

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAZI ÇALIŞMALARINDA TRAFİK YÖNETİMİ



Murat ERTÜRK

Eylül, 2019
İZMİR

KAZI ÇALIŞMALARINDA TRAFİK YÖNETİMİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı



Murat ERTÜRK

Eylül, 2019

İZMİR

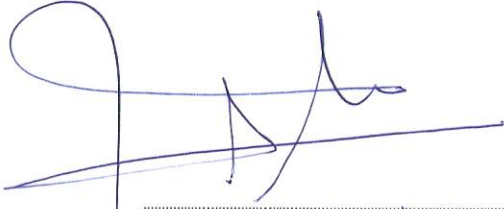
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MURAT ERTÜRK, tarafından PROF. DR. BAYRAM KAHRAMAN yönetiminde hazırlanan “KAZI ÇALIŞMALARINDA TRAFİK YÖNETİMİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Bayram KAHRAMAN

Yönetici



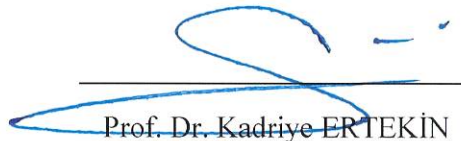
Doç. Dr. Aunı GÜNEY

Jüri Üyesi



Doç. Dr. M. Kenal ÖZFIRAT

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Bayram KAHRAMAN' a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme ve Hasan Onur İNAL'a sonsuz teşekkür ederim.

Murat ERTÜRK



KAZI ÇALIŞMALARINDA TRAFİK YÖNETİMİ

ÖZ

Mühendislik projelerinde (Açık maden işletmesi, baraj, köprü, hava limanı vb.) gerçekleştirilen kazı çalışmalarında doğa ile mücadele zorunlu olmaktadır. Son derece zor olan bu mücadelelerde yeni teknolojilere başvurulmakta, büyük ve ağır devasa iş makinelerinin kullanımı gerekebilmektedir. Kullanılan araçların büyüklüğü ve insanların içinde bulunduğu ortam nedeniyle herhangi bir araç hareketi, söz konusu sahalarda belirgin risk oluşturabilmektedir. Kazı çalışmalarında iş makinelerinin hareketlerinden kaynaklanabilecek iş kazaları iş sağlığı ve güvenliği yönünden tehdit oluşturmakta ve iş kazalarının artmasında önemli rol oynamaktadır.

Bu nedenle trafik yönetimi alanında kullanılan simülasyon teknikleri, risk analizinin farklı bir yönünü temsil etmesiyle sektöre yeni bir soluk getirme beklentisi oluşmaktadır. Simülasyon modelleme, matematiksel formül ve algoritmalar bu tezin temel parametreleridir.

Anahtar kelimeler: İş makinelerinin hareketleri, kazı çalışmaları, iş sağlığı ve güvenliği, matematiksel modelleme, simülasyon

TRAFFIC MANAGEMENT IN EXCAVATION WORKS

ABSTRACT

Excavation works in engineering projects (Opencast mining, barrages, bridges, airports etc.) challenge against nature is compulsory. Hi-tech applications must be consulted and heavy machinery equipments must be used. The size of the vehicles and the environment people has to be found may cause some risks in the working areas. Because of the heavy vehicles movements, occupational accidents may occur and inevitably becomes a big threat in work safety and security.

For this reason, the simulation techniques used in the field of traffic management represent a different aspect of the risk analysis and thus an expectation to bring a new breath to the sector. Simulation modeling, mathematical formulas and algorithms are the main parameters of this thesis.

Keywords: Heavy machinery movements, excavation works, occupational health and safety, mathematical modeling, simulation

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ	xi

BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1

1.1 Risk Analizi.....	1
1.1.1 Risk Analizi ve Değerlendirmesi Nedir?	4
1.1.2 Risk ve Risk Analizi Kavramı.....	7
1.2 Trafik Yönetimi.....	11
1.2.1 Sahaya erişim: yükleniciler ve ziyaretçiler	12
1.2.2 Yükleniciler Ve Ziyaret Eden Sürücüler	13
1.2.3 Yayaaların Ayrı Tutulması	14
1.2.4 Havadan Geçen Elektrik Hatları	14
1.2.5 Diğer Havadan Geçen Yapılar	16
1.2.6 Geri Gitme, Manevra Yapma Ve Park Etme	17
1.2.7 Kontrol Tipleri ve Kontrol Örnekleri	18
1.2.8 Gözcüler	19
1.2.9 Takip Mesafeleri	19
1.2.10 Fren Mesafeleri	20
1.2.11 Park Etme.....	21
1.2.12 Araçların yüklenmesi	22

1.2.13 Yükleme Alanları	22
1.2.14 Yükleme Operasyonları	23
1.2.15 Hafif Araçlar	24
1.2.16 Karayolu Araçları	25
1.2.17 Off-road Araçlar	27
1.2.18 Ağırlık Sınırları	27
1.3 Sürücülerin Eğitimi ve Araçların Yeterliliği	30
1.3.1 Geri Vites Alarmları	35
1.3.2 Hafif Araçların Görünürlüğü	36
1.3.3 Sürücüler, Operatörler Veya Yolcuların Korunması	37
1.3.4 Emniyet Kemerleri	38
1.3.5 İnsanların Taşınması	38
1.3.6 Araç Yangınları	39
1.4 Yolların Bakım Onarımı ve Tamirâtı	41
1.4.1 Tozun Bastırılması	42
1.4.2 Yollara Su Dökerken Güvenlik	42
1.5 Trafik İşaretleri ve Anlamları.....	44
1.6 Büyük Araçları Hafif Ticari Araçlardan Ayırma.....	60

BÖLÜM İKİ - MATEMATİKSEL TRAFİK MODELLEME VE SİMÜLASYON

..... **61**

2.1 Trafik Tanımları	69
2.2 Trafik Akışını Tanımlayan Matematiksel İlişkiler	91
2.3 Sürücü Davranışları, Bu Davranışların Kazalara Etkisi ve Güvenlik Risklerinin Değerlendirilmesi.....	98
2.4 Afyon - İscehisar Mermer Sahasında Trafik Uygulaması.....	106

2.4.1 Fotogrametrik Harita Üretimi	106
2.4.2 Mermer Sahası Modellemesi.....	112
BÖLÜM ÜÇ - SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	147
KAYNAKLAR	149



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Uyarı levhası örneği.....	13
Şekil 1.2 Havadan geçen hatlar altında çalışma örneği.....	15
Şekil 1.3 Aralık işaretleri	15
Şekil 1.4 Yasaklanmış alanlar	23
Şekil 1.5 Yükleme örneği.....	26
Şekil 1.6 Yüklerin örtülmesi	26
Şekil 1.7: Çok yönlü ayna örneği.....	34
Şekil 1.8 CCTV örneği.....	35
Şekil 1.9 Trafik uyarı işaretleri	44
Şekil 1.10 Trafik uyarı işaretleri-2	48
Şekil 1.11 Trafik uyarı işaretleri-3	50
Şekil 1.12 Trafik uyarı işaretleri-4	51
Şekil 1.13 Trafik uyarı işaretleri-5	53
Şekil 1.14 Trafik uyarı işaretleri-6	58
Şekil 1.15 Yolların ayrılması	60
Şekil 2.1 ABD’de, 1966-2012’de 100 milyon aracın mil seyahat başına ölüm ve yaralanma eğilimleri	65
Şekil 2.2 Kilometreye düşen ölüm oranı.....	66
Şekil 2.3 1980’den 2010’a kadar dünya çapında karayolu yaralanma ölüm oranları ..	66
Şekil 2.5 Smeed’in 62 ülkeden gelen verilere dayanan yasası.....	68
Şekil 2.6 Washington’da üstten kablolu elektrikli bir araba	69
Şekil 2.7 Tek Ünite (SU) Kamyon için Minimum Dönüş Yolu Dizayn değerleri.....	76
Şekil 2.8 Hareket halindeki araca etki eden kuvvetler	78
Şekil 2.9 Hareket halindeki araca etki eden kuvvetler-2.....	82
Şekil 2.10 Ashton ve Mackay verilerinden elde edilen lojistik regresyon kullanılarak hesaplanan yaya ölüm riski	86
Şekil 2.11 Davis fonksiyonuna kıyasla Ashton ve Mackay verilerinden elde edilen lojistik regresyon kullanılarak hesaplanan çocuk yaya ölüm riski.....	87
Şekil 2.12 Davis işlevine kıyasla Ashton ve Mackay verilerinden elde edilen lojistik regresyon kullanılarak hesaplanan yetişkin yaya ölüm riski.....	87

Şekil 2.13 Davis fonksiyonuna kıyasla Ashton ve Mackay verilerinden elde edilen lojistik regresyon kullanılarak hesaplanan yaşlı yaya ölüm riski.....	87
Şekil 2.14 Yolun Yatay virajlı Bölümünde Seyahat Eden Bir Araca Etkiyen Kuvvetler	89
Şekil 2.15 Trafik parametreleri ilişkileri grafikleri	93
Şekil 2.16 Karşılaştırmalı hız yoğunluk modelleri	97
Şekil 2.17 Ben Gurion Üniversitesi Ergonomi Laboratuvarı'nda bulunan nöron ağ tabanlı gelişmiş sürüş simülatörü	103
Şekil 2.18 Araç çevresinin 360 derece haritası	105
Şekil 2.19 İscehisar mermer ocağı kavşak-1.....	115
Şekil 2.20 İscehisar mermer ocağı kavşak-2.....	117
Şekil 2.21 İscehisar mermer ocağı kavşak-3.....	119
Şekil 2.22 Kavşak 4 kokpit görünümü.....	121
Şekil 2.23 Kavşak 4 drone bakışı.....	123
Şekil 2.24 Kavşak 7	125
Şekil 2.25 Kavşak 8	127
Şekil 2.26 Kavşak 8 ikinci görüntü.....	129
Şekil 2.27 Kavşak 8'in drone görüntüsü	131
Şekil 2.28 Kavşak 11	133
Şekil 2.29 Kavşak 11 ikinci görüntü.....	134
Şekil 2.30 Kavşak 13	136
Şekil 2.31 Kavşak 13 bakı 3.....	138
Şekil 2.32 Kavşak 14 bakı 3.....	139
Şekil 2.33 Kavşak 16 bakı 1.....	141
Şekil 2.34 Kavşak 16 bakı 3 rampadan çıkan aracın görme yolu spektrumu	143

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Tehlikenin zarar verme olasılıkları.....	5
Tablo 1.2 Tehlikelerin oluşma sıklığı.....	6
Tablo 1.3 Tehlikelerin hasar puanları	6
Tablo 1.4 Risk puanları ve yapılması gerekenler	7
Tablo 1.5 Kazı çalışmaları ile ilgili ortak tehlikeler ve kontrol önlemleri	8
Tablo 2.1 ABW olan ve olmayan kazalarının yüzdesi	102



BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Kazı işlerinde gerçekleştirilen faaliyetler, birbirini takip eden ya da aynı anda gerçekleşen farklı çalışmaları gerektirmektedir. Dolayısıyla farklı çalışma grupları aynı şantiye de bir arada çalışabilmektedir. Her grubun kendi işine odaklanması, farklı ekipman ve malzemelerin kullanılması neticesinde çalışma ortamı genellikle düzenli şekilde kalmamakta ve dolayısıyla ortamın dağınıklığı, iş kazalarının oluşumunda bir katalizör görevi görmektedir. Düzensiz ortam ayrıca denetim faaliyetlerini de zorlaştırmakta ve bazı kritik risklerin gözden kaçırılmasına sebep olarak iş kazalarının artmasına neden olmaktadır.

