tehlikeli madde taşımacılığı sırasında ortaya çıkabilecek tüm riskler bu taşımacılığı daha problemlilikle birlikte tüm dünyanın da ilgisini çekmeye başlaması bu konu üzerinde araştırmacıları söz konusu taşımacılık alanına doğru itmiştir.

Tehlikeli madde taşımacılığında meydana gelebilecek risklerin modellenmesi anlamında şu ana kadar bir fikir birliğinden söz etmemiz mümkün görünmediğinden, birçok farklı risk tanımlamaları ortaya çıkmıştır. Bu konu üzerinde yapılan araştırmalar genellikle risk tanımlamalarını farklı bir şekilde yapılmamış olmasından kaynaklı, çok daha farklı risk modellemeleri ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir.

Risk analizinin ilk adımı olarak birçok sayıda meydana gelen kazanın muhtemel kaza durumlarını değerlendirmektir. Olası söz konusu durumları içeren tehlikeli madde kapsama alanında mantıklı oluşabilecek temel durumlara indirgeme olacaktır. Tehlikeli maddelerin içinde bulunduğu tüm maddeler veya karışımlar kendine has özellikleri barındırmaktadır. Tehlikeli madde, özellikle kendi içindeki maddenin özellik arz etmesinden dolayı, çevre şartları (soğukluk, sıcaklık vb.) gibi bazı durumlarda söz konusu maddelerin etkenleri üzerinde önemli bir durum sergilemektedir. (UNECE, 2008).

Tehlikeli madde taşımacılığındaki risk etkenlerinin analiz edilmesin, olası meydana gelecek olay tek başına bir risk analizi olarak ortaya çıkabilmektedir. Taşımacılıkta meydana gelebilecek kazada etkilenecek sahanın genel bir daire olarak ele alınması ve bu dairede bulunan toplam nüfus sayısının sabit ve eşit olarak kabul edilmesi yer almaktadır (Erkut ve Ingolfsson, 2005:83).

2007 yılında Erkut ve arkadaşları tehlikeli madde taşımacılığındaki yerli ve yabancı kaynaklarda mevcut olan risk analiz modellemelerini ve bu modellemelerin nasıl kullanılmış olduğunu detaylı bir şekilde araştırma imkânı bulmuşlardır. Günümüze kadar tehlikeli madde taşımacılığı konusunda yapılan araştırma neticesinde Erkut ve arkadaşları (2017) konu ile ilgili olarak yapılan tüm araştırmaları incelemiş ve literatür taramasında yer alan bütün risk analiz modellemeleri ve bu modellemeleri gösterir Çizelge 2.1.'de sunulmuştur (Erkut ve ark.2007).

Çizelge 2.1. Literatürde Yer Alan Risk Analiz Modelleri

<b>Risk Modelleri</b>	<b>Kaynak</b>
Toplumsal Risk Modeli (Minimum societal risk)	Pijawka ve ark. (1985), Alp (1995), Zhang ve ark. (2000), Erkut ve Verter (1995), Verter ve Kara (2001), Ak ve Bozkaya (2008).
Nüfusa Etki Risk Modeli (Population exposure)	Batta ve Chiu (1988), Revelle ve ark. (1991), Erkut ve Ingolfsson (2000), Verter ve Kara(2001), Ak ve Bozkaya (2008).
Olaylı Kaza Olma Olasılığı (Incident probability)	Saccomanno ve Chan (1985), Abkowitz ve ark. (1992), Verter ve Kara(2001), Ak ve Bozkaya (2008).
Algılanmış Risk Modeli (Perceived risk)	Abkowitz ve ark. (1992), Erkut ve Verter (1995).
Koşullu Risk Modeli (Conditional risk)	Sivakumar ve ark. (1993, 1995),Sherali ve ark. (1997).
En Çok Nüfusa Etki Risk Modeli (Maximum population exposure)	Erkut ve Ingolfsson (2000).
Beklenen Faydasızlık (Expected disutility)	Erkut ve Ingolfsson (2000).
Ortalama – Varyans (Mean – variance)	Sivakumar ve Batta (1994).
Talep Tatmin Modeli (Demand satisfaction)	Erkut ve Ingolfsson (2005).
Zaman Etkili Risk Modeli (Time based risk model)	Ak ve Bozkaya (2008).

**Kaynak:** (Erkut ve ark.,2007).

Araştırmalara göre literatürde yer alan risk analiz modelleri incelendiğinde daha çok nüfusa etki risk modeli ile toplumsal risk modelinin daha çok incelendiği tespit edilmiştir. Koşullu risk modeli ele alındığında ise tehlikeli madde taşımacılığında yapılacak planlamaya uygun olmayan nitelikler olduğu gözlenmiştir. Örnek vermek gerekirse tehlikeli madde taşımacılığında herhangi bir yol kesiminde kaza olasılığı arttıkça koşullu risk oranında da düşüş olabilmektedir. Ayrıca literatürde yer alan diğer modellemelerden Talep

Tatmin Modeli, Zaman Etkili Risk Modeli ve Beklenen Faydasızlık modelleri literatürde çok fazla yer almayan ve daha yeni geliştirilen risk analiz modelleridir.

Çizelge 2.1.'de yer alan risk analiz modelleri genel itibariyle riske maruz bırakılan nüfus miktarı olduğu gözlenmiştir. Tehlikeli madde taşımacılığında modellenen risklerin daha değişik yöntemler kullanılarak ele alınması modellemenin amaçlarının arasında olduğu tespit edilmiştir. Tehlikeli madde taşımacılığında yapılan büyük kapsamlı çalışmalarda, nüfusun risk ile karşı karşıya kaldığı oransal durum, her bir yol düğümündeki kaza riskinin belirlenmesi ve her iki riskin de göz önüne alınarak risk modellemesi yapılmış ve aşağıda belirtilen risk modelleri ortaya konmuştur.

- Nüfusa Etki Risk Modeli,
- Olaylı Kaza Olma Olasılığı,
- Toplumsal Risk Model'idir.

### **2.1.2. Nüfusa Etki Risk Modeli**

Tehlikeli madde taşımacılığındaki risk analizlerinde, taşımacılık yapılan alanda bulunan nüfus yoğunluğunun gösterilmesi büyük önem arz etmektedir. Literatür taraması yapıldığında nüfusa etki risk modeli, tehlikeli madde taşımacılığında yapılan en popüler model olarak kullanılan ve taşıma yapılan güzergâh üzerindeki belirli bir sahadaki insanları her açıdan potansiyel risk altında kabul görmüş bir risk modeli olarak bilinmektedir.

Bu model, tehlikeli madde taşımacılığında yaşam alanlarının yani şehir veya kırsal kesimdeki yerleşim yerlerinin bir nokta olarak gösterilmesi yerli ve yabancı kaynaklarda çok sık karşılaşılan bir modeldir. Bu yüzden taşımacılık sırasındaki güzergâhtaki her bir yaşam alanları birer nokta olarak modellenmekte ve burada yaşayan tüm insan nüfusun herhangi bir olası kazadan etkilenmesi değerlendirilmiştir (Batta ve Chiu, 1988).

1991'de Revelle ve arkadaşları tarafından yapılan araştırmada, tehlikeli madde taşımacılığında olası meydana gelecek kazadan ziyade güzergâh üzerinde bulunan örneğin nükleer atık merkezinden gelebilecek radyasyon oranının nüfusu daha fazla etkileyebileceğini önemle vurgulamışlardır (Revelle ve ark. (1991).

Tehlikeli madde taşımacılığı sırasında güzergâh üzerinde olan olaylı bir kazanın meydana geldiği nokta merkez kabul edilerek etrafında yarıçaplı dairesel alan tehlikeli

madde alanı olarak kabul edilmektedir. Ancak tehlikeli madde taşımacılığında tehlikeli madde alanın yarıçapı taşımacılığı yapılan tehlikeli maddenin çeşidine göre farklılık arz etmektedir.

Tehlikeli madde taşımacılığında m tehlike türüne ait s yol güzergâhı etrafındaki tehlike alanı içinde yaşayan insan nüfusu  $C_{s,m}$  (2.1)'de gösterilmiştir.

$$C_{s,m} = \pi \lambda^2 m d_s \quad (2.1)$$

$C_{s,m}$  = s tehlikeli alanında bulunan nüfus sayısını,

$d_s$  = s güzergâh üzerinde bulunan yol segmentindeki nüfus yoğunluğunu,

$l_s$  = s güzergâh üzerinde bulunan yol segment uzunluğunu,

$\pi_m$  = m tehlikeli madde cinsinin güzergâh üzerinde bulunan s yol segmenti içinde bulunan tehlikeli yarıçapını,

$\mathcal{T}_{S,m}$  tehlikeli madde taşımacılığı yapan bir aracın güzergâh üzerinde ilerlerken etki alanı içindeki insan nüfusunu gösterdiğine göre K yoluna ait nüfusa etki değeri (2.2)'de gösterilmiştir.

$$\mathcal{T}_{S,m} = \sum_{s=1}^r ds (2l_s \lambda_m + \pi \lambda^2 m) \quad (2.2)$$

### 2.1.3. Olaylı Kaza Olma Olasılığı

Tehlikeli madde taşımacılığı kaynaklarında bulunan çok çeşitli risk modellemesinden biri olan olaylı kaza olma olasılığı, meydana gelen olaylı kazanın meydana gelme olasılığı olarak tanımlaması yapılmış ve tehlikeli madde taşıyan araç kazalarının meydana gelme sıklık derecesi kullanılarak modelleme yapılmıştır. Bu model tanımlamasına göre P yolundaki meydana gelen olaylı kaza olma olasılığı, söz konusu yola ait her bir yol segmentinin uzunluğu ile olaylı kaza olma olasılığı çarpımından elde edilen sonuçların toplamına eşit olduğu belirtilmiştir. Bu sonuca göre P yolundaki olaylı kaza olma olasılığı (2.3)'de belirtilmiştir (Saccomanno ve Chan, 1985).

$$R_{ip} = \sum_{s=1}^r l_s p_s \quad p_s = \frac{ks}{K} \quad (2.3)$$

$R_{ip}$  = Olaylı Kaza Olma Olasılığı

$l_s$ = s güzergâh üzerindeki yol segmentin uzunluğu,

$p_s$ = s güzergâhta üzerindeki olaylı kaza olma olasılığı

$K_s$ = s güzergâh üzerindeki yol segmentindeki meydana gelen kaza sayısı

$K$ = Güzergâh üzerindeki kaza sayısı

#### **2.1.4. Terör Risk Analizi**

Tehlikeli madde taşımacılığında son yıllarda kamu kurum ve kuruluşları özellikle Silahlı Kuvvetler, Jandarma Genel komutanlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğü birimlerinin tehlikeli madde taşınması esnasında terör riskini göz önüne almak durumunda kalmışlardır. Kamu otoriteleri tehlikeli madde taşıma planları esnasında söz konusu riskin sürekli olarak yapılan planlamalarda güncelliğini sorgulama durumundadırlar.

Kamusal alanda tehlikeli madde taşınması durumunda terör riskinin hesaplanması durumunu ele alınacaktır. Günümüze kadar yapılan tehlikeli madde taşımacılığı literatürü incelendiğinde terör riskinin formüle edilmediğini görmekteyiz.

Terör riskini hesaplama yöntemi olarak çalışma bölgesinde görev yapmış en az 10 yıllık tecrübeye sahip terör konusunda eğitilmiş ve deneyimli olan personel seçilmiştir. Uygulama bölgesinde şehir yapılanması dikkate alındığında Emniyet Genel Müdürlüğü personeli, kırsal alanlardaki yapılanmada ise Jandarma Genel Komutanlığı personeli ile görüşülecektir. Her iki grupta beş personel seçilerek çalışma bölgesinde yer alan arklara ait terör risklerinin yüzde olarak girilmesi sağlanmıştır. Gruplarda yer alan personel uzun yıllar çalışma bölgesinde görev yapmış olduğundan elde edilecek risk değerlerinin yollara ait terör risklerinin ortaya çıkarılmasında kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Her grup riskleri değerlendirdikten sonra her yol arkına ait beş değer elde edilmiştir. Değerler arasında meydana gelebilecek büyük sapsmaları önlemek amacıyla beş değerlerin geometrik ortalamaları alınmış ve her arka ait bir terör risk değeri belirlenmiştir. Daha sonra arklara ait tespit edilen terör değerleri CBS'ye aktarılacaktır.

## **2.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Yöntemi ile Risk Analizi**

### **2.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi**

Coğrafi bilgi sistemi, günümüzde kullanım alanı çok geniş olmakla birlikte coğrafi açıdan birçok alanda ihtiyaç duyulan coğrafi bilgiyi elde etmek, depolamak, güncellemek, kullanmak, analiz etmek ve görüntülemek anlamında her türlü bilginin bilgisayara verilerin girilmesi, yazılması için personel ve yöntemlerin bir araya getirilerek yönetilmesidir (<http://jeodezi.boun.edu.tr>).

Coğrafi bilgi sistemi (CBS) içerisinde birçok çeşitli kullanım sahası ve şematik konular bulunmakla birlikte söz konusu ilgili konuları geliştirmeye yönelik CBS uygulamaları mevcuttur. Bahsedilen bu CBS uygulamaları, Karayolları Bilgi Sistemi, Trafik Bilgi Sistemi, Deprem Bilgi Sistemi, Orman Bilgi Sistemi, Kampüs Bilgi Sistemi, Kent Bilgi Sistemi, Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi, Lojistik Bilgi Sistemi, Harita Bilgi Sistemi, İç Güvenlik Bilgi Sistemi, Araç İzleme Bilgi Sistemi, Arazi Bilgi Sistemi vb. şekilde tanımlanmaktadır (Yılmaz, 2015).

Coğrafi bilgi sistemi yaygın bir kullanım alanı olan, sahadan toplanan birçok verinin analiz edilmesi ve analiz esnasında karşımıza çıkacak olan birçok problemin çözümünde kullanılan veri tabanlı bir yönetim sistemidir. Coğrafi bilgi sistemleri, elde edilen verilerin coğrafi açıdan değerlendirilmekle birlikte analiz aşamasında ortaya çıkabileceği değerlendirilen problem sahaların çözümlenmesinde kullanılan, elde edilen verilerin görüntüsünün ve sonuçlarının analizinde çok büyük faydalar ve avantajlar sağladığı bilinmektedir ( Karabulut, S. 2014).

### **2.2.2. Tehlikeli Madde Taşımacılığında CBS Analizi**

Günümüzde tehlikeli madde taşımacılığında coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Şimdiye kadar tehlikeli madde taşımacılığında rota belirlenmesi anlamında ortaya çıkabilecek problem sahalarının çözümü aşamasında, kullanan ile model arasındaki entegreyi kolay hale getiren birçok karar destek sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Söz konusu bu sistemler, gerçek dünyadan elde edilen veriler ile geliştirilmiş modeller arasındaki tüm kullanıcıların kısıtlanarak problemlerin çözümü aşamasında karşımıza çıkan çeşitli kısıtlamaların tamamen ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Bu anlamda Coğrafi Bilgi Sistemi de tehlikeli madde taşımacılığında güzergâh belirlenmesi için

karar destek sistemi anlamında ortaya atılan en yeni teknolojik kavramlardan biridir (Keenan, 1998).

Son yıllarda coğrafi bilgi sistemleri bilhassa sahada toplanan tüm verilerin modellenmesinde etkili olarak kullanılan faydalı bir vasıta olduğu gözlenmiştir. Günümüzde söz konusu sistemin özellikle taşımacılık alanında kullanılmasında araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Bu nedenle coğrafi bilgi sistemi tehlikeli madde taşımacılığı alanında çok daha popüler olarak kullanılan önemli bir kavram haline gelmiştir.( Karabulut, S. 2014).

Tehlikeli madde taşımacılığında güzergâhların tespit edilmesi, konumlandırma ve şebeke değişkenleri arasında karışık bir etkileşimin görüldüğü bir problem alanıdır. Tehlikeli madde taşımacılığı yapılacak güzergâhın, dış etkiler açısından değerlendirildiğinde sorunlu bölgesel alanlar, taşımayı yapan aracın etkilenebileceği yollar, nüfus sayısının dikkate alındığında yoğunluk yaşanan yerler veya kötü hava şartlarının olduğu yerler gibi özellik arz eden alanları içermemesi çok önemlidir. Bu şekilde çözümlenmesi karışık olan problem sahalarının coğrafi bilgi sistemleri ile çözüme kavuşması sağlanabilir (Keenan, 2008).

Tehlikeli madde taşımacılığında önemli bir yeri olan coğrafi bilgi sistemi modellemeleri, güzergâh tespitinin yapılmasındaki becerisinden dolayı taşınması sırasında meydana çıkabilecek riskin ölçütü ve birçok değişkenleri göz önünde bulundurularak ortaya çıkan riskin daha düzgün bir şekilde değerlendirilmesine imkân tanır (Panwhar ve ark. 2000).

Tehlikeli madde sınıflamalarından birinci sınıf olan mühimmatın taşımacılığında karayolu şebekesi içinde coğrafi bilgi sistem destekli bir risk analiz değerlendirilmesi yapılabilmesi için, karayolu ağına sahip, karar verme açısından değerlendirildiğinde belirlenecek konum noktasında bir değerlendirme yapılması gerekecektir. Şebeke analizi olarak tanımlanan bu analiz, iç içe geçmiş durumda olan, çizgisel özellik arz eden, sürekli olarak coğrafi veriler ile gerçekleştirilmesi mümkün olabilecek konumsal bir analizdir. Söz konusu bu analizlerin uygulama aşamasında en uygun güzergâh tespitinde fazlaca kullanılmaktadır.

Fakat böyle bir analizin yapılabilmesi maksadıyla başlangıç noktasından itibaren bitiş noktasına kadar olan her bir şebeke için ark veya düğüm oluşturulabilmesi için coğrafi veri girişi sağlanmalıdır. Tehlikeli madde taşımacılığında kavramsal anlamda bir karayolu

şebekesinin oluşturulabilmesi için düğüm noktalarına ve söz konusu noktaları birbirine ilişkilendiren bağlantılara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca nokta ve çizgilere ait özellik arz eden tüm bilgilerin girilmesinin önemi çok büyüktür. Tehlikeli madde taşımacılığında yapılacak olan analiz işlemleri sırasında nüfus sayısı, kaza oranı gibi grafiksel olmayan verilerin sorgulanması olduğu için birbiri ardına takip eden arkların niteliksel verilerin mukayese edilmesi şeklinde olmaktadır. İlk noktadan başlayarak birbirine bağlı düğüm noktalarını takip eden çizgiler, özellik arz eden verilerin araştırılması kapsamında istenilen amaca ulaşılması anlamında düğümler arası çizgilerin bir sonraki düğüme bağlanması amaçlanmaktadır. (Yomralıoğlu,2009).

Tehlikeli madde taşımacılığında başlangıç noktasından varış noktasına kadar birçok bağlantı noktası mevcuttur. Bu bağlantı noktaları arasındaki herhangi iki düğüm noktası arasında kalan bağlantıların çözümü noktasında en uygun güzergâh belirlenmesi karar vericiler için önem arz etmektedir. Tehlikeli madde taşımacılığındaki en uygun çözümlenme, mesafenin en kısa olabileceği gibi, istenilen özelliklerin çizilmesi ile amaçlanan bir güzergâh belirlenebilir. Hedeflenen çözüm noktasında her bir yol segmentine göre kısıtlamalar veya sınırlamaların tanımlanması yapılarak en optimum güzergâh belirlenebilir (Erden ve ark. 2003).

Günümüzde coğrafi bilgi sistemi aracılığı ile istenilen karayolu şebeke hattı, kaza oranı, nüfus sayısı, güzergâh üzerinde bulunan çevresel unsurlar, meskûn alanlar veya yerleşkeler gibi çok çeşitli bilgilerin girilmesi kapsamında istenilen birçok büyük bir bilgi havuzu kazanımı sağlanabilir. Bunlara ilave olarak taşımacılık yapılacak karayolu şebekesi bölgesinde tehlikeli maddenin cinsine göre amaçlanan emniyet alanı oluşturularak yaratılarak kesin, kati, anlaşılabilir ve kolay sonuçlara ulaşmak mümkün olacaktır (Karabulut, S. 2014).

### **2.2.3. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Coğrafi Bilgi Sistemi ile Risk Analizi Yöntemi**

Çalışmada, tehlikeli madde taşımacılığında meydana gelebilecek olası tüm risklerin analizinin yapılabilmesi maksadıyla risklere ait veri girişlerini sağlamak, tasnifini ve düzenlemesini yapmak, görsel açıdan değerlendirmek ve tüm bunların analiz sürecini yapmak maksadıyla coğrafi bilgi sistem için tasarlanmış olan ArcMap 10.2.2 programı kullanılması amaçlanmıştır. ArcMap programı sayesinde yapılacak risk analiz hesaplanması ile coğrafi bilgi sistemine veri girişleri yapılması sağlanmaktadır. Ayrıca bu programın daha



detaylı incelenmesinde risk hesaplamalarına göre güzergâh belirleme, güzergâh üzerinde bulunan yol segmentlerinin de hedeflenen amaçlara en uygun risk değerlendirilmesi ve tespit edilen etki alanına göre risk analiz hesaplaması gibi ilave kabiliyetler kazandırılmıştır.

Taşımacılık esnasında karşımıza çıkan ve birçok bağlantı noktası olan birleşim yerleri arasındaki yol segmentlerinden sonuç itibariyle hangilerinin çözüm noktasında en iyi olacağına karar verilmesi maksadıyla yapılan faaliyetler dizisine en iyi güzergâh tespit etme tanımlanması yapılmaktadır. Tehlikeli madde taşımacılığında amaç olarak en optimum çözümlenmesi kapsamında belirlenecek en kısa mesafe olabileceği gibi hedeflenen niteliğe göre değişim gösterebilecek bir güzergâh da ihtimaller arasında olabilecektir. Tehlikeli madde taşımacılığında en uygun güzergâh tespit edilmesine yönelik olarak başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki problemin çözümlenmesi için çok amaçlı karar verme metodların uygulanması sağlanmalıdır. Bu çalışmada tehlikeli madde sınıflarından birinci sınıf olan mühimmat ve patlayıcıların taşınması probleminde tespit edilecek risklerin en aza indirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu şekilde taşımacılıkta karşımıza çıkan problem sahalarını en doğru, en iyi ve basit bir şekilde çözümlenmesi maksadıyla coğrafi bilgi sistemini kullanmak en makul seçenek olacaktır. Coğrafi bilgi sistemleri, tehlikeli madde taşımacılığında olası tüm riskleri hesaplayabilir ve en uygun güzergâhları da tespit edebilmektedir.

Tehlikeli madde taşımacılığında en kısa yol problemini çözebilmek için başlangıç ve bitiş noktası arasındaki en kısa mesafe bulunmaya çalışılmaktadır. Buradaki amaç, istenilen iki nokta arasındaki en kısa uzunluk ve güzergâhı tespit etmektir. En kısa güzergâhı bulmak için başlangıç noktasından çıkarak en yakın birleşim noktasına gidilir ve aynı esaslar ile bitiş noktasına kadar işlem devam edilerek en kısa mesafe bulunur. Çalışmamızda en kısa mesafeyi bulabilmek için ArcMap 10.2.2 programı kullanılarak yapılacaktır. Başlangıç ile bitiş noktasına ait en kısa mesafe her iki nokta arasındaki kilometre (km) cinsinden en kısa mesafeyi bulmaktır.

Çalışma, kamu kurumunda yapılacağından dolayı taşımacılık maliyetinden çok en düşük risk problemini ele almak ana hedefimiz olacaktır. En düşük risk probleminde nüfusa dayalı risk, olaylı kaza yapma riski ve terör riski ele alınmıştır. Ele alınan tüm riskler ile ilgili olarak, uygulama alanındaki karayolu şebekesinde yer alan tüm yol segmentlerinin risk

değeri ayrı ayrı hesaplanarak başlangıç ve bitiş noktası arasındaki toplam riski en aza indiren güzergâhlar tespit edilmeye çalışılmıştır.

### **2.3. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri**

Günlük olağan hayatımızda çok önemli bir yeri olan karar verme kavramı firmalar için de büyük önem arz etmektedir. İşletmeler mevcut durumda veya ileride atılacak adımlar açısından doğru verme kavramı büyük öneme sahiptir. Firma sahipleri veya yöneticileri karar vermelerini ya deneyimsel ya da sayısal yöntemlerle verebilirler. Sayısal yöntemlerle karar verme genel itibariyle bilimsel veriler kullanılarak verildiğinden işletmeler açısından bakıldığında rekabetçi piyasa koşullarında en uygun karar verme yöntemi olduğu bilinmektedir. Karar verme birçok şekilde tanımlanmaktadır. Karar verme en basit anlamıyla seçenekler arasında en uygununu seçmek anlamında kullanılabilir. Karar verme süreç içindeki işlem basamaklarından birini seçmek anlamında tanımlanabilmektedir (Timor,2009).

Karar analizinde, firmalar açısından değerlendirildiğinde karşılaşılan birçok problemin bilimsel yöntemler ile sayısal ve istatistiksel veriler kullanılarak birçok seçenek arasından en uygun hareket tarzını belirlemektir (Atıcı, K. B.Ulucan, A.2009). Karşılaşılan bir veya birçok problemin çözümlenmesinde karar vericiler, problemi oluşturan ve problem basamakları arasında birbiri ile ilişkilendirilen birçok faktör veya alternatiflerin önemli noktalarını ele alarak en uygun karara ulaşmayı amaçlamaktadırlar. 20. Yüzyılın ikinci yarısından bu yana işletmelerin çok kriterli problem veya süreçlerde karar verebilmek adına karşılaşılabilecek alternatifler en uygun seçeneği belirlemeye yönelik sayısal yöntemler arasında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Teknikleri bulunmuş ve kullanılmaya başlanmıştır (Vassilev vd. 2005:3).

Çok Kriterli Karar Verme, birçok ve genel olarak karşıt seçeneklerin bir arada olduğu ve seçenekler arasındaki karar verme olarak tanımlanmaktadır. Firmalar, maliyetler anlamında tek bir seçeneğine bağlı olma düşüncesinin firmalar için verimsiz bir durum olduğunu ve mutlaka değiştirilmesi gereken bir konu olduğunu düşünmeye başlamışlardır. Bu sebeptendir ki çok kriterli karar verme tekniklerin önemi artmıştır. Günümüzde, hizmet, teslimat, kalite, maliyet, gibi geleneksel kıstaslarla birlikte sosyal, kontrol edilemeyen ve çevresel etmenler ilave edildiğinden çok kriterli karar verme (ÇKKV) kavramı da daha karmaşık bir hal almıştır (Parthiban, 2013:1535). İşletmelerin karar verme açısından

karşılaştığı sorunların çözümleri karmaşık bir hal aldığı ve seçeneklerin birbirleriyle karşılaştırmasının güç olduğu durumlarda çok kriterli karar verme tekniklerinden yararlanılmaktadır (Akçakanat vd. 2017:286). Çağımızdaki işletmeler için optimum karar verebilme rekabetçi piyasalarda ayakta kalabilmenin en önemli kriteridir. Firmalar rekabet açısından elde ettikleri kazanımları sürdürebilmek tedarik zinciri yönetimi açısından ihtiyaçları doğru tespit edebilmek için mümkün olduğunca doğru bir karar destek yardımcısı arayışı içinde olurlar. En uygun karar verme yardımcısı olarak, ilk başta problemin temel niteliğine, düzenlemenin çeşidine ve karar vermedeki alanla ilgili insan uzmanlığının kalitesine bağlı olabilir. Karar vermede yetkili kişiler, tipi bir sorun ile karşılaşıldığında seçenek ve seçim özellikleri açısından karar değişkenleri seçmede önem arz etmektedir (Dey vd. 2017:101).

Çok kriterli karar verme teknikleri, birçok seçenek arasından en iyi seçeneği belirleyebileceği ve değişik seçeneklere göre daha farklı seçenekleri değerlendirme kabiliyetlerinden dolayı karmaşık problemlerin çözümüne kavuşmasından giderek önem kazanmaya başlamıştır. İşletmeler açısından çok kriterli karar verme problemleri, karşılaşılan birden fazla problem sahalarının ve çelişki içindeki seçeneklerin olması, seçenekler içinde değişik ölçüm birimleri ve aynı zamanda oldukça değişik seçeneklerin varlığı gibi birçok farklılığa sahiptir. Çok kriterli karar verme sorunları, farklı durumlarda ortaya çıkan problemlerin karar verme açısından değerlendirildiğinde çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözümlenmektedir. Çok kriterli karar verme teknikleri evvela mevcut seçenekleri analiz etmeyi ve daha sonrada alternatifleri en uygunu göre sıralamayı amaçlamaktadır (Chakraborty, 2018: 1)

İşletmeler karar verme aşamasında karşılaştığı karar verme problemlerinde; problemin seçimi, sınıflandırması ve sıralaması problemleri olmak üzere üç ana başlık altında incelemesi yapılmaktadır. Karar verme sürecindeki seçim problemleri; birçok seçenek arasından en optimumu seçmek veya birden çok seçeneğin oluşturduğu ve seçenekler arasında kıyaslanmasının daha sıkıntılı veya eşit önem derecesine sahip alternatif grupları arasından en iyi bir seçeneğin belirlenmesini amaç edinmiştir. Karar verme aşamasındaki sınıflandırma problemi; seçeneklerin belirli bir kritere veya tercihe göre sınıflandırılmasıdır. Sınıflandırmada nihai hedef, birbirine benzer özellikteki veya benzer nitelik gösteren seçeneklerin değerlendirilerek tekrar bir araya getirilmesidir. Karar verme

sürecindeki sıralama problemi ise; seçenekler arasındaki en iyiden en kötüye doğru sıralamanın yapılmasıdır (Karabıçak vd. 2016:10-110).

Tehlikeli madde taşımacılığı yapan işletmeler, kamu kurum ve kuruluşları en uygun güzergâhı tespit edebilmek için çeşitli kriterler arasındaki alternatifleri belirledikten sonra bir seçim yapmak zorundadırlar. Bu yüzden tehlikeli madde taşımacılığı firmalar veya kamu kurumları için önemli bir problem sahası olmakla birlikte çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak çözülebilen problem sahasıdır. Tehlikeli madde taşımacılığında kullanılan çok kriterli karar verme problemleri hem sayısal hem de tecrübi faktörler ışığında çözüme kavuşturulabilir.

Çok kriterli karar verme teknikleri; işletmelerde firma seçiminde, depo yeri seçiminde, güzergâh belirlemede, işletme yeri seçimi gibi çok karışık karşımıza çıkan problem sahaslarının çözüme kavuşturulmasını sağlayabilir.

Literatür taraması yapıldığında, çok kriterli karar verme yöntemleri arasında; AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci-Analytic Hierarchy Process), Uta (UTADIS) tekniği, Macbeth tekniği, TOPSIS (İdeal Noktalarda Çok Boyutlu Ağırlıklandırma-Technique for Ordered Preference by Similarities to İdeal Solution), VİKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) ve WASPAS (Bütünleşik Ağırlıklı Toplam ve Çarpım Tekniği -Weighted Aggregated Sum Product Assessment) gibi teknikler yer almaktadır.

Literatürde birden fazla çok kriterli karar verme teknikleri vardır. Bu çalışmamızda çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci-Analytic Hierarchy Process), VİKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) ve MOORA (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis) teknikleri kullanılmıştır.

Çok kriterli karar verme teknikleri arasında kullanılan TOPSIS tekniği, genellikle dilsel belirsizliğin söz konusu olduğu durumlarda kullanılan ve belli bir grup içindeki karar verme tekniğidir. Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen bu tekniğin temel niteliği, belirlenen alternatifler arasından seçim yapma aşamasında, pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak seçeneklerin tespiti ve kendi içinde sıralamasının yapılmasıdır.

Ahluwalia ve arkadaşları (1993) makalesinde, imalatta kullanılan rulmanların bilgisayar destekli seçimi yapılırken montaj, de montaj, hata payı, esneklik gibi 16 özelliği göz önüne alarak TOPSIS yöntemini kullanmışlardır (Ahluwalia,1993). Shyur (2006) çalışmasında, yazılım geliştirme projelerinde önemli bir yeri olan COTS ürünü seçiminde çok kriterli karar verme tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSIS tekniği kullanmıştır (Shyur, 2006). Bashiri ve Ramazani (2009) makalesinde, çoklu tepki optimizasyonu için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Çoklu tepki probleminde veri toplanması, model oluşumu ve optimizasyon basamaklarını kapsamaktadır. Optimizasyon neticesinde elde ettikleri sonuçların derecelendirilmesi ve en iyi çözüme kavuşabilmek için TOPSIS yöntemini kullanmışlardır (Bashiri, Ramazani 2009)

Supçiller ve arkadaşları (2011) makalelerinde maliyet, teslimat kalite ve hizmet kriteri ana belirleyiciler olarak alınarak bir firma için en uygun tedarikçinin seçimi sorununun çözümünde AHP ve TOPSIS yöntemlerini uygulanmıştır (Supçiller vd.2011).

Costa ve Vansnick (1997) tarafından yürütülen Avrupa yapısal programlarının değerlendirilmesi çalışması, Costa ve Correa (2000) tarafından yürütülen Lizbon limanına bağlanacak demiryolunun dizaynı çalışması, Costa ve Oliveria (2002) tarafından yürütülen Portekiz'in Barcelos şehri stratejik şehir planının geliştirilmesi çalışması, Costa ve Chagas (2004) tarafından yürütülen tedarikçi seçimi çalışması, Karande ve Chakraborty (2014) tarafından yürütülen tesis yeri seçim modelinin geliştirilmesi çalışması, Macbet tekniğine örnek olarak verilebilir.

Çok kriterli karar verme tekniklerinden kullanılan diğer bir teknik ise UTA veya UTADIS (UTilities Additives DIScriminantes) tekniğidir. UTADIS tekniği genellikle uygulamalarda, sektörler olarak yapılan araştırma ve geliştirme projelerinin seçimi, firmaların iflas riskinin tahmin edilmesi, portföy yönetimi, yatırım kararlarının alınması gibi daha çok finansal nitelikli konularda karar vermede kullanılan bir teknik olarak kabul edilmektedir (Zopounidis ve Doumpos, 1999: 198).

Shahroudi ve arkadaşları (2012) makalesinde, TOPSIS tekniği kullanılarak, kalite, ücret, zaman, araç, ekipman ve uzaklık kriterleri altında analiz edilen beş tedarikçi arasından en uygun olanının seçilmesi ile ilgili bir uygulama yapmışlardır. Sarı (2014) yapmış olduğu çalışmasında, otomotiv piyasasında lastik üretimi yapan bir işletmede, farklı özellikte iki ayrı dış alım için, iki farklı birleşik tedarikçi seçim tekniği ile karşılaştırmalı olarak en iyi

tedarikçi seçim işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada her iki grup hizmet alımı için TOPSIS yöntemi neticesinde karşılaştırmalı olarak tedarikçi seçimi yapılmıştır. Meydana gelen modellere sanal tedarikçiler eklenerek, tedarikçi sayısındaki artışın kurulan modeller üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur.

Çalışmada incelenecek olan çok kriterli karar verme tekniği ise VİKOR tekniği birçok konuda ve çok sayıda yapılan çalışmada, çok kriterli karar verme tekniği olarak kullanmış olduğu görülür. “Chang ve Hsu (2009)’un, rezervuar havzalarında arazi kullanımı kısıtlama stratejilerinin belirlenmesi çalışmaları, Sanayei ve arkadaşlarının (2010), bulanık ortamda tedarikçi seçimi problemi çalışması, Oprionic (2011)’in, su kaynaklarının planlanmasına yönelik çalışması, Cristobal (2011)’ın, İspanya’da yenilenebilir enerji yatırım projelerinin seçimine yönelik çalışması, Aktepe ve Ersöz (2012)’ün bir depo yeri seçimine yönelik çalışmaları, Uyguntürk ve Uyguntürk (2014)’ün, potansiyel müşteriler için otellerin tercih edilme sıralamalarını belirleme çalışması, Ar ve arkadaşlarının (2014), Rize’de kurulması planlanan OSB için sektörlerin öncelik sıralarının belirlenmesine yönelik çalışmaları ve Sasanka ve Ravindra (2015)’nin otomotiv sektöründe kullanılan magnezyum alaşımları içinde en uygununun belirlenmesine yönelik çalışmaları örnek olarak verilebilir.”

Çok kriterli karar verme problemlerin çözümünde genellikle birçok alanda kullanılan VIKOR tekniği, örneklerinden de görüleceği üzere teknik birçok konu ve çalışmada uygulanabilmektedir. Diğer bir ifade ile VIKOR yönteminin belirli bir konu veya alanda kullanılmasına ilişkin bir sınırlama olmamakla birlikte, tüm alanlarda çok kriterli problemlere ilişkin karar vermede kullanılabilmektedir.

### **2.3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci – AHP (Analytic Hierarchy Process) Yöntemi**

İşletmeler, karşılaştıkları çok kriterli problemleri çözüme kavuşturabilmek için 1970’li yılların başlarında Analitik Hiyerarşi Yöntemi sayesinde sözel ve sayısal verileri değerlendirmişler, analiz etmişler ve çözüm yoluna gitmişlerdir (Saaty 1986: 841-855). Analitik Hiyerarşi Yöntemi, birçok problemi barındıran ve özellikle hiyerarşik yapıdaki modellemeyi ve sorunu oluşturan temel hedeflerin, ana kriterlerin, alt kriterlerinin ve de seçeneklerin ilişkilerini ortaya koyma amacındadır (Dinçer, Görener 2011).

Analitik Hiyerarşi Süreci karar verme açısından değerlendirildiğinde her türlü problem sahası içindeki alternatifleri matematik ve psikoloji bilim dallarını kullanarak çözüme kavuşturan bir tekniktir. Söz konusu yöntem, karar verme sürecindeki etmenlerin

yüzdelerle dilimlerini belirlerleyen ve tecrübi faktörlerle tahminleme kabiliyetini elde eden bir süreçtir. Belirlenen ana ve alt kriterleri karşılaştırarak ölçümü yapabilen ve kararı belirlemeye yönelik sonuçları belirleyen ana ve alt kriterlerin karşılaştırmasıyla her bir kriterin ağırlıkları bulunur (Kutlu, Abalı ve Eren, 2012: 7).

Analitik Hiyerarşi Süreci tekniği, genel itibarıyla kati karar vermede kullanılmaktadır. Karar verme sürecinde karar vericilerin kendine özgü yapısı, karar vermedeki tercihi ve seçimi AHP sonuçları üzerinde büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, karar vericinin seçenekleri analiz etme sürecindeki değerlendirmeleri ve gereksinimleri belirsizlik ve çokluk anlamına gelmektedir (Sultana vd. 2015:1275). AHP tekniği, bazı akademik çevreler tarafından hem tartışması devam etmekte hem de genellikle onaylanmış durum içerisinde. Bu yöntemin en çok tartışılan yönlerinden biri, seçeneklerin bir karar modelinden ekleme veya çıkarılması durumunda ortaya çıkan neticenin söz konusu yöntemin değerlendirmesinden çıkan neticeden etkilendiği görülmektedir. Çıkan sonuç seçenekler arasındaki sayısal sırayı değiştirebildiği gözlenmiştir. Sonuç olarak ortaya çıkan problem karar değerlendirmesinden hemen önce doğru bir şekilde yapılandırılması durumunda bu kusur ortadan kaldırılacaktır (Hodgett, 2016:1146).

Çok kriterli karar vermede yapılan analiz sürecinde, ölçülü bir karar verme doğru atılacak temel bir adımdır. En çok kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerinden biri Analitik Hiyerarşi Sürecidir. Bu yöntem çok kriterli karar verme teknikleri arasında kullanımı basit ve anlaşılır olmasından dolayı diğer kullanılan tekniklerden üstün olmasından dolayı tercih edilendir (Dey vd. 2017:104).

Analitik Hiyerarşi Süreci, karar verme sürecinde karşılaşılan problemi oluşturan kriterlerin ve alt kriterlerin ağırlıklarını hesaplayarak boyut indirgemesi yapar. Elde edilen olası neticelere, belirlenecek en optimum kriterin dâhil edilerek kriterlerin önem derecesine göre sıralamasını yapar (Önder ve Önder, 2015:21).

AHP yöntemi, karar verme aşamasındaki süreç içindeki alternatifler noktasında seçim yapabilmek için tercih edilen çok kriterli karar verme tekniğidir. Bu kullanılan yöntemde çözüm elde edebilmek için üç basamak vardır. Öncelikle kriterlerin tespiti yapılarak sıralama oluşturulur daha sonra ise tespit edilen kriterler ile alternatiflerin karşılaştırılması yapılarak önem dereceleri bulunur ve öncelikler tespit edilerek istenilen amaca ulaşılır (Gül ve Eren, 2017:2). Karar verme sürecinde kullanılmış ve faktörlerin

birbirine bağımlı sıra içinde değerlendirilmesi ve sonucunda belirlenen ölçüt ile karşılaştırma yapılmasının olduğu AHP tekniği, belirlenen alternatiflerin ağırlık derecelerini yüzdelik dilimlerle ifade edilmesidir. Sayısal olarak elde edilen veriler ile konusunda uzman personelin tecrübi deneyimlerini birlikte değerlendirilmesi sonucunda verilerin analiz edilmesidir. Sonuç olarak, Analitik Hiyerarşi Süreci tekniği ile tespit edilen kriterlerin öncelikleri sıralamasının belirlenmesi ve belirlenecek alternatiflerin değerlendirilmesi yapılarak seçenekler içinde en doğru kararın verilmesi sağlanacaktır (Gülenç ve Bilgin, 2010:98). ). AHP tekniği, hiyerarşide tespit edilen temel nitelikli elemanların birbirleriyle karşılaştırılması sırasında karar vericilerin tutarlılığını test etmesi ve değerlendirilmesi anlamında kullanılan en yaygın tekniktir. Belirlenen alternatifler arasında yapılan karşılaştırmaların karar vericinin deneyimsel bir tahminine dayandığı göz önüne alındığında, ihtiyaç duyulan doğruluğu güvence altında tutmak için sürekli gözlem yapılması gerekmektedir (Zoran ve Saša, 2011:95).

Karar verme sürecinin sonunda elde edilen sonuçlar büyük öneme sahip olmakla birlikte, karar verenlerin kişisel olarak yaptıkları değerlendirmelerin çözüme kavuşturulması noktasında, bazı noktalarda hatalı kararların verilmesine yol açığının tespiti yapılmıştır. AHP yöntemiyle karar vericilerin değerlendirmeleri, sıradan ve daha az kontrol edilmesi noktasından, daha hususi ve daha fazla kontrol edilmesi noktasına doğru düzenlenebilmektedir. Analitik Hiyerarşi Süreci, genellikle karar vericileri herhangi bir karar vermesi noktasından ziyade, karar verme sürecinde karar vericilerin makul ve mantıklı karar verme durumunu sorgulayarak, en az hata yapma noktasından kararların alınmasına olanak sağlayan bir tekniktir (Gülenç ve Bilgin, 2010:98). Analitik Hiyerarşi Süreci yönteminin uygulama sahası, tespit edilen tüm alternatifler için tanımlaması yapılmış kriter veya kriterlerin, niteliklerine göre belirlenen sınıflara dayanarak, en makul ve kabul edilen çözüm noktasına ulaşmasıdır (Zoran vd. 2011:93). Diğer bir ifadeyle AHP; karar verme durumunda çok kriterli problem veya alternatiflerde, önem derecesine sahip olanların yer aldığı bir modeldir.