1.1 Risk Analizi

Risk değerlendirmesi, sistemin risk faktörlerinin ve kazaya neden olma riskinin niteliksel veya niceliksel analizini yapmak, sistem riskinin ve tehlikesinin olasılığını değerlendirmek, ilgili önlemleri ve güvenliği formüle etmek için sistem güvenliği fikrini benimseme sürecidir. En düşük tehlikeyi, en az zararı ve en iyi güvenlik avantajlarını aramanın önemli bir yoludur.

Risk analizinin öncelikli hedefleri önce emniyet, önce koruma, kapsamlı yönetim ilkelerini uygulamak, güvenlik, üretim denetimini ve yönetimini güçlendirmek, üretim kazalarını önlemek ve azaltmak ,insanların hayatlarını ve mal güvenliğini korumaktır. Birçok bilim adamı, kaza olaylarının kök nedeninin, güvenlik yönetimi stratejilerinin yanlış uygulanması olduğunu belirtmiştir. İster davranış güvenliği yönetimi perspektifinden, isterse kapsamlı güvenlik yönetimi perspektifinden olsun, emniyet yönetimi hedeflerinin objektif analizi ve değerlendirmesini gerçekleştirmek için proje uygulama sürecinde proje yönetimi ve ilgili faktörlerin uygulanması gerektiği belirtilmiştir. performans seviyeleri ve nihai sonuçlar, ilgili personelin yönetimine rehberlik etmek için anahtar kavramlar olarak kullanılırlar.

Risk değerlendirmesi yapılırken bilgi edinmek amacıyla bazı soruların cevaplanması, analiz taslağını oluşturur. Bu sorular temel ve basit olarak;

- Tehlikeler nelerdir?
- Bu tehlikelerin potansiyel etki ve sonuçları nelerdir?
- Bu sonuçlar kabul edilebilir düzeyde midir?
- Bu sonuçların ve etkilerin gerçekleşme olasılığı nedir?
- Riskin kabul edilebilir seviyede devamlılığını sağlamak adına yapılan koruma ve denetim prosedürleri devamlı olarak yeterli midir?

şeklinde sıralanabilir.

Elde edilen cevapların, bizi gerçeğe ulaştırmasında en önemli nokta, sistemli şekilde analiz yapılmasıdır.

İSG Risk değerlendirmesinde Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA), Hata Ağacı Analizi (FTA), Olay Ağacı Analizi (ETA), Sapma Analizi (SA), Sebep-Sonuç Analizi, Eğer yleyse Analizi (If-then), Başlangıç Tehlike Analizi vb. nitel veya nicel birçok yöntem kullanılmaktadır. Kullanım kolaylığı nedeniyle en çok tercih edilen metotlardan biri de Matris Tipi Analiz yöntemleridir. Matris Tipi Analiz yöntemleri ile yapılan geleneksel risk değerlendirme yaklaşımında, tehlikelerin büyüklüğü “gerçekleşme olasılığı” ve “şiddeti” ile ölçülmektedir. Ancak risklerin verimlilik, itibar, prestij kaybı, mali zarar, evre etkisi vb. sonuçları da mümkündür. Labodov vd. ngrlmemiş bir tehlikenin riske dönüşmesiyle oluşacak kazaların mali zararlar, idari-hukuki yaptırımlar, çalışanlar için iş günü, motivasyon ve performans kayıpları vb. birçok olumsuzluğa yol açtığına dikkat çekmektedir.

Başka bir örnekten duyarlılık analizi simülasyon ile beraber kullanılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri evre Koruma Ajansı (USEPA) risk değerlendirme modeli ve Monte-Carlo simülasyon yöntemine dayanarak inşaat tozunun inşaat endüstrisindeki uygulayıcılar üzerindeki sağlık etkilerini araştırmak için olasılıksal bir risk değerlendirme modeli geliştirmiştir. Pekin'deki konut projelerinin st yapı inşaat

aşamasında, beş bölgedeki işçiler için sağlık riski değerlendirilmiştir. Sağlık risklerini daha sezgisel ve anlaşılması kolay olan engelli yaşam yıllarına (DALY) dönüştürmek için sağlık bozulma değerlendirme modelleri uygulanmıştır. Çeşitli maruziyet parametrelerinin analizinde ve sağlık riski değerlendirme sonuçlarını etkileyen faktörlerin etkilenmesinde duyarlılık analiz yöntemleri kullanılmıştır. Sonuçlar, şablon bölgesindeki işçilerin en büyük sağlık riskine maruz kaldığını ve bunun $1,14 \cdot 10^6 \pm 9,43 \cdot 10^7$ log normal dağılımını takip ettiğini ve 10^6 'yı geçme ihtimalinin %40'tan fazla olduğunu göstermiştir. Çelik, beton ve taban bölgelerindeki işçiler için ortalama sağlık riskleri 10 6'nın biraz altındaydı ve ofis bölgesindeki işçiler en düşük sağlık riskine sahipti. Duyarlılık analizi ve geçerliliği için spearman rank korelasyon katsayısı yöntemi ve tam faktörlü tasarım yöntemi kullanılmıştır. Duyarlılık analizi, ortalama maruz kalma süresi (AT), maruz kalma süresi (ED), maruz kalma frekansı (EF) ve konsantrasyon (C) hassasiyetlerinin daha yüksek olduğunu, AT ve vücut ağırlığının (BW) negatif bir duyarlılık gösterdiğini göstermiştir. Şablon ve çelik bölgelerdeki işçiler, ortalama 0.1'a'dan fazla olan daha büyük sağlık hasarına sahiptir.

Smokeview (SMV), FDS ve CFAST simülasyonlarının çıktılarını görüntülemek için kullanılan bir görselleştirme programıdır. Günümüzde yüksek bina güvenliğine olan talep, özellikle yangın, kimyasal, biyolojik ve radyolojik olaylar veya terörist saldırı durumlarında yapılan tahliyeler için önemli ölçüde artmıştır. Bununla birlikte, yeni binalar için ilgili güvenlik önlemlerinin planlanması veya mevcut binaların değerlendirilmesi, ileri görüşlü bir karar alma için güvenilir bilgiler gerektirir. Binalarda yangın, duman ve kirletici maddelerin yayılmasını gerçekçi bir şekilde haritalandırabilen simülasyon araçları zaten mevcuttur, ancak bunlar geleneksel olarak güvenliğin yalnızca kaba bir şekilde tahmin edilmesini sağlayan 1D veya tek bölge statik modellere dayanmaktadır. Sonuç olarak, karar alma tipik olarak çok muhafazakardır ve olası müdahale önlemlerinin sonuçlarını dikkate almaz. Buna göre, güvenlik ve kurtarma operasyon planları, etkileri konusunda yüksek derecede belirsizliğe maruz kalmaktadır. Bu nedenle, bilgisayar gücünün sürekli büyümesiyle mümkün olan, giderek daha sık gerçekçi 3D CFD simülasyonları istenmektedir. Bununla birlikte, bu tür simülasyonlar, özellikle ilgili modelleme çabalarıyla ilgili olarak, hala çok maliyetli ve zaman alıcıdır. Son yıllarda, CFD simülasyonunu tahliye

planlaması ile birleştiren yaklaşımlar da araştırılmıştır (Tang ve Ren 2008; Shi ve ark. 2009), ancak yine de binaların güvenilir emniyet araştırmaları için yaklaşık ve henüz yeterince hassas değildir. Ayrıca, hantal ve hataya açık bilgilerin hazırlanmasına yol açan ve önemli ölçüde simülasyon aracı etkileşimi ve genel süreç otomasyonunu sınırlayan BIM ile birlikte çalışabilirlik eksikliği vardır. Yapılan çalışma sunulan yaklaşım bu tür eksikliklerin çözümüne doğru bir adımdır.

FDS + Evac, Fire Dynamics Simulator (FDS) için tahliye simülasyon modülüdür. Yazılım, insanların tahliye durumlarındaki hareketlerini simüle etmek için kullanılır. Tahliye simülasyonları yangın simülasyonlarıyla tamamen birleştirilebilir. Görüldüğü üzere risk parametrelerinden üzerinde en çok durulması gereken yangın konusu her türlü işyeri ve ortama bilgisayar ortamına eklenerek analizler çok hızlı ve reel değerlerle gerçekleştirilecektir.

Tüm bu simülasyonlarda kullanılacak programların demo sürümleri kısıtlı imkanlarla kısıtlı alanlarda düşük donanıma sahip bilgisayarlara aktarılıp denenmiş ve başarılı bir şekilde sayılan parametreler belli bir alana uygulanarak analiz sonuçları doğrulamıştır.

1.1.1 Risk Analizi ve Değerlendirmesi Nedir?

Risk analizi, yapılan işler sonucunda her türlü işyeri yetkilisi ve çalışanı için zarara neden olabilecek risklerin belirlenmesi ve olasılıklar dâhilinde yorumlanması işlemidir.

Risk değerlendirme ve yönetimi, işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği gerekliliklerini yerine getirmesi açısından hayati öneme sahiptir. Bu sayede işletmelerde, tehlike ve riskler önceden fark edilip önlemler alınabilmektedir.

Risk değerlendirme parametreleri kısaca şu şekilde sıralabilir;

1. Güvenlik ve emniyet riskleri
2. Doğal afet riskleri

3. Yangın ve yangına bağlı riskler
4. Acil çıkış ve toplanma riskleri
5. Makine ve ekipman riskleri
6. Yanlış durum, yanlış davranış riskleri
7. Toksik ve zararlı maddelerden kaynaklı riskler
8. Trafik ve çevre riskleri
9. Düşme parça düşmesi ve yaralanma riskleri
10. Fiziksel riskler (radyasyon, ısı, titreşim gürültü riskleri)

Risk analizi, meslek hastalıklarının ve iş kazalarının önlenmesi için çok önemlidir. Doğru yöntemi belirlemek, tehlikeleri ve ilişkili riskleri doğru tanımlamak gerekir. Özkan, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili riskleri ve bunlara bağlı riskleri belirlemek amacıyla trafo merkezinde yapılan risk analizinde; 5x5 risk matrisi, chek-list, what if ve Fine kinney metodunu karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonucunda; Risk analizi yöntemi, yapılan iş, kullanılan hammaddeler, çalışan sayısı gibi özelliklere bağlı olarak Fine kinney yönteminin, kaza sonucu meydana gelen hasarın ciddiyetinin belirlenmesinde daha kesin sonuçlar vereceğini belirtmiştir. Çünkü kazanın meydana gelme olasılığı ve kazanın sıklığı hesaplamaya dahil edilmiştir.

İşverenlerin çimento sendikasına bağlı çimento fabrikalarında yapılan bir çalışmada, tüm fabrikaların sektördeki sık karşılaşılan sorunları çözme yeteneğini artıran Fine kinney yöntemini uyguladıkları tespit edilmiştir. Fine kinney yönteminin uygulanmasında kullanılan bilgiler Tablo'da verilmiştir.

Tablo 1.1 Tehlikenin zarar verme olasılıkları

Tehlike durumu	Olasılık puanı
Tehlike yok	0,2
Çok düşük tehlike	0,5
Düşük tehlike	1
Tehlike mümkün	3
Yüksek tehlike	6
Kesinlikle tehlikeli	10

Tablo 1.2 Tehlikelerin oluşma sıklığı

Tehlikelerin oluşma sıklığı	Puan
Çok az	0,5
az	1
Orta	2
Arasıra	3
Sık sık	6
Çok fazla	10

Tablo 1.3 Tehlikelerin hasar puanları

Tehlikelerin etkisi	Hasar puanı
Birden çok ölümlü olay	100
Ölümlü olay	40
Kalıcı hasar, kişisel yaralanma	15
Önemli zarar ve hasar olayı	7
Önemsiz zarar ve hasar olayı	3
Ramakkala olay	1

Kümülatif risk değeri, bu tablolardaki bilgiler ile çarpılarak hesaplanır.

$$\text{Risk puanı} = (\text{Olasılık}) \times (\text{Frekans}) \times (\text{Şiddet})$$

Bu risk değeri puanı, her bir tehlikeye göre hesaplanmaktadır. Bu noktalarla alınacak önlemlerin önceliğine karar verilir. Tablo 1.4'te gösterildiği gibi, 400 puan veya daha büyük riskler için gerektiğinde iş durdurulur.

Önlemler alındıktan sonra tekrar iş yapılır. Eğer risk değeri 200 ila 400 puan arasında ise, riske bağlı olarak iş durdurulabilir, ancak genellikle önlemler 3 ay içerisinde uygulanır. Skor 200 ile 70 arasında ve daha düşük ise, bir yıllık bir süre içerisinde önlemler alınır. Ancak önlem almak yeterli değildir. Risk analizinden sonra saha kontrolleri yapılmalı ve önlemlerin uygunluğu kontrol edilmelidir.

Tablo 1.4 Risk puanları ve yapılması gerekenler

Risk puanı	Alınması gereken önlemler
$400 < R.P$	Gerekli önlemler çok acil alınmalı işyeri kapatılmalıdır.
$200 < R.P < 400$	Gerekli önlemler bir kaç ay içinde alınmalıdır.
$70 < R.P < 200$	Güçlü risk. Gerekli düzenlemeler en geç bir yıl içinde yapılmalıdır.
$20 < R.P < 70$	Sıkıntı olma olasılığı var. önlemler alınmalıdır.
$R.P < 20$	Risk yok

1.1.2 Risk ve Risk Analizi Kavramı

Kazı çalışması, iş başlamadan önce dikkatli bir şekilde planlanmalı, böylece kazı işleri güvenle gerçekleştirilebilmelidir. Kazı işleri risk planlaması, ana yüklenici, kazı yüklenicisi, tasarımcılar ve mobil tesis işletmecileri de dahil olmak üzere, işle ilgili tüm ilgili kişilerle istişare halinde tehlikeleri tanımlamayı, riskleri değerlendirmeyi ve uygun kontrol önlemlerini belirlemeyi içerir. İnşaat veya jeoteknik mühendislerine de bu aşamada danışılması gerekebilir.

Bu plan yapılırken aşağıdaki konular hakkında saha çalışanları ve mühendislerinden bilgi alınması gerekebilir;

- Zemin ve / veya çalışma ortamının niteliği ve / veya durumu
- Hava koşulları
- İşin doğası ve sağlığı ve güvenliği etkileyebilecek diğer faaliyetler
- Kazı yakınında statik ve dinamik yükler
- Diğer işlemlerle etkileşim
- Saha girişi
- Araç trafiğinin yönetimi

- Kazı çalışmaları için kullanılan ekipman türü
- Kamu güvenliği
- Mevcut hizmetler ve konumları
- Kazıların açık kalması gereken süre
- Uygun tesislerin sağlanması ve
- Acil durumlarla başa çıkma prosedürleri.

Aşağıdaki tabloda kazı çalışmaları ile ilgili ortak tehlikeler ve kontrol önlemlerine örnekler verilmiştir:

Tablo 1.5 Kazı çalışmaları ile ilgili ortak tehlikeler ve kontrol önlemleri

Potansiyel tehlikeler	Kontrol önlemleri
Zemin çökmesi	Tezgah kullanımı veya zemin desteğinin takılması (örn.
Su girişi	Su birikintisini önlemek için pompalar veya diğer susuzlaştırma sistemleri kullanılmalıdır
Rampalar,	Kazı alanına uygun erişim
Tehlikeli görevler	İşçilere tehlikeli görevler dönerli olarak yaptırılmalıdır
Havadaki kirletici maddeler	Havadaki kirleticileri gideren mekanik havalandırma sistemleri kullanılmalıdır
Gömülü kirletici maddeler (örneğin asbest)	Gömülü kirletici maddeleri belirleme eğitimi ve ne yapılması gerektiği işçilere anlatılmalıdır
Yeraltı hizmetleri	Yeraltı hizmetlerinin yeri hakkında ilgili makamlardan bilgi edinin.

Kullanılan tesis iş için uygun ve iyi durumda tutulmadıkça kazı çalışmaları güvenli bir şekilde yapılamaz. Kazı çalışmaları için aşağıdakiler dahil bir dizi tesis ve ekipman kullanılabilir:

- Mobil güç ünitesi
- Hava kompresörleri
- Elektrik jeneratörleri
- Kriko çekicileri
- Hidrolik krikolar
- Oksi-asetilen (gazla kesme / kaynak)
- İskele
- Merdivenler ve
- Kürek, çekme, çekiç, hidrolik kriko ve sıkıştırma / kaldıraç çubuğu gibi birçok el tipi alet.

Şunlardan emin olmalısınız:

- Tesisin yetkili bir kişi tarafından kullanılıyor ve işletiliyor olması
- Uygun koruyucuların ve operatör koruyucu cihazların takılı olması

Tehlike ve risk birbirinden farklı anlamlara sahiptir fakat toplumda bunun farkındalığı yüksek oranda değildir. Tehlikenin tanımını, can ve mal güvenliğinin yanı sıra, çevre için de potansiyel bir kaza ya da yaralanmaya sebebiyet verebilecek malzeme/eşya, mevcut durum veya hareketlerin özelliği şeklinde yapabiliriz. Tehlikenin gerçekleşmesi, can ve mal kaybına varan sonuçlar doğurabilir. Bu sonuçların gerçekleşme olasılığı ve etkileri ise risk kapsamındadır (Australia, 2015).

Tehlikelere göre belirlenen risklerin önlenbiliyorsa önlenmesi, önlenemiyorsa etkisinin azaltılması için bazı çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların geneli risk değerlendirmesi/analizi olarak adlandırılır. Risk değerlendirilmesi yapılırken öncelikli adım, riskin kaynağını belirlemektir. Kaynak belirlendiğinde riski önlemek veya azaltmak adına uygun yöntemler veya hesaplamalar kullanılabilir. Bir riskin ortadan kalkması veya etkilerinin azaltılması diğer riskleri de etkileyeceğinden, bu analiz sürecinin sistematik şekilde ilerlemesi sağlanmalıdır. Öte yandan risklerin birbirini etkilemesi, riskleri ortadan kaldırmadığımızda veya azaltmadığımızda da farklı sonuçlar doğurabilir (Australia, 2015).

Risk değerlendirmeleri, emniyet yönetimi sistemlerinin geliştirilmesinde bir başlangıç noktası olarak oynadığından, sistematik olarak gerçekleştirilmeleri gerekir. Sistematik bir yaklaşım, kanunun karşılanmasına yardımcı olacak ve risk oluşturabilecek hiçbir şeyin istemeden ihmal edilmemesini sağlayacaktır. Birçoğunun herhangi bir iş için gerekli tüm risk değerlendirmelerini yapmanın göz korkutucu görevi olduğu görünen, bir dizi mantıksal adımda basit bir ilerleme ile nispeten kolay bir şekilde başarılabilir. Endüstri ve ticarete şu anda risk değerlendirmesine sistematik bir yaklaşım sağlamak için kullanılan çok sayıda farklı metodoloji vardır. Rehberinde Risk Değerlendirmesi Beş Adımları SEÇ, işyerinde sağlık ve güvenlik risklerini değerlendirmek için aşağıdaki adımlı yaklaşımı önermiştir:

1. Tehlikeleri tanımlayın
2. Kime zarar verilebileceğine ve
3. Riskleri değerlendirin (olasılık ve ciddiyyet açısından) ve mevcut önlemlerin yeterli olup olmadığına veya daha fazlasının yapılması gerekip gerekmediğine karar verin.
4. nemli bulguları kaydedin
5. Değerlendirmeyi gözden geçirin ve gerekirse revize edin.

Tehlikeleri ortaya çıkarmak, tehlikelerin olası etkilerini ve sonuçlarını belirlemek, kabul edilebilecek veya edilemeyecek olan tehlikeleri sınıflandırmak, tehlikelerin meydana gelmesi olasılığını belirlemek, bu olasılıkları ve kabul edilebilecek seviyeyi değerlendirip bu değerlendirme sonucuna göre koruma ve azaltma yöntemlerinin yeterliliğini belirlemek, risk değerlendirmesinde gereken adımlardır (European Commission, 2009).

Çalışanlar risk analiz değerlendirmesinde aşağıdaki soruların cevaplarına ulaşabilmelidir;

1. Iř yerlerindeki sağlık ve güvenlik riskleri nelerdir?
2. Kişilerin, üstlendiği işlerin davranışından kaynaklanan veya bunlarla bağlantılı olarak ortaya çıkan sağlık ve güvenlik riskleri nelerdir?

Ayrıca her bir işçinin risklere karşı aşağıda nitelikleri belirtilen ekipmanlara ihtiyacı vardır:

1. Her işveren, iş ekipmanının, kullanıldığı veya amaçlandığı iş için uygun olacak şekilde yapılmasını veya uyarlanmasını sağlayacaktır. İş ekipmanı işe uygun olacaktır.
2. her işveren İş ekipmanlarının seçiminde, çalışma koşullarını ve işyerine giriş yapan kişilerin sağlık ve güvenlik risklerini ve bu iş ekipmanının kullanılacağı tehlikeleri göz önünde bulundurmalıdır.
3. Her işveren iş ekipmanının sağlık ve güvenlik şartlarının uygun olduğu işlemler için kullanılmasını sağlayacaktır.