Analitik Hiyerarşi Süreci; bir birlerden ayrı kriter veya alt kriterlerin, içlerinden buldukları hiyerarşi yapı içinde analiz edilmesinde kullanılan, daha önceden belirlenmiş bir karşılaştırma ölçeği ile ikili karşılaştırma yapılması ve hiyerarşik yapı içindeki önemli karar noktalarına ilişkin önem derecelerinin yüzdelik dilimlere dönüştürülmesidir (Saaty, 1990:9). Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi aracılığı ile sistemsel



bir yaklaşım açısından değerlendirildiğinde sayısal performans ölçümü yapılabilen, sonuçta gelinen noktadaki değerler bütününe karar vericilerin tecrübi analizlerinin birleştirilmesi neticesinde sonuçlara ulaşılabilir (Saaty, 1987:161). Yerli ve yabancı kaynaklar incelendiğinde; bugüne kadar yapılan çalışmalarda Analitik Hiyerarşi Süreci'nin diğer çok kriterli karar verme teknikleri ile entegre edildiği ve karar verme sürecindeki sorunların veya karar verme süreçlerine ilişkin yapılan çalışmaların çözümünde AHP ve Hedef Programlama, AHP ve Veri Zarflama Analizi, AHP ve Bulanık Mantık tekniklerinin birlikte kullanıldığı görülmüştür. (Gülenç ve Bilgin, 2010:97).

Kutut ve arkadaşları (2014), ARAS ve AHP tekniklerini birlikte kullanarak Avrupa şehirlerinde kültür mirası açısından değerlendirildiğinde korumaya alınması gereken tarihi yapıtların öncelik ve önem sıralamasını tespit etmeye çalışmışlardır. Tespit aşamasında söz konusu tarihi yapıtlar analiz edilirken tarihsel, arkeolojik, ekonomik ve sosyal kriterler göz önüne alınmıştır (Kutut vd.2014)

Analitik Hiyerarşi Sürecinde karar vericinin amacı doğrultusunda kriterlerin ve kriterlere ait olan alt kriterlerin tespit edilmesi ilk basamaktır. AHP'de ilk önce amaç tespit edilir ve bu amaç çizgisinde amacı etkileyen kriterler belirlenmeye çalışılır. Bu noktadan sonra karar verme sürecini etkileyen tüm kriterlerin tespit edilebilmesi için anket uygulamasına veya bu konudaki uzman kişilerin görüşlerine başvurulabilir (Dağdeviren, Diyar, Kurt, 2006).

Çınar (2004) yaptığı çalışmada, Türkiye'de bulunan Türk sermayeli özel bankaları, mali durumları açısından değerlendirildiğinde, bankalar arası bir önem derecelendirmesi yapılabilmesi amacıyla bankaların belirli dönemdeki hesap tablolarından hesaplanan finansal oranları çok kriterli olarak düşünmüştür. Karşılaşılan bu problem çok kriterli karar verme değerlendirmesine uygun modellemesi yapılarak, puan, ağırlıklandırma ve sıralama yöntemi, Analitik hiyerarşi yöntemi, ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri kullanarak çözüme kavuşturmuştur (Çınar,2004).

Kaynak incelemesinde Analitik Hiyerarşi Süreci Yönteminin; en iyi alternatifin belirlenmesi, planlama, değerlendirme, kaynak dağıtımı, sıralama, tahminleme, geliştirme, karar verme vb. gibi çok çeşitli amaçlar için kullanıldığı belirlenmiştir. Bu kapsamda AHP yönteminin, yalnızca karar verme süreçlerinde kullanılan bir teknik olmadığı, çok çeşitli amaç ve hedef doğrultusunda kullanılabilen bir teknik olduğunu söylemek mümkündür.

Karar verme süreçlerinde kullanılacak kriterlerin tespit edilmesinde AHP yönteminin, seçeneklerin analiz edilmesi ve karar verme sürecinde farklı yöntemlerin (TOPSIS, VİKOR, MOORA, WASPAS, COPRAS, vb.) kullanıldığı gözlenmiştir.

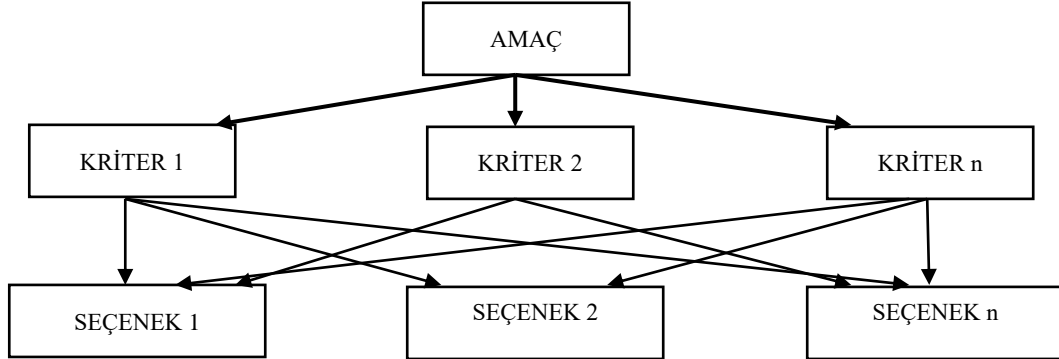
Tez çalışmasında ele alınacak konu, tehlikeli madde taşımacılığı sırasında, ele alınacak kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci tekniğinden yararlanılmasına karar verilmiştir. Belirlenen seçeneklerin analiz edilmesinde ise VİKOR ve MOORA yöntemleri kullanılmıştır. Seçeneklerin analiz edilmesinde ve tehlikeli madde taşımacılığında güzergâh belirlenmesine yönelik olarak karar vermede VİKOR ve MOORA yöntemlerinin birlikte kullanılmasında risklerin analiz edilerek risk birleştirilmesine esas olmak üzere en uygun güzergâh seçiminin belirlenmesine yönelik olacaktır.

Çok kriterli bir karar verme sürecinde karşılaşılan problemlerin AHP ile çözüme kavuşturulabilmesi için, izlenmesi gereken basamaklar ve her bir adıma yönelik yapılması gereken işlemler şu şekildedir (Saaty, 1987; Saaty, 1990; Saaty, 2008; Cabala, 2010):

**Adım 1: Karar problemin tanımlanması ve modelin kurulması;** Analitik Hiyerarşi Sürecinin ilk aşaması, karar verme problemin kesin bir suretle tanımlanmasının yapılmasıdır. Ulaşılması gereken amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatifler açık bir şekilde ortaya konur. Karar probleminin tanımlanması iki basamaklı bir şekilde yapılır, ilk basamakta karar kriterlerinin belirlenmesi, diğer şekilde ifade edilecek olursa verilecek kararın kaç değişik sonuç üzerinden değerlendirildiğine yönelik basamaktır. Karar problemin tanımındaki ikinci basamak, seçeneklerin ve karar noktalarını etkileyen etmenlerin veya diğer şekilde ifade edilecek olursa kriterlerin (ana ve varsa alt kriterler) tespit edilmesidir. Karar problemin tanımı noktasında kriterlerin sayısının doğru bir şekilde tespit edilmesi ve tespiti yapılan her bir kriterin ayrıntılı bir şekilde tanımının yapılması, karar verme aşamasında yapılması gereken karşılaştırmaların doğru ve makul bir şekilde yapılabilmesi önem arz etmektedir.

Analitik Hiyerarşi Sürecinin ilk adımı problemin karar verme modellemesinin, başka bir ifadeyle sıralamanın yapıldığı adımdır. Söz konusu yöntemde çok kriterli karar verme veya başka bir ifade şekliyle karar verme problemin çözümlenmesinde hiyerarşik bir yapının kullanılması, karar probleminin veya kararın çok daha farklı şekilde birbirinden ayrılmasıdır. İlk adımda sıralamanın yapılması, karar problemin çözümlenmesine yönelik modellemenin yapılması olaraktan ifade edilebilir (Chandran, Golden ve Wasil, 2005:2235).

Sıralamanın yapılması oluşturulacak modelin belirlenmesi, karar vericilerin kriterlerin ve seçeneklerin önemli bir derecede birbiri ile karşılaştırma imkânı vermektedir. (Saaty, 1990:9). Hiyerarşik model, Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



**Kaynak:** Saaty, 1990:14;Wang, Liu ve Elhag, 2008:515.

Şekil 2.1. Hiyerarşik Model

**Adım 2: Kriterler arası ikili karşılaştırmaların yapılması;** karar problemin tanımının yapılması adımında tespit edilen kriterler arası karşılaştırma yapısı,  $n \times n$  boyutlu kare matristir. Meydana getirilen kare matrisin köşeleri üzerinde bulunan matris bileşenleri 1 değerini alır. Matrisin genel yapısı aşağıda gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \alpha_{n3} & \dots & \alpha_{nn} \end{bmatrix}$$

Yapılan karşılaştırma matrisini daha basit ve anlaşılır bir şekilde açıklamak gerekirse aşağıda belirtilen Çizelge 2.2’de ifade etmek doğru olacaktır.

Çizelge 2.2. Kriterler İçin İkili Matrisin Oluşturulması

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter...	Kriter j
Kriter 1	$W_1 / W_1$	$W_1 / W_2$	$W_1 / W_3$	...	$W_1 / W_j$
Kriter 2	$W_2 / W_1$	$W_2 / W_2$	$W_2 / W_3$	...	$W_2 / W_j$
Kriter 3	$W_3 / W_1$	$W_3 / W_2$	$W_3 / W_3$	...	$W_3 / W_j$
Kriter...	...	...	...	...	...
Kriter i	$W_i / W_1$	$W_i / W_2$	$W_i / W_3$	...	$W_i / W_j$

Çizelge 2.2'deki kriterler için yapılan ikili matrisin oluşturduğu modele göre, karşılaştırma matrisinin açıklanması aşağıda belirtilmiştir.

Karar vermede oluşturulan kriterler arasında yapılan karşılaştırmada meydana getirilen matrisin köşelerindeki bileşenlerin, başka bir ifade ile açıklamak gerekirse  $i=j$  olduğunda 1 değerini almaktadır. Bunun temel nedeni ise, karar kriterinin kendisi ile karşılaştırılma yapılmasıdır. Karar vermede tespit edilen her bir kriterin karşılaştırma yapılması, taşıdıkları önem derecesine göre birebir ve karşılıklı yapılmaktadır. Diğer bir ifade ile matris meydana getirildikten sonra tespit edilen kriterlerin birbirleri arasında önem derecesinin hesaplamasının yapılması icap eder. Bu noktada karar vericilerin kriterleri, 1-9 arası ölçeği temel alınarak kriterler arasındaki önem derecesi tespit edilir. Kriterler arası yapılan ikili karşılaştırmada kullanılan 1-9 ölçeği aşağıda Çizelge 2.3'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.3. İkili Karşılaştırma Önem-Değer Ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derece Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve yargılara göre bir faktör diğerine göre <b>biraz daha önemlidir</b>
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör değerinden <b>kuvvetle</b> daha önemlidir
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre <b>yüksek derecede kuvvetle tercih</b> edilmektedir
9	Mutlak Derecede Önemli	Faktörlerden biri <b>diğerinden çok yüksek derecede önemlidir</b>
2,4,6,8	Ara Değerleri Temsil Etmektedir	İki faktör arasındaki tercihte küçük farklar olduğunda kullanılır

**Kaynak:** Saaty, 2008:125

Kriterler arası karşılaştırmaya bir örnek verilecek olursa; altı kriterli bir problem olduğunu düşünelim. Karşılaştırması yapılan birinci kriter ikinci kritere göre çok önemli görülüyorsa, karşılaştırmadaki birinci satır ikinci sütun bileşeni ( $i=1; j=2$ ) 6 değerini alır. Eğer karar verici tarafından ikinci kriter birinci kritere göre çok önemli görülüyorsa, bu durumda karşılaştırmamızın birinci satır ikinci sütun bileşenin alınacak değeri 1/6 olacaktır. Ayrıca karar vericiler açısından her iki kriter eşit öneme sahip ise, bileşen değeri 1 olmalıdır. Karşılaştırmalarda yer alan tüm değerler 1 olduğunda köşegenin üstünde kalan bileşenler ile köşegenin altında kalan bileşenler arasındaki eşitlik için 2.4 kullanılması gerekmektedir.

$$\alpha_{ji} = \frac{1}{\alpha_{ij}} \quad (2.4)$$

**Adım 3: Kriterlerin ağırlıklarının tespit edilmesi ve tutarlılık yüzdesinin hesabının yapılması;** Analitik Hiyerarşi Süreci yönteminde karşılaştırma sürecindeki, kriterlerin karşılaştırmalarında birbirlerine göre önem derecelerini sistematik bir şekilde göstermektedir. Süreçte yer alan her bir kriterin ağırlıkları veya önem seviyesine göre dağılımlarını tespit edebilmek için, süreci oluşturan sütun vektörleri aracılığı ile  $n$  adet ve  $n$  bileşenli  $B$  Sütun Vektörü oluşturulur (Cabala, 2010:11).

$$\begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{12} \\ b_{13} \\ \dots \\ b_{n1} \end{bmatrix}$$

$B$  sütun matrisi ile meydana getirilen vektörlerin hesaplanması, aşağıda gösterilen 2.5 eşitliği kullanılarak yapılmaktadır.

$$b_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^n \alpha_{ij}} \quad (2.5)$$

Öncelik vektörü olarak adlandırılan  $W$  sütun vektörü elde edilmiş olur.  $C$  matrisinde yer alan karar kriterlerin önem derecelerini gösteren oransal önem dağılımları aşağıda belirtilen 2.6 eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (2.6)$$

Karar kriterlerine ilişkin ulaşılan yüzdesel önem dağılımları ile meydana gelen öncelik ( $W$  sütun) vektörü de aşağıdaki gibi olacaktır.

$$W_i = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix}$$

**Adım 4: Tutarlılıkların kontrolü;** karar kriterlerin karşılaştırılmasındaki tutarlılığın, sayısal olarak kontrol edilmesi, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi, sistemselsel olarak tutarlı bir yöntem kabul edilmesine rağmen, sonuç olarak ulaşılan noktada karar verici veya kriterleri analiz edenlerin, analiz noktasında yapmış oldukları karşılaştırma hesabının tutarlı olmasına bağlı bir işlem olarak karşımıza çıkar. Bu yüzden Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi, elde edilen sonuçların tutarlı olmasına yönelik ölçülebilir süreçleri kapsamaktadır. Söz konusu yöntemde; öncelik vektörünün, kriterlere ilişkin karşılaştırma sonuç tutarlılıklarının test edilmesi noktasında ulaşılmakta olan değer, *Tutarlılık Oranı (CR)* olarak ifade edilmektedir. Tutarlılık oranı; karar kriterlerinin karşılaştırmada kullandıkları tüm kriterler ile *temel değer* olarak ifade edilen hesaplanabilir bir katsayının ( $\lambda$ ) kıyaslanması sonucu elde edilen orandır. Temel değer ( $\lambda$ ) hesabının yapılabilmesi maksadıyla, öncelikli olarak A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün birbirine çarpılması ve D sütun vektörünün bulunması icap eder. D sütun vektörü meydana geldikten sonra, D sütun vektörü ve W sütun vektöründe bulunan karşılıklı değerler ( $d_i, w_i$ ) bölünerek ( $d_i/w_i$ ), her bir değerlendirme karar kriterine göre temel değer ( $E$ ) elde edilmiş olur. E değerlerinin aritmetik ortalaması da, tutarlılık oranı hesaplamasında kullanılan temel değer olarak karşımıza çıkmaktadır ( $\lambda$ ). Karar kriterlerine göre ( $E$ ) ve tutarlılık yüzdesi hesaplamasında kullanılan temel değer ( $\lambda$ ) hesaplanan eşitlikler aşağıda gösterilmiştir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i}$$

(2.7)

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

Temel değer hesaplanmasının yapılmasından sonra, karar kriterlerine ilişkin kıyaslama tutarlılığını gösteren CI (Tutarlılık Göstergesi) eşitlik 2.8 ile hesaplanması yapılmaktadır.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

(2.8)

Öncelik vektörünün, karar kriterlerine ilişkin kıyaslamaların tutarlılığını ortaya koyan CR oranının hesabının yapılabilmesi maksadıyla; tutarlılık göstergesi değerinin (CI), Rastasal

Göstergesi (RI) olarak adlandırılan ve standart olan düzeltme değerine bölünmesi ( $CR = \frac{CI}{RI}$ ) ile bulunmaktadır. Rastsal indeks değerlerini gösterir çizelge 2.4'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.4. Rastgele Tutarlılık İndeksi Değerleri

<b>n</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>RI</b>	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41
<b>n</b>	9	10	11	12	13	14	15	
<b>RI</b>	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,57	

Hesaplanması yapılan tutarlılık oranının (CR), 0.10'dan küçük olması durumunda yapılan kıyaslamaların tutarlı olduğu, 0,10'dan büyük olması durumunda da; Analitik Hiyerarşi Süreci yönteminde, hesaplama hatasının olabileceği veya karar vericilerin kıyaslanmasının tutarsız olabileceği sonucuna varılmaktadır.

**Adım 5:** Karar verme aşamasında her bir kriter için,  $m$  karar noktasındaki (seçenekler) oransal önem ağırlıklarının tespit edilmesi ve her bir karar kriteri için yapılan birebir kıyaslamalar ve matris işlemleri, kriter sayısı ( $n$ ) kadar tekrarlanması yapılır. Bu yapılan işlemlerin sonucu olarak oluşturulacak  $G$  matrisi ise  $m \times m$  boyutlarında olması gerekmektedir. Yapılacak kıyaslama işleminden sonra boyutlu ve değerlendirilen karar kriterin, seçeneklere göre oransal ağırlıklarını gösteren  $S$  sütün vektörü elde edilmiş olur.

$$S = \begin{pmatrix} S_{11} \\ S_{12} \\ S_{13} \\ \dots \\ S_{m1} \end{pmatrix}$$

**Adım 6: Kriter karar noktalarındaki sonuç ağırlıklarının bulunması;**  $n$  adet ve  $m_1$  boyutlu  $S$  sütün vektöründen oluşan  $m \times n$  boyutlu karar matrisi meydana getirilir.  $K$  matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$K = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & \dots & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & \dots & \dots & S_{2n} \\ S_{31} & S_{32} & \dots & \dots & \dots & S_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & \dots & \dots & S_{mn} \end{pmatrix}$$

Kriterlere göre karar matrisi, iki faktör arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Elde edilmiş olan K karar matrisi ile W sütun vektörü ile birbirine çarpımından oluşan, m sayıdaki eleman için L sütun vektörü elde edilmiş olur. L sütun vektörü, kriter karar sonuçların oransal ağırlıklarını gösterir matris, vektörün elemanlarının toplamı 1 olmalıdır. Adım 6'da varılan sonuç L sütun vektöründeki elde edilen değerler; seçeneklerinin önem derecesini gösterir nitelikte, karar vericilerin, probleme ilişkin hangi seçenekleri seçmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

### **2.3.2. VIKOR Yöntemi (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)**

VIKOR, Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje tekniği Trajkovic, Amakumovic ve Opricovic tarafından 1997'de çok kriterli karar verme tekniği olarak karmaşık olan problem sahaların optimum çözüme kavuşturulması için ortaya konmuştur. Opricovic ve Tzeng 2004'de değişik ölçüt verileriyle elde edilen veri sınıflandırmasında kullanılan çok kriterli karar verme yöntemi olarak tanıtmışlardır. VIKOR tekniği, karar vermede kullanılan kriterlerin birbiriyle çelişmesi durumunda çelişen kriterlerin karar verme sırasında ortaya çıkan problem durumunda problemin çözümü için en yakın ideal noktada seçeneklerin çözüme kavuşturulmasıdır. (Ertuğrul, Özçil 2014).

Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje Sırpça 'da kısaltılmış olarak ifade edilmiş şekli olan VIKOR dilimize tercüme edilmiş hali; karar vericilerin çok kriterli karar optimizasyonu ve uzlaşmış çözüm noktasıdır. VIKOR tekniği, çok kriterli karar verme tekniklerine nazaran son zamanlarda ortaya çıkan yeni bir yöntem olmakla birlikte değişik alanlarda çözüm noktası olarak uygulanmıştır.

VIKOR tekniği, çok kriterli problem çözümlenmesinde karar vericilerin bilhassa uygulanacak yöntem düzenlenmesinin en başında tercihlerinin neden etki gösterdiğinin farkına varılması açısından kullanımına başlanan çok kriterli karar verme yöntemidir (Göktürk, İ.F. vd. 2011).

VIKOR yöntemi, çok kriterli karar verme aşamasında tercihlerin net bir şekilde belli olmadığı zamanlarda karar vericilere yol gösteren etkili bir tekniktir. Elde edilmiş uzlaşılan çözüm noktası karar vericiler açısından onaylanmaktadır. Çünkü elde edilmiş uzlaşılan çözüm noktası çoğunlukla en üst seviyede gruplandırma faydasını sağlamakla birlikte karşıt grubun da bireysel olarak pişman olma seviyesini en aza düşürmektedir. Uzlaşılan çözüm



noktası, karar vericilerin kriter önem derecesine bağlı olarak yaptıkları tercihleri içeren uzlaşık çözümün esasını meydana getirir. (Karaca, 2011:51-52)

Çok kriterli karar verme teknikleri ele alındığında çok daha yeni bir kavram olarak karşımıza çıkan VIKOR metodu gün geçtikçe kullanılması daha yaygın hale gelmiştir. Bu yöntem bazen tek başına kullanılan bir yöntem olarak kullanılması söz konusu iken bazen de diğer çok kriterli karar verme teknikleri ile birlikte kullanılması durumunda diğer teknikler ile arasındaki yöntem farkını ortaya koymuştur.

Kuruüzüm, Çetin ve Kaya 2011 yılında yaptıkları çalışmada, Çok kriterli karar verme tekniği olan VIKOR tekniği ile Avrupa Birliği (AB) ve aday ülkelerin yaşam standartlarındaki nitelik derecelerini analiz etmişlerdir (Kuruüzüm, vd.2011). 2003, 2005 ve 2007 yıllarında VIKOR yöntemi ile üç farklı değerlendirme yapılmış ve analiz sonucunda ise 27 Avrupa Birliği üyesi ülkelerin, Avrupa Ortak alan (EEA) ülkesi olan Norveç ve Avrupa Birliği aday ülkeleri olan Hırvatistan, Makedonya ve Türkiye yaşam kalitesi göstergeleri açısından analiz edilmiştir. İspanya'nın 2003 ve 2007 yılında, İsveç ve Danimarka'nın da 2005 yılında yaşam kalitesi anlamında en yüksek dereceye ulaştığı belirlenirken, hemen hemen her üç yılda yapılan değerlendirme sonucunda ise Türkiye'nin en son sıralarda kendine yer bulduğu gözlenmiştir (Kuruüzüm, vd.2011).

Yıldırım 2011 yılında yapmış olduğu tez çalışmasında, çamaşır makinesi modelinin kalite anlamında niteliksel olarak en iyi faktör seviyelerinin tespit edilmesinde, Çok Kriterli Karar Verme tekniklerinden VIKOR TOPSIS, MOORA, Gri İlişkisel Analizi yöntemleri ile Taguchi tekniği yöntemlerinin her birini ayrı olarak çalışmış ve ortaya çıkan neticeleri birbirleriyle kıyaslamışlardır. Ürün nitelikleri anlamında en üst seviyeye çıkararak faktör düzeylerinin belirlenmesinde MOORA, Gri İlişkisel Analizi, TOPSIS ve VIKOR teknikleri genel itibariyle aynı dizilim neticesi olurken, TOPSIS tekniğindeki vektör normalizasyonu ve doğrusal normalizasyon ile daha farklı bir dizilim sonucunu elde etmişlerdir (Yıldırım, S.2011).

2012 yılında Kuru ve Akın'ın yapmış oldukları çalışmada, birçok kalitatif ve kantitatif karar verme kriterleri göz önünde bulundurulduğunda en optimum bütünleşmiş yönetim modelinin seçilmesini hedef almışlardır. Bu hedeflenen amaca varabilmek için çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP, ELECTRE ve VIKOR yöntemleri tek tek uygulanmış ve her bir yöntem kullanılarak yapılan değerlendirmede de 10002 müşteri

memnuniyeti standardı sıralamasında en önde olduğu tespiti yapılmıştır (Kuru ve Akın,2012).

2007 yılında Chu ve arkadaşları bilginin yönetilmesi alanında yapmış oldukları çalışmada; söz konusu alandaki faaliyet esnasında ortaya çıkmış olan çok kriterli karar verme problemlerinde, TOPSIS, SAW ve VIKOR tekniklerinin kullanılmasını araştırmışlardır. TOPSIS ve VIKOR tekniklerinin gerçeğe yakın çözümler ortaya koyduğunu, buna ek olarak VIKOR modelinin en uygun stratejilerin seçimi bakımından daha basit ve anlaşılır şekilde uygulanabileceğini belirtmişlerdir (Chu, vd.2007).

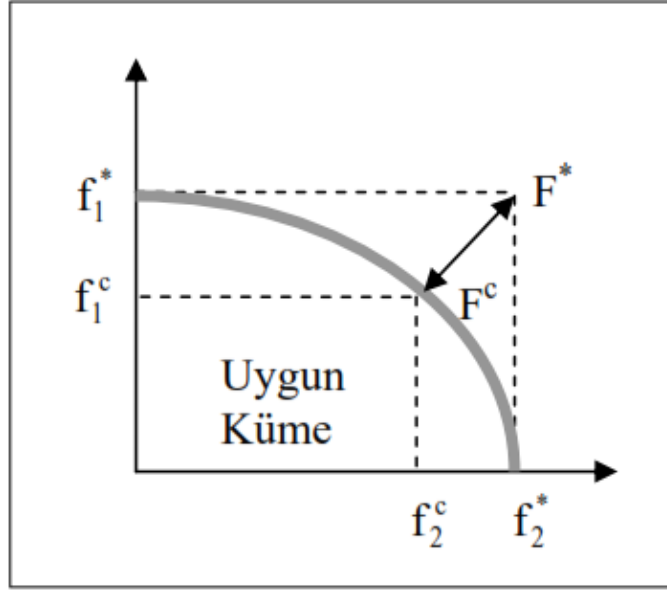
Çok kriterli karar verme problemlerinde çok kriterli ölçüm yapılabilmesi için uzlaşık sıralama yapılmasının başlıca sebebi, uzlaşık programlamada toplama fonksiyonu olarak kullanılmakta olan  $L_p$  ölçütü oluşturur (Ertuğrul İ. Karakaşoğlu N.2008).

$$L_{pj} = \left\{ \sum_i^n [W_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)]^p \right\}^{1/p} \quad (2.9)$$

$$1 \leq p \leq \infty; j=1,2,J$$

VIKOR yönteminde  $L_{ij}$  ve  $L_{\infty j}$  sıralama kriterinin formülasyonunu oluşturmakta kullanılmaktadır. Maksimum grup faydası ile  $\min_j R_j$ 'den, minimum kişisel pişmanlık ile  $\min_j R_j$ 'den elde edilen çözüm gösterir. VIKOR tekniğinde elde edilen seçenek kümesi için bir sıralama yapılır. Bu seçenek kümesinden bir seçenek eklenmesi veya çıkarılması durumunda çözüm etkilenecektir. Uzlaşık çözüm  $F_c$ , ideal çözüme  $F^*$ 'a en yakın uygun çözümdür. Uzlaşık anlam itibariyle anlaşmanın karşılıklı kabulü anlamındadır.

$\Delta f_1 = f_1^* - f_1^c$  ve  $\Delta f_2 = f_2^* - f_2^c$  ile ifade edilmektedir (Opricovic, S. Tzeng, G.H. 2004).



Şekil 2.2. İdeal ve Uzlaşık Çözümleri

**1.Aşama; En iyi ve en kötü kriter değerlerinin belirlenmesi:** Karar matrisi oluşturulduktan sonra her bir kriter için ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerleri tespit edilir.

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad f_i^- = \min_j f_{ij} \quad i=1,2,n \quad (2.10)$$

**2.Aşama; Normalizasyon İşlemi ve normalizasyon matrisinin oluşturulması:** Karar matrisini meydana getiren değerleri birimlerden arındırmak ve karşılaştırılabilir seviyeye getirmek üzere normalizasyon yöntemi ve matrisi işlemi uygulanır.

$$R_j = f_j - x_{ij} / f_j^* - f_j^- \quad (2.11)$$

**3.Aşama; Normalize karar matrisinin ağırlıklandırılması:**  $W_j$  kriter ağırlıklarını göstermek üzere, normalize karar matrisinde sütunlarda gösterilen kriterlerin ilgili ağırlıklar ile çarpılması ise  $V$  ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilir.

$$V = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & v_{2n} \\ v_{31} & v_{32} & \cdot & \cdot & \cdot & v_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & v_{mn} \\ \cdot & \cdot & v_{3n}r_{m1} & r_{m1} & \cdot & \cdot \end{pmatrix}$$

**4. Aşama;  $S_i$  ve  $R_i$  değerlerinin hesaplanarak sıralama yapılması:**  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri karar verme kriterleri arasında bulunan alternatifleri arasında küçükten büyüğe sıralanmasının yapılmasıdır.

**5. Aşama;  $Q_i$  değerlerinin hesaplanmasının yapılması:** Bu aşamada  $Q_i$  değerlerinin hesaplanması aşamasında kullanılmakta olan  $S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$  ve  $R^-$  değişkenleri sırasıyla,

$$S^* = \min S_i$$

$$S^- = \max S_i$$

$$R^* = \min R_i$$

$$R^- = \max R_i$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.  $Q_i$  değerlerinin hesaplanmasında kullanılan  $q$  parametresi ise kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını göstermektedir.  $Q$  değeri maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken,  $(1-q)$  ise karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. Çoğunluk oyu ( $q > 0,5$ ) ile görüş birliği ( $q = 0,5$ ) ile ret ( $q < 0,5$ ) ile sağlanmaktadır.

$$Q_i = \frac{q \cdot (S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-q) \cdot (R_i - R^*)}{R^- - R^*} \quad (2.12)$$

**6. Aşama; Alternatiflerin sıralanması ve koşulların denetlenmesi:**  $S_i$ ,  $R_i$  ve  $Q_i$  alternatif değerlerinin küçükten büyüğe doğru sıralamanın yapılarak belirlenmek istendiği üç adet sıralama çizelgesi elde edilmektedir. Sıralama işlemi yapıldıktan sonra sıralamanın doğru olduğunu anlamak için minimum  $Q_i$  değerine sahip alternatifin aşağıda belirtilen iki şartı sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmektedir.

*1. Koşul;* Kabul Edilebilir Avantaj: Hesaplanan  $Q_i$  değerlerin küçükten büyüğe doğru sıralanmasının yapıldığı durumda birinci sırada yer alan seçenek  $A^1$  ve ikinci sırada yer alan seçenek  $A^2$  olarak gösterildiğinde, kabul edilmekte olan avantaj,

$$Q(A^2) - Q(A^1) \geq DQ$$

koşuluna bağlı olmaktadır.

2.Koşul; Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu: Hesaplanan  $Q_i$  değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanmasının yapılması durumunda birinci sırada yer alan  $A^1$  seçeneği, S veya R değerlerine göre küçükten büyüğe doğru yapılan sıralamada da minimum değere sahip en iyi seçenektir. Böyle bir durumda uzlaşık çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır.

Bu iki koşuldan birinin sağlanamadığı durumlarda;

- Eğer kabul edilebilir istikrar koşulu sağlanamıyorsa;  $A_1$  ve  $A_2$  alternatiflerinin her ikisi de uzlaşık ortak çözüm olarak kabul edilir.
- Eğer kabul edilebilir avantaj koşulu sağlanamıyorsa;  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_m$  alternatiflerinin tamamı uzlaşık en iyi ortak çözüm kümesinde yer alır.

Q değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif, minimum Q değerine sahip alternatiflerden biridir.

### 2.3.3. MOORA Yöntemi (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis)

Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis (MOORA) tekniği, tarihte ilk kez Brauers ve Zavadskas ile birlikte geliştirilerek kullanılmaya başlanmıştır (Brauers ve Zavadskas, 2006: 445). MOORA yönteminin diğer yöntemlere göre üstün özelliklerini belirtmek gerekirse, karar verme kriterlerinde bulunan ulaşılması istenen bütün amaçları analiz etmeye çalışması, seçenekler ve amaçlar arasındaki bütün etkileşimleri tek tek değil, aynı zaman diliminde göz önünde bulundurması, subjektif ağırlıklı normalizasyonun aksine subjektif olmayan yönsüz değerler kullanılmasıdır (Karaca, 2011: 23).

Birbirinden ayrı seçeneklerle birden çok amaç için teklif edilen ve yeni bir teknik olarak sunulan MOORA yöntemi, oransal olarak uygulanan amaçlar için seçeneklerin cevaplanma matrisini belirtmektedir (Braueres, Zavaskas 2006; 2010). MOORA metodu diğer çok kriterli karar verme teknikleri ile değerlendirildiğinde, hesaplanma zaman dilimi, kolaylık, matematiksel işlemlerin sayısal miktarı, güvenilirlik ve değerlendirmede kullanılan tüm veri çeşitleri açısından değerlendirildiğinde daha çok tercih edilen bir tekniktir (Yıldırım, Önder 2015: 35). MOORA tekniği, *oran sistemi* ve *referans noktası yaklaşımı* olarak iki temel kısımdan meydana gelmektedir (Şimşek ve diğ. 2015).

Şu ana kadar yapılan değerlendirmelerde MOORA tekniğinin diğer çok kriterli karar verme yöntemleri arasında analiz edildiğinde matematiksel işlem, kararlılık ve veri çeşitliliği açısından diğerlerinden daha üstün olduğu belirtilmiştir (Chakraborty 2011).

MOORA tekniği diğer yöntemlere nazaran çok basit ve kolay uygulamasının yapılmasından dolayı, karar verme aşamasında daha farklı problemlere karşı olabildiğince güvenilir bir tekniktir. Çok kriterli karar verme problemlerinde belirlenen seçeneklerin herhangi bir sıralama göstergesini tespit etme aşamasında mutlak veya kati mantıklı temel üzerine kurulu ve karar vericiler için ise basit ve anlaşılabilir olmasıdır. Başka bir üstünlüğü ise hesaplanma aşamasında, herhangi bir ek değişken girdisinden etkilenmemesidir. Bu teknikte; hesaplanma anı, kolaylık, matematiksel işlemler ve güvenilirlik kriterlerinde diğer tekniklere göre daha üstündür. MOORA tekniği son zamanlarda birçok ulusal ve uluslararası yapılan çalışmalarda tercih edilen ve tüm yerli, yabancı kaynaklarda geniş bir şekilde yer almaktadır. “Banka şubelerinin yer seçimi, liman planlaması, yol tasarımları, malzeme seçimleri, ülkelerin performans değerlendirmesi, kablosuz ağların seçimi, akıllı üretim sistemlerinin seçimi” gibi çok farklı alanlarda MOORA tekniği tercih edilmektedir. “Oran metodu, referans noktası yaklaşımı, önem katsayısı, tam çarpım formu ve Multi-Moora” gibi birden fazla MOORA tekniği vardır (Karaca, 2011).

Yerli ve yabancı tüm kaynaklar incelendiğinde genellikle MOORA tekniğinde, oran metodu ve referans nokta yaklaşımı tercih edilmektedir. Karşımıza çıkan değerlendirmelerde bazen iki metodun kullanıldığı bazen de metotlardan sadece birinin kullanılarak sıralamanın yapıldığı belirtilmektedir.

Çizelge 2.5. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden Bazı Performanslarının Karşılaştırılması

Yöntemler	Hesaplama Zamanı	Basitlik	Matematik İşlemleri	Güvenirlilik	Veri Türü
AHP	Çok Fazla	Çok Kritik	Maksimum	Zayıf	Karışık
MOORA	Çok Az	Çok Basit	Minimum	İyi	Nicel
VİKOR	Az	Basit	Orta	Orta	Nicel
TOPSİS	Orta	Orta Kritik	Orta	Orta	Nicel
ELECTRE	Fazla	Orta Kritik	Orta	Orta	Karışık
PROMETHEE	Fazla	Orta Kritik	Orta	Orta	Karışık

### MOORA-Oran Yöntemi

$i=1,2,...m$  alternatifin sayısı,  $j=1,2,n$  (kriter) amaç sayısı olmak üzere her bir alternatifin karelerinin toplamının karekökü ile kriterler bölünerek normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Bu işlem;

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2.13)$$

Söz konusu normalizasyon işleminden sonra, MOORA yönteminin oran sistemi yaklaşımına dayanan optimizasyon değeri için, normalize edilmiş değerler eşitlik durumundaki formülde olduğu gibi maksimum olduğu durumda eklenir minimum durumunda ise çıkartılmaktadır (Brauers ve Zavadskas, 2009: 357).

$$Y_j^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (2.14)$$

şeklinde yazılmaktadır.

$Y_i^*$  = i seçeneğinin bütün karar kriterlere göre normalleştirilmiş analiz edilmesidir.

$Y_i^*$  'lerin sıralanmasıyla işlem tamamlanmış olmaktadır.

### MOORA-Referans Teorisi Yöntemi

Referans teorisi yönteminde her bir kriter için; amaç maksimum ise maksimum olan noktalar, amaç minimum ise minimum noktaları temel alan referans noktalar ( $r_j$ )' ler belirlenmektedir. Tespit edilen bu noktaların, her bir  $x_{ij}^*$  ile olan uzaklıkları bulunmaktadır.

$$r_j - x_{ij}^* \quad (2.15)$$

işlemi yapılır ve matris olarak yazılır.

Burada;

$I=1,2,m$  seçeneklerin sayısını,

$J= 1,2,n$  kriterlerinin sayısını,

$x_{ij}^*$ , seçeneğinin j. Kriterdeki normalleştirilmiş değerini,

$r_j$ , j kriterinin referans noktasını göstermektedir.

Oluşturulan yeni matris “Tchebycheff Min-Maks Metrik” işlemi;

$$\min_i \{ \max_j (|r_j - x_{ij}^*|) \} \text{ uygulanır.} \quad (2.16)$$

## MOORA-Önem Katsayısı Yöntemi

Karar verme kriterlerinden birkaçı, diğer kriterlerinden daha fazla kararı etkilemesi için önemli olduğu düşünülmektedir. Söz konusu kriterlere daha çok önem verilmesi durumunda, kriterler uygun önem derecesi ile (ağırlıklar) çarpılabilir ve maksimum değerler toplamı minimum değerlerden çıkartılarak, denklem 2.19'deki gibi hesaplanır (Brauers ve Zavadskas, 2006).

$$Y^*_i = \sum_{j=1}^g S_j x_{ij} - \sum_{j=g+1}^n S_j x_{ij} \quad (2.17)$$

bu formülde,

$j=1,2,g$  maksimize edilecek kriterler,

$J=g+1,g+2,n$  minimize edilecek kriterlerdir.

$Y^*_i$ ;  $i$ . Seçeneğinin önem katsayısıyla bütün kriterlere göre normalleştirilmiş değerlendirilmesidir.



### 3. BÖLÜM

## 3. TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA RİSK ANALİZİ YAPILARAK COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE GÜZERGAH BELİRLENMESİ

Çalışmanın yapılabilmesi amacıyla öncelikli olarak tehlikeli madde taşımacılığı için belirlenen senaryolara göre hangi bölgede uygulanacağı tespit edilmeye çalışılmıştır. Uygulamamız, tehlikeli madde taşımacılığı sınıflandırmasında 1.sınıf yani mühimmat ve patlayıcıların taşımacılığını sürekli olarak yapan Mersin ilinde faaliyet gösteren kamu kurumunda yapılacaktır.

Çalışmamızın bu bölümde, bir önceki bölümde yer alan risk analizi modellerine göre tehlikeli madde taşımacılığı sırasında tespit edilecek güzergâhlara yönelik olarak ana kriterler belirlenmiştir. Tespit edilen ana kriterlerle AHP, VİKOR ve MOORA yöntemlerinin işlem basamakları doğrultusunda tehlikeli madde taşımacılığında en uygun güzergâhların belirlenmesine çalışılacaktır. Öncelikle tehlikeli madde taşımacılığını icra eden kamu kurumu hakkında genel bilgiler verilmiş, daha sonrasında tehlikeli madde taşımacılığında güzergâh seçiminin uygulama süreci ele alınmıştır.

### 3.1. Çalışmanın Uygulama Alanı

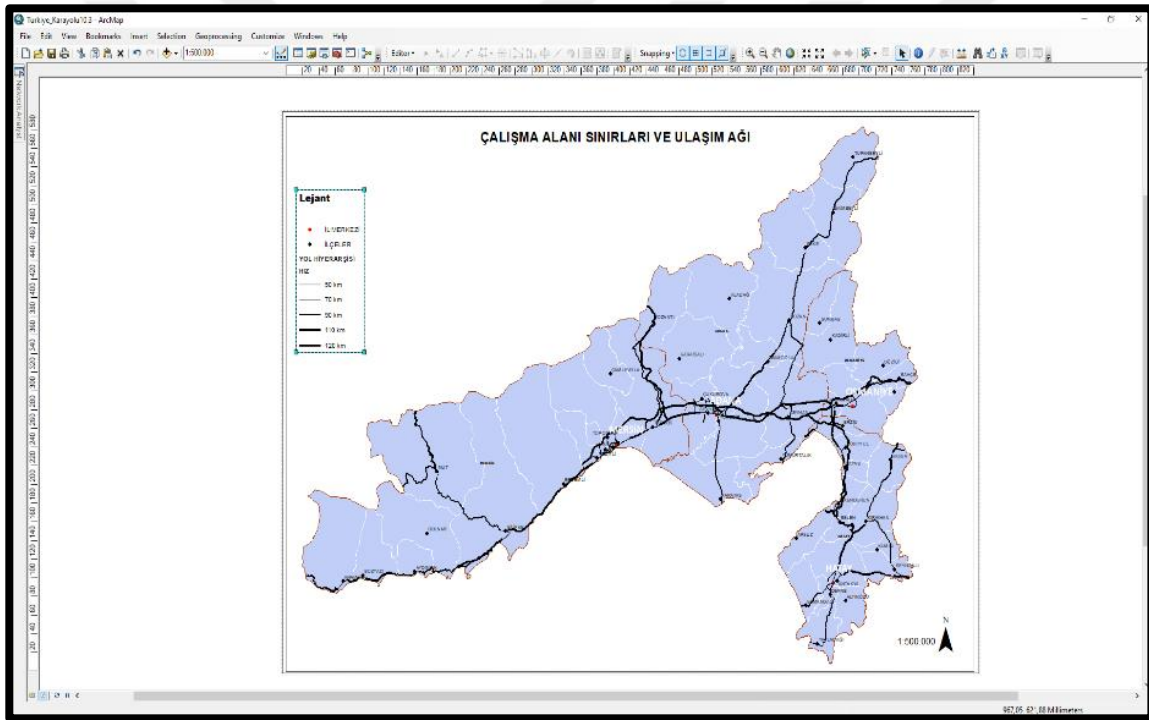
Çalışmanın yapılacağı uygulama alanı mühimmat ve patlayıcı taşımacılığı konusunda kurumsal kültürü son derece yüksek olan kamusal bir kurumdur. Söz konusu kamu kurumunun gerçekleştirdiği faaliyetler, görev durumu, konumu ve güvenliği göz önüne alındığında kamu kurumunun adı ve faaliyetleri hakkında detaylı bilgi verilmemiştir.

Tehlikeli madde taşımacılığı yapan kamu kurumu, 1923 yılında Mersin ili Tarsus ilçesinde konuşlandırılmıştır. Söz konusu kamu kurumu özellikle yurt dışından gelen mühimmat ve patlayıcıların ülkemizin içinde bulunan diğer dağıtım noktalarına sevk etmesi açısından son derece önemli bir konuma sahiptir. Bilhassa ülkemizin güney hattında bulunan sınır birliklerine 24 saat esasına göre mühimmat ve patlayıcıları taşımakla görevlendirilmiştir.

Belirtilen kamu kurumunda taşınması yapılan tehlikeli maddeler, günümüzde kullanılan yüksek teknolojiye sahip nihai ürünlerden oluşmaktadır. Mühimmat ve

patlayıcıların taşınmasında ve elleçlenmesinde insan faktörünün ortadan kaldırılmasına yönelik olarak iş makinelerinin kullanımına ağırlık verilmekle birlikte uluslararası taşımacılık hükümlerinde belirtilen araçlardan da istifade edilmektedir.