1.2 Trafik Yönetimi

Trafik yönetim aksiyonları genel anlamda şöyle tanımlanmaktadır:

- >Araçsız gezinme tehlikelerinin değerlendirilmesi
- >Güvenli hızların, uzaklıkların ve manevraları gerçekleştirilmesi
- >Güvenli ve uygun şekilde eğitilmiş sürücülerin kullanılması
- > Uygun araçların seçilmesi ve elde bulundurulması.

Madencilik sahalarında işçilere risk teşkil edebilecek çeşitli araç faaliyetleri bulunmaktadır. Bunlar arasında:

- > Taşıt yolu arızaları (örn. çökme veya kayma)
- > Araçlar ve yayalar, araçlar ve yapılar veya araçlar ve araçlar arasındaki etkileşimler (örn. yolcu taşıyan araçlar, hafif ve ağır araç etkileşimleri)
- > Araç kontrolünün kaybı (örn. sürücünün uyuması, mekanik arıza veya devrilme)
- > Taşıt yolundaki tehlikelerin kapsamı (Örn. Keskin dönüşler, dik bayırlar, yamaçlar veya trafik hacmi)
- > Araçlar için diğer tehlikeler (örn. yangın, patlama veya ziyaretçi araçları).

Madencilik operasyonu içerisindeki yolların tasarımı, düzenlenmesi, operasyonu, inşaatı ve bakımı konusunda aşağıda belirtilenlerle ilgili olarak yeterli değerlendirmeler yapılmalıdır:

- > Kademe ve genişlik
- > Drenaj yolları sistemi
- > Kullanılacak olan hafif ve ağır araçların özellikleri
- > Eğim veya stok sahasının oluşturulması sırasında hafif ve ağır araçların hareketi
- > Hafif ve ağır araçlar arasında iletişim.

1.2.1 Sahaya erişim: yükleniciler ve ziyaretçiler

Sahaya girilirken araçlar ve yayalar, ziyaretlerinin özelliğine bağlı olarak güvenli bir alana yönlendirilmelidirler. Bu genellikle işaretler ile gerçekleştirilir ancak yol işaretlemesi, yaya geçitleri veya bariyerleri de içerebilir. İşçiler ve ziyaretçiler için yeterli araç park alanı olmasını sağlamak esastır (Yeni Zelanda Hükümeti, 2015).

Saha araçlarının yaya geçidinden geçtiği veya kamu yolundan veya kamu yoluna döndüğü yerlerde kamu güvenliğini dikkate alınması gerekmektedir.



UYARI LEVHASI ÖRNEĞİ

Şekil 1.1 Uyarı levhası örneği (Quarry, 2015)

1.2.2 Yükleniciler Ve Ziyaret Eden Sürücüler

Operasyonel alanlara erişim sağlanması gereken yükleniciler ile ziyaret eden sürücülerin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekir. Bu şahısların ihtiyaçları değerlendirilmeli ve uygun olan hallerde saha kuralları ve prosedürleri ile kendilerinden beklenenlerin bilincinde olmaları sağlanmalıdır (Yeni Zelanda Hükümeti, 2015).

Örneğin, hafif araçların (bakım kamyonetleri gibi) operasyonel alanlardaki arızalara devamlı bir biçimde müdahale etmeleri gerekmektedir. Ziyaretçi sürücüye trafik yönetim planını temin edilmeli veya bu sürücülerin hareketleri ve operasyonlarının sıkı sıkıya kontrol edilmesini sağlamak üzere onlara eşlik etmek gereklidir.

Sahanın büyüklüğü ne olursa olsun, araç görünürlüğü standartları ile giriş sistemleri ve işaretleri içeren emniyetli çalışma sistemleri oluşturmak gerekmektedir.

1.2.3 Yayaların Ayı Tutulması

Operasyon alanlarındaki yaya faaliyetleri, her nerede uygulanabilir ise, özellikle karanlık olan saatlerde kısıtlanmalıdır. İşçiler kendilerine yetki verilmedikçe yaya olarak operasyon alanlarına girmemelidir.

Yayalar uygun olan yerlerde ayrı yolları kullanmalıdır, (örn, yalnızca yayalara özel alanlar ile emniyetli, belirlenmiş yaya yolları). Diğer kontroller içerisinde işçilerin çalışma yerlerine erişimlerinin sağlanmasında yalnızca hafif araçların kullanılması veya araçların sabit olduğu durumlarda yalnızca yayaların alanlara girmesine izin verilmesi gibi önlemler yer alabilir (örn, öğle tatili). Zamanlama aracılığıyla ayı tutma sistemi bir kontrol olarak kullanıldığında, yayaların operasyonlar başlamadan önce sahadan uzaklaşmış olduklarından emin olunmalıdır (Yeni Zelanda Hükümeti, 2015).

Daha küçük sahalar için veya birkaç kişinin çalıştığı alanlar için ise bekleme sahaları uygun olabilir (örn, ziyaretçilerin ilerlemeleri için izin verilene kadar saha barakasında beklemeleri gerektiğini bildiren işaretlemeler).

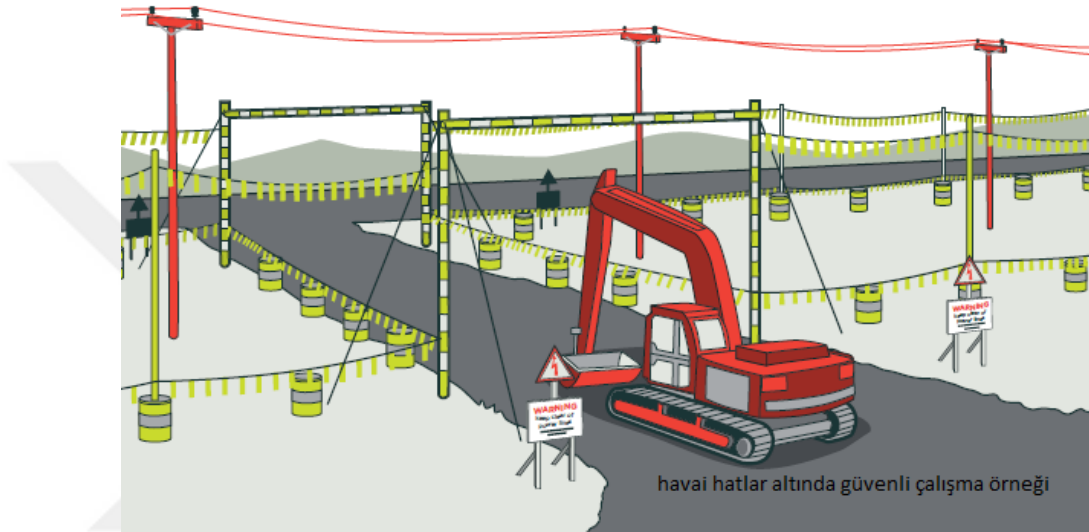
İnsanların yasak bölgelerle ilgili olarak bilgilendirilmesi için işaret yerleştirilmelidir.

1.2.4 Havadan Geçen Elektrik Hatları

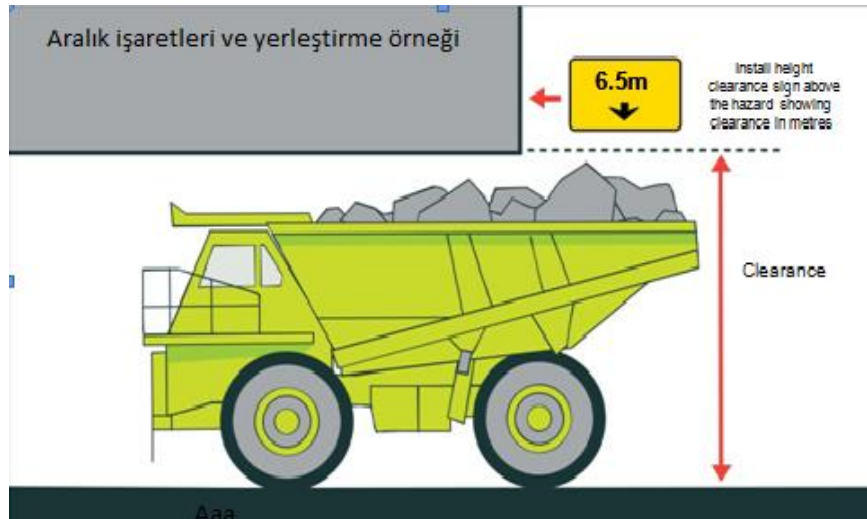
Sahada yer alan havadan geçen elektrik hatları, araçların onlara ulaşamamaları hali haricinde de önemli bir risk teşkil etmektedir. Yaralanmaların oluşması için araçların havadan geçen hatlara çarpması gerekmemektedir- elektrik voltaj ve koşullara bağlı olarak önemli uzaklıklara ark oluşturabilmektedir.

Havadan geçen hatlar ile teması engellemenin en etkili yöntemi, tellere yaklaşma veya temas etme riskinin olduğu yerlerde operasyon yürütmemektir. Yollar bu

alanlardan uzak durmak için belli bir güzergâh belirlenerek oluşturulmalıdır. Eğer bir risk söz konusu ise ve yol veya çalışma alanı kalıcı (veya uzun dönemli) ise, hatların kalıcı olarak iş alanından uzaklaştırılıp uzaklaştırılamayacağı veya yer altı kabloları ile değiştirilip değiştirilemeyeceğini belirlemek için gerekli önlemler alınmalıdır. Eğer bu durum uygulanabilir değilse, aşağıdaki kurallar uygulanır (Yeni Zelanda Hükümeti, 2015).



Şekil 1.2 Havadan geçen hatlar altında çalışma örneği (Quarry, 2016)



Şekil 1.3 Aralık işareîleri (Quarry, 2016)

Bir aracın kabloların etrafındaki tehlikeli alana erişimi söz konusu ise yukarıdaki şekillerde gösterilmekte olan önlemler kullanılmalıdır. Risk değerlendirmesinde araçların yükseltilmiş kasalar ile sürülmesi ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır.

Hat sahibi tarafından yazılı bir onay verilmedikçe havadan geçen güç hatlarının en az dört metre yakınına hiçbir araç veya araç yükü yaklaşamaz veya çalışamaz.

Araçların havadan geçen hatların yakınında herhangi bir zamanda kullanılacak olması ihtimalinde, söz konusu alana sürücünün mümkün olan en yakınına kalıcı bir işaret yerleştirilmelidir. İşaret: “Uyarı: Güç hatlarından uzak durunuz” ibaresini taşımali ve okunabilir bir durumda tutulmalıdır (Australia, 2015).

Mobil öğütücüler veya taşınabilir konveyörlere yönelik olarak, işaret söz konusu alanda her bir çekme noktasına ve sürüş kontrollerinin yakınına yerleştirilmelidir.

Eğer işin güç hatlarının altında gerçekleştirilmesi gerekiyorsa ve araçların tehlikeli bölgeye erişme ihtimali bulunuyorsa, hatlar işe başlamadan önce izole edilmeli ve topraklanmalıdır. Bunu uygulamak mümkün değilse, kazıcının kolları üzerine zincir konulması gibi araçların tehlikeli bölgeye erişmesini engellemek için fiziksel emniyet tedbirleri gerekli olabilir.

Acil durum prosedürleri havadan geçen bir güç hattı ile temas halinde ne yapılması gerektiğini belirtmelidir.

İşlemler sırasında elektrik çarpması veya lastik patlamasına ilişkin potansiyel riskleri yönetmek için operatörün tesisin dışına çıkmaması ve aracın izole edilmesi önlemleri alınabilir (Australia, 2015).

1.2.5 Diğer Havadan Geçen Yapılar

Güzergahlar üzerindeki havadan geçme engellerine ilişkin düşey temiz açıklık ölçülmeli ve kaydedilmelidir. Ölçüm, sıklıkla ilk tasarımdan sonra eklenen aşağıya

sarkan aydınlatma, havalandırma veya diğer servis özelliklerini de dikkate almalıdır. Araçlar tarafından kullanılan güzergahlar tehlikenin yapısına bağlı olarak yeterli miktarda havadan geçme açıklığına izin vermelidir.

Araç güzergahları ayrıca yükü yakalayabilecek veya yerinden oynatabilecek şeylerden de kaçınmalıdır.

Direkler, yükseklikölçer direkleri veya bariyerleri kullanmak suretiyle her tür havadan geçen engeli korumalıdır (örn, elektrik kabloları, borular, konveyörler, yaya köprüleri ve benzerleri gibi).

Önceden her tür sınırlı genişlik veya boşluk payına ilişkin açık uyarılara ve işaretler veya sesli uyarılara ilişkin açık uyarılar yerleştirilmelidir.

1.2.6 Geri Gitme, Manevra Yapma Ve Park Etme

Geri gitme tehlikelidir çünkü sürücünün görüşü azalmış durumdadır ve tuhaf bir sürüş pozisyonundadır.

Geri geri gitme kazalarını azaltmanın en etkili yolu tek yönlü sistemler ve dönüş sahaları kullanmaktır. Bunların uygulanamadığı durumlarda ise, iş sahaları geri geri gitmeyi minimumda tutacak şekilde organize etmelidir. Geri gitmenin gerekli olduğu yerlerde, şu sayılanları göz önünde bulundurun:

- > Sürücü için yeterli görüş netliğinin sağlanması
- > Mühendislik kontrollerinin oluşturulması (örn, çarpışma engelleme ekipmanları)
- > Geri gitme kameraları, yakınlık tespit ekipmanları ve geri gitme alarmlarının yerleştirilmesi
- > Emniyetli çalışma sistemlerinin oluşturulması
- > Yeterli seviyede denetim ve eğitimin sağlanması.

Emniyetli geri gitme işleminin geri gitme yardımcılara bağlı olduğu yerlerde (geri gitme kameraları gibi) araç söze konu ekipmanların arızalı olduğu zamanlarda kullanılmamalıdır. Emniyeti sağlamak için geçici kontroller kullanılabilir (örn, bir gözcü kullanılması).

Karanlıkta, saha ve araç ışıkları geri geri gitme sırasında sürücünün açık bir biçimde görebilmesi için yeterli aydınlatma sağlamalıdır. Hiçbir emniyet tedbiri geri gitme sırasında tek başına yeterli olmayacaktır (Yeni Zelanda Hükümeti, 2015).

1.2.7 Kontrol Tipleri ve Kontrol Örnekleri

- Geri gitme ihtiyacının ortadan kaldırılması
- Saha etrafında yükleme ve boşaltma alanlarında tek yönlü yol sisteminin kullanılması
- Belirlenmiş dönüş alanlarının temin edilmesi
- Mühendislik kontrolleri
- Operatörü bir yaya, nesne veya diğer bir aracın varlığından haberdar eden ve aracın çalışmasını durduran çarpışma engelleme ekipmanlarının yerleştirilmesi
- Geri gitme operasyonlarının azaltılması
- Araç hareket sayısının mümkün olduğunda azaltılması
- Sürücülerin kesinlikle gerekli olmadıkça geri gitmemeleri konusunda uyarılması
- Sürücüler için yeterli görüş mesafesi ve yakınlık araçları
- Geri gitme kameraları, radar, dış bükey aynalar ve benzerleri ile sürücü koltuğundan, özellikle aracın yan ve arka kısımlarına yönelik olarak görüş mesafesini kısıtlayan engellerin kaldırılması
- Sürücüyü insan veya bir nesne ile muhtemel çarpışmaya ilişkin olarak uyararak yakınlık araçları

Emniyetli çalışma sistemlerinin takip edilmesini sağlayın ve aşağıdaki özelliklere sahip araç geri gitme alanları tasarlayın:

- Araçlara emniyetli manevra yapabilecekleri yeterli alanlar sağlayın
- Yayaları dışarıda tutun
- Açık bir biçimde işaretlendirin
- Sürücüler emniyetli geri gitme alanının sınırına ulaştıklarına dair uyarmak için uygun fiziksel durma noktaları yerleştirin
 - > Sahada bulunan herkesin araç kurallarını anlamasını sağlayın
 - > Sahadaki tüm araçlara geri gitme alarmları gibi uygun uyarıcı cihazlar takın
 - > Kazıcı operatörünün gelmekte olan kamyonun yüklü olmasını kontrol edebilmesi gibi geri gitme sistemlerinin kontrol edilmesini (denetlenmesini) sağlayın
 - > Gözcüler kullanın
 - > Prosedürlerin uygulanmasını ve fiili olarak prosedürlere uygun davranılmasını kontrol edin

1.2.8 Gözcüler

Bir gözcünün (veya sinyalcinin) işi sürücüler yönlendirmek ve geri gitme alanlarında yaya veya diğer tehlikelerin olmamasını sağlamaktır (Yeni Zelanda Hükümeti, 2015).

Gözcüler kullanıyorsanız, şunlara dikkat ediniz:

- > Sadece eğitilmiş gözcüler kullanılabilir
- > Gözcüler her zaman açık bir biçimde sürücülerin görüş mesafesinde olmalıdır
- > Açık ve tanınan bir iletişim sistemi kabul edilmelidir
- > Gözcüler geri gitme operasyonu boyunca güvenli bir pozisyonda durmalıdır.

1.2.9 Takip Mesafeleri

Araçların birbirlerini yeterli bir açıklıktaki bir mesafeden takip etmeleri sağlanmalıdır. Eğer bir araç başka bir aracı çok yakından takip ediyorsa, arkadaki

aracın sürücüsü öndeki aracın durması halinde mümkün olduğunda hızlı tepki verememesi halinde bir kaza meydana gelebilir. Bu aynı zamanda arkadaki aracın öndeki araç gibi etkin bir biçimde duramaması halinde de mümkündür (Garber ve diğer., 2009).

Araç hızları artarken, takip etme hızı gerekli emniyet seviyesini sağlamak için arttırılmalıdır. Görüş mesafesinin azaldığı (örn, sisli hava koşulları) veya yol koşullarının daha uzun bir durma mesafesi ile sonuçlanabileceği (örn, yağmurlu hava koşulları) durumlarda sürücüler takip mesafelerini arttırmalıdır.

Hem yol hem yokuş seviyesindeki hızları göz önüne alın ve tüm durumlarda emniyetli uzaklıklar sağlayan takip mesafesi kuralları oluşturun. Takip mesafelerini belirlemek için görsel yardımcılar kullanılabilir (Garber ve diğer., 2009). (örn, sahanın takip mesafesi kuralına yönelik yol işaret kazıklarının aralıklarla yerleştirilmesi).

1.2.10 Fren Mesafeleri

Bir aracın durmak için ihtiyaç duyduğu mesafe üç unsurdan meydana gelmektedir:

- > Operatörün reaksiyon süresi boyunca yol alınan mesafe
- > Frenin tepki süresi boyunca yol alınan mesafe
- > Aracın durmadan önce yol aldığı mesafe.

Araçlar için genel fren mesafesi belirlenirken bu üç unsurun toplamından oluşan mesafeye izin verilmelidir. Yokuşlar ve yağmurlu koşullar da 3 nolu unsur üzerinde önemli bir etkiye sahip olacak olup frenleme verilerinde belirtilen hesaplamalar içerisine bir faktör olarak alınmalıdır (Garber ve diğer., 2009).

Bir araç üzerindeki yük, yol tutuş ve frenlerin nasıl uygulandığı (yumuşak, orta seviye, sert) da aracın durma mesafesini etkilemektedir (Garber ve diğer., 2009).

Aşırı fren mesafelerinin hesaplandığı alanlarda, nihai fren mesafesinin kabul edilen operasyonel şartları karşıladığından emin olmak için hız kısıtlamalarına ihtiyaç duyulabilir.

1.2.11 Park Etme

Araçları, harekete geçme ihtimallerini ortadan kaldıracak şekilde mümkün olduğunca pratik bir halde zemin seviyesine park edin. Eğimlere park edilen araçlar tekerlekleri güvenlik altına alınmadan, takozlanmadan, engellenmeden veya aracın kaza ile hareket etmesini engelleyecek şekilde uygun bir toprak setine karşı açıldırılmadan sürücüsüz bırakılmamalıdır.

Bir aracın gözetimsiz bırakılmasıyla ilgili bir emniyetli çalışma sistemi geliştirilmelidir. Örneğin motoru kapatmak, ateşleme anahtarını kaldırmak, tüm frenleri çekmek ve bunun gibi sürücülerin gerçekleştirmesi gereken hareketler büyük önem arz etmektedir. Mobil tesise yönelik olarak ise, bu durum kazıcı koruyucu araçların indirilmesini de içerebilir (örn, kazıcı kepçeleri, dozer bıçakları, parçalayıcı dişleri ve kazıyıcı kazanları).

Araçlar, emniyetli bir çalışma sistemine uygun olması haricinde, asla bir kazıcının dönme yarıçapında veya diğer çalışmakta olan araçların manevra yapma bölgelerinde park edilmemelidir. Hafif araçları, ağır araçların yakınına park etmek gerektiğinde (örn, bakım onarım amaçlarıyla) ağır araç, hafif araç alana girmeden önce park edilmelidir. Ağır araç çalışma boyunca hareketsiz kalmalıdır (Campbell, 2012).

Araçlar yeterli bir biçimde denetim altında olmadıkça yalnızca ehliyetli kişiler tarafından işletildiğinden emin olmalıdır. Maden işletmelerinde sadece yazılı olarak ehliyetli şahıslar yetkilendirilmelidir. Bu da araçların çalıştırılması için anahtarların veya diğer donanımların araç park halindeyken emniyetli bir yerde olmasını sağlama anlamına gelebilir.