Uygulama alanı, başlangıç noktası için kamu kurumuna yakın mühimmat ve patlayıcıların sürekli olarak teslim ve tesellümünün yapıldığı Mersin limanı seçilmiştir. Varış noktası olarak ise gerçek durumda da sürekli olarak mühimmat ve patlayıcıların sevk edildiği ve bölgedeki en önemli Lojistik üs olarak bilenen Hatay ili Reyhanlı ilçesi olarak belirlenmiştir. Hatay/Reyhanlı bölgesi sınır ötesine gönderilmek üzere her türlü lojistik maddelerin depolandığı ve transit olarak gönderilmek üzere bekletilen çok önemli bir yerdir. Belirlenen bölgeye ait yol ağı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma Alanı Sınırları ve Ulaşım Ağı

### 3.2. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi

Tehlikeli madde taşımacılığı 70’li yıllardan itibaren günümüze kadar üzerinde çalışılan bir konudur. Tehlikeli madde taşımacılığı yıllarca kanun koyucuların, sivil toplum kuruluşlarının, bilim dünyasının ve tehlikeli madde taşıması yapan şirketler için önem arz eden bir konu olmuştur. Tehlikeli madde taşıması yapan şirketler taşıma esnasındaki riskten daha ziyade mesafe ve zamanı daha fazla dikkate almışlardır. Fakat kamu kurum ve kuruluşları özellikle Türk Silahlı Kuvvetleri, Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet

Genel Müdürlüğü ise kendi vatandaşını düşünmüş, tehlikeli madde taşımacılığında oluşabilecek tüm riskler minimize etmeyi amaçlamıştır.

Çalışmada coğrafi bilgi sistemi yardımıyla mühimmat ve patlayıcı maddelerin taşınmasını yapacak kamu kurumuna, tüm faktörleri (zaman, mesafe, nüfus, trafik yoğunluğu, terör ve kaza olasılığı ) dikkate alarak mühimmat ve patlayıcı maddeler için en uygun güzergâhları bulabilen şebeke tasarımını içeren bir karar destek sistemi önerilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışma Türkiye’de tehlikeli madde taşımacılığı konusunda devamlı surette gerçek zaman diliminde de faaliyet gösterilen bir alanda yapılacaktır. Tehlikeli madde taşımacılığında özellikle birinci sınıf tehlikeli maddelerde (mühimmat ve patlayıcı) Türkiye’de yok denecek kadar az çalışma yapılmıştır. Mühimmat ve patlayıcı için risk analizi yapılarak bir karar destek sistemini öneren çalışma ise mevcut değildir. Bir karar destek aracının önerilebilmesi için taşıyıcıların mesafe ve zamana bağlı devletin de bölgede yaşayan nüfus üzerinde tehlikeli madde taşımacılığı nedeniyle meydana gelecek risk kaygısını giderecek çözümlerin üretilmesi amaçlanmaktadır. Yapılan literatür taramasında tehlikeli madde taşımacılığı için riskleri en küçükleyen, mesafeyi en küçükleyen veya bunları beraber en küçükleyen çeşitli modeller önerildiği görülmüştür. Bu çalışmada öncelikle tüm faktörlere ait veriler girilerek bir şebeke oluşturulacak müteakiben karar vericiye istediği kriterlere uygun alternatif çözümler sunmak hedeflenecektir.

Karar vericiler için muhtemel senaryolar oluşturulacak ve sonuç olarak çalışma için farklı senaryolar düşünülerek bu senaryolara uygun olarak hesaplamalar yapılması amaçlanmaktadır.

Çalışmamızın amacı, günümüze kadar yapılan yerli ve yabancı kaynak araştırmaları ile tehlikeli madde taşımacılığında en az 10 yıl süre ile görev yapmış uzman kişilerin bilgi, beceri ve tecrübelerinden yararlanarak sınıf 1 tehlikeli madde yani mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında belirlenecek güzergâhlara yönelik olarak tespit edilen kriterleri önem derecesini belirleyerek VIKOR ve MOORA çok kriterli karar verme yöntemleriyle en uygun güzergâhların belirlenmesi kararının verilmesidir. Bu noktada ilk olarak, mühimmat ve patlayıcıların taşımacılığını yapan kamu kurumundaki uzman kişilerin tecrübeleri ve görüşleri alınarak, yerli ve yabancı kaynakların incelemesi sonucunda risk analiz

değerlendirilmesi yapılarak ana kriterler belirlenmiştir. Sonraki aşamada ise tespit edilen bu kriterler ile hiyerarşik yapı kurulmuştur.

Son aşama olarak uzman personelin analiz yapımları sağlanmış, kriterlerin önem dereceleri ile ağırlıklarını bulmak amacıyla Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) tekniğinden faydalanılmıştır. Böylelikle kriterlerin analiz değerlendirme çizelgesi meydana getirilmiştir. Elde edilen çizelgede yer alan kriter ağırlıkları, VİKOR ve MOORA yöntemlerine ait işlem basamaklarında kullanılarak tehlikeli madde taşımacılığında belirlenen kriterlerin önceliklendirilmesi yapılacak ve daha sonrada en uygun güzergâhlar tespit edilebilecektir.

Çalışmamızın kapsamı, tehlikeli madde taşımacılığında risk analizi yapılarak en uygun güzergâhların belirlenmesine yönelik problem ele alınmıştır. Tehlikeli madde taşımacılığında risk kriterleri uzman personel tarafından üç senaryo dâhilinde ele alınmıştır. Bunlar barış zamanı, kriz ve gerginlik anı ve savaş hali olarak değerlendirmesi yapılmıştır. Üç senaryoya göre tehlikeli madde taşımacılığı 1. sınıf yani mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında en az 10 hizmet yılını tamamlamış uzman personel tarafından kriter anketi değerlendirilmiş ve verilen cevaplara göre tespit edilen kriterlerin ağırlık dereceleri ve önem sıraları belirlenmiştir.

Tehlikeli madde taşımacılığında günümüze kadar yapılan yerli ve yabancı kaynaklar araştırıldığında AHP ve TOPSİS yöntemleri ile tehlikeli madde taşımacılığında en uygun güzergâhların belirlenmesine yönelik sadece bir çalışma yapılmıştır. Ancak çok kriterli karar verme tekniklerinden olan VİKOR ve MOORA yöntemi tehlikeli madde taşımacılığında en uygun güzergâh belirlenmesi kapsamında ulusal veya uluslararası herhangi bir çalışmaya rast gelinmemiştir. Ayrıca tehlikeli madde taşımacılığı kaynakları incelendiğinde Sınıf 1 mühimmat ve patlayıcılara ilişkin herhangi bir problem ve devamında güzergâh belirlenmesine yönelik bir çalışma yapılmamıştır.

AHP-VİKOR-MOORA tekniklerinin birlikte kullanılarak tehlikeli madde taşımacılığı literatürüne katkıda bulunulması sağlanmış, ayrıca çözümü konusunda çok kriterli karar verme teknikleri ile aynı seçeneklerin sıralanması hususunda sonuçların farklılık gösterip göstermediği yönünde çıkarımlar yapılmıştır. VİKOR ve MOORA çok kriterli karar ver tekniklerinin, tehlikeli madde özellikle Sınıf 1 mühimmat ve patlayıcıların taşımacılığında belirlenen kriterleri sıraladığı herhangi bir çalışmaya yerli ve yabancı kaynaklarda rastlanılmamıştır. Ulusal veya uluslararası kaynaklarda yer almayan mühimmat

ve patlayıcıların taşınmasında güzergâh belirlenmesine yönelik ana kriterler AHP yöntemi ile değerlendirilmiş ve risk analiz değerlendirilmesi neticesinde risklerin birleştirilmesi ile farklı bir model ortaya konmuştur.

### 3.3. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmamızda AHP, VİKOR ve MOORA yöntemlerinden bütünleşik yapıda yararlanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılmıştır. Tehlikeli madde taşımacılığında güzergâh belirlenmesi probleminde karar vericiler belirlenen üç senaryoya göre barışta, kriz ve gerginlik anında ve savaşta olacak şekilde önem derecesini belirlemeye yönelik hazırlanan ankete cevap vermişlerdir. Müteakiben her bir senaryoya göre kriterler hiyerarşik yapı kullanılarak ikili karşılaştırmaları yapmışlardır.

Yapılan karşılaştırmalarda belirlenen tüm senaryolara göre ve en sonunda tüm senaryoların birleştirildiği genel bütünleşik yapıdaki tutarlılıklar hesaplanmıştır. Tehlikeli madde taşımacılığında en az 10 yıl hizmet yılı olan karar vericilerin analizleri, geometrik ortalama tekniği ile birleştirilmiş ve kriterler en uygun güzergâhların belirlenmesine yönelik olarak önem derecelerine göre sıralanmıştır.

Çalışmamızda belirlenen başlangıç ve bitiş noktası arasındaki bölge için üç farklı durum ele alınmıştır. Bu üç farklı durum barış zamanı, kriz ve gerginlik anı ve savaş zamanı olarak ele alınmıştır. Mühimmat ve patlayıcıların taşınması için söz konusu üç farklı senaryoda karar vericiler değerlendirmede bulunmuşlardır.

Uygulama bölgesi için belirlenen 170 ark için risk değerlerinin en küçükleme yapılarak güzergâhlar belirlenmesi amaçlanmış ve bu konuda kamu kurumunda görev yapan karar vericilere alternatif güzergâh çözümlenmesi için hedef alınmıştır.

Çalışmamızda, Coğrafi Bilgi Sistemi ile şebeke oluşturulması amaçlanmış ve neticede belirlenen şebekelerde gelişebilecek muhtemel tüm senaryolara göre birçok çıkış ve varış noktaları alternatif olarak uygulanabilecektir. Yerli ve yabancı tüm kaynaklar araştırıldığında risk ve güzergâh konusunda alternatif çözüm önerileri mevcut olmasına rağmen anlık gelişebilecek durumlara karşı hemen reaksiyon gösterebilecek yeni bir rotalamanın oluşturulması kapsamında herhangi bir modele rast gelinmemiştir.

Çalışmamızın konusu “tehlikeli madde taşımacılığında risk analizi yapılarak coğrafi bilgi sistemi ile güzergâh belirlenmesi” için işlem basamakları ile yöntemler aşağıda

belirtilmiştir. Tehlikeli madde taşımacılığında güzergâh belirlenmesinde dikkate alınacak ana kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde AHP yönteminden faydalanırken, güzergâh belirlenmesindeki risk analizinde tespit edilen senaryoların değerlendirilmesinde VİKOR ve MOORA tekniği kullanılmıştır.

### **1. Aşama: Karar Vericilerin Tespit Edilmesi ve Karar Matrisinin Oluşturulması**

- Uygulama yapılan kurum amiri tarafından karar vericilerin tespiti yapılmıştır.
- Karar vericiler ile kriterleri tespit edebilmek için bire bir görüşmeler yapılmıştır.
- Tehlikeli madde taşımacılığı konusunda yerli ve yabancı tüm kaynaklar incelenmiş ve tehlikeli madde taşımacılığı konusunda uzman personel ile yapılan yüz yüze görüşmeler sonucunda tehlikeli madde taşımacılığındaki ana kriterler belirlenmiştir.
- Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesine yönelik olarak hiyerarşik yapı kurulmuştur.
- Yerli ve yabancı tüm kaynakların incelenmesi ve uzman personel ile yapılan bire bir görüşme neticesinde oluşturulan Ek-1'deki anket formu belirlenen üç senaryo için uygulanmıştır.

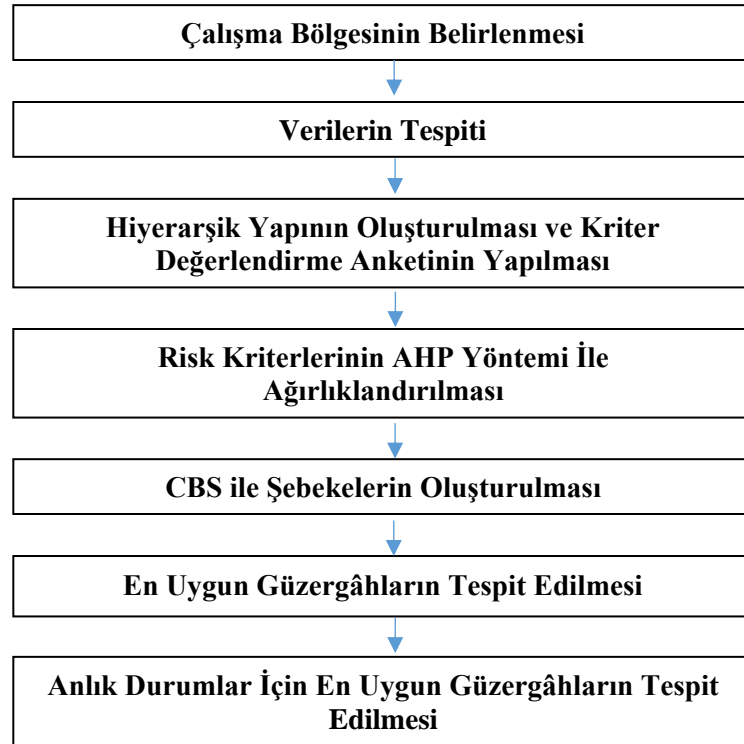
### **2. Aşama: Kriter Ağırlıklarının Tespit Edilmesi**

- Belirlenen üç senaryoya göre karar vericilerin her biri için karar matrisi oluşturulmuştur.
- Ek-1'de ki ankete göre karar vericilerin her biri ayrı ayrı belirlenen üç senaryoya göre ana kriterleri analiz etmişlerdir.
- Analitik Hiyerarşi Prosesi tekniği ile oluşturulan hiyerarşiye göre ana kriterleri kendi içinde ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Müteakiben her bir karar vericinin matrisleri normalize edilerek birleştirilmiştir.
- Birleştirilmiş ana kriterlere ait bütünleştirilmiş karar matrisi oluşturulduktan sonra tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranının hesaplanması yapılmıştır.
- Bütünleştirilmiş ana kriterlere ait karar matrisleri vasıtasıyla kriter ağırlıkları belirlenmiştir.

### 3. Aşama: Tehlikeli Madde Taşımacılığında Risk Analizi Yapılarak Alternatif Güzergâhların Tespit Edilmesi

- Tehlikeli Madde Taşımacılığında uzman olan personel ile yapılan görüşmeler neticesinde belirlenecek güzergâhlar için başlangıç ve bitiş noktası belirlenmiştir.
- Her bir karar verici için belirlenen üç senaryoya göre ana kriterleri değerlendirilmesini yapabilmek için Ek-1’de yer alan anket formu uygulanmıştır.
- Karar vericilere uygulanan anket formu sonucunda oluşturulan sayısal karar matrisleri elde edilmiştir. Tüm karar vericilere ait matrisler birleştirilerek bütünlük bir karar matrisi oluşturulmuştur.
- Tehlikeli madde taşımacılığında her üç senaryo için elde edilen bütünlük karar matrisleri VİKOR yöntemi kullanılarak alternatif en uygun güzergâhlar tespit edilmiştir.
- Tehlikeli madde taşımacılığında her üç senaryo için elde edilen bütünlük karar matrisleri MOORA yöntemi kullanılarak alternatif en uygun güzergâhlar tespit edilmiştir.

Çalışmamızda uygulanacak işlem sırası Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Uygulama İş Akış Şeması

### 3.4. Çalışma İçin Kullanılacak Araç ve Mühimmat Cinsi

Çalışmada kullanılacak araç cinsi öncelikle mühimmat ve patlayıcıların taşınmasına yönelik olarak zemini herhangi bir şekilde kıvılcıma ve statik elektriğe sebep olmayacak şekilde kaplaması ve aracın topraklama zinciri olması gerekmektedir. Ayrıca mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında özellikle harekât alanına sevk edilecek mühimmat ve patlayıcıların gizlenmesine olanak sağlamalıdır. Çalışmada kullanılacak araç Fotoğraf 3.1’de gösterilmiştir.



**Kaynak:** ([https://www.logitransport.com/media/files/TIR\\_tipleri\\_ve\\_Olculeri](https://www.logitransport.com/media/files/TIR_tipleri_ve_Olculeri) Erişim tarihi: 1 Haziran 2020).

Fotoğraf 3.1. Tenteli Tır

Fotoğraf 3.1’de görülen aracın teknik özelliğine baktığımızda 13,60 cm uzunluğunda, 2,40 cm eninde ve 2,42 cm yüksekliğindedir. Uygulamada kullanılacak aracın toplam 79 m<sup>3</sup> kullanım alanı mevcuttur. Ayrıca aracın kullanım kapasitesi 20 ton ’dur ([https://www.logitransport.com/media/files/TIR\\_tipleri\\_ve\\_Olculeri](https://www.logitransport.com/media/files/TIR_tipleri_ve_Olculeri) Erişim tarihi: 1 Haziran 2020).

Uygulamada taşınacak mühimmat cinsi ise Türk Silahlı Kuvvetlerinin özellikle güneydeki harekât alanında kullandığı ve sürekli olarak harekât birliklerine sevk ettiği 122 mm Çok Namlulu Roket Atar (ÇNRA) dır. Uygulamada taşınacak mühimmat Fotoğraf 3.2’de gösterilmiştir.





Fotoğraf 3.2. 122mm ÇNRA Mühimmatı

122 mm ÇNRA mühimmatının adedi bilgilerine gelirse; 100 kg ağırlığa ve 40 km menzile sahiptir. Ayrıca içindeki net patlayıcı miktarı 9.36 kg'dır (KKKT 315-3 Mühimmat Kataloğu 2009). Çalışma için taşınacak 122 mm ÇNRA mühimmatı 100 adettir. 100 adet ÇNRA mühimmatın ağırlığı 10 ton net patlayıcı miktarı ise 936 kg olacaktır. Taşınacak mühimmatın net patlayıcı miktarı dikkate alındığında güzergâh üzerindeki minimum emniyet mesafesi en az 400 metre olmalıdır (KKT 9-1300-1-20 (A) Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları 2020).

### 3.5. Çalışma ile İlgili Verilerin Toplanması ve Girilmesi

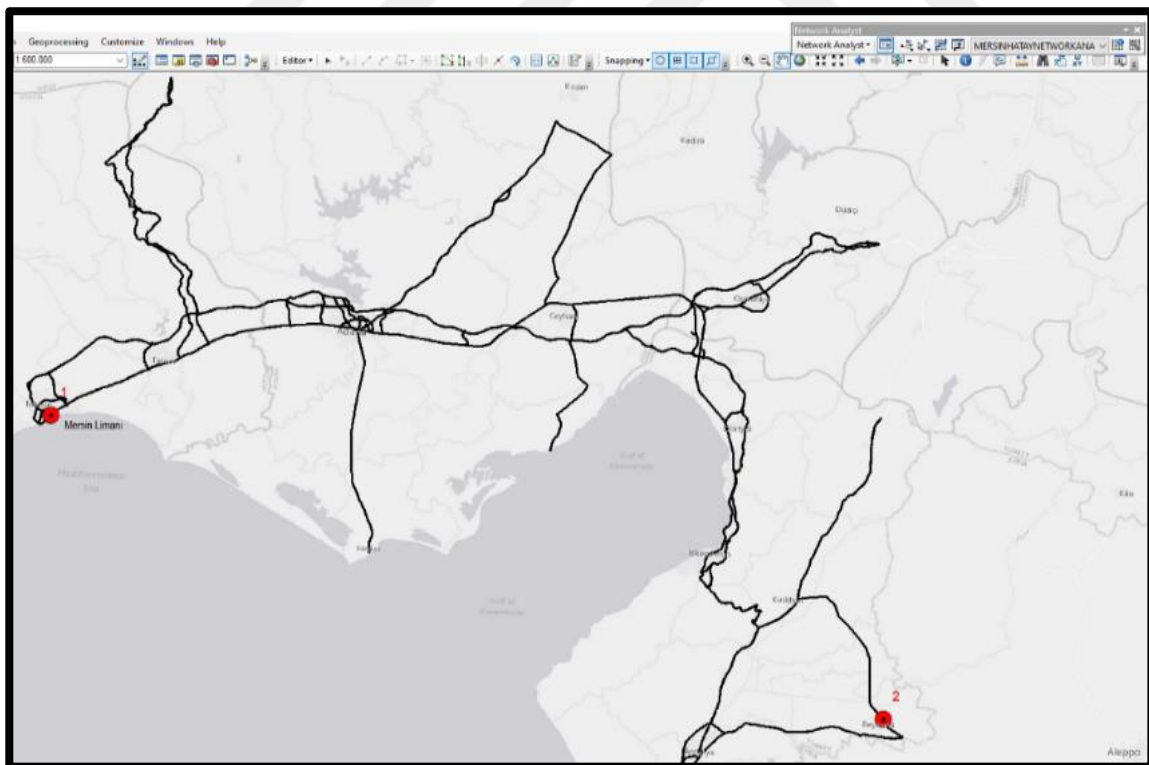
Çalışma için verilerin toplanması kapsamında zaman kriteri göz önüne alındığında yolun zamanı etkilemesi anlamında asfalt, toprak, tek veya çift şeritli olması, otoyoldan geçmesi gibi değişik faktörler ele alınmıştır. Ayrıca Trafik yoğunluğu, mesafe gibi diğer önemli hususlar da göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Söz konusu tüm veriler Harita Genel Komutanlığı ile Karayolları Genel Müdürlüğü ile görüşülerek elde edilmiştir.

### 3.5.1. CBS'ye Mesafe ve Zaman Verilerin Girilmesi

Uygulama alanı için seçilen bölgede yer alan bütün il ve ilçeler arası karayolları göz önüne alınmıştır. Çalışma için belirlenen bölgede şebeke üzerinde toplam 170 ark tespit edilmiştir.

Uygulama alanı olarak Karayolları 5'nci Bölge Müdürlüğü olacaktır. Söz konusu bölgenin sorumluluk sahası 61.883 km<sup>2</sup>'dir. Sorumluluk sahasındaki iller ise sırasıyla Adana, Gaziantep, Hatay, Mersin, Kahramanmaraş, Kilis ve Osmaniye illerinin tamamı ile Malatya, Kayseri ve Adıyaman illinin bir bölümünü kapsamaktadır. Bölgenin yol şebekesi 5.314 km yaklaşık % 97'si asfalt kaplamadan meydana gelmektedir. Bölgenin nüfusu 9.611.974 olup km<sup>2</sup>'ye düşen yol 98 metre ve kişi sayısı ise 156'dır ([www.kgm.gov.tr](http://www.kgm.gov.tr) Erişim tarihi 06 Mayıs 2020).

Çalışmanın yapılacağı uygulama alanında ise başlangıç düğüm noktası Mersin Limanı bitiş düğüm noktası ise harekât bölgesi olan Reyhanlı/Hatay olacaktır. Çalışmanın alanın yapılacağı uygulama bölgesi Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Uygulama Alanı Başlangıç-Bitiş Noktası

Coğrafi Bilgi Sisteminden oluşturulan haritada uygulama için her il ve ilçe için toplam 170 ark meydana getirilmiştir. Yollar üzerinde bulunan arklar birden fazla yol

dilimini kapsayabilmektedir. Belirlenen arklar için mesafelerin tespit edilebilmesi kapsamında CBS’de kullanılan harita üzerinden mesafeler tek tek seçilerek hesaplamaları yapılmıştır. Toplam 170 arka ait hesaplaması yapılan mesafe çizelgesi Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışma Alanı Ark Numaraları ve Arklar Arası Mesafeler

Yol	Mesafe(m)	Yol	Mesafe(m)	Yol	Mesafe(m)	Yol	Mesafe(m)	Yol	Mesafe(m)
a1	534	a35	6753	a69	656	a103	36346	a137	8859
a2	1220	a36	17413	a70	224	a104	8304	a138	2608
a3	2308	a37	19142	a71	812	a105	10752	a139	4464
a4	5165	a38	5247	a72	7363	a106	12943	a140	3897
a5	2663	a39	6357	a73	440	a107	5661	a141	785
a6	1261	a40	23795	a74	685	a108	25176	a142	321
a7	3421	a41	184	a75	2389	a109	7897	a143	21633
a8	5581	a42	1041	a76	1692	a110	11870	a144	23486
a9	2005	a43	976	a77	1566	a111	15205	a145	10684
a10	440	a44	3076	a78	1308	a112	703	a146	22342
a11	18440	a45	4274	a79	1281	a113	13861	a147	2993
a12	1568	a46	1832	a80	529	a114	1117	a148	44019
a13	2310	a47	509	a81	1611	a115	2133	a149	3422
a14	4641	a48	1129	a82	2150	a116	10864	a150	2981
a15	1147	a49	1576	a83	352	a117	15806	a151	915
a16	910	a50	2352	a84	1614	a118	1468	a152	1608
a17	5132	a51	2483	a85	1046	a119	1695	a153	7116
a18	6044	a52	3106	a86	2232	a120	7634	a154	6307
a19	24002	a53	2033	a87	2035	a121	2649	a155	3775
a20	6086	a54	1637	a88	3802	a122	1738	a156	38577
a21	6962	a55	1855	a89	693	a123	6317	a157	41572
a22	10579	a56	3938	a90	5023	a124	787	a158	10563
a23	10370	a57	1454	a91	477	a125	1521	a159	44047
a24	1925	a58	1900	a92	1536	a126	977	a160	9763
a25	29349	a59	3100	a93	1221	a127	16008	a161	5842
a26	36965	a60	364	a94	32734	a128	16062	a162	4096
a27	15581	a61	186	a95	15544	a129	4625	a163	26420
a28	12771	a62	331	a96	17742	a130	10477	a164	29748
a29	1202	a63	414	a97	3314	a131	13761	a165	740
a30	5586	a64	2018	a98	5126	a132	722	a166	2450
a31	4416	a65	2671	a99	10455	a133	15968	a167	2425
a32	988	a66	668	a100	5382	a134	16011	a168	772
a33	32222	a67	480	a101	17397	a135	787	a169	48830
a34	6936	a68	754	a102	13783	a136	7321	a170	28398

Uygulama alanı olarak belirlenen bölgedeki toplam 170 ark için zaman hesaplamasının yapılabilmesi için öncelikle mesafelerin bulunabilmesi ve coğrafi bilgi sistemine aktarılması gerekmektedir. Daha sonra ise tüm yol dilimlerindeki hızların belirlenmesi ikinci adım olarak yapılmalıdır. Yol şebekesine ait tüm mesafelerin hesabı yapılarak tüm yol şebekesindeki bulunan yol dilimlerinin minimum hızları sisteme girilmiştir. Türkiye’de uygulanan trafik kuralları çerçevesinde hız bilgileri; tek şeritli

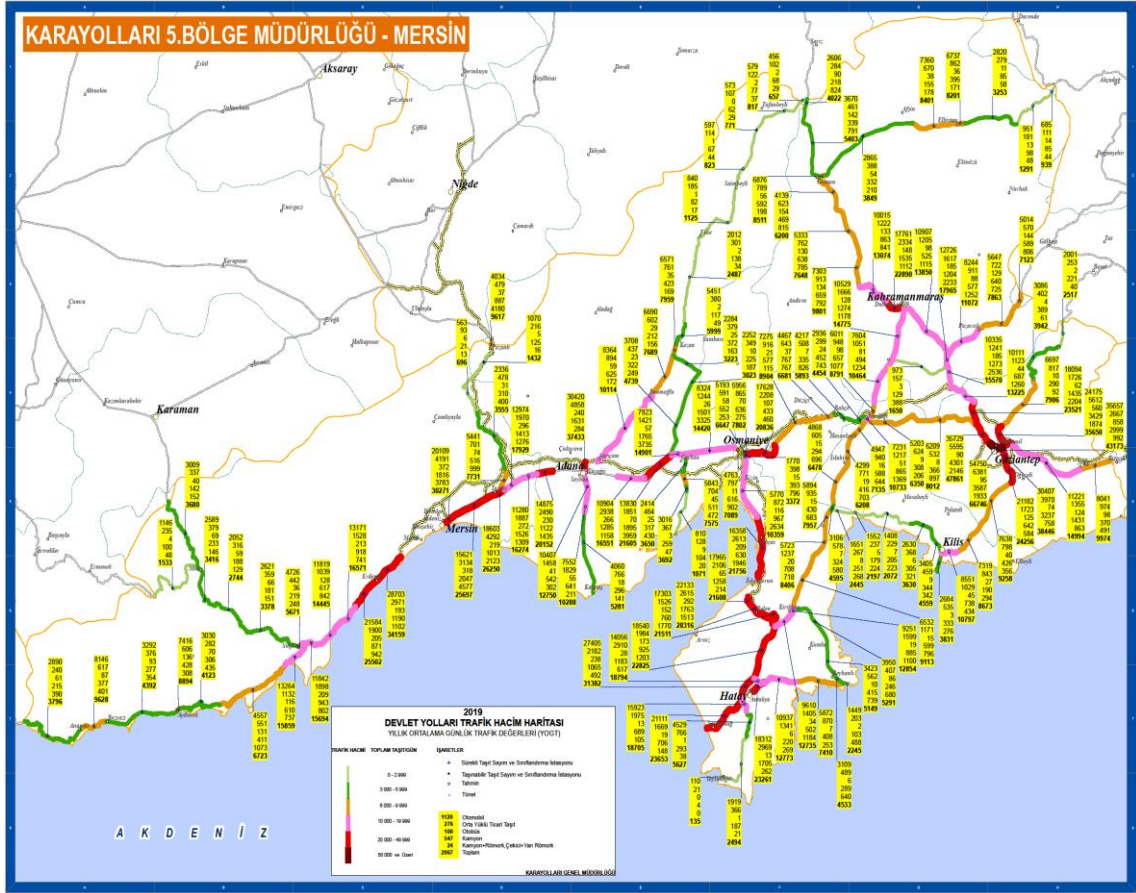
yıllarda 90 km, çift şeritli yollarda ise 110 km, il merkezlerine 10 km mesafeye, ilçe merkezlerinde ise 5 km mesafeye kadar olan yollar için hız sınırı 50 km olarak coğrafi bilgi sistemine girişi yapılmıştır.

### **3.5.2. Trafik Yoğunluğu Verilerin Girilmesi**

Tehlikeli madde taşıyan firmalar genellikle kar amacı üzerinde durduklarından dolayı mesafenin minimize edilmesini dikkate almaktadır. Fakat kamusal alanda durum her zaman çok farklı olabilmektedir. Özellikle harekât zamanı acil harekât bölgesine mühimmatı istenilen yer ve zamanda sevkini sağlayabilmek için mesafeyi minimize etmenin yanı sıra zaman faktörü de çok önem arz edebilir. Kamu kurum ve kuruluşları özellikle Türk Silahlı kuvvetleri, Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğü zamanı minimize etmeyi her zaman amaçlayabilmektedir.

Harekât alanına mühimmat ve patlayıcı sevk etmek bazen hayati öneme sahip olabilmektedir. Bu yüzden kamu kurum ve kuruluşlarının zamanı en küçüklemek en önemli hedefleri arasına girmektedir. Oluşturulan yol şebekesinde bulunan her yol dilimine ait mesafe ve trafik yoğunluğu her bakımdan önem arz etmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü erişim sayfasından 2019 yılına ait Karayolları 5.Bölge Müdürlüğü'nün sorumluluk sahasında bulunan günlük ortalama trafik yoğunluğu gösterir istatistiki bilgiler alınarak sisteme girişi yapılmıştır. 5.Bölge Müdürlüğü'nün ortalama trafik yoğunluğu gösteren yoğunluk haritası Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Şekil 3.4'de gösterilen haritada sorumluluk alanında olan tüm yollar için farklı türdeki araçlara ait yoğunluklar verilmiştir. Harita incelendiğinde farklı türdeki araç sayıları ile toplam araç yoğunluğu gösterilmiştir. Her yol diliminde olan arklara ait trafik yoğunluk bilgileri ile toplam günlük trafik yoğunluğunu gösteren değerler ve her yol diliminin çalışmada kullanılan ArcMap programında olan ark ve yol dilim karşılıkları bulunarak her bir bu yol dilimine ait bilgiler tek tek girilmiş ve bu bilgilerin coğrafi bilgi sistemine girişleri yapılmıştır.



**Kaynak:** <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/5BolgeErisim> tarihi 08 Mayıs 2020  
Şekil 3.4. Trafik Yoğunluk Haritası

Türkiye Karayolları Genel Müdürlüğü erişim sayfasından alınan 2019 trafik yoğunluğu bilgileri alınıp coğrafi bilgi sistemi için kullanılan ArcMap programına her yol dilimine ait veri girişi yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemine her bir ark için girilen trafik yoğunluk değerleri Çizelge 3.2’ de gösterilmiştir. Programa girilen trafik yoğunluk değerleri günlük ortalama değerlerdir. Örneğin ark bir (a1)’de gösterilen 30271 değeri, günlük ortalama trafik yoğunluğunu göstermektedir.

Çizelge 3.2. Arklara Göre Trafik Yoğunluk Verileri

Ark	Trafik Yoğunluk	Ark	Trafik Yoğunluk	Ark	Trafik Yoğunluk	Ark	Trafik Yoğunluk	Ark	Trafik Yoğunluk
a1	30271	a35	18659	a69	23038	a103	3376	a137	21339
a2	30271	a36	16842	a70	23038	a104	23035	a138	21339
a3	30271	a37	16842	a71	23038	a105	17527	a139	21339
a4	30271	a38	16842	a72	23038	a106	17527	a140	21339
a5	30271	a39	16842	a73	23038	a107	15232	a141	21339
a6	31489	a40	23038	a74	37698	a108	7228	a142	21339
a7	31489	a41	23038	a75	37698	a109	3643	a143	21199
a8	31489	a42	23038	a76	37433	a110	7342	a144	18490
a9	31489	a43	23038	a77	37433	a111	7342	a145	18490
a10	31489	a44	23038	a78	37433	a112	7342	a146	31739
a11	26705	a45	23038	a79	37433	a113	7342	a147	5485
a12	26705	a46	23038	a80	37433	a114	3427	a148	2578
a13	25697	a47	23038	a81	37433	a115	3427	a149	18015
a14	25697	a48	23038	a82	37433	a116	14664	a150	31739
a15	25697	a49	23038	a83	37433	a117	14664	a151	23261
a16	25697	a50	23038	a84	37433	a118	14664	a152	23261
a17	25697	a51	23038	a85	37433	a119	14664	a153	23261
a18	25697	a52	23038	a86	37433	a120	14664	a154	18490
a19	26705	a53	23038	a87	37433	a121	3427	a155	4654
a20	26705	a54	23038	a88	37433	a122	3427	a156	2290
a21	26705	a55	23038	a89	37433	a123	7832	a157	2290
a22	3715	a56	23038	a90	37433	a124	10359	a158	4654
a23	8013	a57	23038	a91	37433	a125	10359	a159	7928
a24	3715	a58	23038	a92	37433	a126	10359	a160	8745
a25	3715	a59	23038	a93	37433	a127	10359	a161	8745
a26	2163	a60	23038	a94	10087	a128	10359	a162	8745
a27	2163	a61	23038	a95	37433	a129	10359	a163	5859
a28	2163	a62	23038	a96	17527	a130	10507	a164	4462
a29	2163	a63	23038	a97	37433	a131	10507	a165	4462
a30	9836	a64	23038	a98	7666	a132	10507	a166	4462
a31	9836	a65	23038	a99	7666	a133	10507	a167	5893
a32	3715	a66	23038	a100	7666	a134	21060	a168	12750
a33	3715	a67	23038	a101	7666	a135	21060	a169	1076
a34	3715	a68	23038	a102	3590	a136	21060	a170	3706

Yukarıda belirtilen çizelgedeki verilen elde edilmesiyle birlikte uygulama alanımızdaki trafik yoğunluğu verileri coğrafi bilgi sistemine girişi yapılarak trafik yoğunluğuna ait en uygun güzergâh seçimi yapılmıştır.

### 3.5.3. Kaza Sayısı Verilerin Girilmesi

Tehlikeli madde taşımacılığında risk değerlendirilmesi yapıldığında özellikle taşıma esnasında tehlikeli madde taşınması yapan araçların geçtiği güzergâhta meydana gelen kaza sayılarının önemi çok fazladır. Çünkü taşıma esnasında kaza olasılığı yüksek ark noktalarından taşıma yapmak çok büyük bir risk teşkil edecektir.

Bilhassa kamu kurum ve kuruluşlarının yapacağı taşımacılıkta en önemli amaçları arasında taşınacak tehlikeli maddenin meydana getireceği riski minimize etmek olacaktır. Dolayısıyla kamu kurum ve kuruluşlarının bu çerçevede en uygun güzergâh tespiti için başlangıç ve bitiş noktasındaki kaza olasılığı büyük önem arz etmektedir.

Türkiye’de tehlikeli madde taşımacılığında kaza sayıları net bir şekilde bilinmemektedir. Bu yüzden uygulama alanımızdaki tüm yol dilimlerindeki arklara ait tüm kaza sayıları girilerek en uygun güzergâh tespiti yapılmaya çalışılmıştır. 2019 yılına ait uygulama alanındaki trafik kaza verileri Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğü sorumluluk alanlarındaki değerler ayrı ayrı coğrafi bilgi sistemine girilmiştir. Girilen değerler Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Arklara Göre Kaza Sayıları Verileri

<b>Mersin</b>		<b>Adana</b>		<b>Osmaniye</b>		<b>Hatay</b>	
Kaza sayısı		Kaza sayısı		Kaza sayısı		Kaza sayısı	
<b>Polis</b>	<b>Jandarma</b>	<b>Polis</b>	<b>Jandarma</b>	<b>Polis</b>	<b>Jandarma</b>	<b>Polis</b>	<b>Jandarma</b>
3479	569	3483	739	863	171	1857	354
Arklar		Arklar		Arklar		Arklar	
a1	a11	a39	a26	a113	a102	a144	a116
a2	a19	a40	a27	a123	a108	a145	a117
a3	a20	a41	a28	a160	a111	a146	a118
a4	a21	a42	a29	a161	a112	a147	a119
a5	a22	a43	a30	a162	a113	a148	a120
a6	a23	a44	a31	a163	a114	a149	a124
a7	a24	a45	a36	a164	a115	a150	a125
a8	a25	a46	a37		a116	a151	a126
a9	a26	a47	a38		a120	a152	a127
a10	a27	a48	a39		a121	a153	a128
a11	a32	a49	a40		a122	a154	a129
a12	a33	a50	a50		a123	a155	a130
a13	a34	a51	a51		a163	a156	a131
a14	a35	a52	a94		a164		a132
a15	a36	a53	a95	a165			a133
a16	a37	a54	a96	a166			a134
a17		a55	a97	a167			a135
a18		a56	a98				a136
a19		a57	a99				a137
		a58	a100				a138
		a59	a101				a139
		a60	a102				a140
		a61	a103				a141
		a62	a104				a142
		a63	a105				a143
		a64	a106				a144
		a65	a107				a146
		a66	a108				a148
		a67	a109				a156
		a68	a110				a157

Çizelge 3.3. Arklara Göre Kaza Sayıları Verileri (Devamı)

<b>Mersin</b>		<b>Adana</b>		<b>Osmaniye</b>		<b>Hatay</b>	
Kaza sayısı		Kaza sayısı		Kaza sayısı		Kaza sayısı	
<b>Polis</b>	<b>Jandarma</b>	<b>Polis</b>	<b>Jandarma</b>	<b>Polis</b>	<b>Jandarma</b>	<b>Polis</b>	<b>Jandarma</b>
3479	569	3483	739	863	171	1857	354
Arklar		Arklar		Arklar		Arklar	
		a69	a111				a158
		a70	a117				a159
		a71	a169				
		a72	a170				
		a73					
		a74					
		a75					
		a76					
		a77					
		a78					
		a79					
		a80					
		a81					
		a82					
		a83					
		a84					
		a85					
		a86					
		a87					
		a88					
		a89					
		a90					
		a91					

Yukarıda belirtilen çizelgede belirtilen değerler her ark için kaza sayıları her bir ark için trafik kaza riski olarak coğrafi bilgi sistemine girişi sağlanmıştır. Coğrafi bilgi sistemine veri girişinin nasıl yapıldığı aşağıda belirtilmiştir.

2019 yılı karayolları ait tüm veriler kaza risk değeri olarak girilmiştir. Uygulama alanında yer alan Mersin, Adana, Osmaniye ve Hatay illerine ait tüm yıllık veriler girilmiştir. Bu veriler iki farklı şekilde girilmiştir. Birincisi Emniyet Genel Müdürlüğü sorumluluk sahasında yer alan il ve ilçelere ait veri girişleridir. İkincisi ise Jandarma Genel Komutanlığı sorumluluk alanında yer alan il ve ilçelerin yerleşim alanı dışındaki veri girişleridir. Tüm bu elde edilen verilen coğrafi bilgi sistemine aktarılarak en uygun güzergâhların bulunması hedeflenmiştir.

Uygulama alanında yer alan yerleşim bölgesindeki il merkezlerine 0 ila 5 km arasında, ilçe merkezlerine ise 0 ila 2 km arasında bulunan karayoluna ait yerler Emniyet Genel Müdürlüğü sorumluluk alanı olduğu için Trafik Polisi yerleşim yeri kaza bilgileri girilmiştir. Ayrıca yine il merkezlerine 5 ila 10 km mesafe ile ilçe merkezlerine 2 ila 5 km



mesafelerinde bulunan karayoluna ait yerleşim dışı verileri trafik polisi sorumluluk sahasındaki yerleşim dışı trafik kaza verilerinin girişi yapılmıştır. Emniyet Genel Müdürlüğü sorumluluk sahası dışında olan yani il merkezlerine 10 km, ilçe merkezlerine 5 km den daha fazla mesafede olan karayollarına Jandarma Genel Komutanlığı sorumluluk sahası olduğundan bu bölgelerin kaza verilerinin girişi yapılmıştır.

### 3.5.4. Nüfus Verilerin Girilmesi

Tehlikeli madde taşımacılığı özellikle aracın kaza yapma olasılığı göz önüne alındığında uygulama alanı içindeki kazadan zarar görebilecek nüfusun belirlenmesi ve coğrafi bilgi sistemine aktarılması riski en aza indirmek için büyük önem arz etmektedir. Nüfus verilerinin tespit edilmesine yönelik olarak uygulama bölgesinde bulunan tüm arkların ve yol dilimleri dikkate alındığında 10 km'den daha yakın mesafede bulunan il ve ilçe merkezleri belirlenmiştir.

Uygulama alanı içindeki çalışma bölgesinde toplam 4 il, 34 ilçe merkezi olmak üzere toplamda 38 merkez belirlenmiştir. Bu merkezlere ait nüfus verileri 2019 yılına ait TÜİK erişim sayfasından adrese dayalı nüfus sayım sonuçlarından alınmıştır. 38 merkeze ait verilerin hangi arklardan geçtiği Çizelge 3.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Arklara Göre Nüfus Verileri

S.Nu.	İl/ilçe	Nüfus	Arklar						
			a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
1	<b>Mersin</b>	1793931	a1	a2	a3				
2	Akdeniz	268876	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10
3	Tarsus	335587	a19	a20	a21	a22	a23	a24	a25
4	Toroslar	295663	a3	a6	a7	a8	a14	a15	a16
5	Yenişehir	253380	a1	a2	a3	a4	a5		
6	<b>Adana</b>	2216475	a36	a37	a38				
7	Ceyhan	160616	a94	a99	a103	a104	a105	a106	a107
8	Çukurova	364118	a40						
9	İmamoğlu	28405	a94	a98	a100	a101			
10	Karataş	22098	a169						
11	Kozan	130456	a101	a102	a103				
12	Pozantı	19215	a26	a27	a28	a29	a30	a31	
13	Sarıçam	163833	a94	a95	a96	a97	a99	a105	
14	Seyhan	800387	a36	a37	a38	a39	a40	a41	a42
15	Yumurtalık	17211	a170						
16	Yüreğir	424999	a72	a73	a74	a75	a76	a77	a78
17	<b>Osmaniye</b>	233242	a111	a112	a113				
18	Bahçe	14768	a163	a164	a165	a166	a167		
19	Düziçi	49622	a164						
20	Hasanbeyli	2173	a163						
21	Kadirli	92750	a102	a103					
22	Toprakkale	10348	a120	a121	a122	a123	a124	a125	a126

Çizelge 3.4. Arklara Göre Nüfus Verileri (Devamı)

S.Nu.	İl/ilçe	Nüfus	Arklar						
23	Hatay	1575226	a144	a145	a146	a147			
24	Altınözü	60603	a148						
25	Antakya	370485	a144	a145	a152	a153	a154	a155	a156
26	Arsuz	87666	a137	a138	a140				
27	Belen	32336	a138	a139	a140	a141	a142		
28	Defne	146803	a145	a146	a147	a148	a149	a150	a151
29	Dört Yol	122568	a127	a128	a129	a130	a131		
30	Erzin	41426	a116	a117	a118	a119	a120	a124	a125
31	Hassa	55073	a159						
32	İskenderun	247220	a133	a134	a135	a136	a137	a138	a139
33	Kırıkhan	113096	a143	a144	a157	a158	a159		
34	Kumlu	13228	a157						
35	Payas	41153	a130	a131	a132	a133	a134		
36	Reyhanlı	95057	a156	a157					
37	Samandağ	119558	a146						
38	Yayladağı	28954	a148						

### 3.5.5. Terör Verilerin Girilmesi

Çalışmanın uygulama alanındaki bölge üzerinde bugüne kadar meydana gelen terör olayları tüm yol dilimleri ve ark noktalarındaki riskin tespit edilebilmesi anlamında en önemli veri kaynağımız olmuştur. Fakat hem uygulama alanı içinde hem de Türkiye'nin diğer bölgelerinde terör olaylarının sık gerçekleştiği bölgelerde Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğünce emniyet tedbirlerini bu bölgelerde artırması nedeniyle yol dilimlerine ait terör riskleri en az olabilmektedir. Dolayısıyla gerçek terör olaylarının yaşandığı bölgelerde bile terör riski en az olacağından gerçek verilere tam anlamıyla ulaşılamamaktadır.