Emniyetli bir çalışma sistemi oluşturmalsınız, böylece aracı terk eden herhangi bir kişi tehlikeli bölgeye girmeyecektir. Bu, operatörlerin günlük çalışmayı başlatma denetimleri ve nöbet değişimlerini üstlendikleri durumları da kapsamaktadır.

1.2.12 Araçların yüklenmesi

Amaçlarına yönelik olarak yükleme işlemi, kazılmış olan materyallerin araçlara yüklenmesini içermektedir. Mobil tesisin veya ekipmanların (ya da diğer yüklerin) yük kamyonlarından yüklenmesi sırasında güvenlik ile ilgili bilgiler ve yönergelerin dışına çıkılmamalıdır (Campbell, 2016).

Sahanın yapısına bağlı olarak, yükleme işlemi kamyonlarla, yük vagonları veya römork üniteleri, pikaplar veya araç römorkları ile söz konusu olabilir (örn, ürünün doğrudan kamuya satımının yapıldığı yer).

1.2.13 Yükleme Alanları

Yükleme alanının (veya yasak alanın) kamyon, römork veya mobil tesis etrafında minimum altı metre tutulması önerilir. Bu alanın yükleme ile ilgili araçlar veya trafik hareketlerinin görünürlüğüne bağlı olarak daha geniş olması gerekebilir.

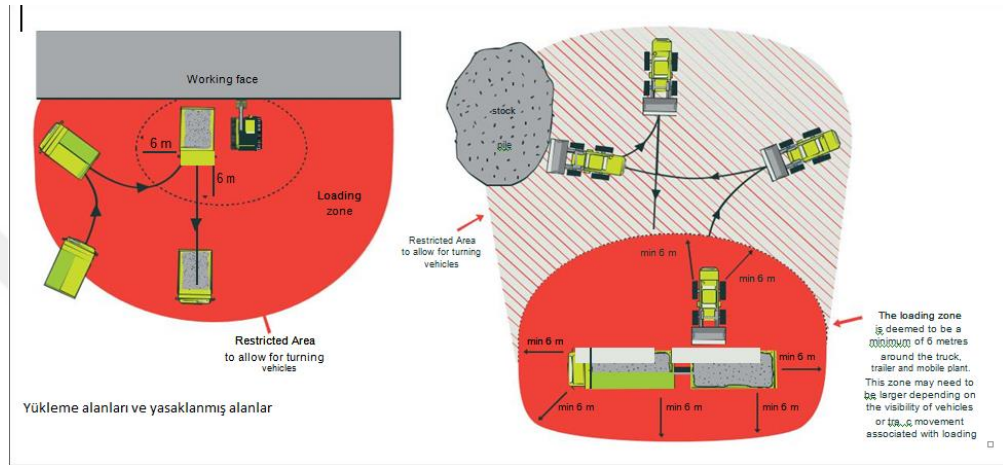
Yükleme alanına ek olarak, yükleme ile ilgili araçların hareketini göz önünde bulunduran sahaya özgü bir risk değerlendirmesine dayanan kontrollü giriş sağlanan bölgeler oluşturulmalıdır.

Herhangi bir aracın (yükleme yapılanlardan ayrı) veya yayaların kazma ve yükleme operasyonları sürerken yükleme alanına girmesi yasaklanmalıdır.

Araçlar yükleme alanına girerken (yükleme amacıyla) iletişim protokollerini belirleyen bir emniyetli çalışma sistemi belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin, sistem ilerlemek için izin almak üzere mobil tesis operatörü ile irtibata geçmeyi gerekli

kılabilir. Daha geniş sahalarda ise, bu durum trafik hareketlerinin kontrolünde bir gözetmen veya diğer bir atanmış kişi tarafından koordine edilebilir.

Emniyetli çalışma sistemi aynı zamanda, önceden izin alınmaksızın yükleme alanına bir araç veya yayanın girmesi halinde, işin derhal durdurulmasını da içerir şekilde, atılması gereken adımları da belirlemelidir.



Şekil 1.4 Yasaklanmış alanlar (Highway, 2019)

1.2.14 Yükleme Operasyonları

Yönergeler görevlilerin önemli tehlikeleri tanımlamasını ve kontrol etmesini şart koşmaktadır. Emniyetsiz yükler ve aşırı yüklenmiş araçlar gerek kamuya açık yolda gerekse sahanın sınırları içerisinde bulunan bir yolda önemli bir tehlike arz edebilir.

Kanun, kamuya açık yollarda sürülen araçlara yönelik yük emniyeti kurallarını içermektedir. Emniyete alınmamış yükler ile araçlardan düşen yükleri içeren cürümlere yönelik katı sorumluluklar getirmektedir. Kamyon Yükleme Kanunu bir yükün düşmemesini sağlamak için yerine getirilmesi gereken genel şartları ayrıntılarıyla belirtmekte ve aracı yükleyen operatör veya herhangi bir şahsa uygulanmaktadır (Campbell, 2016).

Yükler, yükleme işlemi sırasında, araç sürülürken ve boşaltma işlemi boyunca emniyet altına alınmalı ve güvenli bir biçimde kalmalıdır. Yükleme veya boşaltma işlemi yapılırken araç düzleştirilmeli, dengede ve sabit olmalıdır.

1.2.15 Hafif Araçlar

> Yükleri, yükleme işlemi sırasında mümkün olduğunca eşit şekilde yayın. Dengesiz yükler aracı veya römorku dengesiz kılabilir veya akslara aşırı yük yükleyebilir.

> Sürücü araç dışında ve yükleme alanından uzakta olmadıkça (başka bir deyişle güvenli bir alan) operatör kabini üzerine yükleme yapmayı yasaklayın.

> Römorkun arka kısmına yükleme yapmaktan kaçının çünkü bu durumda römork arkaya doğru eğilebilir (özellikle tek akslı römorklar). Bu, aracın yol yüzeyi üzerindeki tutuşunu azaltabilir, böylece tekerlekler zeminden havaya doğru kalkabilir.

> Yükleri vagon çeki kolunun aksı (veya aksları) boyunca dengeli bir biçimde dağıtın, bu şekilde bağlama veya çözme işlemi kolaylıkla ve emniyetli bir biçimde gerçekleştirilebilir ve römork taşıma sırasında dengede kalır.

> Mümkün olduğunda, vagon çeki çubuklu römorkları boşaltılmış bir halde bağlayın (veya çözün), bu şekilde römorkları idare etmek daha kolay olacak ve bunlarla genel olarak daha emniyetli bir biçimde çalışılacaktır.

> Diğer araçlara veya yayalara olan riskleri azaltan uygun mobil tesis veya özel bir amaca yönelik olarak kurulmuş araçları (bunker/hoper) seçin.

1.2.16 Karayolu Araçları

> Yükleme sırasında mümkün olduğunca eşit bir biçimde yükleri yayın ve operatör kabini üzerine yükleme yapmayın. Dengesiz yükler aracı veya römorku dengesiz kılabilir veya akslara aşır yük yükleyebilir.

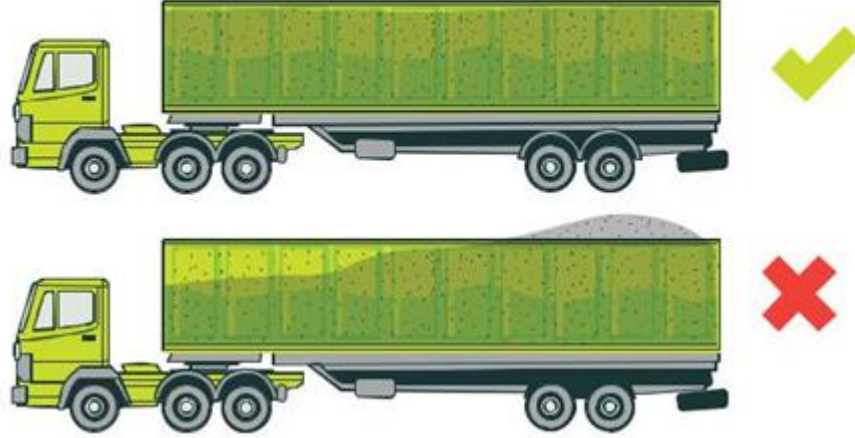
> Tüm sürücüler (ve uygun olan yerlerde yolcular) yükleme sırasında araç içerisinde kalmalıdır.

> Eğer yükün üzeri örtülecekse, zemin seviyesinden veya emniyetli daha yüksek bir yerden çalışabilecek bir karayolu aracı örtme cihazı temin edilmelidir. Alternatif olarak, bir yük örtme platformu veya rampası kullanılmalıdır.

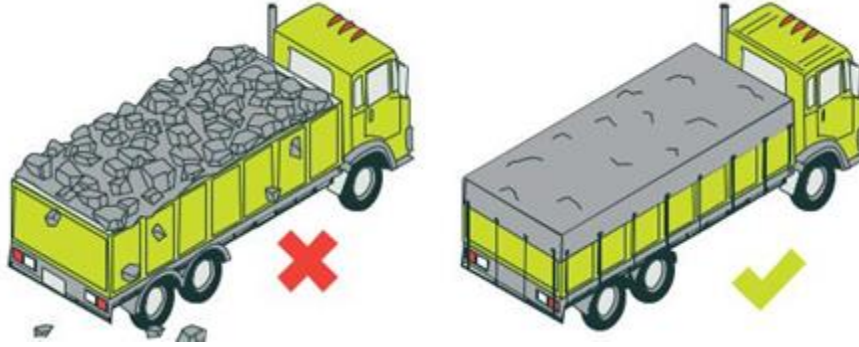
> Gevşek duran yükler normalde kısıtlama için aracın gövdesine dayansa da, tüm gövde-şasi bağlantı noktalarının (başka bir deyişle “U” cıvataları, menteşe pimleri, menteşe pimi bağlantı parçaları ve bunun gibiler) güvenli olmasını ve bağlantı noktalarının ve gövdenin sağlam durumda olmasını sağlamak çok önemlidir.

> Dökme yük ambarlarının kapıları, dökme yüklerin patlamasını engellemek için kapalı tutulmalıdır.

> Karayolunda seyrederken, gevşek dökme yükler rüzgar veya harekete bağlı olarak yükün dökülmesi riskinin olduğu zamanlarda örtülmelidir. Taşıma sırasında tehlikeleri en aza indirmek için araç gövdesi iyi bir durumda tutulmalıdır. Bu durum özellikle çakıl ve taşların kara yoluna düşmesine izin veren kötü bir biçimde sabitlenmiş bagaj kapaklarına uygulanır. Kara yolu üzerinde üzerlerine bir tente gerilmemiş olan bir araçla taşınan gevşek dökme yükler hiçbir zaman aracın herhangi bir tarafından 100 mm’den daha yükseğine erişmemelidir (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2016).