Bu nedenle, daha net verilere ulaşabilmek için çalışma bölgesinde en az 10 yıl görev yapmış ve terör konusunda eğitim almış en az 10 yıl bu bölgede çalışmış Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğü personeli ile yüz yüze görüşülmüştür. Hem Jandarma Genel Komutanlığı hem de Emniyet Genel Müdürlüğünden beşer personel ile yüz yüze görüşülmüş çalışma alanı için 170 ark noktası hakkında değerlendirme yapmaları istenerek yüzdesel olarak sonuçları girmesi istenmiştir. Her iki grupta yer alan güvenlik güçlerinin çalışma alanında uzun süre görev yapmalarından dolayı, tecrübi ve sezgisel olarak yüzdesel veriler elde edilmiştir.

Gruplar yüzdesel olarak risk verilerini girdikten sonra her ark için beşer değer elde edilmiştir. Her grup riskleri değerlendirdikten sonra her yol arkına ait beş değer elde edilmiştir. Değerler arasında meydana gelebilecek büyük sapmaları önlemek amacıyla beş

değerin geometrik ortalamaları alınmış ve her arka ait bir terör risk değeri belirlenmiştir. Daha sonra arklara ait tespit edilen terör değerleri coğrafi bilgi sistemine aktarılmıştır.

Çalışma alanındaki her bir ark için belirlenen terör risk verileri Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Arklara Göre Terör Verileri

Ark	Terör Riski	Ark	Terör Riski	Ark	Terör Riski	Ark	Terör Riski	Ark	Terör Riski
a1	9,44	a35	42,58	a69	27,24	a103	32,59	a137	15,52
a2	9,44	a36	42,58	a70	27,24	a104	32,59	a138	15,52
a3	9,44	a37	42,58	a71	27,24	a105	32,59	a139	21,12
a4	59,08	a38	27,24	a72	27,24	a106	32,59	a140	15,52
a5	59,08	a39	27,24	a73	27,24	a107	32,59	a141	15,52
a6	59,08	a40	27,24	a74	26,05	a108	32,59	a142	15,52
a7	59,08	a41	27,24	a75	26,05	a109	32,59	a143	15,52
a8	59,08	a42	27,24	a76	26,05	a110	32,59	a144	22,21
a9	59,08	a43	27,24	a77	26,05	a111	32,59	a145	22,21
a10	59,08	a44	27,24	a78	26,05	a112	8,71	a146	6,60
a11	59,08	a45	27,24	a79	26,05	a113	8,71	a147	6,60
a12	59,08	a46	27,24	a80	26,05	a114	8,71	a148	9,44
a13	59,08	a47	27,24	a81	26,05	a115	8,71	a149	6,60
a14	15,52	a48	27,24	a82	26,05	a116	8,71	a150	6,60
a15	15,52	a49	27,24	a83	26,05	a117	32,59	a151	6,60
a16	15,52	a50	27,24	a84	26,05	a118	17,19	a152	22,21
a17	15,52	a51	27,24	a85	26,05	a119	17,19	a153	22,21
a18	59,08	a52	27,24	a86	26,05	a120	8,71	a154	22,21
a19	59,08	a53	27,24	a87	26,05	a121	8,71	a155	22,21
a20	42,58	a54	27,24	a88	26,05	a122	8,71	a156	22,21
a21	42,58	a55	27,24	a89	26,05	a123	8,71	a157	12,46
a22	42,58	a56	27,24	a90	26,05	a124	17,19	a158	15,52
a23	42,58	a57	27,24	a91	26,05	a125	17,19	a159	16,44
a24	42,58	a58	27,24	a92	26,05	a126	17,19	a160	8,71
a25	42,58	a59	27,24	a93	26,05	a127	24,60	a161	8,71
a26	42,58	a60	27,24	a94	32,59	a128	24,60	a162	8,71
a27	42,58	a61	27,24	a95	9,44	a129	24,60	a163	11,49
a28	11,49	a62	27,24	a96	9,44	a130	24,60	a164	11,49
a29	11,49	a63	27,24	a97	9,44	a131	24,60	a165	11,49
a30	11,49	a64	27,24	a98	7,58	a132	15,52	a166	11,49
a31	11,49	a65	27,24	a99	32,59	a133	26,87	a167	11,49
a32	42,58	a66	27,24	a100	7,58	a134	26,87	a168	27,24
a33	42,58	a67	27,24	a101	7,58	a135	26,87	a169	16,44
a34	42,58	a68	27,24	a102	7,15	a136	26,87	a170	32,59

### 3.6. Tehlikeli Madde Taşımacılığında CBS Kullanılarak Şebeke Oluşturulması

Uygulama bölgesi olan Mersin limanı ile Hatay/Reyhanlı ilçesi arasındaki tüm yol dilimlerine ait elde edilen veriler öncelikli olarak tüm veriler için birer Excel oluşturulmuştur.

Oluşturulan Excel çizelgesinde tüm verileri bir arada görülmesi maksadıyla birleştirilerek küçük bir kısma ait olan verileri Çizelge 3.6'de sunulmuştur. Çizelgede gösterilen veriler aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- Yolları gösteren ark numaraları,
- Yol dilimine ait metre cinsinden mesafe bilgileri,
- Yol dilimine ait saniye cinsinde zaman bilgileri,
- Yol dilimine ait trafik yoğunluğu toplam adet cinsinden gösterir araç sayısı bilgileri,
- Yol dilimine ait kaza sayısının gösterir bilgileri,
- Yol dilimine ait nüfus sayısını gösterir bilgileri,
- Yol dilimine ait terör riskini yüzde cinsinden gösteren bilgileri kapsamaktadır.

Çizelge 3.6. Coğrafi Bilgi Sistemine Aktarılmak Üzere Oluşturulan Veri Bilgileri

Ark	Mesafe	Zaman	Trafik Yoğunluğu	Kaza Sayısı	Nüfus Yoğunluğu	Terör Riski
a5	2663	87,152	30271	3479	268876	59,08
a10	440	14,4	31489	3479	268876	59,08
a15	1147	37,538	25697	3479	295663	15,52
a20	6086	199,178	26705	569	335587	42,58
a25	29349	960,512	3715	569	335587	42,58
a30	5586	182,814	9386	739	19215	11,49
a35	6753	221,007	18659	569	335587	42,58
a40	23795	778,745	23038	3483	800387	27,24
a45	4274	139,876	23038	3483	800387	27,24
a50	2352	76,974	23038	3483	800387	27,24
a55	1855	60,709	23038	3483	800387	27,24
a60	364	11,912	23038	3483	800387	27,24
a65	2671	87,414	23038	3483	800387	27,24
a70	224	7,330	23038	3483	424999	27,24
a75	2389	78,185	37698	3483	424999	26,05
a80	529	17,312	37433	3483	424999	26,05
a85	1046	34,232	37433	3483	424999	26,05
a90	5023	164,389	37433	3483	424999	26,05
a95	15544	508,712	37433	739	424999	9,44
a100	5382	176,138	7666	739	28405	7,58

Yukarıda belirtilen çizelgede verilerin küçük bir kısmı yer almaktadır. Toplam 170 ark yol dilimine ait verilerden sadece 20 arkı gösteren veri seti bulunmaktadır. 170 ark için oluşturulan Excel çizelgesinde bulunan tüm veriler coğrafi bilgi sistemine aktarılmak suretiyle ArcMap programı vasıtasıyla uygulama yapılan kamu kurumuna ait en uygun güzergâhlar bulunmuştur. Kamu kurumuna ait olduğu için genel itibariyle tüm güzergâhlar için riski minimize etmek temel hedef olmuştur.

### **3.6.1. CBS’de Mesafe ve Zaman Verileri Kullanılarak En Uygun Güzergâhın Tespit Edilmesi**

Tehlikeli madde taşımacılığında özellikle 1.sınıf olan mühimmat ve patlayıcıların taşınması durumunda başlangıç ve bitiş noktası arasındaki en uygun güzergâhın tespitine yönelik olarak yol şebekesi belirlenmiştir. Bu kapsamda coğrafi bilgi sisteminde kullanılan ArcMap programına veri girişi yapıldıktan sonra zaman ve mesafe anlamında en uygun güzergâhlar bulunmuştur.

Uygulama kamusal alanda yapılmasından dolayı özellikle harekât alanına sevk edilecek mühimmat ve patlayıcıların 24 saat esasına göre istenilen yer ve zamanda belirlenen hedefe gitmesi anlamında zamanı ve mesafeyi en küçükleyecek güzergâhlar tespit edilmiştir.

Mesafeyi minimize etmek için öncelikle coğrafi bilgi sistemindeki şebeke analizinde belirlenen Mersin liman ile Hatay/Reyhanlı arasındaki yol ağında çalışılabilecek düzeyde oluşturulmuştur. Mersin liman ile Hatay/Reyhanlı arasındaki mesafeyi en kısa yol güzergâhı coğrafi bilgi sistemi vasıtasıyla bulunmuştur.

Coğrafi bilgi sisteminde mesafe ve zaman bilgilerini girerek bulunacak en uygun güzergâhlar ArcMap programında belirtilen işlem sırası takip edilir. Mesafe ve zaman anlamında programa veri girişleri önceden oluşturulan Excel çizelgesinden veri aktarımı ile olmuştur. Uygulama alanı için karayoluna girilmesi gereken bilgileri diğer katmanlara girişi yapılmıştır. Bundan sonra karayolu katmanını birleştirerek bilgileri aktarma işlemleri yapılacaktır. Oluşturulan karayolu katmanının ilk görüntüsü Ek-2’de sunulmuştur.

Coğrafi bilgi sisteminde mesafe için güzergâh oluşturabilmek için öncelikle Seraca ekranına (Ctrl+F) “length” yazılarak arama yapıldığında çıkan sonuçlardan “Add Geometry Attributes” programı açılır.

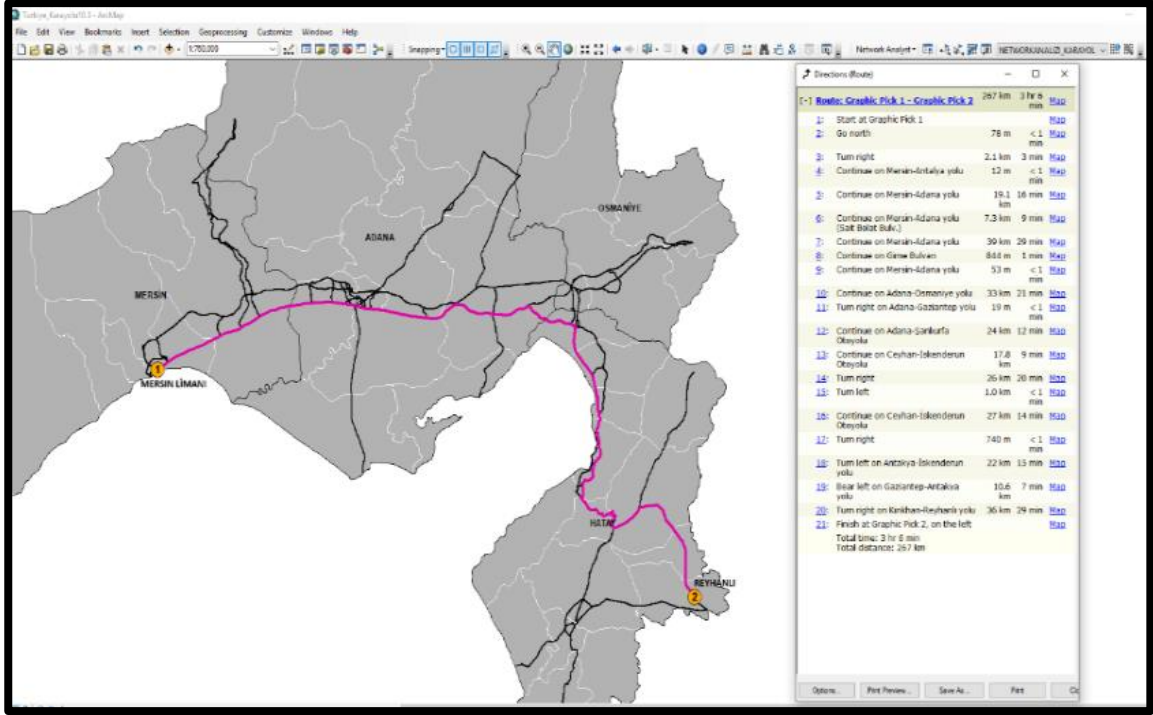
Karayolu verimizin koordinat sistemi Coğrafi Koordinat Sistemidir. Amacımız mesafe hesaplamak olduğu için UTM koordinat sistemini kullanmamız gerekmektedir. Çalışma bölgemizin UTM sistemindeki dilim numarası 37 olduğu için “WGS\_1984\_UTM\_Zone\_37N” seçtik. Coordinate System (optional) bölümünün yanındaki butona basılarak koordinat sistemi seçilir. Projected Coordinate Systems\UTM\WGS

1984\Nothern Hemisphere\ WGS 1984 UTM Zone 37N. Coordinate System (Optional)  
Bölümü ekran görüntüsü Ek-3’de gösterilmiştir.

Coğrafi bilgi sistemi programına yolların uzunluğunu LENGTH\_GEO sütunu açarak metre cinsinden girişi yapılmıştır. Metre cinsinde girişi yapılan ekran görüntüsü Ek-4’de belirtilmiştir. Müteakiben Catalog penceresinde oluşturduğumuz “karayolu\_4” katmanı üstünde sağ tuşa basılır ve New Network Dataset açılır. Açılan datasat ekran görüntüsü Ek-5’de sunulmuştur.

Uzunluk olarak UTM projeksiyona göre hesaplamış olduğumuz “Length\_Geo”yu kullanacağız. Add New Attribute sekmesi Ek-6’da gösterilmiştir. Müteakiben coğrafi bilgi sisteminde kullanılan ArcMap programda yeni oluşturduğumuz “karayolu\_4\_ND” ekrana gelinir ve Network Analyst altında New Route’a basılır. Elde edilen ekran görüntüsü Ek-7’de gösterilmiştir.

Uygulama alanı için seçilen bölge arasındaki güzergâhı hesaplayacağımız yerin ilk noktasına zoom yapılır. Başlangıç noktasında yolun üstüne bir nokta atılır. Daha sonra yolun diğer ucuna zoom yapılır ve ikinci nokta atılır. Gidiş-dönüş yollarına dikkat ederek noktayı koyarız. İkinci noktayı koyduktan sonra solve butonuna basarak güzergâh belirlenir. Elde edilen ekran görüntüsü Ek-8’de gösterilmiştir. Uygulama alanı başlangıç noktası Mersin limandan harekât bölgesindeki bitiş noktası Hatay/Reyhanlı’ya olan en kısa mesafe güzergâhı Şekil 3.5’de gösterilmiştir. Bu noktalar ArcMap programı vasıtasıyla iki nokta arasındaki en kısa mesafe 267 km olarak hesaplanmıştır. Program en kısa mesafeyi hesaplandığında varış zamanını ise 3 saat 6 dakika olarak hesaplamıştır.

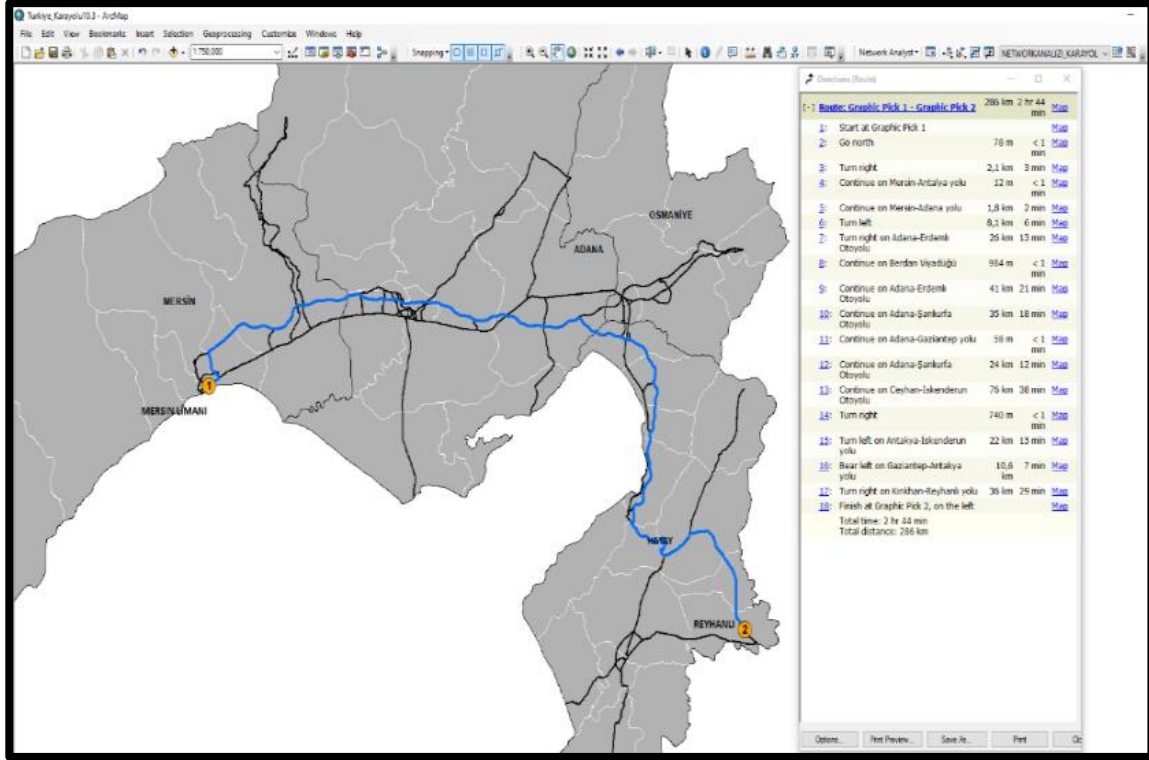


Şekil 3.5. CBS ile En Kısa Mesafenin Bulunması

Uygulamamız kamusal alanda yapıldığından mühimmat ve patlayıcıların sevkinin en kısa mesafede götürülmesi hem maliyet açısından hem de ihtiyaç duyulan tehlikeli maddenin bir an önce istenilen yer ve zamanda götürülmesi harekâta hayati öneme sahiptir.

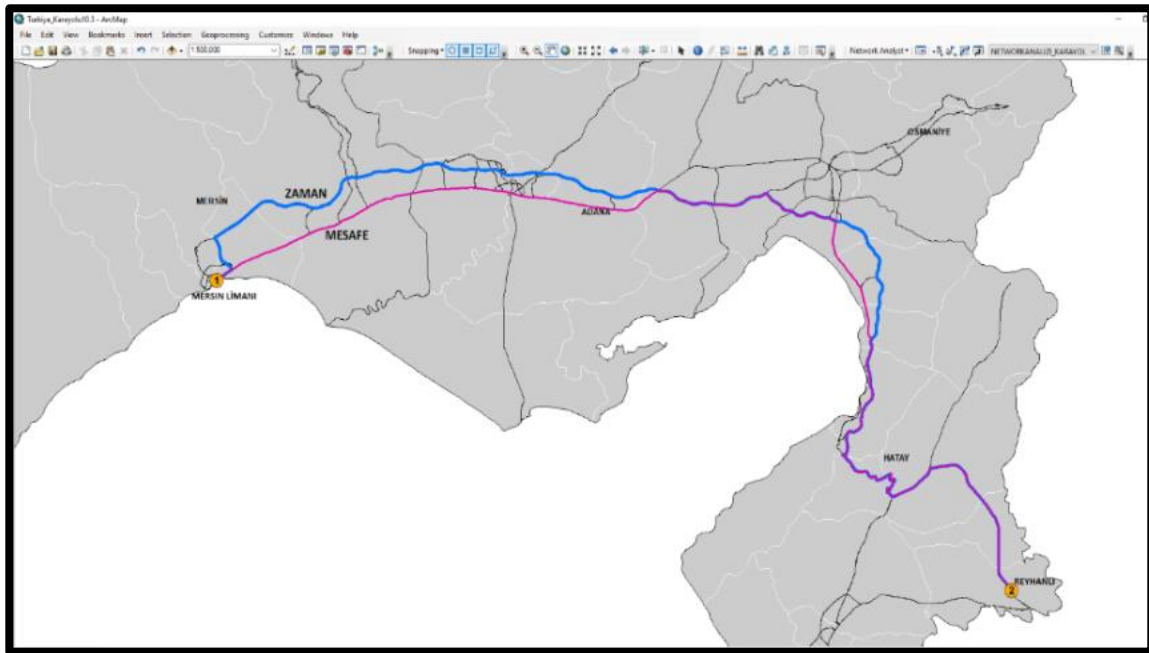
Tehlikeli madde taşımacılığında en uygun güzergâhların bulunmasında mesafeyi en küçükleme ne kadar önemli ise zamanı da minimize etmek bir o kadar önemlidir. Bu kapsamda verilerimizde mesafe ve hız bilgisi olduğu için formülle zamanı hesaplayarak “zaman” sütununa yazdırma işlemi uygularız.

Müteakiben uygulama alanı için oluşturduğumuz “Karayolu\_4” katmanının tablosu karşımıza gelecektir. Uygulama alanımızdaki tespit ettiğimiz 170 ark noktası için detay bilgilerini girişi yapılır. Daha sonra “zaman” sütunu üstünde sağ tuşa basılır. “Field Calculator”’a basılır. Çıkan menüde  $(([\text{LENGTH\_GEO}]/1000)/ [\text{hiz}]) * 3600$  komutu yazılarak saniye cinsinden hız hesaplanmış olur. Zamanın hesaplanması için girilen verilerin ekran görüntüsü Ek-9’da belirtilmiştir. Program vasıtasıyla mesafe için kullanılan işlem sırasının aynısını zaman için de kullanarak en az zamanı hesaplamamız mümkün olacaktır.



Şekil 3.6. CBS ile En Kısa Zamanın Bulunması

Başlangıç noktası olan Mersin limandan harekât bölgesindeki bitiş noktası Hatay/Reyhanlı'ya olan en kısa zamanı belirleyen güzergâh Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Bu noktalar arasındaki en kısa zaman 2 saat 44 dakika olarak hesaplanmıştır. Program en kısa zamanı hesaplandığında mesafe olarak başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki mesafe ise 286 km olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.7. CBS ile En Kısa Zaman ve Mesafenin Karşılaştırılması



Tehlikeli madde taşımacılığında firmalar genel itibariyle maliyeti göz önünde bulundururken kamu kurum ve kuruluşları ise daha çok zamanı ve riski en küçüklemesine dikkat eder. Şekil 3.7’de görüldüğü gibi mesafe ve zaman anlamında karşılaştırma yapılmış ve farklı güzergâhlar elde edilmiştir. ArcMap programı en kısa mesafeyi hesaplarken genel itibariyle devlet karayolunu güzergâh olarak belirlemiş, en kısa zamanı hesaplarken ise belli bir noktaya kadar otoyolunu dikkate almıştır.

### **3.6.2. Nüfus Verileri Kullanılarak En Uygun Güzergâhın Tespit Edilmesi**

Tehlikeli madde taşımacılığı sektöründe firmalar açısından değerlendirme yapıldığında özellikle zaman ve mesafeyi en küçüklemek anlamında maliyetler büyük önem arz etmektedir. Fakat kamu kurum ve kuruluşlarında zaman ve mesafeyi en küçüklemenin yanı sıra özellikle tehlikeli maddenin geçeceği güzergâhlarda bulunun nüfus yoğunluğunun riski göz ardı edilememektedir. Kanun koyucuların ve yerel otoritelerin bu yönde nüfus riskini her zaman dikkate aldıkları bilinmektedir.

Çalışmamız kamusal alanda olduğu için tüm riskleri en küçüklemek temel hedef olacaktır. Bu anlamda mühimmat ve patlayıcıların geçeceği güzergâhı belirlemeye çalışılırken nüfus yoğunluğunun en az olduğu yerden en uygun güzergâh bulunacaktır.

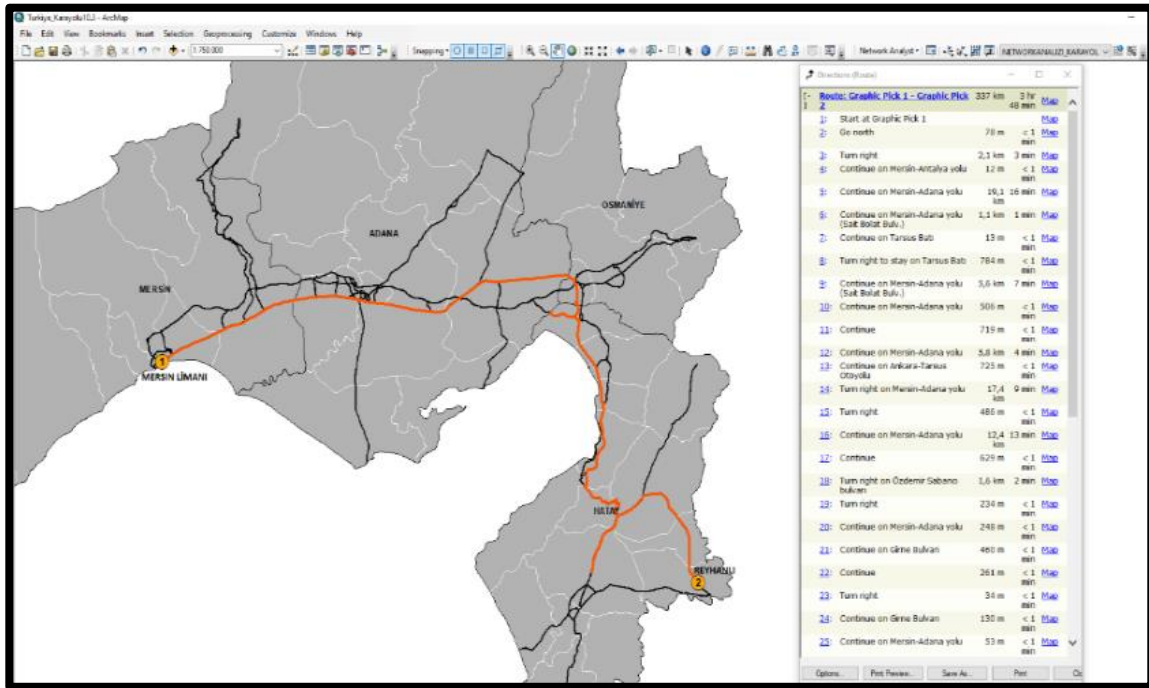
Taşınacak tehlikeli maddenin 1. Sınıf yani mühimmat ve patlayıcı olmasından dolayı taşınacak mühimmatın cinsi ve içindeki net patlayıcı madde miktarı çok önemlidir. Uygulamamızda taşınacak mühimmatın cinsi harekâta çok kullanılan ve uzun menzile sahip 122 mm çok namlulu roketatar olacaktır. 122 mm çok namlulu roketatarlar 1.1 miktar mesafe sınıfına ve E grubu müşterek depolama grubuna haiz olduğu için en tehlikeli mühimmat cinslerinden biridir. Çalışmamızda en tehlikeli olan 1.1. miktar mesafe sınıfına ait mühimmat cinsini taşıma esnasında emniyet tedbirleri kapsamında 1600 metre alanın emniyete alınması gerekmektedir. Bu kapsamda çalışmamızda ArcMap programına nüfus verilerinin girişini yaparken il merkezleri için 10 km, ilçe merkezleri için ise 5 km’lik alanların nüfus yoğunluğu açısından etkilenebileceği değerlendirilmiştir.

Coğrafi bilgi sistemine il ve ilçe merkezlerinin nüfus bilgilerini girerek bulunacak en uygun güzergâhlar için aşağıda belirtilen işlemler yapılır. İl ve ilçe merkezlerine ait nüfus verileri oluşturduğumuz Excel çizelgeden “il\_nokta” ve “ilçe\_nokta” katmanlarına aktardıktan sonra bu katmanlardan 5 ve 10 km çapında alanlar oluşturulmuştur. Daha sonra ArcMap programı ile bu alanların içine giren karayollarına ait nüfus yoğunluğu verileri

aktarılmıştır. Nüfusa göre il ve ilçe nokta katmanlarının gösterilmesi Ek-10'da gösterilmiştir.

Coğrafi bilgi sistemine il ve ilçelerin nüfus bilgilerinin veri girişini gösterir ekran görüntüsü Ek-11'de gösterilmiştir.

Bu işlemlerden sonra zaman ve mesafe için kullandığımız işlem basamağını uygulayarak nüfus yoğunluğu açısından çalışma alanımız için en uygun güzergâh belirlenmektedir.



Şekil 3.8. Nüfusa Göre En Uygun Güzergâhın Bulunması

Mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasında geçilecek güzergâh nüfus yoğunluğu açısından büyük önem arz etmektedir. Mühimmat ve patlayıcı taşınması durumunda olabilecek bir patlama insan sağlığı açısından çok büyük tehlikeli oluşturacaktır. ArcMap programı vasıtasıyla Şekil 3.8'de belirlenen nüfus yoğunluğuna göre en uygun güzergâh başlangıç ve bitiş noktaları dikkate alındığında 337 km mesafe ve 3 saat 48 dakikalık bir güzergâh ortaya çıkmıştır. Çalışmamızın kamusal alanda yapılmasından kaynaklı olarak yasal otoriteler nüfus yoğunluğunu dikkate almak ve riski en küçüklemesi gerekmektedir. Dolayısıyla tespit edilen güzergâh mesafe ve zaman anlamında daha fazla olarak karşımıza çıkmıştır.

### 3.6.3. Kaza Sayısı Verileri Kullanılarak En Uygun Güzergâhın Tespit Edilmesi

Tehlikeli madde taşımacılığında tespit edilecek güzergâhlar arasında kaza olasılık riski en küçükleyen güzergâhın da bulunması amaçlanmıştır. Mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasında belirlenecek güzergâhta kaza olasılığını sık olduğu yerlerden geçmesi durumunda taşınacak tehlikeli maddenin en tehlikeli mühimmat sınıfına haiz olmasından kaynaklı olarak olası kaza durumunda çok büyük felaketlere yol açacağı kesindir. Bu yüzden uygulama alanımızdaki il ve ilçe merkezlerinde Jandarma Genel Komutanlığına ve Emniyet Genel Müdürlüğüne ait sorumluluk sahası içerisindeki yol dilimlerine ait kaza sayıları girilerek en uygun güzergâh bulunmuştur.

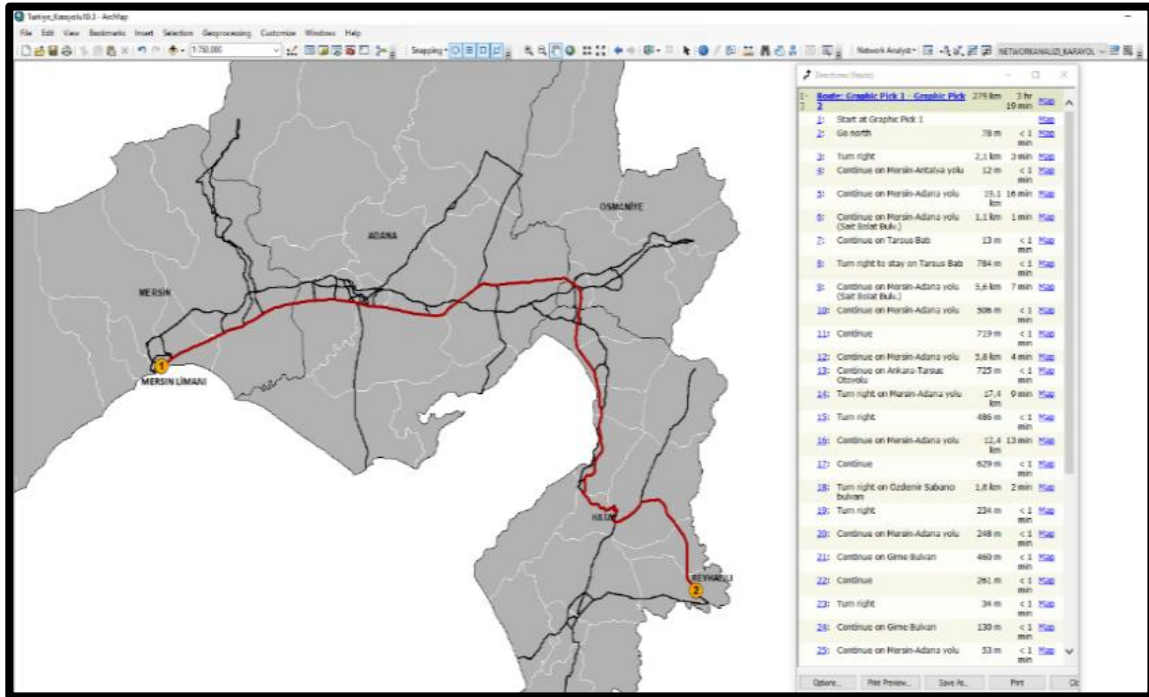
Coğrafi bilgi sistemine il ve ilçe merkezlerinin kaza sayısı bilgileri girilerek bulunacak en uygun güzergâhlar için aşağıda belirtilen işlemler yapılır.

Kaza sayıları olarak, İl bazında polis ve jandarma bölgesine ait kaza sayıları verileri mevcuttur. “İl\_alan” katmanına jandarma bölgesindeki kaza sayıları girilmiştir. Daha sonra “karayolu” ile “il\_alan” katmanı birleştirildiğinde bütün karayollarına jandarma bölgesine ait kaza sayıları girilmiş olacaktır. Polis bölgesi kaza sayıları ise “il\_nokta” katmanına girilir. “il\_nokta” katmanından 10 km. çapında alan oluşturulduktan sonra “karayolu” katmanı ile birleştirilir. Bu alanlara giren karayollarına polis bölgesi kaza sayıları aktarılmış olacaktır.

Nüfus bilgisini girmekte izlediğimiz işlem adımları aynı şekilde uygulanacaktır. Şehir merkezindeki kaza sayılarını gösteren “kazasayisi\_polis. xls” adındaki Excel çizelgemiz mevcuttur. Bu çizelgedeki “İl\_nokta” katmanındaki “il\_Adi” sütunu ile “kazasayisi\_polis. xls” çizelgesindeki “il” sütunlarını eşleştirerek çizelgedeki kaza sayıları katmanımıza aktarılacaktır. Aynı esaslarla Jandarma sorumluluk sahasında bulunan kaza sayılarını elimizdeki Excel çizelgesi kullanarak veri girişi sağlanacaktır. Veri girişi sağlanan ekran görüntüsü Ek-12’de sunulmuştur.

Diğer güzergâhlarda elde edildiği gibi kaza sayısına göre en uygun güzergâh aşağıdaki Şekil 3.9’da belirtilmiştir. Tehlikeli madde taşımacılığında olabilecek kaza sayısı olasılığı dikkate alındığında başlangıç ve bitiş noktası arasındaki güzergâh 279 km mesafe olmakla birlikte 3 saat 19 dakikalık bir zaman dilimini kapsamaktadır. Kamusal alanda her ne kadar zamanı ve mesafeyi en küçüklemek temel hedef olsa bile harekât alanına kaza

olasılık riskini minimize ederek mühimmat ve patlayıcıları emniyetli bir şekilde götürmek kamusal amaçlar arasında en önemli amaçlar arasında yer alacaktır.

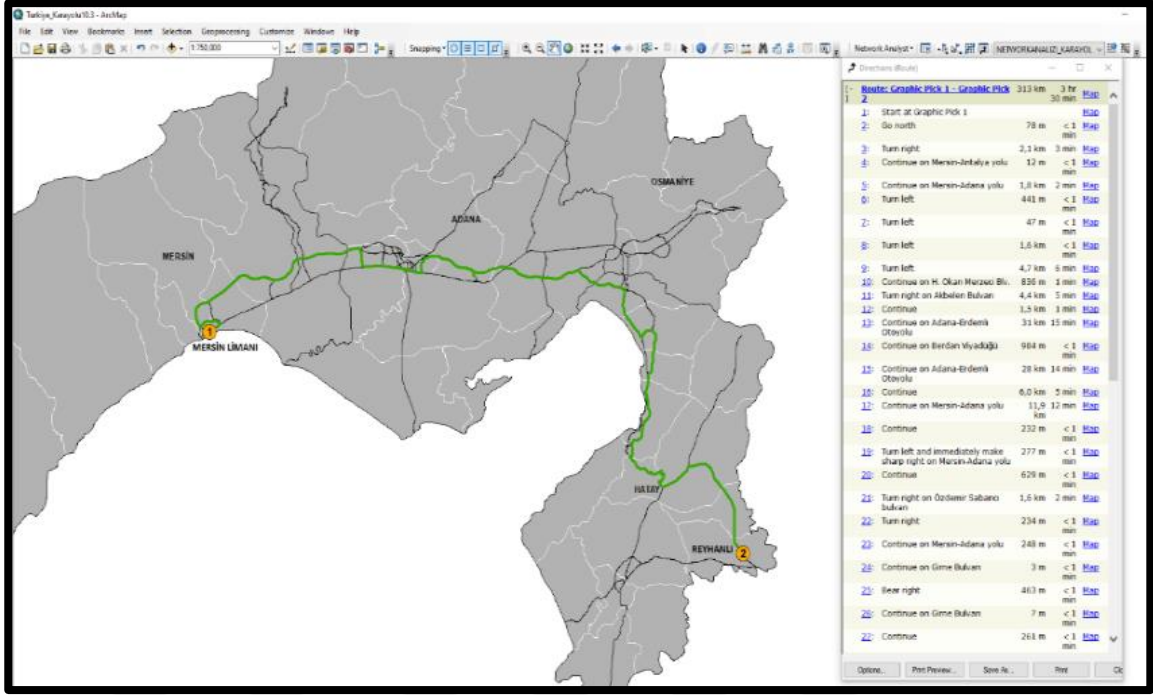


Şekil 3.9. Kaza Sayısına Göre En Uygun Güzergâhın Bulunması

### 3.6.4. Trafik Yoğunluk Verileri Kullanılarak En Uygun Güzergâhın Tespit Edilmesi

Çalışmamız kamusal alanda olduğu için tehlikeli madde taşımacılığında 1.sınıf tehlikeli maddelerin yani mühimmat ve patlayıcıların hareket zamanında istenilen yer ve zamanda 24 saat esasına göre zamanında sevk edilmesi bazen hayati öneme sahip olabilmektedir. Dolayısıyla mühimmatı sevk eden askeri birlikler belirleyeceği güzergâhı tespit ederken trafik yoğunluğunu göz önünde bulundurması gerekmektedir.

Uygulama alanımızdaki başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki tüm yol dilimleri 170 arka ait trafik yoğunluğu 2019 yılına ait verileri coğrafi bilgi sistemine girilerek trafik yoğunluğu açısından zamanı en küçükleme adına en uygun güzergâh tespit edilmeye çalışılmıştır. Trafik yoğunluğuna göre tespit edilen en uygun güzergâh Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Trafik Yoğunluğuna Göre En Uygun Güzergâhın Bulunması

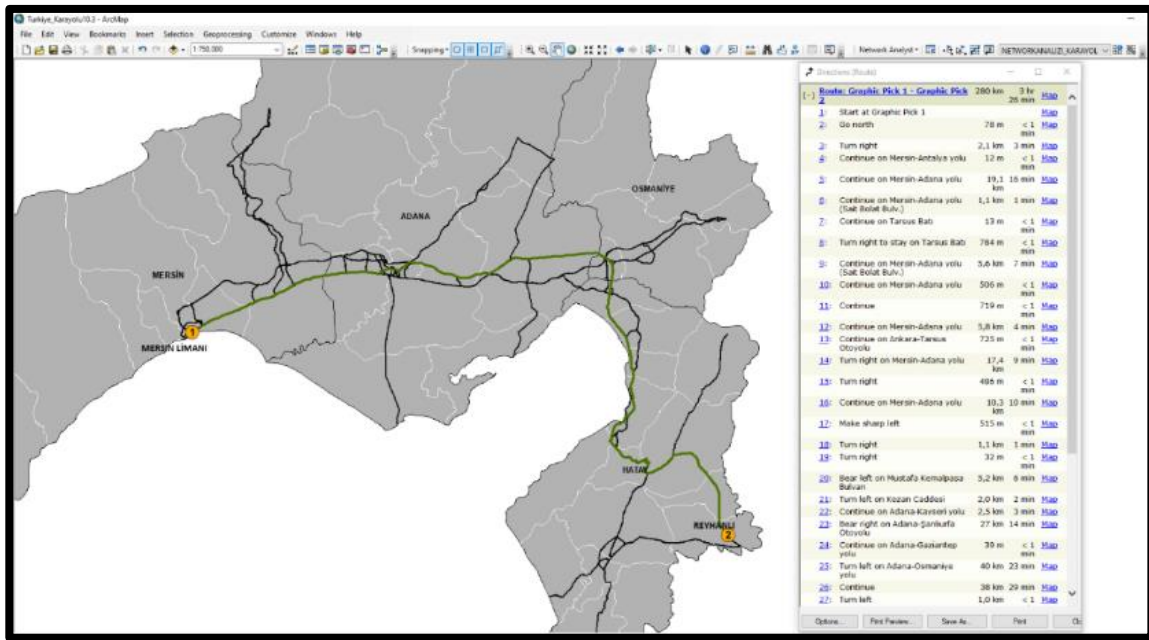
Uygulama alanımızdaki başlangıç ve bitiş noktasındaki güzergâhı değerlendirdiğimizde hem devlet karayolu hem de otoyollardaki trafik yoğunluk sayısı oldukça fazladır. Dolayısıyla başlangıç ve bitiş noktasındaki tespit edilen güzergâh mesafe olarak 313 km, zaman ise 3 saat 30 dakika olarak karşımıza çıkmıştır. Program vasıtasıyla trafik yoğunluğu olarak tespit edilen güzergâh çoğunlukla otoyollardan geçmesine rağmen bazı noktalarda devlet karayolundan da geçtiği gözlenmiştir. Bu yüzden hem mesafe hem de zaman olarak beklenen zamanın en küçükleme olmamıştır.

### 3.6.5. Terör Verileri Kullanılarak En Uygun Güzergâhın Tespit Edilmesi

Tehlikeli madde taşımacılığında kamusal alanda tüm riskleri minimize etmek temel hedefdir. Mühimmat ve patlayıcıların terör riskini göz önüne alındığında özellikle harekât alanına taşınması gizlilik içinde olmalıdır. Bu nedenle taşınacak tehlikeli maddenin öneminden dolayı genellikle askeri görünümlü araçlar değil, daha çok güvenilirliği ön planda güvenlik araştırması yapılmış ve taşımacılık anlamında da tecrübeli firmalar tercih edilebilmektedir. Çalışmamızın başlangıç noktası Mersin limanı terör riski açısından değerlendirildiğinde fazlaca riskli olmamasına rağmen varış noktasına kadar olan güzergâh boyunca gizlilik kurallarına riayet edilmediğinde her an terör ve sabotaj riski ile karşı karşıya kalılabilecektir.