Şekil 1.5 Yükleme örneği (Quarry, 2015)



Şekil 1.6 Yüklerin örtülmesi (Quarry, 2015)

> Karoser yüksekliği eklentileri sadece yükün türü ve şartları izin verdiğinde kullanılmalıdır. Bu tür durumlarda, destekler, mevcut karosere yeterli bir biçimde sabitlenmelidir. Destek için aracın ana karoseri içerisindeki yüke güvenmek yeterli gelmez. Gereken yerlerde, yan taraflara yayılmayı engellemek için karoser eklentileri üzerinde enine olarak lastik zincirleri kullanılmalıdır (Ashton, 1971).

1.2.17 Off-road Araçlar

> Yükleri, yükleme işlemi sırasında mümkün olduğunca eşit şekilde yayın. Dengesiz yükler aracı veya römorku dengesiz kılabilir veya akslara aşırı yük yükleyebilir.

> Kabinler üzerine yükleme yapılmasını yasaklayın.

> Tüm sürücüler (ve uygun olan yerlerde yolcular) yükleme sırasında araç içerisinde kalmalıdır.

> Kabin içerisindeki kişilerin savrulmasını veya yaralanmasını engellemek için yüklerin yüksekte düşmemesi gerekmektedir.

> Eğer özellikle geniş kayalar yükleniyorsa, bir ince malzeme yatağının yerleştirilmesi bir miktar tamponlama ve denge sağlayacaktır.

> Yüklerin yerleştirilmesi emniyette olmalarını garantiye alır şekilde gerçekleştirilmelidir.

> Kazıcı veya yükleyici yüklenmekte olan kamyonun boyutuna uygun olmalıdır.

1.2.18 Ağırlık Sınırları

Maksimum araç ve aks ağırlıkları asla aşılmamalıdır. Aşırı yüklenmiş araçlar dengesiz ve yönlendirmesi zor veya daha az fren yapabilir hale gelebilir.

Madencilik operasyonları araçlar ve ekipmanlar tarafından yolları üzerinde ve diğer araç operasyon alanları üzerinde taşınabilecek veya çekilebilecek maksimum yükü içermelidir (ağırlığa, boyutlara veya diğer kriterlere ilişkin olsun veya olmasın).

Geniş taş blokları ve plakalarının yüklenmesi ve depolanması; Geniş taş blokları veya plakalarının taşınması ve depolanması güvenli bir biçimde gerçekleştirilmediği takdirde ciddi derecede bedensel yaralanma riski taşır. Boyutlarına ve ağırlıklarına bağlı olarak, bu bloklar veya plakalar potansiyel olarak dengesizdir (Burak Kekeç, 2009).

İşçilerin güvenliğini sağlamak için şu sayılanları içermekte olan bir güvenlik sistemi belirlenmesi gerekmektedir:

> Yasak bölgeler: taşıma veya kaldırma sırasında bir blok veya plakanın düşebileceği alanlara insanların girmesine izin vermemek.

> Yazılı iş talimatları (veya standart operasyon talimatları), işçilere geniş taş bloklar ve plakaların tehlikeleri ve güvenli çalışma sistemine uygun hareket etme ihtiyaı üzerine uygun bilgiler, talimatlar ve eğitimler verilmelidir.

> Ehil bir kişi tarafından gerçekleştirilen yeterli seviyede denetim.

> Taşları veya blokları yükleme veya boşaltma operasyonları (araçlardan veya depodan) boyunca daima kontrol altında tutmak. Bu, kayışların bağlanması ve sökülmesi, halatların kaldırılması ve benzeri eylemleri içermelidir. Bu özellikle insanların araçlara yükleme araçlardan boşaltma işlemi yapılırken ve kaldırma işlemi sırasında bir kaya parçasının düşebileceği tehlikeli alanlarda olabileceği durumlar için önem teşkil etmektedir (değişkene ve bazen de araç süspansiyonu veya yolun dışbükey olmasına ilişkin öngörülemeyen etkilere bağlıdır).

> Uygun onaylı kaldırma ekipmanları sağlanması, kullanılması ve denetlenmesi.

> Yüklerin taşınma sırasında hareketten dolayı emniyete alınmasını sağlamak.

Raf tipi depolama sistemleri kullanıldığında, bu sistemler kaya parçalarının yuvarlanmasını veya temel üzerinden kaymasını engellemek üzere tasarlanmış ve

onaylanmış olmalıdır. Geleneksel “A” çerçeve depolaması bu anlamda, yukarıdaki amacı gerçekleştirmek için modifikasyonlar yapılmadıkça, uygun olmayacaktır.

Öğütücülerin Beslenmesi; Eğer bir öğütücüye doğrudan bir yükleyici veya kazıcı tarafından besleme gerçekleştiriliyorsa, o zaman:

> Sabit altlıklar, operatörün kabin içerisinden besleme silosunu gözlemlemesine yeterli olacak şekilde uygun (dengeli) ve yüksek bir konumda olmalıdır.

> Rampa, her iki tarafında yeterli bir kenar korumasına sahip olmasının yanı sıra tekerlekli yükleyiciler veya kamyonlar kullanılırken aracın hareket etmesine izin verecek şekilde geniş tutulmalıdır.

> Rampanın maksimum meyili yükleme aracının kapasitesi içerisinde olmalıdır.

> Rampanın son birkaç metrelik kısmı zemine düzeleştirilmiş olmalıdır, bu şekilde araç yokuş yukarı boşaltma yapmaz. Bu, operatörlerin besleme işlemini gözlemlemelerine yardım eder. Araç aynı zamanda şu durumların gerçekleştirilmesi halinde daha dengeli olacaktır.

> Yaya ve engellerin kazıcının dönme yarıçapı veya yükleme alanının dışında tutulmasının sağlanması.

Demiryolu rampa hatları bir alana girdiğinde:

> Uygun olan yerlerde, yan hat girişlerinin kilitlenmesi için bir yöntemin mevcut olmasını sağlayın.

> Uygun olan yerlerde, rayların diğer operasyonel alanlardan ayrı tutulmasını sağlayın.

> Tren varış saatleri ve günlerine ilişkin iletişime yönelik bir güvenli çalışma sistemine sahip olun (örn, demiryolu operatörünün en az 24 saat öncesinde trenin girişini bildirmesini sağlamak).

> Rayların üzerinde bir engel olmadığından ve molozların temizlendiğinden emin olun.

> Uygun olan yerlerde, tren varış zamanları ve diğer tehlikelere ilişkin bilgiler veren işaretler yerleştirin.

Sürücüler bir aracı emniyetli bir biçimde kullanabilecek şekilde ehliyetli olmalı veya yeterli bir biçimde denetlenmeli ve kullandıkları aracın modeli markasına ilişkin uygun bilgileri, talimatları ve eğitimleri almalıdır. Daha az tecrübeli olan sürücülerin eğitimlerinin ardından güvenli bir biçimde çalıştıklarından emin olmak için yakından takip edilmesi özellikle önem taşımaktadır.

Sürücülerin ve yolcuların emniyet kemeri takmalarını şart koşan protokoller oluşturulmalıdır. Geçmişte gerçekleşen kazalar göstermiştir ki, bir aracın kontrolden çıkması halinde ciddi bedensel yaralanmaları veya ölümü engellemenin en iyi yolu, kabin içerisinde emniyet kemeri takılı vaziyette durmaktır.

1.3 Sürücülerin Eğitimi ve Araçların Yeterliliği

Sürücüler kamu yolunda araç sürmeye ehliyetli olmalıdır. Kamu yolu olarak tanımlanmamış saha alanlarına yönelik bir iç lisanslama sisteminiz olmalıdır.

Eğitim şartları kişinin tecrübesine ve daha önceden almış olduğu eğitime bağlı olacaktır. Risk değerlendirmesi, eğitimi alan kişinin eğitiminin seviyesini ve miktarını belirlemede yardımcı olmalıdır.

Genel olarak, yeni işe alınmış sürücüler en fazla eğitime ihtiyaç duyanlarıdır ancak daha tecrübeli sürücüler için de bir yeniden değerlendirme programı olmalıdır (Shinar, 2017).

Yeni göreve atanmış olan sürücüler tarafından özellikle eğitim ve deneyime ilişkin olarak temin edilen bilgilerin değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bu sürücülerini hem kendilerinin fiili ehliyet seviyelerini hem de ayrıca ihtiyaç duyulan eğitim seviyelerini belirlemek üzere sahada gözlemlenmelidir.

Her bir sürücü için belirli bir göreve en uygun kişinin atanmasının sağlanmasına yardımcı olmak ve daha yeni bir eğitime ihtiyaç duyanların belirlenmesi için bir eğitim ve lisans kaydı tutulmalıdır.

Maden operatörleri yazılı olarak araç operatörlerini yetkilendirmelidir. Operasyon için yetkilendirme her bir araç ve model için mevcut olmalıdır.

Bir kişinin bir aracı kullanmaya uygunluğu bireysel temelde değerlendirilmelidir, ancak burada amaç sürücünün uygunluğu ve yetenekleri ile görev şartlarını birbirine uydurmaktır (Shinar, 2017).

İstihdam öncesi sağlık değerlendirmeleri ve devam eden sağlık gözlemleri bir bireyin emniyetli bir biçimde araç kullanma yeteneğinin (ve herhangi bir bağlantılı görevi üstlenmelerinin), rollerinin gerektirdiği yerlerde, değerlendirilmesi ve gözlemlenmesini içermelidir.

Araçlar gerçekleştirilen işe ve kullanıldıkları yere uygun tipte olmalıdır.

Uygun araçların seçilmesi sahadaki pek çok riski azaltmaya veya ortadan kaldırmaya yardımcı olur. Genellikle doğru araç ile başlamak, aracın daha sonra modifiye edilmesine nazaran daha kolay ve hesaplıdır. Aşağıda bir araç almadan önce göz önünde bulundurulması gereken minimum faktörler yer almaktadır:

> Frenleme sisteminin etkinliği, aracın üzerinde çalışması beklenen eğimler göz önünde tutulmalıdır.

> Sürücü için her yönde yeterli görüş netliği,

> Tüm öngörülebilir operasyon şartları altında sağamlık,

> Düşen nesnelerden (düşen maddelere karşı koruyucu yapılar), devrilmelerden (karşı koruyucu yapı) sürücü ve yolcuların korunması ve emniyet kemeri.

> Erişimin gerekli olabileceği yerlerde kabin veya aracın diğer alanlarından emniyetli erişim ve ıkış,

> Motor yangın duvarı ve yangın bastırma ekipmanları,

> Işıklar, n cam silecekleri, korna ve diğer uyarı cihazları,

> Kullanım veya bakım çalışmaları sırasında tehlikeli parçalara yönelik koruma,

> Sürücü ve yolcuların yağmurdan, yüksek ve düşük sıcaklıklardan, ses, toz ve titreşimden korunması,

> Sürücü ve yolcular için uygun oturacak yer,

> Taşınabilecek veya çekilebilecek maksimum yükler.

Araçların güvenlik önlemlerine uygun olmaması halinde, risk değerlendirmenizin önemli bir tehlikeyi öngördüğü yerlerde donanımın iyileştirilmesi durumunu göz önünde bulundurmalıdır (Shinar, 2017).