Dolayısıyla uygulama alanımızdaki tüm yol dilimlerine ait 170 ark tek tek değerlendirilerek bu konuda ve bu bölgede uzun süreli görev yapmış kolluk kuvvetleri personelinin tecrübi ve sezgiler değerlendirmeleri neticesinde yüzdesel veriler coğrafi bilgi sistemine girişi yapılmıştır.

Terör riskini en küçüklemek için elde edilen en uygun güzergâh Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Güzergâh incelendiğinde başlangıç ve bitiş noktası arasında hem devlet karayolu hem de otoyolu takip eden 280 km’lik mesafe ve 3 saat 26 dakika zaman alan bir güzergâh bulunmuştur.



Şekil 3.11. Terör Verilerine Göre En Uygun Güzergâhın Bulunması

### 3.7. Risk Kriterlerin Belirlenmesi ve Ağırlıkların Hesaplanması

Çalışmamızda, kamusal alanda 1.sınıf tehlikeli madde sınıfında olan mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasında oluşabilecek tüm riskleri en küçüklemek için coğrafi bilgi sistemi yardımıyla en uygun güzergâhları nasıl elde ederiz sorusuna cevap aranmıştır.

#### 3.7.1. Karar Vericilerin, Risk Kriterlerin Belirlenmesi ve Kriter Değerlendirme Anketinin Yapılması

Uygulamanın kriterlerini belirleyebilmek için yerli ve yabancı kaynak araştırması yapılmıştır. Ayrıca mühimmat ve patlayıcı açısından ulusal ve uluslararası taşımacılık yapan önemli bir kamu kurumunda en az 10 yıl görev yapan altı personel ile yüz yüze görüşerek elde edilen anket vasıtasıyla ana kriterler belirlenmiştir.

Yapılan yüz yüze görüşme neticesinde belirlenen ana kriterlerin son halini verebilmek için katılımcılarla ikinci kez görüşülmüştür. Müteakiben tehlikeli madde taşımacılığında tespit edilen ana kriterler Çizelge 3.7’de belirtilen şekliyle tamamlanmıştır.

Tehlikeli madde taşımacılığında riskleri analiz ederek en uygun güzergâh seçiminde kullanılan ana kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi ve belirlenen üç farklı senaryoya risklerin bütünleştirilmesi amaçlanmıştır. 1.sınıf tehlikeli madde taşımacılığında belirlenecek en uygun güzergâhlar için kullanılacak ana kriterlerin ağırlıklarını bulmak için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği kullanılmıştır. Daha sonra ise tehlikeli madde taşımacılığı esnasında oluşabilecek riskleri sıralamak maksadıyla VİKOR ve MOORA yöntemleri kullanılarak güzergâhlar belirlenmiştir.

Bu çalışmada ayrıca AHP ile ağırlıklandırılması yapılan kriterlerin güzergâh seçiminde VİKOR ve MOORA teknikleri kullanılarak, her iki yöntemle elde edilen güzergâhların karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çizelge 3.7. Değerlendirme Ana Kriterleri

Risk Kriterleri		Kriter Açıklaması	Kaynak
K1	Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus	Güzergâh seçiminde etkilenecek nüfus yoğunluğunun değerlendirilmesinin yapıldığı kriterdir.	Erkut, E. & Glickman, T. 1997; Verma, M. & Verter, V.2007; Chakrabarti, U.K. & Parikh, J.K.
K2	Trafik Olasılığı Kaza	Güzergâh seçiminde kaza olma olasılığının değerlendirildiği kriterdir.	Ronza vd.2007; Ghazinoory ve Kheirkhah,2008; Trépaniera vd.2009; Qiaoa vd.2009; Samuel vd.2009; Welles vd.2009; Lozanoavd.2010; Yang vd.2010; Ellis,2011; Pesic,2011; Zhao vd.2012; Shen vd.2013.
K3	Terör/Sabotaj	Güzergâh seçiminde terör/sabotaja maruz kalma durumunun değerlendirildiği kriterdir.	Jiaa, H. Zhanga, L. Loua, X. & Cao, H. 2011; Reilly, A.Noзык, L. Xu, N. & Jones, D.2012

Çalışmamızda bundan sonraki aşamasında 1.sınıf tehlikeli madde taşımacılığında kamu kurumunda görev yapmış uzman personelin katılımıyla Çizelge 3.8’de belirtilen ana kriterler için uzman görüş anketi hazırlanmıştır. Ana kriterler için hazırlanan uzman görüş anketi uygulaması yapılan kamu kurumunda görevli altı uzman personele üç farklı senaryo için (Barışta, Kriz ve Gerginlik Anında, Savaşta) ayrı ayrı sorularak doldurmaları beklenmiştir. Karar verici olan uzman personelden ankette yer alan ana kriterlerin birbirleri arasında ikili karşılaştırma yapmaları istenmiştir.

Çizelge 3.8. AHP Uzman Görüş Anketi

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Nüfus Olan																		Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Nüfus Olan																		Terör/Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı																		Terör/Sabotaj

### 3.7.2. AHP Tekniği ile Risk Kriter Ağırlıklarının Tespit Edilmesine Yönelik Uygulama

Çalışma için belirlenen risk kriterlerini analizini yapabilmek için AHP tekniği ile ağırlıklarının hesaplanması gerekmektedir. Belirlenen ana kriterler için karşılaştırma yapılabilmesi için işlemlerin ayrı ayrı yapılması gerekmektedir.

Karar verici bir uzman personelin belirtilen üç senaryo arasında barış şartlarındaki ankete verdiği cevaplar Şekil 3.23’de gösterilmiştir. Uzman personelin verdiği cevapları neticesinde elde edilen değerleri gösteren karşılaştırma matrisi Çizelge 3.8’de sunulmuştur. Geriye kalan beş uzman personelin anket yanıtları Ek-13’de gösterilmiştir. Ayrıca ana kriterlere ait karşılaştırma matrisleri sırasıyla Ek-14’de sunulmuştur.

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Nüfus Olan			X															Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Nüfus Olan					X													Terör/Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı									X									Terör/Sabotaj

Şekil 3.12. KV-1 Uzman Personelin Barış Şartlarındaki Verdiği Yanıtlar

Karar matrisi oluşturulmasında ana kriterlerin birbirlerine göre ne kadar önemli olduğunun hesaplanması gerekmektedir. Uzman personelin ana kriterleri analiz etmede, Analitik Hiyerarşi Prosesinde olan 1-9 arasında bulunan ölçek değerleri baz alınarak kriterler arasındaki önem derecesi belirlenmiştir.

1.sınıf tehlikeli madde taşımacılığı konusunda kamusal alanda görev yapan uzman personelin barış şartlarında değerlendirme anketine verdiği cevaplar neticesinde oluşturulan



karşılaştırma matrisi köşegeni altında kalan bileşen değerlerinin hesaplanması eşitlik 2.4 yardımıyla yapılmış ve Çizelge 3.9'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.9. KV-1 Ana Kriter Karşılaştırma Matrisi

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>
<b>K1</b>	1	7	5
<b>K2</b>	0,142857143	1	1
<b>K3</b>	0,2	1	1
<b>Toplam</b>	1,3428571	9,0000000	7,0000000

Ana kriterlerin karşılaştırma matrisi yapıldıktan sonra normalize edilmiş matrise dönüştürülmesi gerekmektedir. Normalize edilmiş matris işlemleri eşitlik 2.5 yardımıyla hesaplanmış ve Çizelge 3-3'de yer alan birinci sütundaki her bir satır değeri ile sütun toplam değerine bölünmesi suretiyle elde edilmiştir. Bahsedilen aynı işlemler diğer tüm sütunlar için de ayrı ayrı yapılmış ve Excel programı kullanılarak Çizelge 3.10'de normalize matris çizelgesi oluşturulmuştur.

Çizelge 3.10. KV-1 Ana Kriterlere Ait Karşılaştırma Matrisinin Normalize Edilmiş Matrisi

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>Toplam</b>	<b>W</b>
<b>K1</b>	0,7446809	0,7777778	0,7142857	2,236744	0,745581
<b>K2</b>	0,1063830	0,1111111	0,1428571	0,360351	0,120117
<b>K3</b>	0,1489362	0,1111111	0,1428571	0,402904	0,134301
<b>Toplam</b>	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

Uzman personelden barış şartlarında Karar Verici (KV1) için öncelikler vektörü (W), normalize edilmiş matristeki her bir satırdaki değerlerin ortalamasının alınarak eşitlik 2.6 kullanılmış ve hesaplanmıştır. Geriye kalan uzman personelin öncelikler vektörü hesaplanması da yapılmıştır. Ayrıca tüm öncelikler matrisi (Ei) eşitlik 2.7 yardımıyla, uyum indeksi ise (CI) eşitlik 2.8 ile uyum oranı (CR) Excel programı vasıtasıyla hesaplanmıştır.

Uzman personelin barış şartlarında KV-1 için yapılan ikili karşılaştırmalar dikkate alındığında hesaplaması yapılmış ve bulunan değerler Çizelge 3.11 ve Çizelge 3.12'de sunulmuştur. Diğer uzman personelin görüşlerine ait hesaplamalar Excel programı aracılığı ile yapılmış ve Ek-15'de sunulmuştur.

Çizelge 3.11. KV-1 Tüm Öncelikler Matris Değerleri ve  $\lambda$  Değeri

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>Ei</b>	<b>Wi</b>	<b><math>\lambda</math></b>
<b>K1</b>	0,7455814	0,8408195	0,6715074	2,2579084	0,745581	3,028385928
<b>K2</b>	0,1065116	0,1201171	0,1343015	0,3609302	0,120117	3,004819922
<b>K3</b>	0,1491163	0,1201171	0,1343015	0,4035348	0,134301	3,004694049

Çizelge 3.12. KV-1 Uyum İndeksi ve Uyum Oranı

$\lambda$	3,0126333
n	3
CI	0,00631665
CR	0,010890776

Uygulamamızda uzman personelin görüşleri yani karar vericiler 1.sınıf tehlikeli madde taşımacılığı konusunda tecrübeli olan kişilerin oluşturduğu grubun analizine başvurulmuştur. Belirlenen üç senaryoya göre her bir karar verici değerlendirme yapmış, neticesinde analizleri hakkında veriler elde edilmiştir. Daha sonra üç senaryoya göre elde edilen veriler birleştirilerek genel bütünleştirme matrisi meydana getirilmiştir. Her bir senaryoya göre karar vericilerin matematiksel olarak bir araya getirilmesi, yapılan ikili karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamaları alınarak sağlanmaktadır (Aktepe ve Ersöz, 2012:9; Göktolga ve Gökalp, 2012:78; Ömürbek vd. 2015:75).

Uzman personel görüşünün yapılan ikili karşılaştırmaları sonucunda öncelik değerlerinin geometrik ortalaması hesaplandığında genel itibariyle tutarlılık oranının 0,1'in altında olduğu görülecektir. Doğru işlem yapılabilmesi maksadıyla her bir karar vericinin birbirlerinden ayrı olarak geometrik ortalaması alınmadan önce sonuçlarının tutarlı olup olmadığına bakılmasıdır. Geometrik ortalaması alınmadan tespit edilen tutarlılık oranı  $CR < 0,1$  olması durumunda karar vericiler için yapılan karşılaştırmaların sonucunun güvenilir olduğu anlaşılmaktadır (Önder, 2015:36).

Belirlenen üç senaryoya göre ana kriterlerin değerlendirilmesinde tüm karar vericilerin her bir senaryoya göre normalize edilmiş matris değerleri bütünleştirilmiş matrise dönüştürülmüştür. Öncelikli olarak barış şartlarındaki karar vericilerin karşılaştırma matrislerindeki tüm sütundaki yapılan işlemler Excel programı vasıtasıyla hesaplanarak Çizelge 3.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. Geometrik Ortalaması Alınarak Oluşturulan Karar Matrisi

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>
<b>K1</b>	1	1,955981177	2,116932863
<b>K2</b>	0,511252364	1	1
<b>K3</b>	0,636773219	0,714753772	1,200936955
<b>Toplam</b>	2,1480256	3,6707349	4,3178698

Geometrik ortalaması alınarak oluşturulan karar matrisinin her bir satırının değerleri sütun toplam değerine bölünerek normalize edilmiş matris değerleri Excel programı ile hesaplanmış ve Çizelge 3.14'da sunulmuştur.

Çizelge 3.14. Normalize Edilmiş Bütünleştirme Matrisi

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,4655438	0,5328582	0,4902725	1,488674	0,496225
K2	0,2380104	0,2724250	0,2781318	0,788567	0,262856
K3	0,2964458	0,1947168	0,2315957	0,722758	0,240919
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

Tüm karar vericilere ait barış şartlarında öncelikler vektörü (W), ana kriterlerin normalize edilmiş bütünleştirilmiş matristeki her bir satırdaki değerlerin ortalaması alınmış, müteakiben eşitlik 2.6 kullanılmış ve hesaplama yapılmıştır. Ayrıca barış şartlarındaki tüm öncelikler matrisi (Ei) eşitlik 2.7 yardımıyla, uyum indeksi ise (CI) eşitlik 2.8 ile uyum oranı (CR) Excel programı vasıtasıyla hesaplanarak Ek-16'da sunulmuştur.

Çizelge 3.15. Ana Kriter Tüm Öncelikler Matrisi ve  $\lambda$  Değerleri

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,4962248	0,5141409	0,5100103	1,5203760	0,496225	3,063885288
K2	0,2536961	0,2628557	0,2893291	0,8058809	0,262856	3,065867742
K3	0,3159827	0,1878771	0,2409194	0,7447792	0,240919	3,091403734

Çizelge 3.16. Ana Kriterler Uyum İndeksi ve Uyum Oranı

$\lambda$	3,0737189
n	3
CI	0,58
CR	0,063550794

Barış şartlarında tüm karar vericilere ait oluşan yargıların bütünleştirilmesi kapsamında ulaşılan sonuç  $CR < 0,1$  olmasından dolayı barış şartlarındaki ana kriterler için yapılan karşılaştırmalar neticesinde tutarlılık olduğu gözlenmiştir.

### 3.8. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Tehlikeli Madde Taşımacılığında Güzergâh Belirlenmesi

Tehlikeli madde taşımacılığında 1.sınıf tehlikeli maddelerin taşınmasına yönelik olarak günümüze kadar gelen süreçte yok denecek kadar az çalışma yapılmıştır. Bu nedenle mühimmat ve patlayıcıların taşınmasına yönelik olarak meydana gelebilecek risklerin analiz edilmesi özellikle kamusal alanda ortaya çıkabilecek olası riskleri en küçüklemeye çalışmak kamu kurum ve kuruluşları için temel hedef olacaktır.

Çalışmamızda mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasında meydana gelebilecek riskler günümüze kadar yapılmış tehlikeli madde konusundaki literatür araştırmaları ve uzman görüşler neticesinde tespit edilmiştir. Uygulamada belirlenen risklerin analizi sonucu

elde edilen veriler ışığında 1.sınıf tehlikeli maddelerin taşınmasında en uygun güzergâhların tespit edilmesi için risk kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi ve müteakiben VİKOR ve MOORA yöntemleri ile minimum risk değerleri neticesinde en uygun güzergâhlar bulunmuştur.

Çalışma kamusal alanda olduğu için bu konuda tecrübeli uzman personelin görüşleri neticesinde belirlenen riskler analiz edilerek en uygun güzergâhlar bulunmuştur. Tehlikeli madde taşımacılığında risk değerlendirilmesi yapılmadığı durumlarda taşımacılık esnasında çevreye ve insan sağlığına çok büyük zararları olabileceği bilinmektedir. Bu yüzden kamu kurumunun risk faktör değerlendirmesi tüm riskleri minimize etmek olacaktır.

Çalışmada uygulanacak VİKOR ve MOORA yöntemlerinin işlem basamakları çalışmanın ikinci bölümünde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Kamuda çalışan uzman personelin Ek-1’de ki ankete verdiği cevaplar sonucunda elde edilen risk kriter ağırlıkları yani önem dereceleri her bir senaryo için ayrı ayrı analiz edilerek belirlenmiştir. Çalışma için belirlenen üç farklı senaryo ( barış, kriz ve gerginlik, savaş) için belirlenen risk kriter (nüfus yoğunluğu, kaza olasılığı ve terör) verileri uygulama bölgesindeki başlangıç ve bitiş noktası arasında tespit edilen 170 ark için tüm yol dilimlerine ait veriler tek tek girişi yapılmıştır.

### 3.8.1. VİKOR Yöntemi ile Tehlikeli Madde Taşımacılığında Güzergâh Belirlenmesi

Çalışma kamusal alanda yapıldığı için belirlenen risk kriterlerini en küçükleme yani minimize etmek gerekmektedir. Her üç senaryoya göre karar vericiler risk kriterlerini değerlendirmiş ve ağırlık sıralaması yapılmıştır. Belirlenen üç senaryo için barış şartlarında genel ana kriter bütünleştirilmiş öncelik vektörü Çizelge 3.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.17. Barış Şartlarında Ana Kriter Bütünleştirilmiş Öncelik Vektörleri

Ağırlıklar		
Riske Maruz Kalacak Nüfus	Trafik Kaza Olasılığı	Terör/Sabotaj
0,496225	0,262856	0,240919

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden biri olan VIKOR yöntemine göre toplam 170 ark için birinci aşama olan en iyi ve en kötü değerlerinin hesaplaması eşitlik 2.9 yapılmıştır. Daha sonra Excel programı vasıtasıyla yapılan işlemlerin bir bölümü Çizelge 3.18’de sunulmuştur.

Çizelge 3.18. En İyi ve en Kötü Kriter Değerlerinin Belirlenmesi

<b>Ağırlıklar</b>			
<b>Arklar</b>	<b>0,50</b>	<b>0,26</b>	<b>0,24</b>
	<b>Riske Maruz Kalacak Nüfus</b>	<b>Trafik Kaza Olasılığı</b>	<b>Terör/Sabotaj(%)</b>
	<b>Min</b>	<b>Min</b>	<b>Min</b>
a3	295663	3479	15,52
a8	268876	3479	53,78
a23	335587	569	42,58
a26	19215	1308	11,49
a36	800387	1308	27,24
a73	424999	3483	26,05
a94	28405	4222	7,58
a99	160616	739	32,59
a102	130456	910	7,15
a105	424999	739	26,05
a112	10348	171	5,74
a118	41426	354	17,19
a127	122568	354	33,66
a135	247220	354	26,87
a161	10348	863	8,71
<b>MİN</b>	<b>10348</b>	<b>171</b>	<b>5,74</b>
<b>MAX</b>	<b>800387</b>	<b>4222</b>	<b>53,78</b>

Riske maruz kalacak minimum nüfus yoğunluğu 10348 kişi, trafik kaza olasılığı açısından minimum araç sayısı 171 ve terör riski de % 5,74 olarak tespit edilmiştir.

Bundan sonraki süreçte VİKOR yönteminde ikinci aşama olan normalizasyon işlemi ve normalizasyon matrisinin oluşturması yapılmıştır. Ana kriter değerlerinin birbirinden ayrılması kapsamında yapılan normalizasyon işlemi eşitlik 2.11 ile yapılarak 170 ark için belirlenen tüm değerler normalize edilmiştir. Normalizasyon sonucunda elde edilen barış şartlarındaki genel kriter bütünleştirilme normalizasyon matrisinin bir bölümü Çizelge 3.19'da sunulmuştur.

Çizelge 3.19. Normalizasyon Matrisi

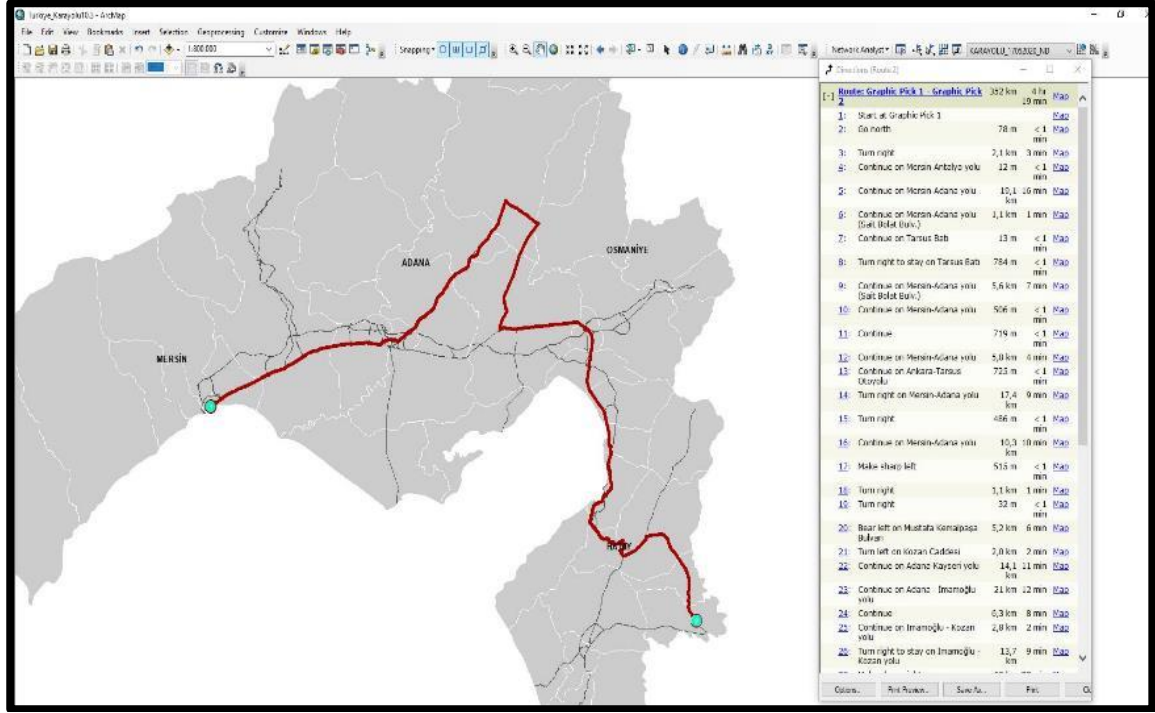
Ağırlıklar			
Arklar	0,50	0,26	0,24
	Riske Maruz Kalacak Nüfus	Trafik Kaza Olasılığı	Terör/Sabotaj(%)
	Min	Min	Min
a3	0,361	0,817	0,203
a8	0,327	0,817	1,000
a23	0,412	0,098	0,767
a26	0,011	0,281	0,120
a36	1,000	0,281	0,447
a73	0,525	0,818	0,423
a94	0,023	1,000	0,038
a99	0,190	0,140	0,559
a102	0,152	0,182	0,029
a105	0,525	0,140	0,423
a112	0,000	0,000	0,062
a118	0,039	0,045	0,238
a127	0,142	0,045	0,581
a135	0,300	0,045	0,440
a161	0,000	0,171	0,062

Normalizasyon karar matrisi oluşturulduktan sonra üçüncü aşama olarak normalize edilmiş karar matrisinin ağırlıklandırılması işlemi yapılmıştır. Barış şartlarındaki ana kriterlerin normalize edilmiş değerleri eşitlik 2.11 ile hesaplanarak Excel programı vasıtasıyla 170 ark için tüm normalize karar matris değerleri ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin 170 arktan bir bölümü Çizelge 3.20’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.20. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

Ağırlıklar			
Arklar	0,50	0,26	0,24
	Riske Maruz Kalacak Nüfus	Trafik Kaza Olasılığı	Terör/Sabotaj(%)
	Min	Min	Min
a3	0,179	0,215	0,049
a8	0,162	0,215	0,241
a23	0,204	0,026	0,185
a26	0,006	0,074	0,029
a36	0,496	0,074	0,108
a73	0,260	0,215	0,102
a94	0,011	0,263	0,009
a99	0,094	0,037	0,135
a102	0,075	0,048	0,007
a105	0,260	0,037	0,102
a112	0,000	0,000	0,015
a118	0,020	0,012	0,057
a127	0,070	0,012	0,140
a135	0,149	0,012	0,106
a161	0,000	0,045	0,015

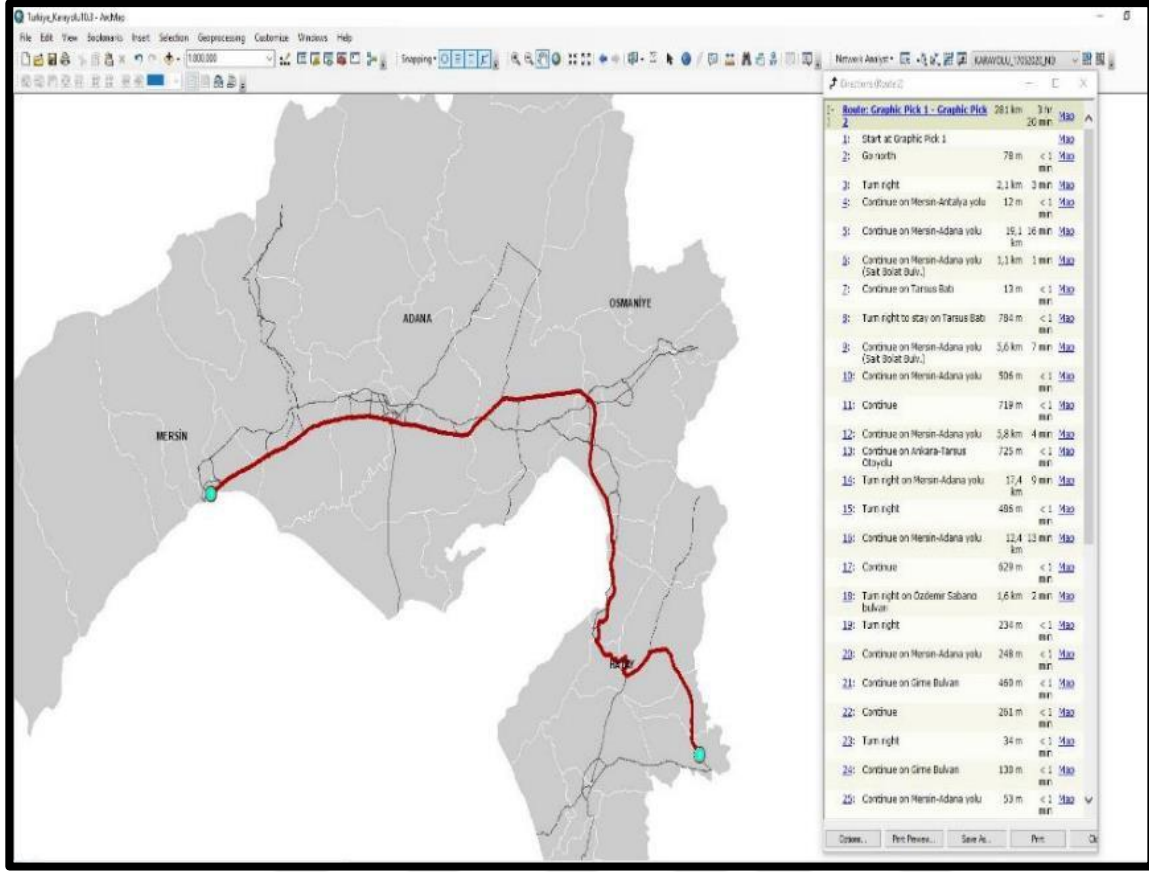
VİKOR yönteminde 170 ark için bulduğumuz ağırlıklanlandırılmış normalize karar matris değerlerini tüm senaryolar (barış, kriz ve gerginlik, savaş) için coğrafi bilgi sistemine ArcMap programına girişi yapılarak risklerin minimize edildiği en uygun güzergâhlar bulunmuştur. Riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu riski en küçüklemek için elde edilen en uygun güzergâh Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. VİKOR Yöntemi ile Elde Edilen Riske Maruz Kalacak Nüfus Yoğunluğuna Göre En Uygun Güzergâh

VİKOR yöntemine göre riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu için başlangıç ve bitiş noktası arasındaki 170 ark noktası için coğrafi bilgi sistemine Excel programı vasıtasıyla ağırlıklanlandırılmış veriler girilmiştir. Elde edilen güzergâh neticesinde riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu açısından 352 km’lik mesafe ve 4 saat 19 dakikalık zaman dilimini kapsayan en uygun güzergâh bulunmuştur. Tespit edilen güzergâh incelendiğinde başlangıç ve bitiş noktası arasındaki bölgede nüfus yoğunluğu dikkate alınarak hem devlet karayolunu müteakiben de kırsal kesimden geçen otoyoldan geçtiği görülmektedir.

Çalışmamız kamu kurumunda yapılmasından dolayı uygulamada kullanılan tüm riskleri en küçüklemek nihai amaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu risklerden bir diğeri de trafik kaza olasılık riskidir. Tüm yol dilimlerine ait risk değerleri coğrafi bilgi sistemine girişi yapılmış ve belirlenen trafik kaza riskine göre en uygun güzergâh Şekil 3.13’de gösterilmiştir.

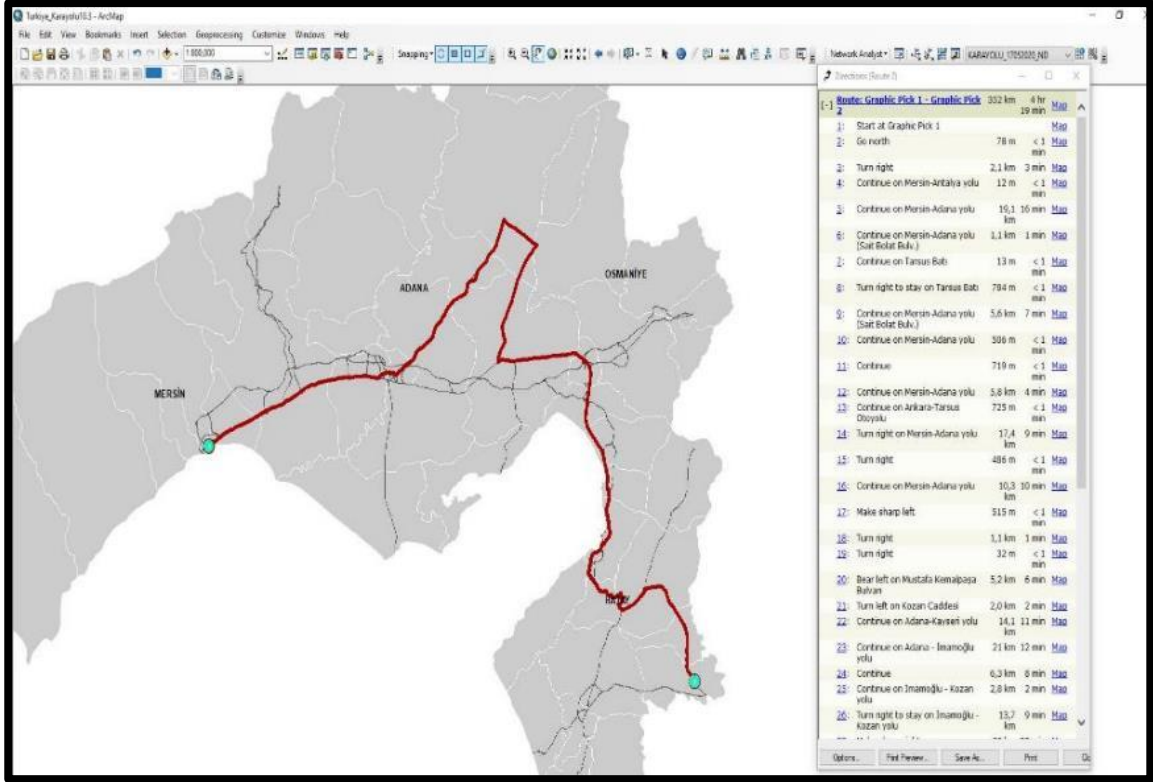


Şekil 3.14. VIKOR Yöntemi ile Elde Edilen Trafik Kaza Riskine Göre En Uygun Güzergâh

Trafik kaza olasılık riski VIKOR yöntemi ile analiz edildiğinde tehlikeli madde taşımacılığı esnasında başlangıç ve bitiş noktası arasındaki tüm yol dilimlerine ait veriler ışığında elde edilen en uygun güzergâh 281 km'lik mesafeyi, 3 saat 20 dakikalık bir zaman dilimini kapsayan güzergâhın tespiti yapılmıştır. En uygun güzergâh analiz edildiğinde daha çok güzergâh olarak genellikle devlet karayolundan geçtiği ve nüfus yoğunluğu riskinden daha az mesafe ve zaman diliminde olduğu gözlenmiştir.

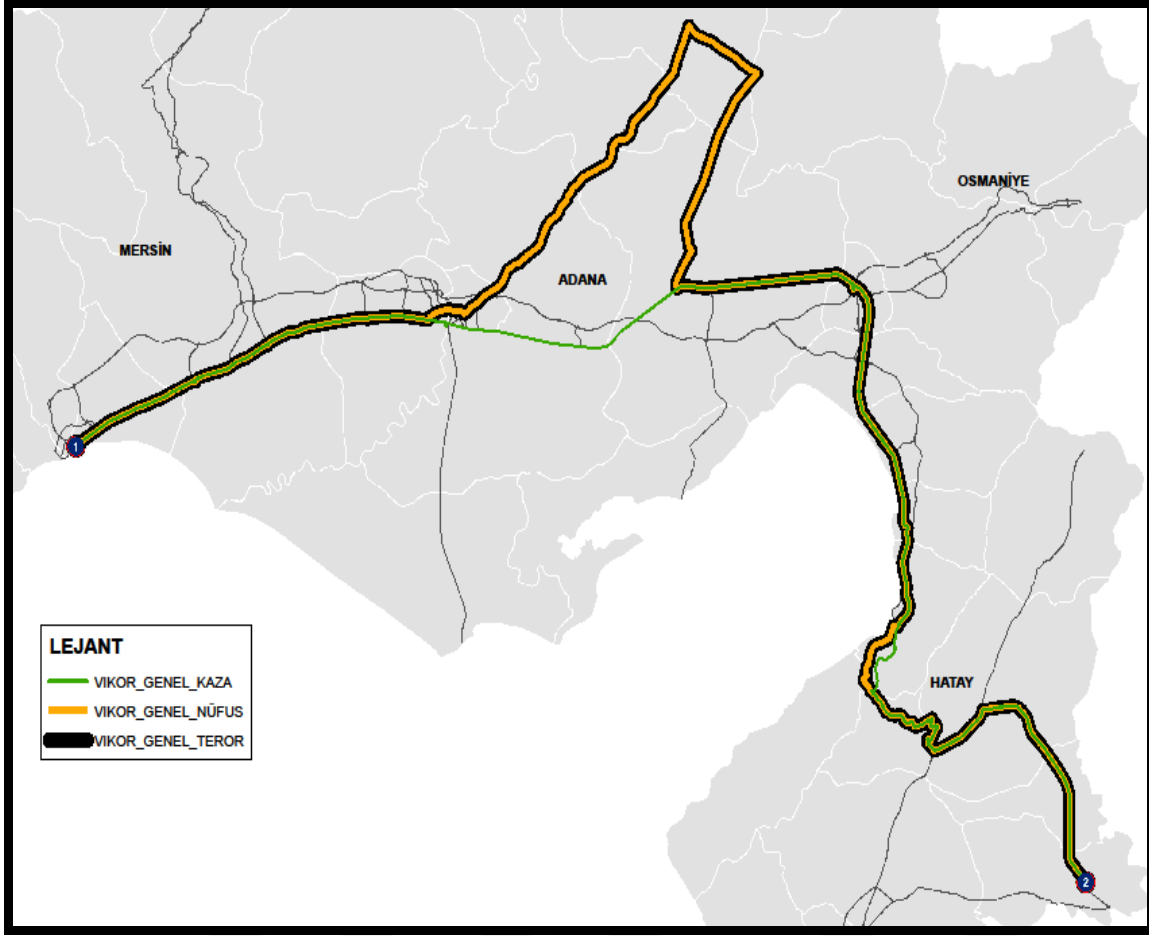
Son olarak terör/sabotaj riski açısından VIKOR yöntemi ile risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Tehlikeli madde taşımacılığında özellikle 1.sınıf tehlikeli maddeler olan mühimmat ve patlayıcıların taşınması söz konusu olduğunda terör/sabotaj riski her zaman her bölgede olması muhtemel olacaktır. Bu kapsamda çalışma alanımız için başlangıç ve bitiş noktası arasındaki tüm yol dilimlerine ait ağırlıklandırılmış normalize değerler girilmiş ve terör/sabotaj riski analizi sonucunda bulunan en uygun güzergâh Şekil 3.14'de gösterilmiştir.





Şekil 3.15. VIKOR Yöntemi ile Elde Edilen Terör/Sabotaj Riskine Göre En Uygun Güzergâh

VIKOR yönteminde terör/sabotaj riskini en küçükleme adına elde edilen en uygun güzergâh incelendiğinde terör/sabotaj riski ile riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu güzergâhlarının hemen hemen aynı güzergâhlar olduğu tespit edilmiştir. Terör/sabotaj riski güzergâhı 352 km'lik mesafe ile 4 saat 19 dakikalık zaman dilimini kapsadığı gözlenmiştir.

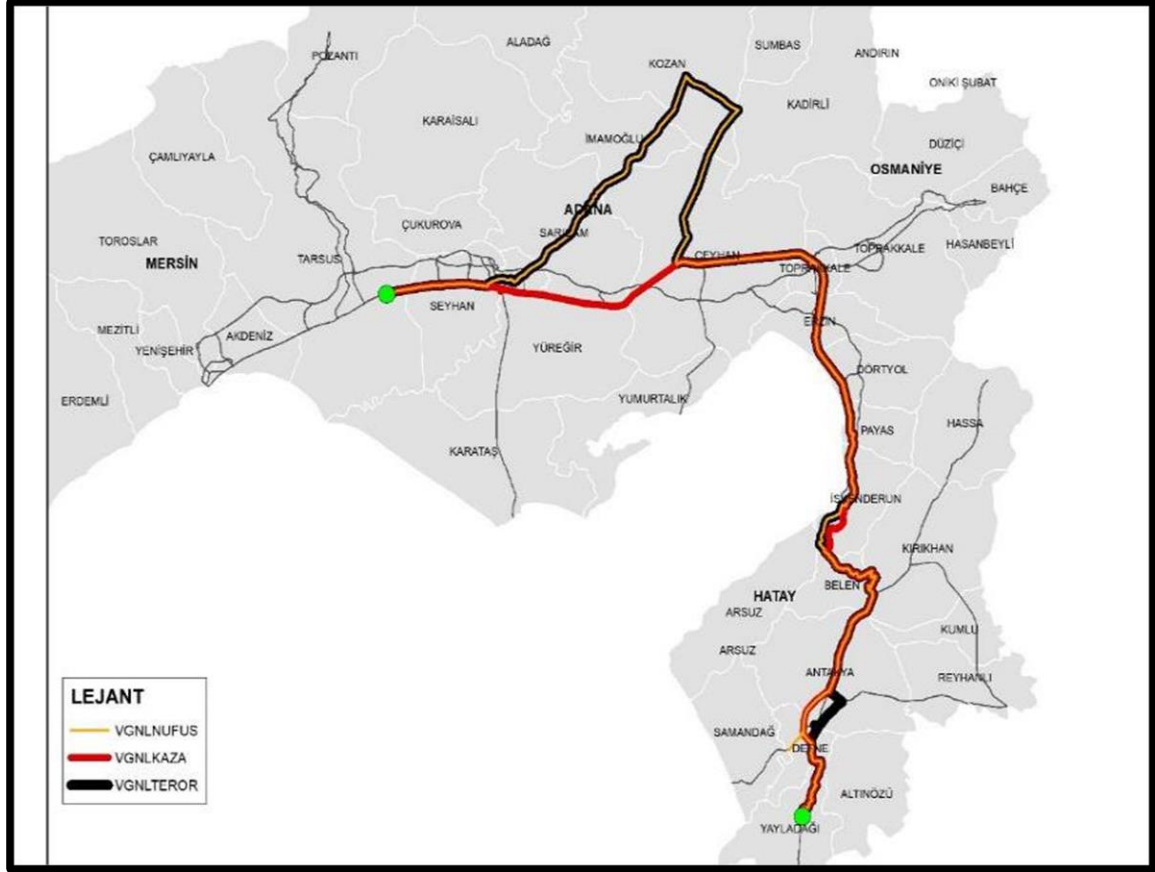


Şekil 3.16. VIKOR Yöntemi ile Tüm Güzergâhların Birlikte Gösterilmesi

Çalışmada uygulama alanı içindeki başlangıç ve bitiş noktası arasındaki 170 ark için VIKOR yöntemi ile oluşturulan değerler Excel yardımı ile coğrafi bilgi sistemine girişi yapılmıştır. Coğrafi bilgi sistemine girişi sağlanan değerler neticesinde VIKOR yöntemi ile başlangıç noktası Mersin liman, bitiş noktası Hatay/Reyhanlı olan uygulama alanımızdaki elden edilen güzergâhlardan riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu riski ile terör riski 352 km'lik mesafe ve 4 saat 19 dakikalık zamanı kapsamaktadır. Riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu ile terör riski aynı güzergâh ve aynı sayısal değerleri içermektedir. Kaza olasılık riski ise 281 km'lik mesafe ve 3 saat 20 dakikalık zamanı kapsayan farklı bir güzergâh olarak karşımıza çıkmıştır. Her üç senaryoya göre elde edilen tüm güzergâhlar hemen hemen aynı sonucu verdiği görülmektedir.

Her üç senaryo neticesinde elden edilen güzergâhların hemen hemen aynı sonuçları verdiğinden dolayı uygulama alanı içinde farklı başlangıç ve bitiş noktası seçilerek VIKOR yöntemi sonuçları tekrar değerlendirilmiştir. Tehlikeli madde taşımacılığında faal olarak hizmet eden ve uygulamanın yapıldığı kamu kurumunun yeri Mersin/Yenice başlangıç noktası, harekât bölgesindeki diğer bir lojistik üs bölgesi seçilen Hatay/Yayladağı bitiş

noktası olarak seçilmiştir. Bu iki nokta arasındaki yol dilimlerine ait VİKOR yöntemi ile elde edilen tüm veriler coğrafi bilgi sistemine girilmiş ve Şekil 3.16'da ki tüm risk kriterlerin bütünleştirilmesi kapsamında güzergâhlar bulunmuştur.



Şekil 3.17. VİKOR Yöntemi ile Farklı Başlangıç ve Bitiş Noktalara Göre Güzergâh Belirlenmesi

Şekil 3.16'da belirlenen genel bütünleştirilmiş risk kriterlerin neticesinde elde edilen güzergâh sonucunda ise hemen hemen birbirine yakın aynı sonuçlar bulunmuştur. Riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu açısından belirlenen güzergâh 330 km'lik mesafeyi, 4 saat 8 dakikalık bir zaman dilimini kapsamaktadır. Terör riski açısından değerlendirildiğinde ise 323 km mesafe ve 3 saat 59 dakikalık zaman ile birbirine yakın değerler ortaya çıkmıştır. Sayısal sonuçların aynı çıkması doğrultusunda güzergâhlar da bir önceki başlangıç ve bitiş noktasındaki elde edilen güzergâh arasında farklılık ortaya çıkmamıştır. Kaza olasılık riskinde ise 249 km mesafe ve 2 saat 56 dakikalık zaman sonucunu vermiştir. VİKOR yöntemine göre farklı başlangıç ve bitiş noktalarına göre elde edilen ayrı ayrı güzergâhların görselleri Ek-17'de gösterilmiştir.

### 3.8.2. MOORA Yöntemi ile Tehlikeli Madde Taşımacılığında Güzergâh Belirlenmesi

Tehlikeli madde taşımacılığı esnasında ortaya çıkabilecek olası risklerin değerlendirilmesini ve ağırlıklandırmasını yaptıktan sonra Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) teknikleri ile riskleri en küçüklemek amacı ile en uygun güzergâhları bulunması için MOORA yönteminden yararlanılmıştır.

VİKOR yönteminde olduğu gibi MOORA yönteminde de belirlenen üç senaryoya göre (barış, kriz ve gerginlik, savaş) analizler yapılmıştır. MOORA yönteminde öncelikli olarak birinci aşamada tüm yol dilimlerine ait 170 ark için kriter ve kriter değerleri girilmiştir. Girilen kriter değerlerinin bir bölümü Çizelge 3.21’te sunulmuştur.

Çizelge 3.21. Sıralanacak Kriterler ve Bu Kriterlerin Değerleri

Arklar	K1	K2	K3
	Riske Maruz Kalacak Nüfus	Trafik Kaza Olasılığı	Terör/Sabotaj(%)
a3	295663	3479	15,52
a8	268876	3479	53,78
a23	335587	569	42,58
a26	19215	1308	11,49
a36	800387	1308	27,24
a73	424999	3483	26,05
a94	28405	4222	7,58
a99	160616	739	32,59
a102	130456	910	7,15
a105	424999	739	26,05
a112	10348	171	8,71
a118	41426	354	17,19
a127	122568	354	33,66
a135	247220	354	26,87
a161	10348	863	8,71

MOORA yönteminin ikinci aşamasında normalizasyon işlemi ve normalizasyon matrisinin oluşturulması işlemi vardır. Eşitlik 2.13 yardımıyla hesaplanarak her bir alternatifin karelerinin toplamının karekökü ile kriterler bölünerek normalizasyon işlemi yapılmıştır.

Çalışmamız kamu kurumunda olduğu için riskleri en küçüklemek her zaman temel amaç olmuştur. Bu kapsamda normalizasyon işlemi yapıldıktan sonra risklerin minimum değerleri baz alındığındaki referans değerleri de bulunmuştur.

Çizelge 3.22. Normalizasyon İşlemi Sonucunda Elde Edilen Değerler

Arklar	MİN	MİN	MİN
	K1	K2	K3
	Riske Maruz Kalacak Nüfus	Trafik Kaza Olasılığı	Terör/Sabotaj(%)
a3	0,0515	0,105	0,045
a8	0,0468	0,105	0,1544
a23	0,0585	0,017	0,1222
a26	0,0033	0,040	0,0330
a36	0,1394	0,040	0,0782
a73	0,0740	0,105	0,0748
a94	0,0049	0,128	0,0218
a99	0,0280	0,022	0,0935
a102	0,0227	0,028	0,0205
a105	0,0740	0,022	0,0748
a112	0,0018	0,005	0,0250
a118	0,0072	0,011	0,0493
a127	0,0214	0,011	0,0966
a135	0,0431	0,011	0,0771
a161	0,0018	0,026	0,0250
<b>Referans Noktaları</b>	<b>0,0018</b>	<b>0,005</b>	<b>0,0205</b>

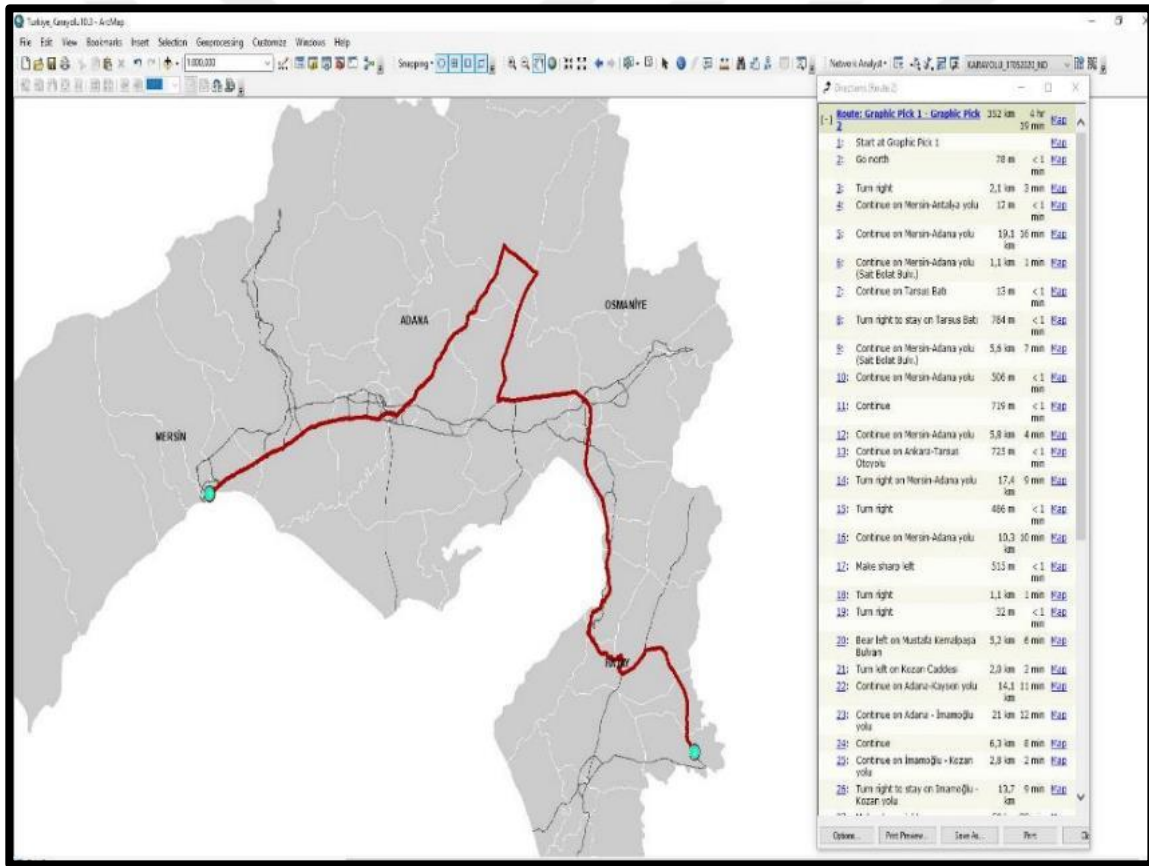
Bundan sonraki aşama olan üçüncü aşamada tespit edilen risk kriterlerin birbirleri ile arasında önemlilik derecesi bulunmuştur. Dolayısıyla uygulama alanımızdaki tüm yol dilimlerine ait 170 ark için kriterler önem katsayıları yani ağırlıkları ile çarpılmak suretiyle eşitlik 2.14 yardımıyla ağırlıklandırılmış normalize değerleri bulunmuştur. Ağırlıklandırılmış normalize değerler 170 ark için hesaplanmış fakat bir bölümü Çizelge 3.23’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.23. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

Arklar	MİN	MİN	MİN
	0,50	0,26	0,24
	K1	K2	K3
a3	0,026	0,028	0,011
a8	0,023	0,028	0,037
a23	0,029	0,005	0,029
a26	0,002	0,010	0,008
a36	0,069	0,010	0,019
a73	0,037	0,028	0,018
a94	0,002	0,034	0,005
a99	0,014	0,006	0,023
a102	0,011	0,007	0,005
a105	0,037	0,006	0,018
a112	0,001	0,001	0,006
a118	0,004	0,003	0,012
a127	0,011	0,003	0,023
a135	0,021	0,003	0,019
a161	0,001	0,007	0,006

Ağırlıklanlandırılmış normalize karar matris değerlerini tüm yol dilimlerine ait 170 ark için bulunan değerleri her bir senaryo (barış, kriz ve gerginlik, savaş) için coğrafi bilgi sistemine yani uygulamada kullandığımız ArcMap programına girişi yapılarak risklerin minimize edildiği MOORA yöntemi ile en uygun güzergâhlar bulunmuştur. Her bir senaryo için elde edilen güzergâhları ayrı ayrı görselleri Ek-7’de sunulmuştur.

MOORA yönteminde 170 ark için bulduğumuz ağırlıklanlandırılmış normalize karar matris değerlerini VİKOR yöntemindeki gibi tüm senaryolar (barış, kriz ve gerginlik, savaş) için coğrafi bilgi sistemine yani ArcMap programına girişi yapılarak risklerin en küçüklendiği en uygun güzergâhlar bulunmuştur. Riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu riski için elde edilen en uygun güzergâh Şekil 3.17’de gösterilmiştir.

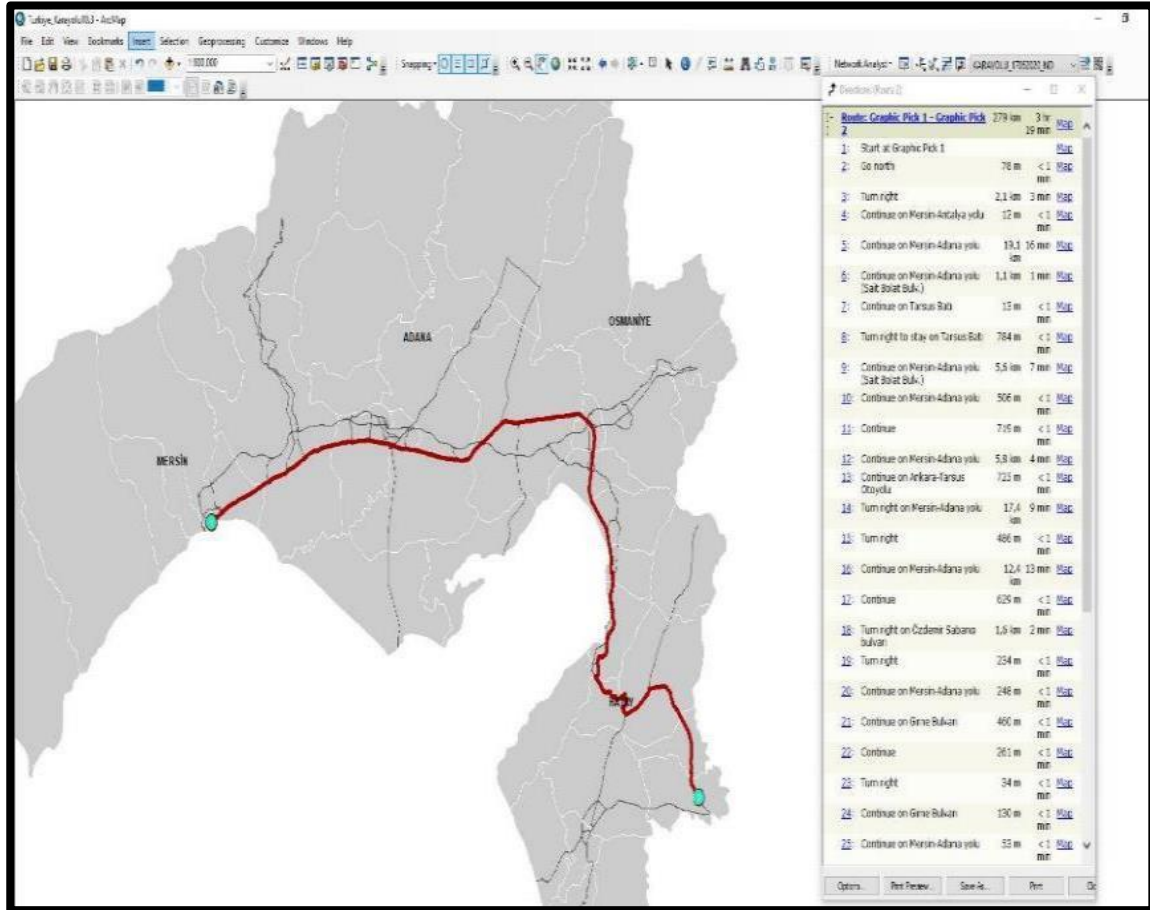


Şekil 3.18. MOORA Yöntemi ile Elde Edilen Riske Maruz Kalacak Nüfusa Göre En Uygun Güzergâh

MOORA yöntemine göre riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu için risk analizi yapıldığında VİKOR yöntemi ile aynı sayısal ve görsel sonuçları elde etmiş bulunmaktayız. Tespit edilen nüfus yoğunluğu riski için en uygun güzergâh mesafesi 352 km, zaman dilimi ise 4 saat 19 dakikadır. MOORA yönteminde elde edilen sonuçlar itibariyle VİKOR

yöntemi sonuçları ile hemen hemen aynı olduğu gözlenmiştir. Karar vericilerin tüm risklere karşı verdiği cevaplar neticesinde elde edilen sonuçların tutarlı olduğu gözlenmiştir.

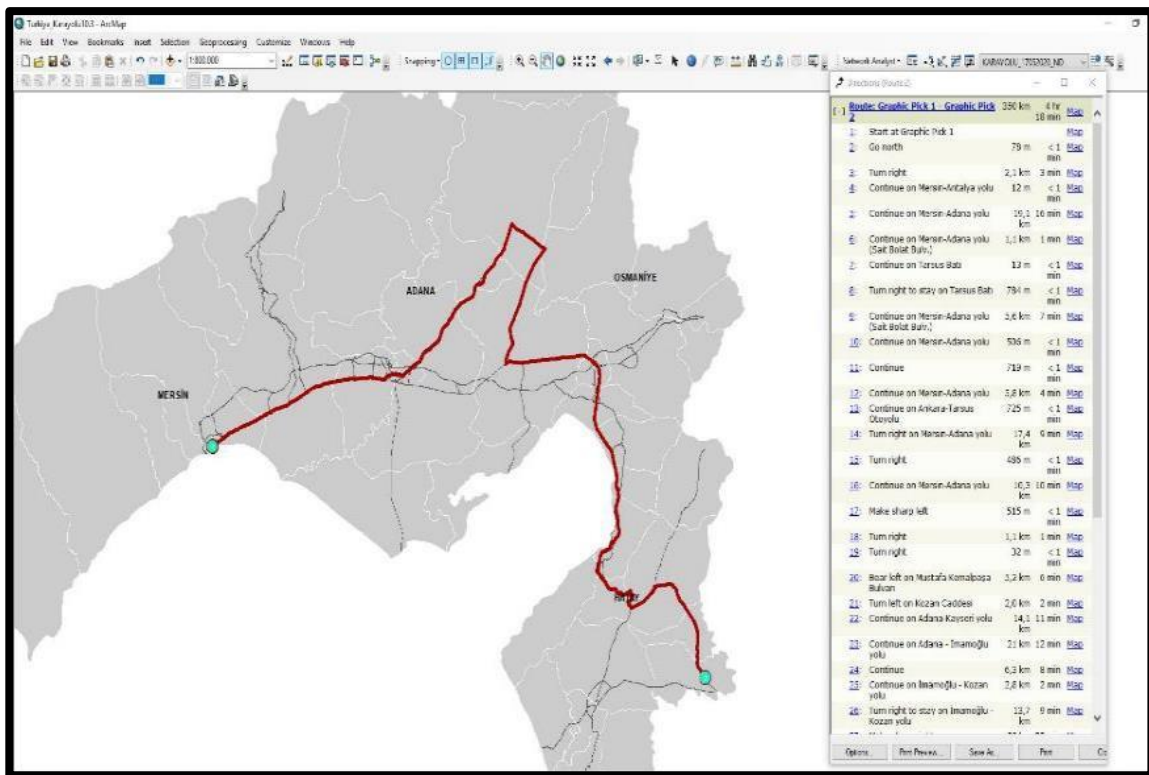
Başka diğer bir risk trafik kaza olasılık riskidir. Tüm yol dilimlerine ait 170 ark noktası için risk değerleri coğrafi bilgi sistemi için uygulamada kullandığımız ArcMap programına girişi yapılmış ve belirlenen trafik kaza riskine göre en uygun güzergâh Şekil 3.18’de gösterilmiştir.



Şekil 3.19. MOORA Yöntemi ile Elde Edilen Kaza Riskine Göre En Uygun Güzergâh

Trafik kaza olasılık riski MOORA yöntemi ile değerlendirildiğinde sonuçlar VİKOR yöntemi ile hemen hemen aynı olmakla birlikte uygulama alanı bölgesinde belirlenen en uygun güzergâh için 279 km’lik mesafeyi ve 3 saat 19 dakikalık bir zaman dilimi kapsadığı gözlenmiştir. VİKOR yöntemi ile karşılaştırıldığında iki km’lik mesafe ile bir dakikalık zaman farkı ortaya çıkmıştır. En uygun güzergâh analizi yapıldığında daha çok güzergâh olarak genellikle devlet karayolundan geçtiği ve nüfus yoğunluğu riskinden daha az mesafe ve zaman diliminde olduğu gözlenmiştir.

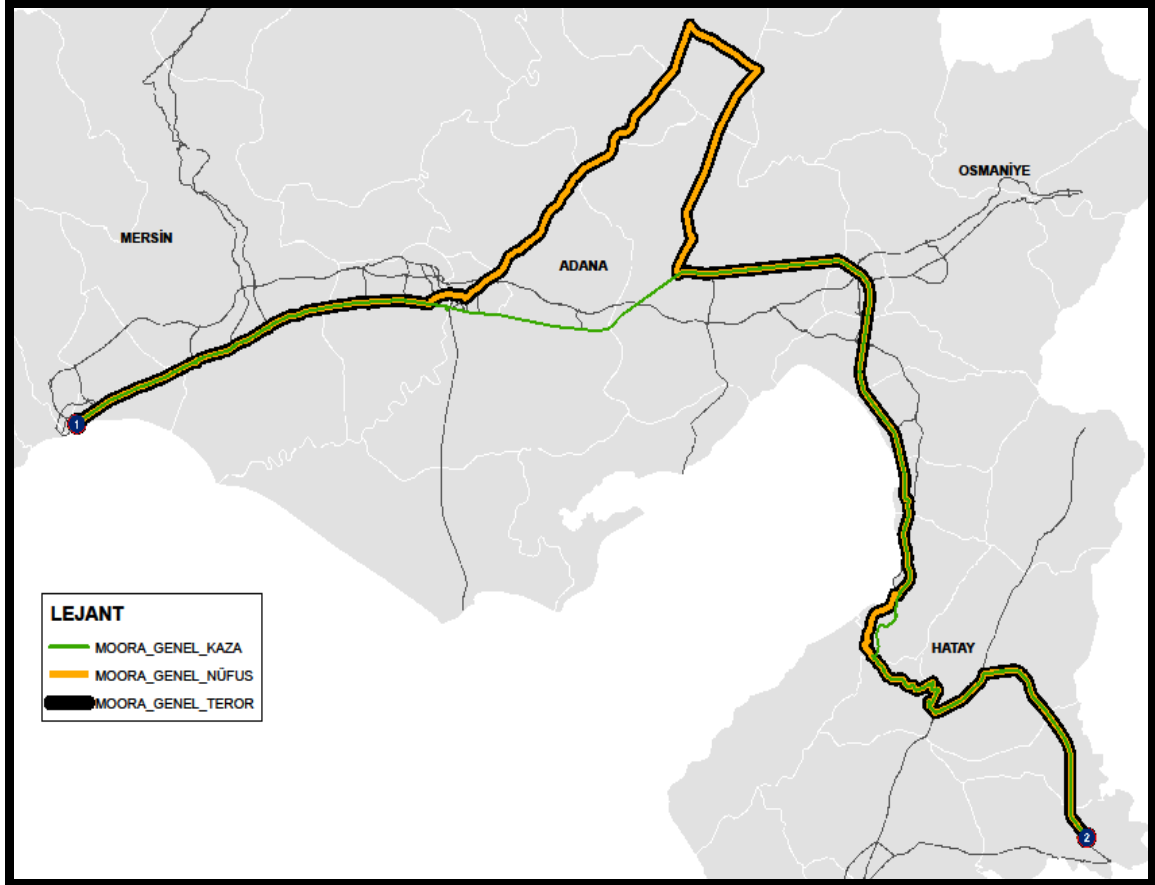
En son olarak MOORA yöntemi ile risk değerlendirilmesi kapsamında terör/sabotaj riski analiz edilmiştir. Mühimmat ve patlayıcıların harekât bölgesine sevk edilmesi esnasında başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki hemen hemen her bölgede terör/sabotaj riski ile karşı karşıya kalınabilecektir. Bu kapsamda uzman personelin görüşleri değerlendirilerek tüm yol dilimlerine ait 170 ark noktası için elde edilen veriler güzergâh belirlenmesi için uygulamada kullandığımız coğrafi bilgi sistemine girişi yapılmıştır. Çalışma alanımız için başlangıç ve bitiş noktası arasındaki tüm yol dilimlerine Terör/sabotaj riskine ait ağırlıklandırılmış normalize değerler girilmiş ve terör/sabotaj riski analizi sonucunda bulunan en uygun güzergâh Şekil 3.19’da gösterilmiştir



Şekil 3.20. MOORA Yöntemi ile Elde Edilen Terör/Sabotaj Riskine Göre En Uygun Güzergâh

VİKOR yönteminde olduğu gibi MOORA yönteminde de terör/sabotaj riskini en küçükmek adına elde edilen en uygun güzergâh incelendiğinde terör/sabotaj riski ile riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu güzergâhlarının hemen hemen aynı güzergâhlar olduğu tespit edilmiştir. Terör/sabotaj riski güzergâhı 350 km’lik mesafe ile 4 saat 18 dakikalık zaman dilimini kapsadığı gözlenmiştir. VİKOR yöntemi ile kıyaslandığında iki km’lik mesafe ile bir dakikalık gibi çok küçük bir zaman farkı tespit edilmiştir.





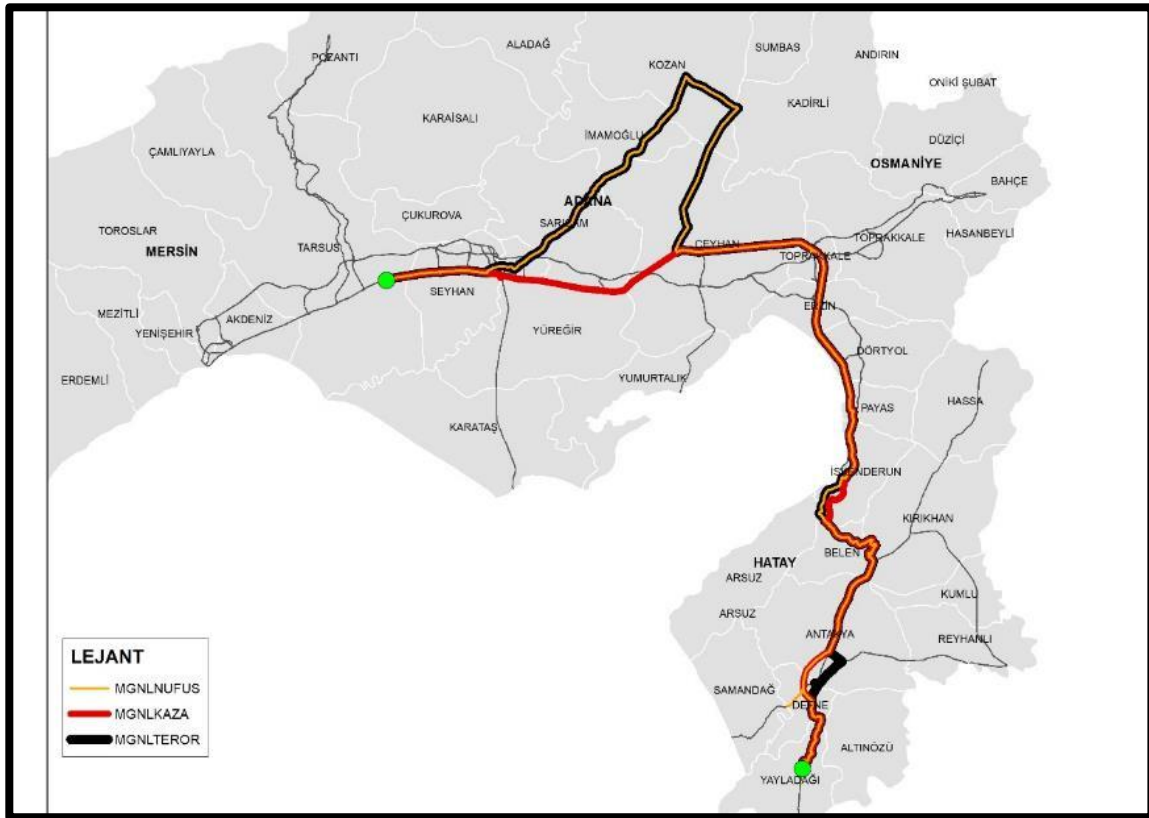
Şekil 3.21. MOORA Yöntemi ile Tüm Güzergâhların Birlikte Gösterilmesi

Uygulama bölgesindeki başlangıç ve bitiş noktası arasındaki 170 ark için MOORA yöntemi kullanılarak oluşturulan tüm risklere ait elde edilen değerler Excel yardımı ile coğrafi bilgi sistemine girişi yapılmıştır. Coğrafi bilgi sistemine girişi yapılan veriler neticesinde MOORA yöntemi ile başlangıç noktası Mersin liman, bitiş noktası Hatay/Reyhanlı olan uygulama alanımızdaki elden edilen güzergâhlardan riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu riski VİKOR yönteminde tespit edilen riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu ile sonuçları aynı çıkmıştır. Yani elde edilen güzergâh 352 km'lik mesafe ve 4 saat 19 dakikalık zamanı kapsamaktadır.

Terör/sabotaj riski ise riske maruz kalacak nüfus riski ile hemen hemen aynı sonuçları ve güzergâh değerlerini içermektedir. Sadece iki km'lik mesafe ve bir dakikalık çok küçük bir zaman farkı oluşmuştur.

MOORA yöntemine göre her üç senaryoya göre elde edilen tüm güzergâhlar hemen hemen aynı sonucu verdiği görülmektedir.

Her üç senaryo neticesinde elden edilen güzergâhların hemen hemen aynı sonuçları verdiğinden dolayı uygulama alanı içinde farklı başlangıç ve bitiş noktası seçilerek MOORA yöntemi sonuçları tekrar değerlendirilmiştir. Uygulama bölgesi içinde farklı bir başlangıç ve bitiş noktası seçilerek MOORA yöntemi ile ulaşılabilecek sonuçlar tekrar değerlendirilmek istenmiştir. Uygulamanın yapıldığı kamu kurumunun yeri Mersin/Yenice başlangıç noktası, harekât bölgesindeki bir diğer lojistik üs bölgesi olan ve sınır ötesine mühimmat ve patlayıcıların sevk edilmesi anlamında Hatay/Yayladağı bitiş noktası olarak seçilmiştir. Bu iki nokta arasındaki yol dilimlerine ait MOORA yöntemi ile elde edilen tüm veriler ArcMap programına girişi yapılmış ve Şekil 3.21'deki tüm risk kriterlerinin bütünleştirilmesi kapsamında güzergâhlar bulunmuştur.



Şekil 3.22. MOORA Yöntemi ile Farklı Başlangıç ve Bitiş Noktalara Göre Güzergâh Belirlenmesi

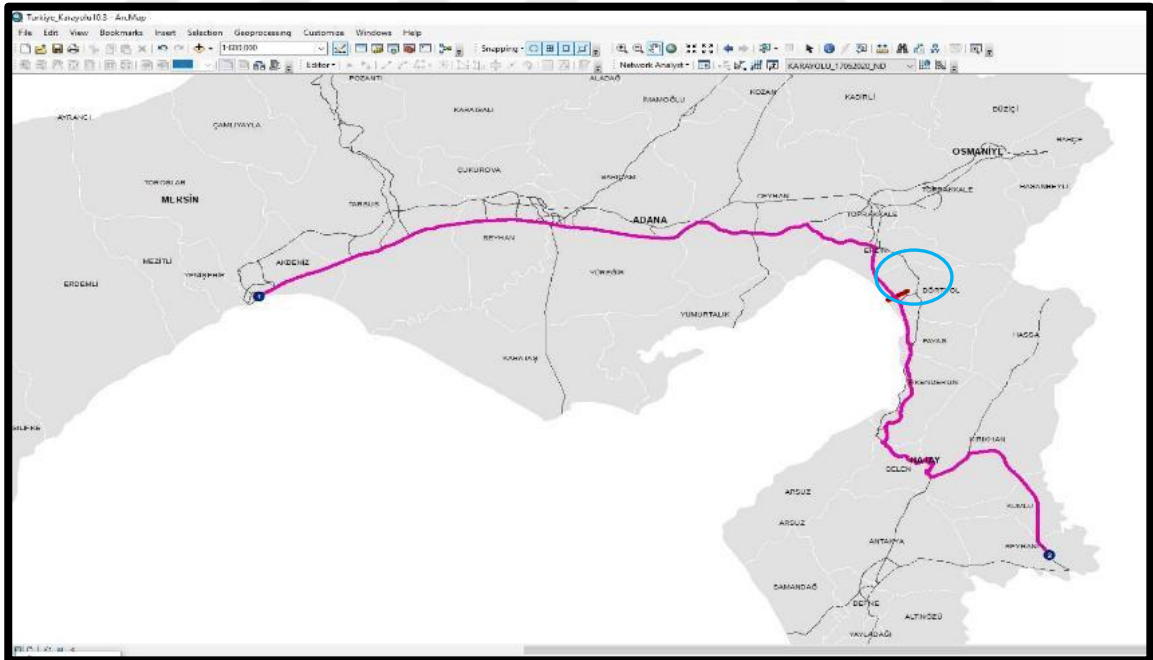
MOORA yöntemi ile elde edilen tüm risklere ait Şekil 3.21'de belirlenen genel bütünleştirilmiş risk kriterlerinin neticesinde elde edilen güzergâh sonucunda ise hemen hemen VİKOR yöntemindeki gibi birbirine çok yakın sonuçlar ortaya çıkmıştır. Riske maruz kalacak nüfus yoğunluğu açısından belirlenen güzergâh 330 km'lik mesafeyi, 4 saat 8 dakikalık bir zaman dilimini kapsamaktadır. Terör riski açısından değerlendirildiğinde ise 321 km mesafe ve 3 saat 59 dakikalık zaman ile birbirine yakın değerler ortaya çıkmıştır. Sayısal sonuçların aynı çıkması doğrultusunda güzergâhlar da bir önceki başlangıç ve bitiş

noktasındaki elde edilen güzergâh arasında farklılık ortaya çıkmamıştır. Kaza olasılık riskinde ise 247 km mesafe ve 2 saat 55 dakikalık zaman sonucunu vermiştir. MOORA yöntemine göre farklı başlangıç ve bitiş noktalarına göre elde edilen ayrı ayrı güzergâhların görselleri Ek-18’de gösterilmiştir.

### 3.9. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Anlık Durumlar ile Karşılaşıldığında Güzergâh Belirlenmesi

Mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasında harekât bölgesine istenilen yer ve zamanda mühimmatın sevki esnasında meydana gelebilecek beklenmedik durumlarda taşınan maddenin acil ihtiyaç kapsamında değerlendirildiğinde ortaya çıkabilecek anlık durumlara karşı yeni bir güzergâh belirlenmesi söz konusu olacaktır.

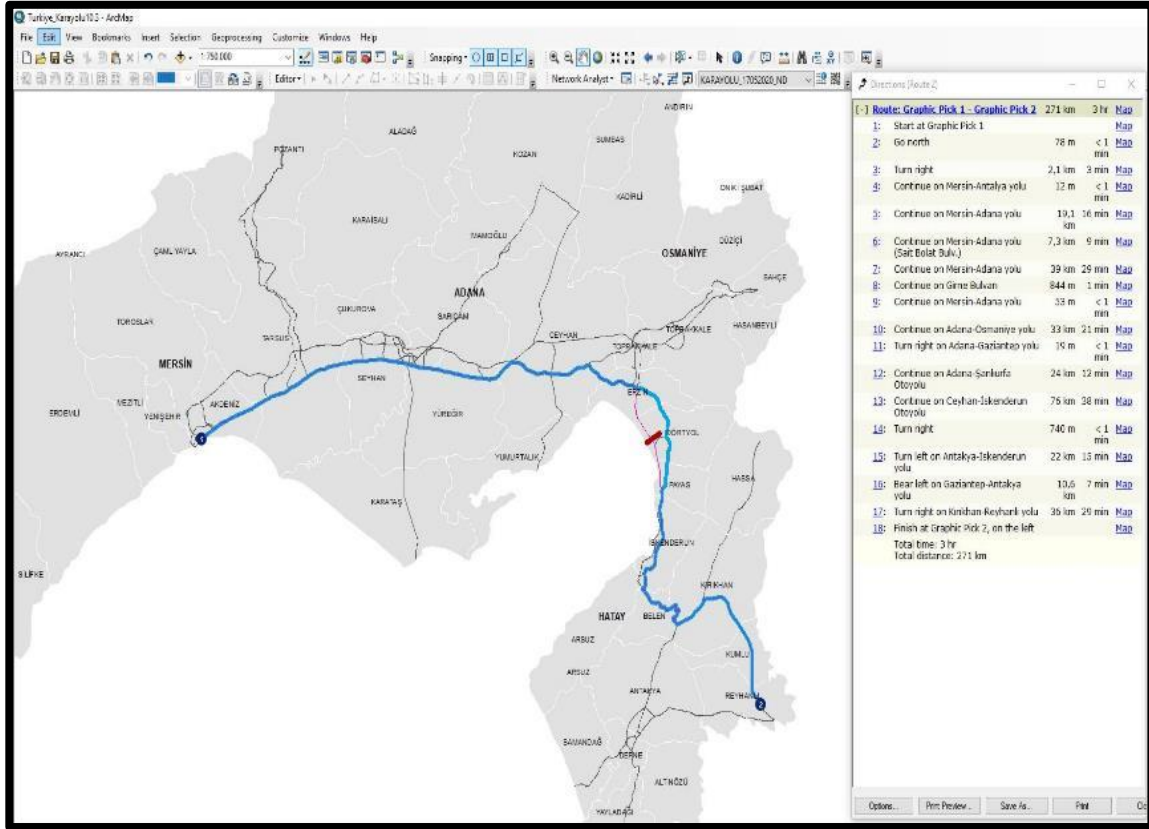
Başlangıç noktası olan Mersin limanı ile bitiş noktası Hatay/Reyhanlı istikametinde zamanı ve mesafeyi en küçükleyen güzergâhları Şekil 3.15’te tespit etmiştik. Mesafeyi en küçükleyen güzergâh üzerinde senaryo gereği Hatay ili Erzin ve Payas ilçeleri arasındaki yolda terör/sabotaj olduğu haberi alınmış ve yol trafiğe kapatılmıştır. Trafiğe kapatılan yolu gösteren güzergâh Şekil 3.22’de gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Mesafeyi En Küçükleyen Güzergâhta Mersin-Reyhanlı Arası Terör Olayı Meydana Gelmesi

Harekât bölgesine sevk edilen mühimmat ve patlayıcı yüklü araç başlangıç noktasından bitiş noktasına hareketi esnasında Hatay ili Erzin ve Payas ilçeleri arasındaki

meydana gelen terör olayına karşı uygulamada kullandığımız ArcMap programı aracılığı ile yeni bir güzergâh belirlenmiştir. Meydana gelen terör/sabotaj olayına karşı program aracılığı ile belirlenen yeni güzergâh Şekil 3.23’de gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Terör Nedeniyle Mersin-Reyhanlı Yolu Kapatıldığında Belirlenen Yeni Güzergâh

Çalışmada, tehlikeli madde taşımacılığı esnasında mesafeyi en küçükleme için tespit edilen güzergâh 267 km’lik mesafeyi ve 3 saat 6 dakikalık zamanı kapsamaktadır. Meydana gelen terör/sabotaja olayına karşı belirlenen yeni güzergâh ise 271 km’lik mesafeyi ve 3 saatlik zamanı kapsamaktadır. Tespit edilen yeni güzergâh neticesinde mesafe az bir miktarda çoğalırken zaman ise az bir miktarda azalmıştır.

Tehlikeli madde taşımacılığında başkaca anlık durumlar (çığ, heyelan, yol çalışması, deprem, sel vb.) ile karşılaşıldığında uygulamada kullandığımız ArcMap programı vasıtasıyla anlık olarak yeni güzergâhların bulunması mümkün olacaktır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tehlikeli madde taşımacılığı 1970 yılından itibaren tüm çevrelerin dikkatini çeken insan sağlığını ve çevrenin korunması açısından kapsamlı bir konudur. Yapılan akademik araştırmalar tehlikeli madde taşımacılığı esnasında insan sağlığını ve çevreye zarar verebilecek tüm riskleri minimize etmeye çalışan modeller üzerinde olmuştur.

Tehlikeli madde taşımacılığında genel olarak iki taraf söz konusudur. Bunlardan birincisi taşımacılık esnasında her zaman zamanı ve mesafeyi en küçükleyerek maliyetleri düşürmeyi amaç edinmiş taşıyıcı şirketlerdir. İkinci ise daha çok ülkesi sınırları içinde olan kendi vatandaşını ve doğal tabiatını her türlü riskten korumaya çalışan yasal otoriteler ile birlikte hareket eden kamu kurum ve kuruluşlarıdır.

Tehlikeli madde taşımacılığında meydana gelebilecek olası riskler engellenemediği veya minimize edilemediği takdirde tahmin edilemez büyük felaketlerin ortaya çıkması muhtemel olacaktır. Tüm dünyada kanun koyucuların, yasal otoritelerin ve bu konuda yapılan akademik çalışmaların neticesinde ortaya çıkan yasal düzenlemeler ve kurallar olmasına rağmen uygulamadan doğan bazı problemler neticesinde söz konusu yasal düzenlemeler yetersiz kalabilmektedir. Ülkemizin konumu dikkate alındığında Avrupa ve Asya kıtaları üzerinde stratejik bir konumda olduğu için tüm ulaşım modları ile tehlikeli madde taşımacılığında ekonomik anlamda büyük bir paya sahiptir.

Ancak tehlikeli maddelerin sınıflanmasına dikkat edildiğinde, özellikle birinci sınıf tehlikeli maddeler olan mühimmat ve patlayıcıların taşınması konusunda günümüze kadar hem dünya genelinde hem de ülkemizde neredeyse yok denecek kadar az çalışma yapılmıştır. Bu yüzden mühimmat ve patlayıcıların taşınmasına yönelik olarak çözüm önerileri getiren bir çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur.

Birinci sınıf tehlikeli maddeler olan mühimmat ve patlayıcıların taşınmasına yönelik olarak ülkemizde bulunan kamu kurum ve kuruluşlarından olan Türk Silahlı Kuvvetleri, Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğü bir noktadan diğer bir noktaya güvenli olarak belirlenen ulaşım modları ile sürekli taşıma yapmaktadırlar.

Tez çalışması mühimmat ve patlayıcı konusunda kurumsal kültürü yüksek ulusal ve uluslararası neredeyse tüm ulaşım modları ile mühimmat ve patlayıcıların taşımacılığını yapan bir kamu kurumunda yapılmıştır. Söz konusu kamu kurumunun seçilme nedeni ise

mühimmat ve patlayıcı taşımacılığı konusunda tecrübeli personelin bulunması ve özellikle karayolu ile mühimmat ve patlayıcıların sürekli olarak taşımacılığını yapan bir lojistik kamu kurumu olduğu içindir.

Çalışmanın birinci aşamasında birinci sınıf tehlikeli maddeler olan mühimmat ve patlayıcıların taşınmasını yapacak kamu kurumu, tüm etkenleri (nüfus yoğunluğu, kaza olasılığı, trafik yoğunluğu, terör/sabotaj riski) göz önünde bulundurmuş ve coğrafi bilgi sisteminde kullanılan ArcMap 10.2.2 programına tüm elde edilen verileri girerek en uygun güzergâhları tespit etmiştir.

İkinci aşamada belirlenecek risk kriterleri için kamu kurumunda görev yapan karar vericiler tespit edilmiştir. Karar vericiler mühimmat ve patlayıcı taşımacılığı konusunda en az 10 yıl görev yapan ve mühimmat ve patlayıcıların depolanması, ikmali, stok kontrolü, imhası, bakımı ve muayenesi gibi tüm alanlarda görev yapmışlardır. Mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasında karşılaşılabilecek risk kriterleri karar vericiler ile birlikte yüz yüze karar verilerek belirlenmiştir. Belirlenen risk ana kriterleri her bir senaryo (barış, kriz ve gerginlik anı, savaş hali) için uzman personel ile görüşülerek analiz edilmiş ve neticesinde her bir senaryo için kriterlerin önem derecesi Analitik Hiyerarşi Prosesi ile belirlenmiştir. Uygulamada en uygun güzergâhların tespit edilmesi için “Riske Maruz Kalacak Nüfus Yoğunluğu”, “Trafik Kaza Olasılığı”, “Terör/Sabotaj” olarak üç ana kriter belirlenmiştir.

Bu kapsamda mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasındaki risk kriterleri analizi yapılmış ve kriterlerin ağırlık dereceleri hesaplanmıştır. Tespit edilen kriter ağırlıkları VİKOR ve MOORA yöntemleri ile uygulama bölgesindeki başlangıç ve bitiş noktası arasında bulunan tespit edilen 170 ark için hesaplanması yapılarak en uygun güzergâhlar tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda karar vermede kullanılan coğrafi bilgi sistemi vasıtasıyla kamu kurumunun tüm faktörleri göz önünde bulundurarak elde edilen güzergâhlar incelendiğinde hepsinin (zaman, mesafe, nüfus yoğunluğu, kaza olasılığı, trafik yoğunluğu, terör/sabotaj) birbirinden farklı zaman dilimi ve mesafeleri içeren güzergâhların olduğu gözlenmiştir. Güzergâhların tespitinde kullanılan altı risk modeline ait en uygun güzergâhlar arasında görsel ve sayısal anlamda farklılığı ortaya koyan haritalar bulunmuştur. Bunun nedeni ise başlangıç ve bitiş noktası arasındaki tüm yol dilimlerine ait değerlerin tespit

edilen kritere göre farklılık arz etmesi ve CBS ile risk değerlerine göre güzergâh belirlenmesidir.

Çalışmada yapılan risk değerlendirilmesi sonucunda belirlenen amaç doğrultusunda tespit edilen en uygun güzergâhın diğer amaçlar için aldığı risk değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda zamanı ve mesafeyi en küçükleyen güzergâhların diğer oluşabilecek riskleri en aza indiren güzergâhlar olmadığı açıkça görülmüştür. Mühimmat ve patlayıcı taşımacılığında güzergâh belirlenmesi çok amaçlı karar verme problemi olarak düşünüldüğünde nihai hedef tüm risk kriterleri için en uygun güzergâhları bulmaktır. Neticede yasal otoriteye bağlı kamu kurumundaki karar vericiler zaman ve mesafeyi minimize etmekten çok riski en küçükleyen güzergâhları bulmayı amaçlamaktadırlar. Fakat uygulama sonucunda başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki en kısa zaman ve mesafe güzergâhlarının hiçbir suretle en az riskli güzergâhlar ile aynı olmadığı tespit edilmiştir.

Uygulama sonucunda yapılan risk analizlerinin doğru ve güvenilir sonuçlar vermesi ile mühimmat ve patlayıcıların taşınması sırasında ortaya çıkabilecek muhtemel risklerin ölçülebilmesi ve risklerin doğrulukla değerlendirilmesi karar vermede kullanılan coğrafi bilgi sistemi için oluşturulan veri tabanına bağlı olduğu gözlenmiştir. Yapılan analizlerin doğru ve güvenilir veri seti ile oluşturulması ve kullanılması çıkacak sonuçların da aynı oranda güvenilir ve doğru olmasına imkân sağladığı tespit edilmiştir. Tehlikeli madde taşımacılığında risk analizlerinin doğru yapabilmek adına uygulama bölgesindeki veya tüm ülke içindeki yol kesimlerinin yani ark noktalarının, riske maruz kalacak nüfus yoğunluğunun, trafik kaza olasılıklarının, trafik yoğunluğunun, taşınacak mühimmat ve patlayıcılarının etki yarıçapının ve terör/sabotaj verilerinin doğru olarak sisteme girilerek doğru ve güvenilir sonuçlara ulaşmak mümkün olacaktır.

Uygulamada karar vermek için kullanılan coğrafi bilgi sistemi mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında bölgesel veya ülke çapındaki verilerin analiz edilmesine, şebeke ağının kurulmasına, güzergâhlar arası karşılaştırma yapılmasına imkân tanımıştır. Ayrıca coğrafi bilgi sistemi ile oluşturulan şebeke üzerindeki anlık olarak tespit edilen terör, deprem, sel ve çığ gibi anlık gelişen durumlara karşı en uygun güzergâhları sağladığı görülmüştür.

Çalışma için Mersin limanı ile Hatay/Reyhanlı bölgesi arasındaki uygulama alanı kullanılmıştır. Fakat elde edilecek tüm verilerin karar vermede kullanılacak coğrafi bilgi

sistemine girişinin sağlanması ile güzergâh üzerinde farklı bir karayolu şebekesinde veya ülke çapında mühimmat ve patlayıcıların taşınması esnasında büyük çaplı analiz yapmaya imkân sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Çalışmada belirlenen üç ana risk kriterleri belirlenen üç senaryoya göre değerlendirilmiştir. Değerlendirilme sonucunda risk kriter ağırlıklarının sayısal olarak birbirine yakın çıktığı tespit edilmiştir. Karar vericiler barış şartlarında riske maruz kalacak nüfus yoğunluğunu, kriz ve gerginlik anında trafik kaza olasılığını, savaş şartlarında ise terör/sabotaj riskini birinci öncelikli seçmişlerdir. Analizi yapılan risk ana kriterlerinin sonucunda Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden olan VIKOR ve MOORA ile uygulama bölgesindeki tüm yol dilimlerine ait veriler değerlendirilmiş ve değerlendirilme sonucunda üç ana kritere göre her bir senaryo için güzergâhlar tespit edilmiştir. Tespit edilen güzergâhlar incelendiğinde hem VIKOR yöntemi hem de MOORA yöntemi ile elde edilen güzergâhların her bir senaryoya göre birbirine çok yakın çıktığı gözlenmiştir. Özellikle riske maruz kalacak nüfus ile terör riskinin hemen hemen aynı güzergâh ve sayısal sonuçlar verdiği, trafik kaza olasılığının ise tamamen farklı bir güzergâh ve sayısal sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Çalışmada uygulanan ÇKKV tekniklerinin birbirine yakın sonuçlar ve güzergâhlar çıkması karar vericilerin uygulamada yanıtladıkları ankete doğru ve güvenilir cevaplar verdiği ve sonuçlara bakıldığında tutarlılık gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca uygulama sonucunda iki yöntemde çıkan sonuçların hemen hemen aynı çıkmasından dolayı farklı başlangıç ve bitiş noktası seçilerek yapılan uygulamada da sonuçların yine aynı oldukları görülmüştür.

Çalışmada tehlikeli madde taşımacılığı sırasında kaza olasılığı riskini değerlendirdiğimizde Türkiye’de özellikle tehlikeli madde taşımacılığına ait kaza verilerine tam anlamıyla ulaşmak mümkün olmamaktadır. Bu kapsamda tehlikeli madde taşımacılığına ait veri eksikliğini ortadan kaldırılması maksadıyla kurumlar arasında tam bir koordinasyon sağlanmalı ve ihtiyaç duyulacak verilerin sağlanması ile ilgili olarak çalışmalar yapılması planlanmalıdır.

Çalışma ile tehlikeli madde taşımacılığında çok kriterli karar verme yöntemleri ile risk analizi yapılarak bütünleşik bir yapıda coğrafi bilgi sistemi aracılığı ile en uygun güzergâhlar bulunmuştur.



Uygulama ile önerilen bu yaklaşım, kullanılan risk analiz modelleri kapsamında ihtiyaç duyulan tüm veriler elde edildikten sonra istenilen her yerde çalışmanın yapılması mümkün olabileceği gibi karar vericilerin de dilediği kadar farklı senaryolara göre tatbik edecekleri esnek bir yapıda olacağı değerlendirilmiştir.

Çalışma mühimmat ve patlayıcıların taşınması konusunda kurumsal kültürü yüksek bir kamu kurumunda yapılmıştır. Söz konusu kamu kurumu son yıllarda Türkiye'nin güney sınırında sınır güvenliği için yapılan harekât bölgesine çok yakın bir lojistik kurumudur. Bu kapsamda değerlendirildiğinde yapılan çalışmanın ne kadar önemli olduğu görülmüştür. Türk Silahlı Kuvvetlerine bağlı birlikler, Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğü özellikle mühimmat ve patlayıcı taşımacılığı konusunda uygulanan tüm yasal düzenlemeler ve kurallardan ayrı tutulmasına ve kendi tedbirlerini almaları istenmesine rağmen mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında insan sağlığı ve çevrenin korunmasında tüm tedbirleri alınması sorumluluğundan kurtulamamışlardır.

Tehlikeli madde taşımacılığında belirlenen risk kriterlerinin ağırlıklandırılması kapsamında ileride yapılacak çalışmalara esas olmak üzere farklı ağırlıklandırma yöntemlerinin kullanılarak önem derecesi açısından sonuçlarının analiz edilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Tehlikeli madde taşımacılığında günümüze kadar yapılan çalışmalar ile literatürde yer alan diğer risk analiz modelleri esas alınarak mühimmat ve patlayıcıların taşınmasında farklı alternatif sonuçların elde edilebileceği öngörülmektedir.

Mühimmat ve patlayıcı taşımacılığı yapan kamu kurumları genel itibariyle kendi vatandaşını düşünerek tüm riskleri minimize etmeyi amaçlamışlardır. Fakat mühimmat ve patlayıcı taşıyan özel firmaların taşıma esnasında riskleri en küçüklemenin yanı sıra ortaya çıkacak maliyetleri minimize etmek ve oluşabilecek tüm kaygıları ortadan kaldıracabilecek çalışmaların yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Tehlikeli madde taşımacılığında hem ülke genelinde hem de dünyada son zamanlarda yasal düzenlemeler yapılmasına rağmen halen mevcut uygulamanın yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu yüzden taşıyıcı firmaların ve kamu kurumlarının özellikle mühimmat ve patlayıcı taşımacılığı konusundaki yasal mevzuatların uygulanmasının, taşımacılık yapan sürücülerin bilgi ve beceri düzeylerinin kontrol ve takip edilmesi, iç ve dış denetimlerle kontrol altında tutulmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Çalışma ile karar vermede kullanılan coğrafi bilgi sistemi hem zamanı ve mesafeyi hem de tüm olası riskleri en küçükleyen en uygun güzergâhları bulan, özellikle harekât zamanı istenilen yer ve zamanda mühimmat ve patlayıcı maddelerin sevk edilmesinde karar destek aracı olarak önerilmiştir. Ayrıca kolluk gücü olan kamu kurumlarının mühimmat ve patlayıcı taşımacılığı sırasında toplum üzerinde olabilecek tüm riskleri minimize eden güzergâhları kullanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmanın öncelikli olarak Türk Silahlı Kuvvetleri, Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından mühimmat ve patlayıcıların taşınmasına yönelik olarak güzergâh belirlenmesinde katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- Abkowitz, M. Lepofsky, M. Cheng, P. “Selecting criteria for designating hazardous materials highway routes”. *Transportation Research Record*, 1333: 30–35 (1992).
- ADR (2013). *Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşması* (Cilt II). Birleşmiş Milletler, 30 Ocak 2018 tarihinde [http://www.kugm.gov.tr/BLSM\\_WIYS/TMKDG/tr/Mevzuat/sozlesmeler/20130304\\_152440\\_64574\\_1\\_64896.pdf](http://www.kugm.gov.tr/BLSM_WIYS/TMKDG/tr/Mevzuat/sozlesmeler/20130304_152440_64574_1_64896.pdf) adresinden alınmıştır.
- ADR (2017). Tehlikeli madde ne demektir. *ADR Book*. 30 Ocak 2018 tarihinde <https://adrbook.com/tr/tehlikeli-maddeler-ne-demektir/s/50> adresinden alınmıştır.
- Ak, R. Bozkaya, B. “A proposed risk model and a GIS framework for hazardous materials transportation”. *IEEE, Engineering Management Conference, IEMC Europe* (2008).
- Akar, G.S. (2015). Bozulabilir Gıda Tedarik Zincirlerinde Üretim Riskleri Gözetilerek Üretim-Dağıtım Planlaması. Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Akbulut, U. (2009). *Radyoaktivite*. 02 Şubat 2018 tarihinde <http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2009/11/radyoaktivite.pdf> adresinden alınmıştır.
- Akçakanat, Ö. Eren, H. Aksoy, E. ve Ömürbek, V. 2017. Bankacılık Sektöründe Entropi ve Waspas Yöntemleri ile Performans Değerlendirmesi Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 22, 2, 285-300.
- AKÇETİN, Eyüp, 2012, Tehlikeli Madde Lojistiğinde Kalite Denetleme Sistemi ve Türkiye Örneği: İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Doktora Tezi 2012.
- Allied multi-modal Transportation of Dangerous Goods Directive, 2014.
- Alp, E. “Risk-based transportation planning practice overall methodology and a case example”. *INFOR*, 33 (1): 4–19 (1995).

- Alumur, S. Kara, B.Y. “A new model for the hazardous waste location-routing problem”. *Computers & Operations Research* 34, 1406–1423, 2007.
- Askeri Mühimmat ve Patlayıcıların Taşınmasında NATO Güvenlik Prensipleri El Kitabı 2016
- Atıcı, Kazım Barış, Ulucan, “Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımlarını ve Türkiye Uygulamaları”, *H. Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 27, Sayı 1, ss. 161-186, 2009.
- Australian Government (2016). *Hazardous Materials Management*. Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry. 30 Ocak 2018 tarihinde [https://industry.gov.au/resource/Documents/LPSDP/HazardousMaterialsManagementHandbook\\_web.pdf](https://industry.gov.au/resource/Documents/LPSDP/HazardousMaterialsManagementHandbook_web.pdf) adresinden alınmıştır.
- AVEN, T. Renn, O. 2009, On risk defined as an event where the outcome is uncertain, *Journal of Risk Research*, 12, 1-11.
- Bali, Ö. Gencer, C. (2005). “AHP, Bulanık AHP ve Bulanık Mantıkla Kara Harp Okuluna Öğretim Elemanı Seçimi.” *Journal of Defense Sciences*, 4(1), 24-43.
- Barber, E. Hildebrand, L. (1980). Guidelines for Applying Criterion to Designate Routes for Transporting Hazardous Materials. FHWA IP 1980-15, US DOT, Washington D. C. 25 Haziran 2018 tarihinde <https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/PB95256004.xhtml> adresinden alınmıştır.
- Barilla, D. Leonardi, G. Puglisi, A. “Risk assessment for hazardous materials transportation”. *Applied Mathematical Sciences*, 3 (46): 2295- 2309 (2009).
- Barrot J.(2012) European Best Practise Guidelines on Cargo Securing for Road Transport, European Commission Directorate-General For Energy and Transport.
- Başarsoft, “MapInfo Professional eğitim kitabı”, *Renk Form Ofset Matbaacılık*, Ankara, 9-13 (2011).
- Batta, R. Chiu, S.S. “Optimal obnoxious paths on a network: Transportation of hazardous materials”. *Operations Research*, 36 (1): 84–92 (1988).

- Berman, O. Verter, V. & Kara B.Y. “**Designing Emergency Response Networks for Hazardous Materials Transportation**”. *Computers & Operations Research*, 34, 1374–1388, 2007.
- Bonvicini, S. Spadoni, G. “**A hazmat multi-commodity routing model satisfying risk criteria: A case study**”. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 21, 345–358, 2008.
- Brauers W. K. M. Zavadskas E. K. The MOORA Method and Its Application to Privatization in A Transition Economy, *Control and Cybernetics*, 2006, **35**(2), 446-466.
- Cabala, P. (2010). Using The Analytic Hierarchy Process in Evaluating Decision Alternatives. *Operations Research and Decisions*, 1, 5-23.
- Cappanera, P. Nonato, M. “**The Gateway Location Problem: a cost oriented analysis of a new risk mitigation strategy in Hazmat Transportation**”. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 111, 918 – 926, 2014.
- Castillo J. E. A. “Route optimization for hazardous materials transport”, Thesis submitted to the International Institute for Geo-information Science and Earth Observation”, *Master of Science in Urban Planning and Land Administration*, The Netherlands (2004).
- CGA. 2003. Handbook Of Compressed Gases. 4. Norwell: Kluwer Academic <publishers, 2003. COMPRESSED GAS ASSOCIATION. 0-412-78230-8.
- Chakrabarti, U.K. & Parikh, J.K. “**Route evaluation for hazmat transportation based on total risk e A case of Indian State Highways**”. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 24, 524e530, 2011.
- Chakrabarti, U.K. & Parikh, J.K. “**Route risk evaluation on class-2 hazmat transportation**”. *Process Safety and Environmental Protection* 8 9, 248–260, 2011.
- Chakraborty, S. Bhattacharyya, O. Zavadskas, E. K. Antucheviciene, J. 2015. Application of WASPAS Method as an Optimization Tool in Non-traditional Machining Processes, *Information Technology and Control*.1,44, 77-88.

- Chandran B. Golden B. Wasil E. (2005), Linear Programming Models for Estimating Weights in The Analytic Hierarchy Process. *Computers and Operations Research*, 32(9), 2235-2254.
- Chu, Mei Tai, Shyu, Joseph, Tzeng, Gwo Hshiong, Khosla, Rajiv:“Comparison Among Three Analytical Methods for Knowledge Communities Group Decision Analysis”, *Expert Systems with Applications*, 33(4), 1011-1024, 2007.
- Dağdeviren, M. Akay, D. Kurt, M. “ İş değerlendirme sürecinde analitik hiyerarşi prosesi ve uygulaması”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 131-138 (2004).
- Dağdeviren, M. Yavuz, S. Kılınç, N. “**Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment**”. *Expert Sistemse with Applications*, 36, 8143-8151, 2009.
- Değ, B. Bairagi, B. Sarkar, B. ve Sanyal, S.K. (2016). Warehouse Location Selection by Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methodologies Based on Subjective and Objective Criteria, *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 11:4, 262-278, DOI: 10.1080.
- DELISI, S. M. (2006): Hazardous Materials Incidents: Surviving the Initial Response, ISBN: 978-1-59370-071-3, Pen Well Press, Oklahoma.
- Desai, S. & Lim, G. “**Solution Time Reduction Techniques of a Stochastic Dynamic Programming Approach for Hazardous Material Route Selection Problem**”, *Computers & Industrial Engineering* Accepted Date: 1 May 2013.
- Emhan A. 2009, Risk Yönetim Süreci ve Risk Yönetmekte Kullanılan Teknikler, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt:23, Sayı:3, 209).
- Erdal, H. (2018). Tehlikeli Madde Taşımacılığı Güzergâh Seçimi Problemi İçin Stokastik Bir Risk Analizi, *Anemon Mul Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 6, 6, 935-943.
- Erden, T. Coşkun, M. Z. İpbüker, C. “CBS’de ağ analizi ve ulaşım problemleri”, *Harita Dergisi*, 129: 16-31 (2003).

- Erkut E. Tjandra, A.S. & Verter, V. “**Hazardous Materials Transportation**”, Handbook in OR & MS, Vol. 14, 2007.
- Erkut, E. Alp, O. “Integrated routing and scheduling of hazmat trucks with stops en-route”, *Transportation Science*, 41 (1): 107-122 (2007).
- Erkut, E. Ingolfsson, A. (2005). Transport Risk Models for Hazardous Materials: Revisited. *Elsevier-Operations Research Letters*, 33, 81-89.
- Erkut, E. Ingolfsson, A. “Catastrophe avoidance models for hazardous materials route planning”. *Transportation Science*, 34 (2): 165–179 (2000).
- Erkut, E. Verter, V. (1998). Modeling of Transport Risk for Hazardous Materials. *Operations Research*, 46 (5), 625-642.
- Ertuğrul, İrfan, Karakaşoğlu, Nilsen: “Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Değerlendirilmesi”, Endüstri Mühendisliği Dergisi YA/EM 2008 Özel Sayısı, Cilt: 20 Sayı: 1 Sayfa: (19-28), 2008.
- Fabiano, B. & Palazzi, E. “**Hazmat transportation by heavy vehicles and road tunnels: a simplified modeling procedure to risk assessment and mitigation applied to an Italian case study**”. International Journal Of Heavy Vehicle Systems, Volume: 17 Issue: 3-4 Special Issue: SI Pages:216-236, 2010.
- Fabiano, B. Curro, F. Palazzi, E. Pastorino, R. (2002). A Framework for Risk Assessment and Decision-Making Strategies in Dangerous Good Transportation. *Journal of Hazardous Materials*, 1 (93), 1-15.
- Göktürk, İmre Ferah, Eryılmaz, Avni Yücel, Yörür, Bahadır, Yuluğkural, Yıldız: “Bir İşletmenin Tedarikçi Değerlendirme ve Seçim Probleminin Çözümünde ANP ve VIKOR Yöntemlerinin Kullanılması”, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2011.
- Görçün, Ö. F. Erdal, M. “Tehlikeli madde lojistiği ve is güvenliği”. *Beta Yayıncılık*, İstanbul (2010).

- Göztepe, K. Bali, Ö. (2014). Tehlikeli Madde Taşımacılığında Risk Değerlendirmesi İçin Bir İndeks Geliştirilmesi. *III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, Trabzon, 672-679.
- Gül, E. ve Eren, T. 2017. Lojistik Dağıtım Ağ Problemlerinde Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ve Hedef Programlama ile Depo Seçimi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*. 01, 1-13.
- Gülenç, İ.F. Bilgin, G.A. (2010). Yatırım Kararları İçin Bir Model Önerisi: AHP Yöntemi. *Kocaeli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(34), 97-107.
- Gzara, F. “**A cutting plane approach for bilevel hazardous material transport network design**”. *Operations Research Letters* 41, 40–46, 2013.
- H.J. Klimisch, R. Bretz, J. E. Doe, D.A. Purser, (1987), “Classification of dangerous substance and pesticides in the European Economic Community directives: A proposed revision og criteria for inhalition toxicty” *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, Volume 7, Issue 1, March.
- Hazmat Intelligence Portal, U.S. Department of Transportation, 29/05/2020
- Hodgett, R.E. (2016). Comparison of Multi-Criteria Decision-Making Methods for Equipment Selection, *Int J Adv Manuf Technol*. 85, 1145–1157. DOI 10.1007
- <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/5Bolge> Erişim tarihi 08 Mayıs 2020)
- [https://www.logitransport.com/media/files/TIR\\_tipleri\\_ve\\_Olculeri](https://www.logitransport.com/media/files/TIR_tipleri_ve_Olculeri) Erişim tarihi: 1 Haziran 2020).
- [https://www.logitransport.com/media/files/TIR\\_tipleri\\_ve\\_Olculeri](https://www.logitransport.com/media/files/TIR_tipleri_ve_Olculeri) Erişim tarihi: 1 Haziran 2020).
- IMO. (2010a): International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code 2010 Edition Volume I (Cilt I), ISBN: 978-92-801-1513-0, International Maritime Organization Publication, London.



- James W. Snyder (2002). "Packaging and Shipping of Infectious Substances", Clinical Microbiology Newsletter, Volume 24, Issue 12,15 June.
- Jassbi, J. Makvandi, P. "Route selection based on soft MODM framework in transportation of hazardous materials". *Applied Mathematical Sciences*, 4 (63): 3121-3132 (2010).
- Juiping Xu, Jun Gang, & Xiao Lei, "**Hazmat Transportation Network Design Model with Emergency Response under Complex Fuzzy Environment**". Hindawi Publishing Cooperation Mathematical Problems in Engineering, Vol. 2013.
- KALKAN, M.E, 2012, Karayolu Tehlikeli Madde Taşımacılığında Yerleşim Alanı Riski, Yüksek Lisans Tezi.
- Kara, B.Y. Verter, V. "Designing a road network for hazardous materials transportation". *Transportation Science*, 38 (2): 188–196 (2004).
- Karabıçak, Ç. Boyacı, A.Ğ. Akay, M.K., Özcan, B. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Karayolu Şantiye Yeri Seçimine İlişkin Bir Uygulama. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13, 106-121.
- Karabulut ve Akünel, 2014, "**Karayolu Akaryakıt Taşımacılığı İçin Coğrafi Bilgi sistemleri Destekli Risk Analizi Ege Bölgesi Örneği**", Ankara, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- Karaca, T. 2011 Proje Yönetiminde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerini Kullanarak Kritik Yolun Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 117 s.
- Karande, P. Chakraborty, S. (2014). A Facility Layout Selection Model Using MACBETH Method. Proceedings of The 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Bali, Indonesia, January 7- 9, 17-26.
- Kaya, Pınar, İpekçi Çetin, Emre, Kuruüzüm, Ayşe: "Çok Kriterli Karar Verme ile Avrupa Birliği ve Aday Ülkelerin Yaşam Kalitesinin Analizi", *Ekonometri ve İstatistik Sayı:13* (12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı), 80–94, 2011.

- Kazantzi, V. Kazantzis, N.& Gerogiannis, V.C. “**Risk informed optimization of a hazardous material multi-periodic transportation model**”. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 24, 767e773, 2011.
- Keenan P. “Spatial decision support systems for vehicle routing”, *Decision Support Systems*, 22 (1): 65-71 (1998).
- Kheirkhah, A.S. Esmailzadeh, A. & Ghazinoory, S. “**Developing strategies to reduce the risk of hazardous materials transportation in Iran using the method of fuzzy swot analysis**”. Transport, 24(4):325-332, 2009.
- KKKT 315-3 Mühimmat Kataloğu 2009.
- KKTT 9-1300-1-20 (A) **Mühimmatın Depolanması ve Emniyet Standartları** Ankara, K.K. Basımevi ve Basılı Evrak Depo Müdürlüğü, 2020.
- KKYY 55-1-2 **Tehlikeli Madde Taşımacılığı Uygulama Esasları** Ankara, K.K. Basımevi ve Basılı Evrak Depo Müdürlüğü, 2010.
- Kuru, Ayşegül, Akın, Besim: Entegre Yönetim Sistemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanımına Yönelik Yaklaşımlar ve Uygulamaları”, Öneri.C10.S38, 129-144, 2012.
- Kutlu, B. S. Abalı, Y. A. ve Eren, T. 2012. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Seçmeli Ders Seçimi, Sosyal Bilimler Dergisi. 2, 2
- Küçük, Ö. (2015). *Tehlikeli Maddelerin Taşınmasında Çok Tipli Bir Model Önerisi ve Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Li, R. & Leung, Y. “**Multi-objective route planning for dangerous goods using compromise programming**”. J Geogr Syst, 13:249–271, 2011.
- Li, R. Leung, Y. Huang, B. Lin, H. “A genetic algorithm for multiobjective dangerous goods route planning”, *International Journal of Geographical Information Science*, 27 (6): 1073–1089 (2013).

- Liu, H. X. Zhou, X. Yang, J.R. (2006). Fuzzy Synthetic Evaluation Model Of Transportation Routes Of Dangerous Goods. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. 1 (6), 80-82.
- LOWRANCE W. 1976, Of acceptable risk-science and determination of safety, William Kaufmann Inc.
- Lucio Bianco L. Caramia, M. & Giordani, S. “**A Bilevel Flow Model for Hazmat Transportation Network Design**”. *Transportation Research Part C*, 17, 175–196, 2009.
- Mahmoudabadi, A. Seyedhosseini, S.M. “**Developing a chaotic pattern of dynamic Hazmat routing problem**”. *IATSS Research* 37,110–118, 2014.
- Martin W.F. Lippitt J.M.Webb P.S. (2000) “Hazardous Waste Transportation Safety”. *Hazardous Waste Handbook*.
- Michael G. & H. Bell, “**Mixed Routing Strategies for Hazardous Materials: Decision-Making Under Complete Uncertainty**”. *International Journal of Sustainable Transportation*, 1:133–142, 2007.
- NATO Guidelines For The Storage Of Military Ammunition And Explosives, 2018.
- Opricovic, Serafim, Tzeng, Gwo Hshiong: “Extended VIKOR Method in Comparison with Other Outranking Methods”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 178, 514-529, 2007.
- OTIF. (2018). *Dangerous Goods*. 28 Ocak 2018 tarihinde [http://otif.org/en/?page\\_id=112](http://otif.org/en/?page_id=112) adresinden alınmıştır.
- Önder, G. Önder, E. (2015). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa: Dora Yayıncılık.
- Öztekin, A. “LNG karayolu taşımacılığında çevresel risk değerlendirmesi”. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2010).
- Panwhar, S. T. Pitt R. Anderson, M. D. “Development of a GIS-Based Hazardous Materials Transportation Management System”, *UTCA Project 99244*, University Transportation Center for Alabama. Alabama, (2000).

- Pijawka, K.D. Foote, S. Soesilo, A. Scanlon, R.D. Cantilli, E.J. “Improving transportation of hazardous materials through risk assessment and routing”. Technical Report PB-86-112471/XAB; TRB/TRR-1020, National Research Council, Washington, DC (USA), *Transportation Research Board* (1985).
- ReVelle, C. Cohon, J. Shobrys, D. “Simultaneous siting and routing in the disposal of hazardous wastes”. *Transportation Science*, 25 (2): 138–145 (1991).
- Ronza, A. Vilchez, J.A. & Casal, J. “**Using Transportation Accident Databases to Investigate Ignition and Explosion Probabilities of Flammable Spills**”. Journal of Hazardous Materials, 146, 106–123, 2007.
- Ruifang, M. “Environmental risk assessment model on dangerous goods in logistics”. ICLEM 2010, *Logistics for Sustained Economic Development*, 2026-2032 (2010).
- Saaty, T. L. ”The analytic hierarchy and analytic network processes”, **MCDM XV-th International Conference**, Ankara, Turkey, (2000).
- Saaty, T. L., “The analytic hierarchy process”, *McGraw-Hill International Book Company*, USA, (1980).
- Saaty, T.L. “The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process”. In Proceedings of the 15th Int’l Conf on Multiple Criteria Decision Making (MCDM), **Springer**, NY, 1-15 (2001).
- Saccommanno, F. Chan, A. “Economic evaluation of routing strategies for road shipments”. *Transportation Research Record*, 1020: 12– 18 (1985).
- Samanlioglu, F. “**A multi-objective mathematical model for the industrial hazardous waste location-routing problem**”. European Journal of Operational Research, 226, 332–340, 2013.
- Shen, X. Xie, C. Liu, H. & Qui, Z. “**Model and Algorithm for Routing and Scheduling Problem in Hazardous Materials Transportation Network**”, Journal of Networks, Vol. 8, No. 5, 2013.
- Sivakumar, R.A. Batta, R. Karwan, M.H. “A network-based model for transporting extremely hazardous materials”. *Operations Research Letters*, 13 (2): 85–93 (1993).

- Sultana, I. Ahmed, I. Azeem, A. (2015). An Integrated Approach for Multiple Criteria Supplier Selection Combining Fuzzy DELPHI, Fuzzy AHP & Fuzzy TOPSIS. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 29, 1273-1287.
- Supçiller, Aliye Ayça, Çapraz,“AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedrikçi Seçimi Uygulaması”, *Ekonometri ve İstatistik Sayı:13* (12.Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı), 2011.
- Şahin, S. ve Erol, S. “**Mühimmat Taşımacılığında Güzergâh Belirlemesi ve Uygulaması**”, Ankara, Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- Tecim, V. “Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulama alanları”, **İlkem Ofset Basım Yayın**, İzmir (2001).
- Thierheimer, W. Tane, N. Gruia, R. Gaceu, L. Thierheimer, D. Ola, D.Cojocar, V. Clinciu, M. “Risk arising from trafnsport activities”. *Environmental Engineering and Management Journal*, 9 (12): 1667-1670 (2010).
- Toumazis, I. & Kwon, C. “**Routing hazardous materials on time-dependent Networks using conditional value-at-risk**”, *Transportation Research Part C*, 37, 73–92, 2013.
- U.S. Department of Transportation “Emergency Response Guidebook, A Guidebook for First Responders During the Initial Phase of a Dangerous Goods/Hazardous Materials Transportation Incident” *pdf* (2016).
- UN. (2011a): Recommendations On The Transport Of Dangerous Goods: Model Regulations Volume I (17. Baskı) ( Cilt I), ISBN: 978-92–1–139141–1, United Nations Publication, New York and Geneva.
- UN. 2011b. Recommendations On The Transport Of Dangerous Goods: Model Reguations Volume I.17. New York Ande Geneva United Nations, 2011b. S.i-429. CiltI.978-92-1-139141-1.
- UNITED NATIONS (UN), (2012); European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods By Road (ADR), Voume II, New York and Genova, 978-92-1-055476-3, s: 314-318.

UTIKAD. (2010). *ADR Konvansiyonuna Taraf Olduk da Ne Oldu? Veya Welcome To The Club*. 30 Ocak 2018 tarihinde <http://www.utikad.org.tr/haberler/?id=7074> adresinden alınmıştır.

Ümit, H. Kara, B.Y. “Büyük ölçekli bir tehlikeli madde taşımacılığının coğrafi bilgi sistemleri tabanlı analizi: Shell Türkiye örneği”. *Yöneylem Arastırma Dergisi*, 15 (2003).

Vassilev, V. Genova, K. Vassileva, M. (2005). A Brief Survey of Multi Criteria Decision Making Methods and Software Systems. **Cybernetics and Information Technologies**, 5(1), 3-13.

Verma, M. “**A cost and expected consequence approach to planning and managing railroad transportation of hazardous materials**”. *Transportation Research Part D* 14, 300–308, 2009.

Verma, M., “**Railroad transportation of dangerous goods: A conditional exposure approach to minimize transport risk**”. *Transportation Research Part C* 19, 790–802, 2011.

Verter, V. Kara, B.Y. “A GIS-based framework for hazardous Materials transport risk assessment”. *Risk Analysis*, 21 (6): 1109–1120 (2001).

Voke R. (2000) “Transport of Dangerous Goods, A Short Guide to the International Regulations” *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 78, Issue 2. March.

Wang Y. Liu J. Elhag T. (2008). An Integrated AHP-DEA Methodology for Bridge Risk Assessment. *Computers & Industrial Engineering*, 54(3): 513-525.

Williams, C. A. Heins, R. M. 1985, *Risk Management and Insurance*, McGraw- Hill, 7-9.

[www.bizimosgb](http://www.bizimosgb), 2016

[www.egm.gov.tr](http://www.egm.gov.tr) (Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) İnternet Sitesi)

[www.kgm.gov.tr](http://www.kgm.gov.tr) Erişim tarihi 06 Mayıs 2020)

[www.tehlikelimaddetasimaciligi.org](http://www.tehlikelimaddetasimaciligi.org) erişim tarihi 10 Mayıs 2020)”

- Xie, Y. Lu, W. Wang, W. & Quadrifoglio, L. “**A multimodal location and routing model for hazardous materials transportation**”. *Journal of Hazardous Materials* 227–228, 135– 141, 2012.
- Yıldırım, S., “Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ürün Tasarımı Geliştirilmesi: Taguchi Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- Yılmaz Z. (2015) “Tehlikeli Madde Taşımacılığında Riski De Dikkate Alan Cbs Temelli Dinamik Güzergâh Belirleme” Doktora Tezi Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü.
- Yomralıoğlu, T. “Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar”, İber Ofset, Trabzon, 45-58 (2009).
- Zhang, J.J. Hodgson, J.& Erkut, E, “**Using GIS to Assess the Risks of Hazardous Materials Transport in Networks**”, *European Journal of Operational Research*, 121 (2), 316–329, 2000.
- Zografos, K.G. & Androusoyopoulos, K.N. “**A decision support system for integrated hazardous materials routing and emergency response decisions**”. *Transportation Research Part C* 16, 684–703, 2008.
- Zopounidis, C. Doumpos, M. (1997). A Multi Criteria Decision Aid Methodology for The Assessment of Country Risk. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 3(3), 13-33.
- Zopounidis, C. Doumpos, M. (1999). A Multi Criteria Decision Aid Methodology for Sorting Decision Problems: The Case of Financial Distress. *Computational Economics*, 14: 197-218.
- Zoran, D. Sasa, M. Dragi, P. (2011). Application of The AHP Method for Selection of a Transportation System in Mine Planning. *Underground Mining Engineering*, 19, 93-99.





## 6. EKLER

### Ek 1. Ana Kriterlerin Değerlendirme Anketi

#### TEHLİKELİ MADDE TAŞIMACILIĞINDA RİSK ANALİZİ YAPILARAK COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ İLE GÜZERGÂH BELİRLENMESİ ANKETİ

Bu çalışmada, coğrafi bilgi sistemi yardımıyla mühimmat ve patlayıcı maddelerin taşınmasını yapacak kamu kurumuna, tüm faktörleri (zaman, mesafe, nüfus, trafik yoğunluğu, kaza olasılığı ve terör riski) dikkate alarak mühimmat ve patlayıcı maddeler için en uygun güzergâhları bulabilen şebeke tasarımını içeren bir karar destek sistemi önerilmesi amaçlanmaktadır. Bir kamu kurumunda yapılacak olan tehlikeli madde taşımacılığında risk analizi yapılarak coğrafi bilgi sistemi ile güzergâh belirlenmesine yönelik olacak olan bu çalışma, ileride kamu kurum ve kuruluşlarında yapılacak olan tehlikeli madde taşımacılığına yön vermesi planlanmaktadır. Tehlikeli madde taşımacılığında güzergâh belirlenmesi literatürde karşılaşılan çeşitli kriterlerin AHP yönteminin kullanılarak bir arada değerlendirilmesini gerektiren çok kriterli bir karar problemi olarak ele alınmıştır. Aşağıda belirtilen bu kriterleri, kendi aralarında karşılaştırmasını yaparak Analitik Hiyerarşi Sürecine göre değerlendiriniz. Katkınızdan ötürü teşekkür ederim.

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus																		Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus																		Terör/Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı																		Terör/Sabotaj

Söz konusu çizelgeyi aşağıda belirtilen karar kriterlerine göre ikili karşılaştırmalarda kullanılan skalaya göre cevaplayınız. Bu skala ile kara kriterleri her bir karar kriterine göre ayrı ayrı ikili karşılaştırmalar neticesinde 1 ile 9 arasında bir değerle analiz edilmelidir. Her

bir karar verici için hangi değer kendisine yakın ise o yönde değerlendirmede bulunulmalıdır.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derece Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve yargılara göre bir faktör diğerine göre <b>biraz daha önemlidir</b>
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör değerinden <b>kuvvetle</b> daha önemlidir
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre <b>yüksek derecede kuvvetle tercih</b> edilmektedir
9	Mutlak Derecede Önemli	Faktörlerden biri <b>diğerinden çok yüksek derecede önemlidir</b>
2,4,6,8	Ara Değerleri Temsil Etmektedir	İki faktör arasındaki tercihte küçük farklar olduğunda kullanılır

## Ek 2. Karayolu Katmanı Tablosunun İlk Görüntüsü

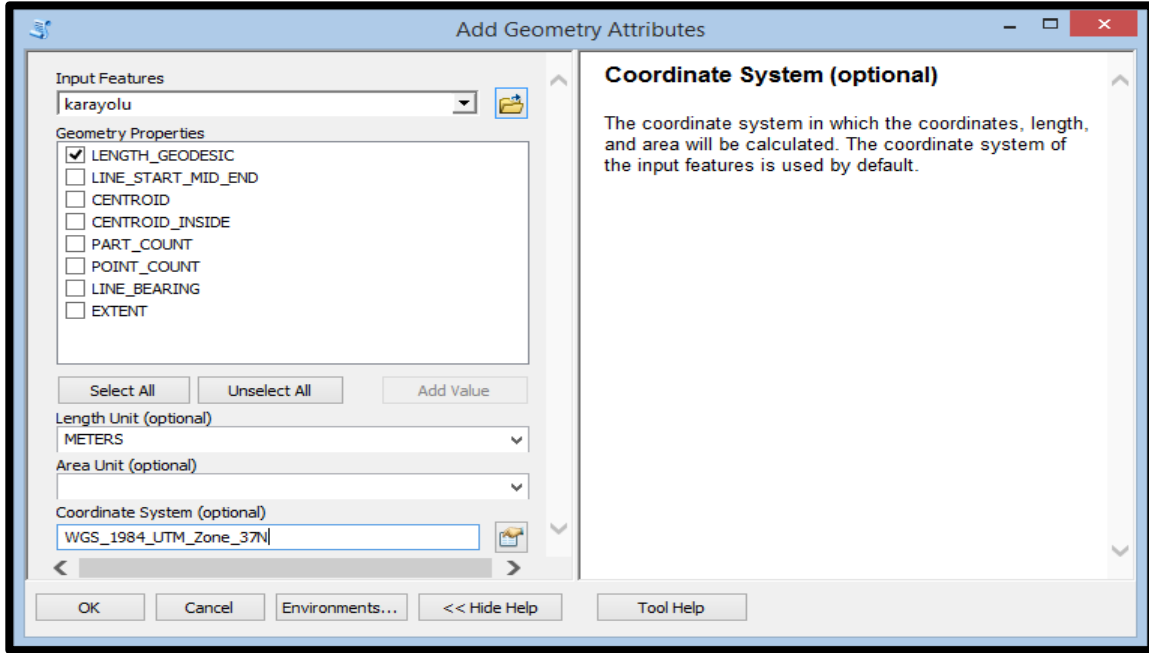
FID	Shape *	code	fclass	name	ref	oneway	maxspeed	layer	bridge	tunnel
2055	Polyline	5113	primary			B	0	0	F	F
2056	Polyline	5111	motorway	Ceyhan-İskenderun Otoyolu	O-53	F	0	0	F	F
2057	Polyline	5111	motorway	Ceyhan-İskenderun Otoyolu	O-53	F	0	0	F	F
2058	Polyline	5113	primary			B	0	0	F	F
2059	Polyline	5111	motorway	Ceyhan-İskenderun Otoyolu	O-53	F	0	1	T	F
2060	Polyline	5113	primary	Gaziantep-Antakya yolu	D825	F	0	0	F	F
2061	Polyline	5111	motorway	Ceyhan-İskenderun Otoyolu	O-53	F	0	1	T	F
2062	Polyline	5113	primary			F	0	0	F	F
2063	Polyline	5113	primary	Gaziantep-Antakya yolu	D825	F	0	0	F	F
2064	Polyline	5113	primary	Gaziantep-Antakya yolu	D825	F	0	1	T	F
2065	Polyline	5113	primary			F	0	0	F	F
2066	Polyline	5113	primary	Gaziantep-Antakya yolu	D825	B	0	1	T	F

karayolu

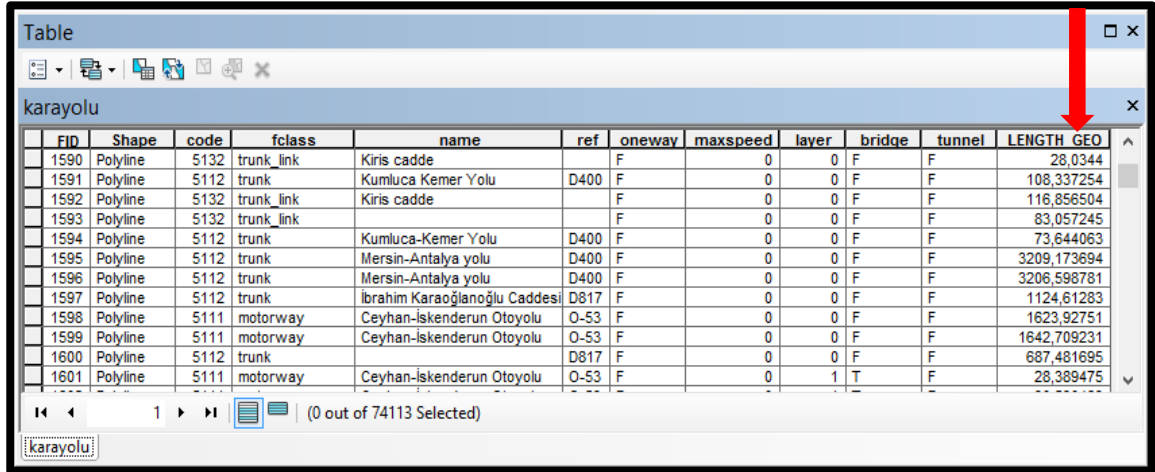
1 (0 out of 74113 Selected)

karayolu

### Ek 3. Coordinate System (Optional) Bölümü Ekran Görüntüsü



#### Ek 4. Length-Geo Sütununun Metre Cinsinden Gösterilmesi

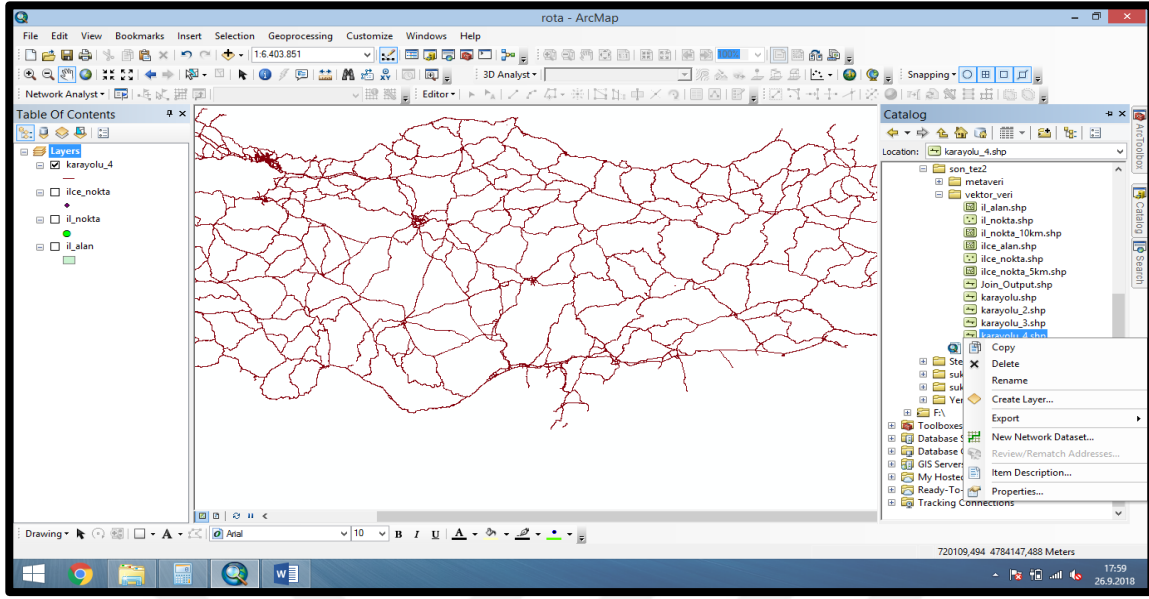


The screenshot shows a software window titled 'Table' with a toolbar and a table of road data. The table has columns for FID, Shape, code, fclass, name, ref, oneway, maxspeed, layer, bridge, tunnel, and LENGTH\_GEO. A red arrow points to the 'LENGTH\_GEO' column header. The table contains 12 rows of data, including road names like 'Kiris cadde', 'Kumluca Kemer Yolu', and 'Ceyhan-Iskenderun Otoyolu'.

FID	Shape	code	fclass	name	ref	oneway	maxspeed	layer	bridge	tunnel	LENGTH_GEO
1590	Polyline	5132	trunk_link	Kiris cadde		F	0	0	F	F	28,0344
1591	Polyline	5112	trunk	Kumluca Kemer Yolu	D400	F	0	0	F	F	108,337254
1592	Polyline	5132	trunk_link	Kiris cadde		F	0	0	F	F	116,856504
1593	Polyline	5132	trunk_link			F	0	0	F	F	83,057245
1594	Polyline	5112	trunk	Kumluca-Kemer Yolu	D400	F	0	0	F	F	73,644063
1595	Polyline	5112	trunk	Mersin-Antalya yolu	D400	F	0	0	F	F	3209,173694
1596	Polyline	5112	trunk	Mersin-Antalya yolu	D400	F	0	0	F	F	3206,598781
1597	Polyline	5112	trunk	ibrahim Karaoğlanoğlu Caddesi	D817	F	0	0	F	F	1124,61283
1598	Polyline	5111	motorway	Ceyhan-Iskenderun Otoyolu	O-53	F	0	0	F	F	1623,92751
1599	Polyline	5111	motorway	Ceyhan-Iskenderun Otoyolu	O-53	F	0	0	F	F	1642,709231
1600	Polyline	5112	trunk		D817	F	0	0	F	F	687,481695
1601	Polyline	5111	motorway	Ceyhan-Iskenderun Otoyolu	O-53	F	0	1	T	F	28,389475



## Ek 5. New Network Dataset Ekran Görüntüsü

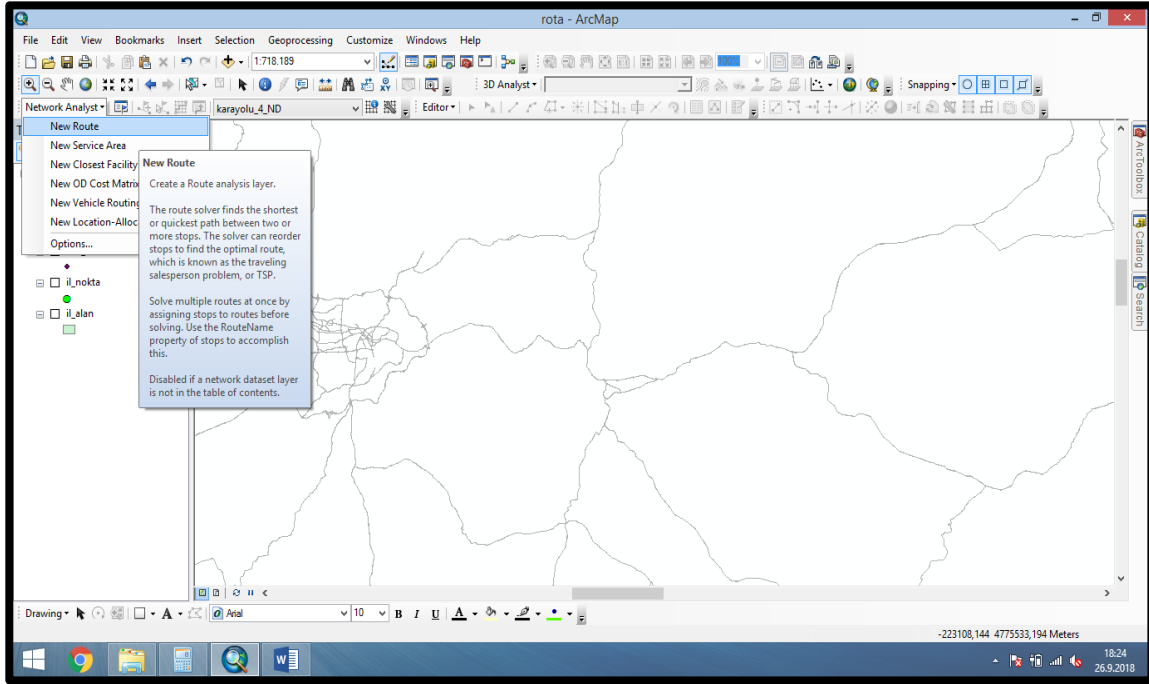


Ek 6. Add New Attribute Görüntüsü

The image shows a dialog box titled "Add New Attribute" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and options:

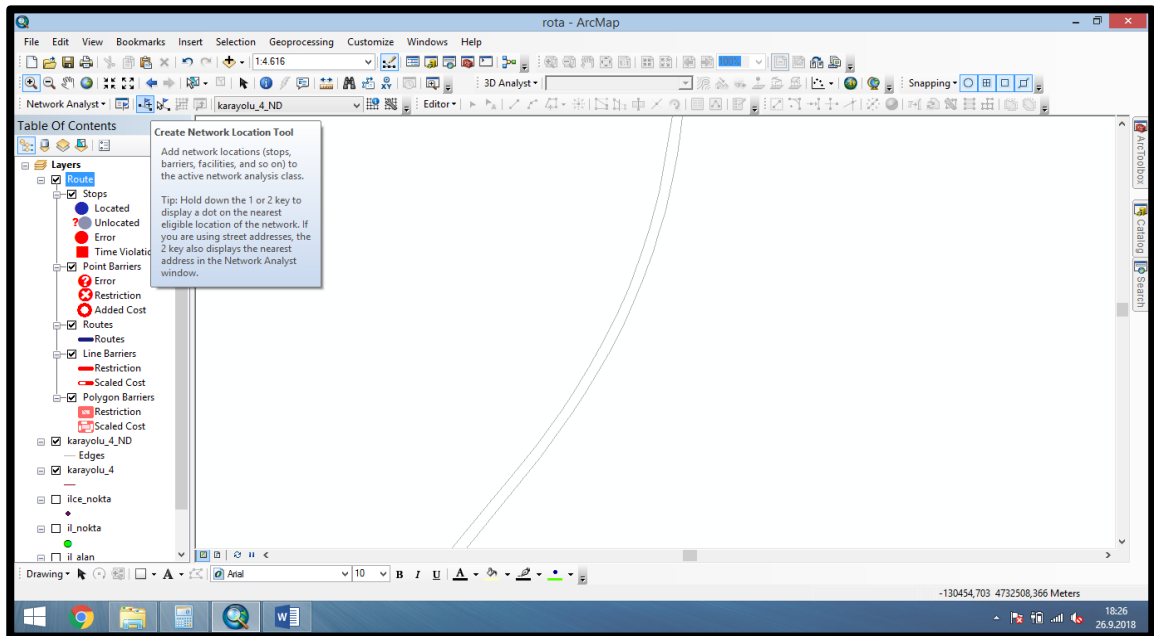
- Name:** A text input field containing "LENGTH\_GEO".
- Usage Type:** A dropdown menu with "Cost" selected.
- Units:** A dropdown menu with "Meters" selected.
- Data Type:** A dropdown menu with "Double" selected.
- Restriction Usage:** A dropdown menu with "Prohibited" selected.
- Use by Default
- OK** button
- Cancel** button

## Ek 7. Network Analyst ve New Route Görüntüsü





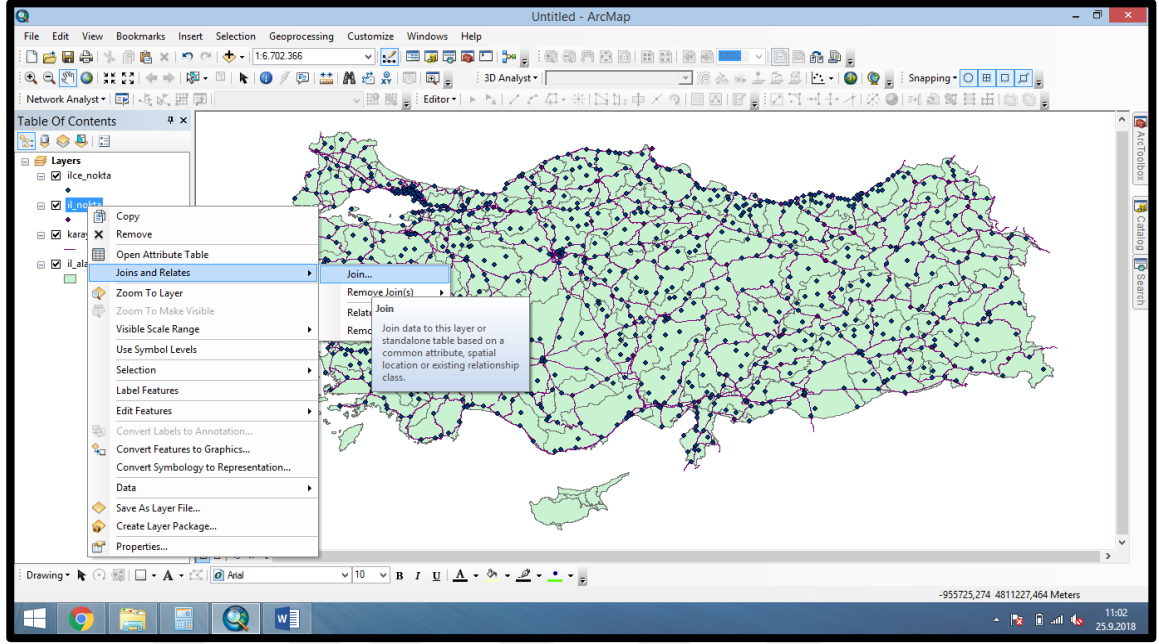
## Ek 8. Creat Network Location Tool



Ek 9. Zamanın Hesaplanması

ref	oneway	maxspeed	layer	bridge	tunnel	LENGTH_GEO	hiz	zaman	nufus	kaza sayi
O-52	F	0	0	F	F	4847,025469	120	145,410	0	739
D300	F	0	0	F	F	4846,150634	110	158,601	0	179
D360	F	0	0	F	F	4846,015381	50	348,913	5860	68
O-52	F	0	0	F	F	4845,079272	120	145,352	0	739
D825	F	0	0	F	F	4845,009821	90	193,800	0	354
D350	F	110	0	F	F	4844,927393	110	158,561	0	996
D 300	F	0	0	F	F	4840,893585	50	348,544	16150	594
D696	F	0	0	F	F	4840,26168	50	348,498	218014	4325
D950	F	0	0	F	F	4837,828616	110	158,328	0	192
D950	F	0	0	F	F	4837,565624	110	158,320	0	192
D 975	B	90	0	F	F	4837,061099	90	193,482	0	93
O-52	F	0	0	F	F	4836,958677	120	145,108	0	739

## Ek 10. Nüfusa Göre İl ve İlçe Nokta Katmanlarının Gösterilmesi



## Ek 11. CBS'ye İl ve İlçe Nüfus Verilerinin Girilmesi

**Join Data**

Join lets you append additional data to this layer's attribute table so you can, for example, symbolize the layer's features using this data.

What do you want to join to this layer?  
Join attributes from a table

1. Choose the field in this layer that the join will be based on:  
İl\_Adi

2. Choose the table to join to this layer, or load the table from disk:  
'23055'  
 Show the attribute tables of layers in this list

3. Choose the field in the table to base the join on:  
YERLESİM

**Join Options**

Keep all records  
All records in the target table are shown in the resulting table. Unmatched records will contain null values for all fields being appended into the target table from the join table.

Keep only matching records  
If a record in the target table doesn't have a match in the join table, that record is removed from the resulting target table.

Validate Join

About joining data

OK Cancel

**Table**

ilce\_nokta

FID	Shape	İl Adı	İlçe Adı	hiz ilçe	nufus ilçe
0	Point	ADANA	SEYHAN	50	800387
1	Point	ADANA	YÜREĞİR	50	424999
2	Point	ADANA	ALADAĞ	50	15896
3	Point	ADANA	CEYHAN	50	160616
4	Point	ADANA	FEKE	50	16572
5	Point	ADANA	İMAMOĞLU	50	28405
6	Point	ADANA	KARASALI	50	21189
7	Point	ADANA	KARATAŞ	50	22098
8	Point	ADANA	KOZAN	50	130456

1 (0 out of 919 Selected)

ilce\_nokta



Ek 13. Diğer KV'lerin Değerlendirme Anketine Verdiği Cevaplar

**KV-2, KV-3, KV-4, KV-5, KV-6'nın Barış Şartlarında Ankete Verdiği Yanıtlar**

**KV-2'nin Anket Yanıtları**

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus															X			Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus													X					Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı										X								Terör/ Sabotaj

**KV-3'ün Anket Yanıtları**

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus			X															Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus					X													Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı									X									Terör/ Sabotaj

**KV-4'ün Anket Yanıtları**

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus		X																Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus				X														Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı								X										Terör/ Sabotaj

### KV-5'in Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı									X									Terör/ Sabotaj

### KV-6'nın Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus							X											Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı							X											Terör/ Sabotaj

### KV-1,2,3,4,5 ve 6'nın Kriz ve Gerginlik Şartlarında Ankete Verdiği Yanıtlar

### KV-1'in Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus					X													Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus													X					Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı															X			Terör/ Sabotaj

### KV-2'nin Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus															X			Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus																	X	Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı										X								Terör/ Sabotaj

### KV-3'ün Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus					X													Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı			X															Terör/ Sabotaj

### KV-4'ün Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı									X									Terör/ Sabotaj



### KV-5'in Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı									X									Terör/ Sabotaj

### KV-6'nın Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus							X											Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı							X											Terör/ Sabotaj

### KV-1,2,3,4,5 ve 6'nın Savaş Şartlarında Ankete Verdiği Yanıtlar

### KV-1'in Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus													X					Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus														X				Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı										X								Terör/ Sabotaj

### KV-2'nin Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus																	X	Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı																	X	Terör/ Sabotaj

### KV-3'ün Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus										X								Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus																	X	Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı																	X	Terör/ Sabotaj

### KV-4'ün Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus							X											Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı				X														Terör/ Sabotaj

### KV-5'in Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus							X											Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı				X														Terör/ Sabotaj

### KV-6'nın Anket Yanıtları

Daha Önemli Kriter									Eşit Önemde	Daha Önemli Kriter								
Kriter	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriter
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus									X									Trafik Kaza Olasılığı
Riske Maruz Kalacak Olan Nüfus							X											Terör/ Sabotaj
Trafik Kaza Olasılığı							X											Terör/ Sabotaj

Ek 14. Diğer KV'lerin Her Üç Senaryoya Göre Ana Kriterlere Ait Karşılaştırma Matrisleri

**KV-2 (Barış Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	0,142857143	0,2
K2	7	1	0,5
K3	5	2	1
Toplam	13,0000000	3,1428571	1,7000000

**KV-3 (Barış Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	8	5
K2	0,142857143	1	1
K3	0,2	1	1
Toplam	1,3428571	9,0000000	7,0000000

**KV-4 (Barış Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	8	6
K2	0,125	1	2
K3	0,166666667	0,2	1
Toplam	1,2916667	9,2000000	9,0000000

**KV-5 (Barış Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	1
K2	1	1	1
K3	1	1	1
Toplam	3,0000000	3,0000000	3,0000000

**KV-6 (Barış Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	3
K2	1	1	3
K3	0,333333333	0,333333333	1
Toplam	2,3333333	2,3333333	7,0000000

**KV-1 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	5	0,2
K2	0,2	1	0,142857143
K3	5	7	1
<b>Toplam</b>	6,2000000	13,0000000	1,3428571

**KV-2 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	0,142857143	0,111111111
K2	7	1	0,5
K3	9	2	1
<b>Toplam</b>	17,0000000	3,1428571	1,6111111

**KV-3 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	5
K2	7	1	7
K3	0,2	0,142857143	1
<b>Toplam</b>	2,2000000	2,1428571	13,0000000

**KV-4 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	1
K2	1	1	1
K3	1	1	1
<b>Toplam</b>	3,0000000	3,0000000	3,0000000

**KV-5 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	1
K2	1	1	1
K3	1	1	1
<b>Toplam</b>	3,0000000	3,0000000	3,0000000

**KV-6 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	3
K2	1	1	3
K3	0,333333333	0,333333333	1
<b>Toplam</b>	2,3333333	2,3333333	7,0000000

**KV-1 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	0,142857143
K2	5	1	0,5
K3	7	0,333333333	1
<b>Toplam</b>	13,000000	3,200000	1,6428571

**KV-2 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	0,111111111
K2	1	1	0,111111111
K3	9	9	1
<b>Toplam</b>	11,000000	11,000000	1,2222222

**KV-3 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	0,5	0,111111111
K2	2	1	0,111111111
K3	9	9	1
<b>Toplam</b>	12,000000	10,500000	1,2222222

**KV-4 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	5
K2	1	1	7
K3	0,2	0,142857143	1
<b>Toplam</b>	2,200000	2,1428571	13,000000

**KV-5 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	5
K2	1	1	7
K3	0,2	0,142857143	1
<b>Toplam</b>	2,200000	2,1428571	13,000000

**KV-6 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3
K1	1	1	3
K2	1	1	3
K3	0,333333333	0,333333333	1
<b>Toplam</b>	2,3333333	2,3333333	7,000000

Ek 15. Diğer KV'lerin Her Üç Senaryoya Göre Ana Kriterlere Ait Karşılaştırma Matrislerinin Normalize Edilmiş Matrisleri

**KV-2 (Barış Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,0769231	0,0454545	0,1176471	0,240025	0,080008
K2	0,5384615	0,3181818	0,2941176	1,150761	0,383587
K3	0,3846154	0,6363636	0,5882353	1,609214	0,536405
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-3 (Barış Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,7446809	0,7777778	0,7142857	2,236744	0,745581
K2	0,1063830	0,1111111	0,1428571	0,360351	0,120117
K3	0,1489362	0,1111111	0,1428571	0,402904	0,134301
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-4 (Barış Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	1	8	6	1	8
K2	0,125	1	2	0,125	1
K3	0,166666667	0,2	1	0,166666667	0,2
Toplam	1,2916667	9,2000000	9,0000000	1,2916667	9,2000000

**KV-5 (Barış Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,000000	0,333333
K2	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,000000	0,333333
K3	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,000000	0,333333
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-6 (Barış Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,4285714	0,4285714	0,4285714	1,285714	0,428571
K2	0,4285714	0,4285714	0,4285714	1,285714	0,428571
K3	0,1428571	0,1428571	0,1428571	0,428571	0,142857
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-1 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,1612903	0,3846154	0,1489362	0,694842	0,231614
K2	0,0322581	0,0769231	0,1063830	0,215564	0,071855
K3	0,8064516	0,5384615	0,7446809	2,089594	0,696531
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-2 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,0588235	0,0454545	0,0689655	0,173244	0,057748
K2	0,4117647	0,3181818	0,3103448	1,040291	0,346764
K3	0,5294118	0,6363636	0,6206897	1,786465	0,595488
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-3 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,4545455	0,4666667	0,3846154	1,305828	0,435276
K2	0,4545455	0,4666667	0,5384615	1,459674	0,486558
K3	0,0909091	0,0666667	0,0769231	0,234499	0,078166
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-4 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,000000	0,333333
K2	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,000000	0,333333
K3	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,000000	0,333333
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-5 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,000000	0,333333
K2	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,000000	0,333333
K3	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,000000	0,333333
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-6 (Kriz ve Gerginlik Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,4285714	0,4285714	0,4285714	1,285714	0,428571
K2	0,4285714	0,4285714	0,4285714	1,285714	0,428571
K3	0,1428571	0,1428571	0,1428571	0,428571	0,142857
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000



**KV-1 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,0769231	0,0625000	0,0869565	0,226380	0,075460
K2	0,3846154	0,3125000	0,3043478	1,001463	0,333821
K3	0,5384615	0,6250000	0,6086957	1,772157	0,590719
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-2 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,0909091	0,0909091	0,0909091	0,272727	0,090909
K2	0,0909091	0,0909091	0,0909091	0,272727	0,090909
K3	0,8181818	0,8181818	0,8181818	2,454545	0,818182
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-3 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,0833333	0,0476190	0,0909091	0,221861	0,073954
K2	0,1666667	0,0952381	0,0909091	0,352814	0,117605
K3	0,7500000	0,8571429	0,8181818	2,425325	0,808442
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-4 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,4285714	0,4545455	0,3333333	1,216450	0,405483
K2	0,4285714	0,4545455	0,5555556	1,438672	0,479557
K3	0,1428571	0,0909091	0,1111111	0,344877	0,114959
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-5 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,4545455	0,4666667	0,3846154	1,305828	0,435276
K2	0,4545455	0,4666667	0,5384615	1,459674	0,486558
K3	0,0909091	0,0666667	0,0769231	0,234499	0,078166
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

**KV-6 (Savaş Şartları)**

	K1	K2	K3	Toplam	W
K1	0,4285714	0,4285714	0,4285714	1,285714	0,428571
K2	0,4285714	0,4285714	0,4285714	1,285714	0,428571
K3	0,1428571	0,1428571	0,1428571	0,428571	0,142857
Toplam	1,0000000	1,0000000	1,0000000	3,000000	1,000000

Ek 16. Diğer KV'lerin Her Üç Senaryoya Göre Ana Kriterlere Ait Diğer Değerler

**KV-1 (Barış Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,7455814	0,8408195	0,6715074	2,2579084	0,745581	3,028385928
K2	0,1065116	0,1201171	0,1343015	0,3609302	0,120117	3,004819922
K3	0,1491163	0,1201171	0,1343015	0,4035348	0,134301	3,004694049
$\lambda$				3,0126333		
n				3		
CI				0,00631665		
CR				0,010890776		

**KV-2 (Barış Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,0800082	0,0547981	0,1072810	0,2420873	0,080008	3,025780389
K2	0,5600576	0,3835870	0,2682024	1,2118470	0,383587	3,15924933
K3	0,4000411	0,7671740	0,5364048	1,7036199	0,536405	3,175996933
$\lambda$				3,1203422		
n				3		
CI				0,060171109		
CR				0,103743291		

**KV-3 (Barış Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,7455814	0,8408195	0,6715074	2,2579084	0,745581	3,028385928
K2	0,1065116	0,1201171	0,1343015	0,3609302	0,120117	3,004819922
K3	0,1491163	0,1201171	0,1343015	0,4035348	0,134301	3,004694049
$\lambda$				3,0126333		
n				3		
CI				0,00631665		
CR				0,010890776		

**KV-4 (Barış Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,7701418	1,1405122	0,5237650	2,4344190	0,770142	3,161000944
K2	0,0962677	0,1425640	0,1745883	0,4134201	0,142564	2,89989069
K3	0,1283570	0,0285128	0,0872942	0,2441639	0,087294	2,797024695
$\lambda$				2,9526388		
n				3		
CI				-0,023680612		
CR				-0,040828641		

**KV-5 (Barış Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,3333333	3,00
K2	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,3333333	3,000000
K3	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,3333333	3,000000
$\lambda$				3,0000000		
n				3		
CI				0		
CR				0		

**KV-6 (Barış Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,3333333	3,00
K2	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,3333333	3,000000
K3	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,3333333	3,000000
$\lambda$				3,0000000		
n				3		
CI				0		
CR				0		

**KV-1 (Kriz ve Gerginlik Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,2316140	0,3592735	0,1393063	0,7301938	0,231614	3,152632779
K2	0,0463228	0,0718547	0,0995045	0,2176820	0,071855	3,029474126
K3	1,1580698	0,5029829	0,6965313	2,3575841	0,696531	3,384749488
$\lambda$				3,1889521		
n				3		
CI				0,09447605		
CR				0,162889741		

**KV-2 (Kriz ve Gerginlik Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,0577479	0,0495377	0,0661654	0,1734509	0,057748	3,003590224
K2	0,4042350	0,3467638	0,2977442	1,0487430	0,346764	3,02437295
K3	0,5197308	0,6935276	0,5954884	1,8087467	0,595488	3,037417424
$\lambda$				3,0217935		
n				3		
CI				0,010896766		
CR				0,018787528		

**KV-3 (Kriz ve Gerginlik Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,4352758	0,4865579	0,3908314	1,3126651	0,435276	3,015708675
K2	0,4352758	0,4865579	0,5471639	1,4689977	0,486558	3,019163
K3	0,0870552	0,0695083	0,0781663	0,2347297	0,078166	3,002954
$\lambda$				3,0126085		
n				3		
CI				0,006304265		
CR				0,010869422		

**KV-4 (Kriz ve Gerginlik Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,333333	3
K2	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,333333	3
K3	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,333333	3
$\lambda$				3,0000000		
n				3		
CI				0		
CR				0		

**KV-5 (Kriz ve Gerginlik Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,333333	3
K2	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,333333	3
K3	0,3333333	0,3333333	0,3333333	1,0000000	0,333333	3
$\lambda$				3,0000000		
n				3		
CI				0		
CR				0		

**KV-6 (Kriz ve Gerginlik Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,4285714	0,4285714	0,4285714	1,2857143	0,428571	3
K2	0,4285714	0,4285714	0,4285714	1,2857143	0,428571	3
K3	0,1428571	0,1428571	0,1428571	0,4285714	0,142857	3
$\lambda$				3,0000000		
n				3		
CI				0		
CR				0		

**KV-1 (Savaş Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,0754599	0,0667642	0,0843884	0,2266125	0,075460	3,003086664
K2	0,3772993	0,3338211	0,2953595	1,0064799	0,333821	3,015028178
K3	0,5282191	0,6676421	0,5907191	1,7865803	0,590719	3,024416136
$\lambda$				3,0141770		
n				3		
CI				0,007088496		
CR				0,012221545		

**KV-2 (Savaş Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,0909091	0,0909091	0,0909091	0,2727273	0,090909	3
K2	0,0909091	0,0909091	0,0909091	0,2727273	0,090909	3
K3	0,8181818	0,8181818	0,8181818	2,4545455	0,818182	3
$\lambda$				3,0000000		
n				3		
CI				0		
CR				0		

**KV-3 (Savaş Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,0739538	0,0588023	0,0898268	0,2225830	0,073954	3,009756098
K2	0,1479076	0,1176046	0,0898268	0,3553391	0,117605	3,021472393
K3	0,6655844	1,0584416	0,8084416	2,5324675	0,808442	3,13253012
$\lambda$				3,0545862		
n				3		
CI				0,027293102		
CR				0,047057072		

**KV-4 (Savaş Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,4054834	0,4795575	0,3448773	1,2299182	0,405483	3,033214709
K2	0,4054834	0,4795575	0,5747956	1,4598365	0,479557	3,044132397
K3	0,1351611	0,0959115	0,1149591	0,3460317	0,114959	3,010041841
$\lambda$				3,0291296		
n				3		
CI				0,014564825		
CR				0,025111767		

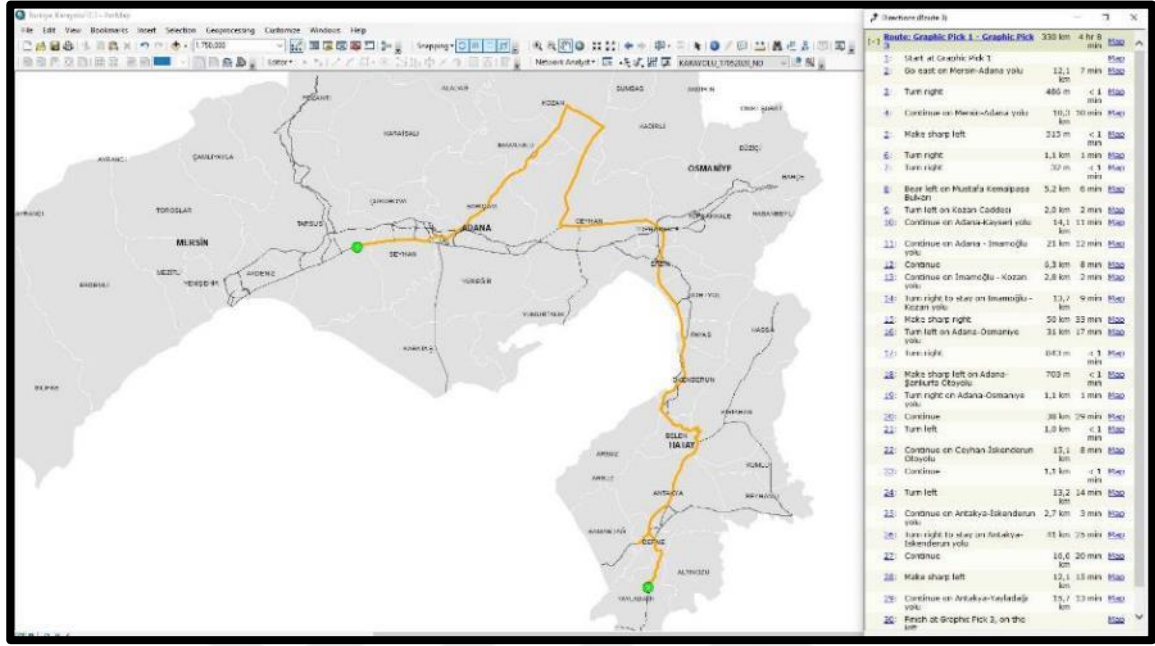
**KV-5 (Savaş Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,4352758	0,4865579	0,3908314	1,3126651	0,435276	3,015708675
K2	0,4352758	0,4865579	0,5471639	1,4689977	0,486558	3,019163207
K3	0,0870552	0,0695083	0,0781663	0,2347297	0,078166	3,002953706
$\lambda$				3,0126085		
n				3		
CI				0,00630425		
CR				0,010869397		

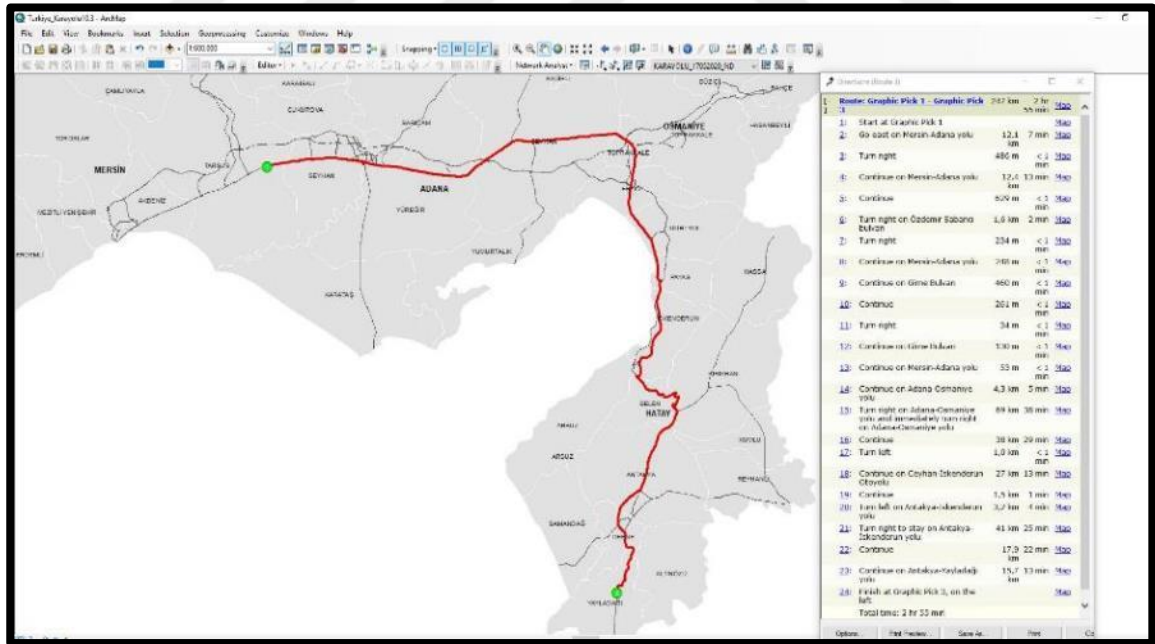
**KV-6 (Savaş Şartlarında)**

	K1	K2	K3	Ei	Wi	$\lambda$
K1	0,4285714	0,4285714	0,4285714	1,2857143	0,428571	3
K2	0,4285714	0,4285714	0,4285714	1,2857143	0,428571	3
K3	0,1428571	0,1428571	0,1428571	0,4285714	0,142857	3
$\lambda$				3,0000000		
n				3		
CI				0		
CR				0		

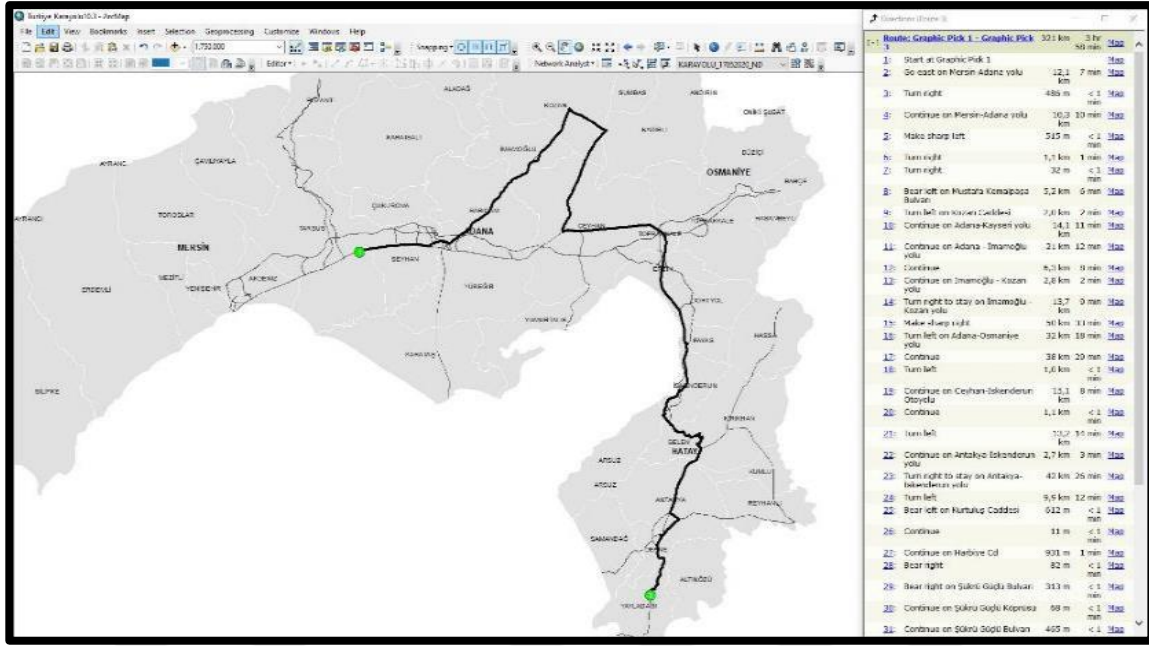
## Ek 17. VİKOR Yöntemi ile Farklı Başlangıç ve Bitiş Noktalarına Göre Elde Edilen Güzergâhlar



## Riske Maruz Kalacak Nüfus Yoğunluğuna Göre En Uygun Güzergâh



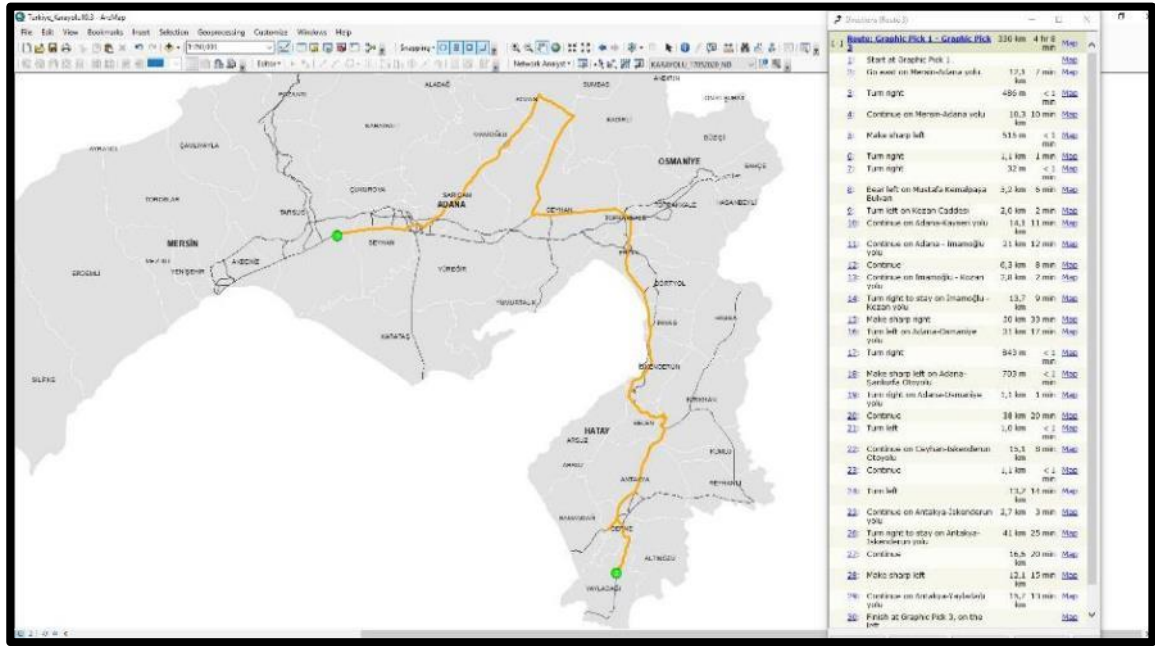
## Trafik Kaza Riskine Göre En Uygun Güzergâh



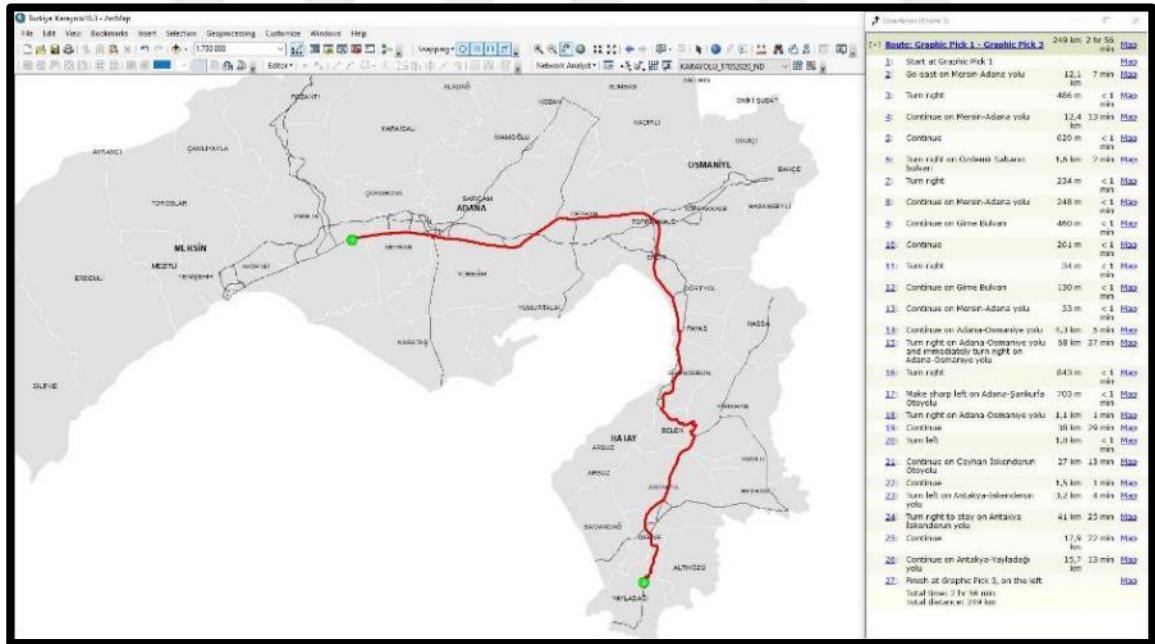
## Terör/Sabotaj Riskine Göre En Uygun Güzergâh



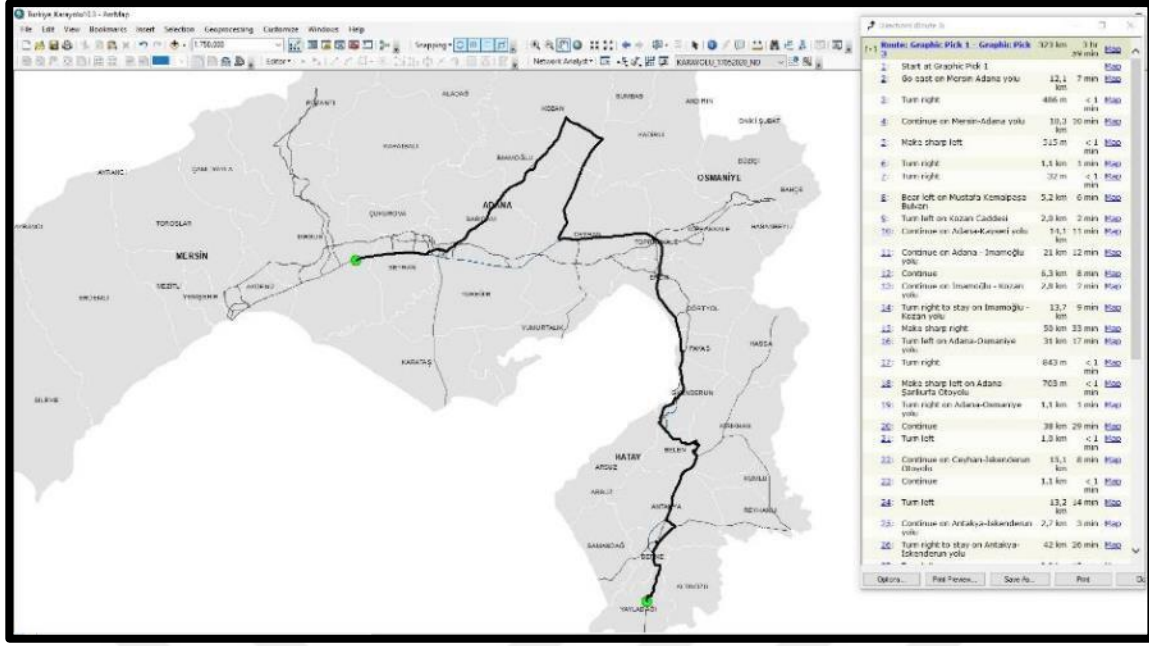
## Ek 18. MOORA Yöntemi ile Farklı Başlangıç ve Bitiş Noktalarına Göre Elde Edilen Güzergâhlar



### Riske Maruz Kalacak Nüfus Yoğunluğuna Göre En Uygun Güzergâh



### Trafik Kaza Riskine Göre En Uygun Güzergâh



## Terör/Sabotaj Riskine Göre En Uygun Güzergâh

# ÖZGEÇMİŞ

## Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Şükrü UZUNDAĞ

Doğum Yeri ve Tarihi : Karacasu-10/05/1981

## Eğitim Bilgileri

Lisans Öğrenimi : Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü  
İşletme Bölümü

Doktora Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü  
İşletme Bölümü (2015-.)

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

## İş Deneyimi

1998-2020 (Devam Ediyor) Türk Silahlı Kuvvetleri

Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nda Mühimmat ve Patlayıcıların  
İkmal, Depolanması, Stok Kontrolü, Bakımı, Muayenesi  
İmhası, Eğitim-Öğretimi ve Taşınması konularında Öğretmen  
ve Yönetici.

1998-2006 Mühimmat ve Patlayıcıların Depo Sorumlusu

2007-2016 Mühimmat ve Patlayıcıların Stok Kontrolü,  
Taşınması, İkmal Konularında Yönetici.

2016-2018 Mühimmat ve Patlayıcı Öğretmeni ve Yurtdışı  
Görevi KFOR (Kosova) Uluslararası Lojistik Şube Müdürü.

2018-...Mühimmat ve Patlayıcı Birlik Yöneticisi.

## Bilimsel Etkinlikler

Bildiri ve Yayınlar

: Doğan H.**Uzundağ Ş.** Özet Bildiri 22'nci Ulusal Eğitim Bilimleri Kurultayı(Uluslararası Katılımlı) Gelişen Bilgi Teknolojileri Ekseninde Öğretmenlerin İnternet Bankacılığına İlişkin Eğilimleri Osmangazi Üniversitesi Eskişehir 2013.

Doğan H.**Uzundağ Ş.** Yüksek Lisans Tezi Türkiye'de İnternet Bankacılığı Gelişimi ve İnternet Bankacılığına İlişkin Tüketici Davranışlarının Analizi: Aydın İli Merkezinde Görev Yapan Öğretmenler Üzerine Bir Araştırma 2014.

Doğan H. Doğan İ.Acayip E.**Uzundağ Ş.**III. European Conference On Social and Behavioral Science A Research Study For Perception And Attitudes Of Teachers İnternet Banking. Sapienza University Rome/Italy February 6-8 2014.

Çakır E. **Uzundağ Ş.** International Congress on European Union Reations, Economics, Finance and Econometrics Adnan Menderes Üniversitesi Aydın 2017.

Yaylagül Ş.**Uzundağ Ş.** Özet Bildiri 1. Uluslararası İpekyolu Akademik Çalışmalar Sempozyumu Sosyal Medyadaki Reklamların Anlık Satın Alma Davranışları Üzerine Etkisi: Yükseköğretim Öğrencileri Üzerine Bir Araştırma 2017.

Şenkayas H. Danışman E.**Uzundağ Ş.**Tam Bildiri Metni Prizren Üniversitesi XVI. European Conference on Social and Behavioral Sciences, Order Collection in Warehousing, Prizren / Kosova 30.12.2018.

Şenkayas H. Danışman E.**Uzundağ Ş.** Özet Bildiri IASSR XV. European Conference on Social and Behavioral Sciences Risk Manegament İn Dangerous Substances Transportation On Railway 2018.

## İletişim Bilgileri

E posta adresi : sukruuzundag@gmail.com

Tarih : ...../...../.....