Karanlık saatlerde sahaya girmesi beklenen (bir işin gerçekleştirilmesi planlanmış olsun veya olmasın)araçlar için ek tamamlayıcı ışıklandırmalar (ileri ve arka kısım projektörleri) veya ek olarak araca takılan iş ışıkları temin edilmelidir.

Pek çok araçta yalnızca aracın hemen arkasında değil aynı zamanda yan taraflarda ve hemen ön tarafında olacak şekilde kör noktalar bulunmaktadır. Görüş mesafesinin geliştirilmesi, geri vites kameraları, çarpma engelleme sistemleri, yakınlık sensörleri ve aynaları gibi yaklaşımların bir kombinasyonunu gerektirmektedir.

Çalışmalar göstermektedir ki uygun kullanıldıklarında (başka bir deyişle sürücülerin uygun olan zamanda sisteme göz atmaları) geri vites kameraları özellikle uygun bir sesli uyarı sistemi ile birlikte olduklarında geri gitme çarpmalarının oluşumunu başarılı bir biçimde azaltabilmektedir. Bir çalışmada şunlar tespit edilmiştir:

> Geri gitme işleminden önce arka taraftaki kameraya bakmayan sürücülerin %46'sı sesli olarak uyarıldıktan sonra kameraya bakmışlardır.

> Arka kısım kameralarına bakan sürücülerden %88'i ise bir çarpışmayı engellemiştir.

Kör bir noktadan geçen veya park etmiş olan bir yaya veya araç olması halinde araçlar kullanılırken veya dönüş yaparken kazalar meydana gelebilmektedir. Bir rehber olarak, sürücü bir aracın herhangi bir tehlike noktasından bir metre yükseklikte ve bir metre uzaklıkta olan yeri görebilmelidir. Sürücü aracı hareket ettirirken veya geri giderken amaçlanan sürüş yolundaki diğer yaya veya araçların varlığını tespit edebilmelidir.

Ulusal İşçi Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH) için gerçekleştirilen testler bazı madencilik araçlarındaki kör noktaları göstermektedir. Rapordaki resimler operatörün engelleri göremediği etrafındaki alanı göstermektedir (Shinar, 2017).

Bir araç sürülmeden önce takip edilmesi gereken bir prosedür olmalıdır. Bu, gece boyunca park edilmiş veya kullanılmamış olan aracın sürülmesinden önce beş saniyelik bir bekleme ve korna çalma şeklinde olmalıdır. Operasyonel alanlarda, bu, ileri doğru sürmeden önce iki kere korna çalma ve beş saniyelik bir bekleme ile geri gitme işleminden önce ise üç defa korna çalma ve beş saniyelik bekleme şeklinde olmalıdır.

Sürücüler sürüş pozisyonundan görüşü engelleyebilecek şekilde, ön cam veya aynalar veya monitörler üzerine eşya yerleştirmemelidir. Silecekler tarafından temiz tutulması gereken ön cam alanı önüne engel konulmamalı ve yan pencereler de temiz tutulmalıdır. Pencereler ve aynalar temiz tutulmalı ve iyi durumda tutulmalıdır. Toz veya çatlaklar pencere veya aynaları daha az etkili kılmaktadır. Gerektiğinde sürücünün görüş mesafesini arttırmak için ek yan aynalar yerleştirin.



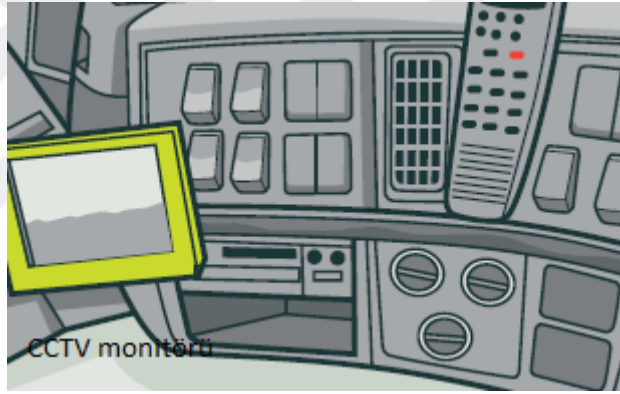
Şekil 1.7 Çok yönlü ayna örneği (Quarry, 2015)

Çarpışma engelleme ekipmanları sürücüyü sabit engellerden veya yol üzerindeki diğer araçlarla ilgili olarak uyarmakta ve aracı çarpmadan önce durdurmaktadır. Çarpışma engelleme sistemleri araç pozisyonu, hızı ve yönünü belirlemek için genellikle GPS veya yerel kablosuz teknolojiyi kullanır (başka bir deyişle WiFi veya Bluetooth). Araç lokasyonları ve yolları hesaplanır ve alandaki tüm diğer teçhizatlı araçlara radyo bağlantısı ile gönderilir. İki veya daha fazla aracın çarpışma ihtimali olduğu yerlerde sürücülere sesli ve görsel uyarılar gönderilir (AASHOTO, 2019).

Yakınlık tespit ekipmanı sürücüyü hemen yakında bulunan insanlara ve nesnelerin varlığına dair uyarır ancak aracın çarpmasını durdurmaz (sürücünün aracı durdurması gerekir).

(CCTV) kameraları aracın ön, yan ve arka kısımları üzerine yerleştirilebilir. Görüntüler kabin içerisine yerleştirilen bir ekrana yansıtılır. Bazı kameralarda kızılötesi aydınlatıcılar bulunmaktadır, bu şekilde sürücü karanlıkta da gelişmiş bir görüntüye sahip olur (AASHOTO, 2019).

Termal görüntüleme sistemleri de mevcut olup, gece operasyonlarının gerçekleştirildiği sahalarda uygun olabilir.



Şekil 1.8 CCTV örneği (Quarry, 2015)

1.3.1 Geri Vites Alarmları

Geri vites alarmları aracın geri vites durumunda olduğu yerlerin etrafındaki herkesi uyarır. Sürücünün açık bir görüşe sahip olmasına veya diğer araçların yoldan çekilmesine dayanmaktadır.

Geri gitme alarmları başka bir ses tarafından bastırılabilir veya yoğun bir sahada normal hale gelebilir, bu şekilde insanlar onları fark etmeyebilir. Geri vites alarmlarının kullanılması uygun olabilir (risk değerlendirmenize dayanılarak) ancak muhtemelen diğer tedbirlerle birlikte kullanıldıklarında daha etkili olacaklardır (AASHOTO, 2019).

1.3.2 Hafif Araçların Görünürlüğü

Hafif araçlar, ağır araçlar tarafından ezilme riski taşımaktadır. Ağır araçların çalıştığı alanlardan uzak tutulmalıdırlar. Bunun mümkün olmadığı yerlerde ise, dönen veya yanıp sönen işaret ışıldakları, yüksek seviyede görülebilir ‘buggy whips’ direkler, yansıtıcı işaretler ve diğer uygun tedbirler yerleştirilmelidir. Bu, hafif araçların halihazırda diğer araçların sürücüleri tarafından görülebilir olmasını sağlar. Araç tehlike ışıklarının kullanılması yeterli görülmemekte olup, kullanılması engellenmelidir.

Ağır araçların çalıştığı yerlere girmesi beklenen hafif araçlar için, risk değerlendirmeniz sırasında aşağıdaki kontrolleri göz önünde bulundurun:

- > Ağır araçların etrafında yasak kuşaklar oluşturun.
- > Hafif araçların yasak kuşan içerisinde olmaları halinde ağır araçların hareketsiz kalması gerekir.
- > Çevresel koşulların görüş mesafesi üzerindeki etkisi (örn, karanlık, sis veya yağmur).
- > Araçlara, kör noktaları örtmek için çok sayıda ışık sabitlenmiş olmadıkça, aracın etrafında 360 derecelik bir alandan görülebilir olan, dönen veya yanıp sönen uyarı ışıkları ve yansıtıcı kuşaklar takın.
- > Telsizler yerleştirin, böylece sürücüler saha denetçileri veya doğrudan ağır araç sürücüleri ile iletişim kurabilir.
- > En uzun aracın operatörü tarafından görülebilen bir uyarı bayrağı (uyarı direği) yerleştirin.

> Ağır araçlar ve hafif araçlar arasında iki taraflı iletişime yardımcı olmak üzere açık bir biçimde görülebilen numaralandırma veya alternatif bir pozitif tanımlama araçları yerleştirin.

Hafif araç görüş mesafesi kontrolleri tüm hafif araçlara uygulanmalıdır (örn. Operasyonların gerçekleştirildiği alanlara girmesi gereken yüklenici veya ziyaretçi sürücüler olması halinde).

Her tür kalıcı ışıklandırma, geriye yansıtıcılar veya yansıtıcı materyaller kamu yollarında kullanılırken kanuna uygun olmalıdır.

1.3.3 Sürücüler, Operatörler Veya Yolcuların Korunması

Ağır araçların operatörleri araçlarının devrilmesi, yan yatması veya kabine nesnelerin girmesi halinde yüksek oranda ciddi veya ölümcül yaralanma veya ezilme riski taşımaktadır.

Genellikle bu durum, araziye bağlı olmaktadır. Düz dengeli zemin üzerinde düşük bir risk ve eğimli veya dengesiz zeminler üzerinde veya toprak dolgular, kazı çukurları üzerindeki çalışmalar veya eski maden çalışma alanları üzerindeki çalışmalarda yüksek bir risk bulunmaktadır.

Emniyet kemerinin takılması, devrilme veya yan yatma durumunda ciddi veya ölümcül yaralanma riskini azaltabilir. Operatörler üzerine nesnelerin düşmesi ve sürüş pozisyonuna girmesi riski olan yerlerde (kayaların düşmesi gibi) operatör düşen nesnelerden koruyucu yapılar tarafından sağlanan bir emniyete de ihtiyaç duyar.

Madencilik operasyonları, devrilmeden korunma ve düşen nesneden korunma dahil olmak üzere, mobil tesis operatörlerini korumak üzere araçların yerleştirilmesini gerektirmektedir.

1.3.4 Emniyet Kemerleri

Tüm sürücüler ve yolcular uygun emniyet kemeri takmalıdır. Şu durumlarda kontrol edilmelidirler:

- > Tokaların düzgün şekilde çalışmadığı durumlar.
- > Kemerin asar gördüğü veya zayıfladığı haller.
- > Kemerin saçaklanmaya başladığı haller.

Emniyet kemerlerine yönelik Kara Taşımacılığı Kanunu altında düzenlenen belirli yasal şartlar yıllar içerisinde değişmiş olup, aracın yaşı ve türüne bağlı olarak da farklılık göstermektedir. Kemerin türü de statik kemerlerden geri çekici kemerlere doğru değişmiştir.

Operatörün korunmasını sağlayan yapıların konulduğu araçlara yönelik emniyet kemeri şartları üzerine daha ayrıntılı bilgi almak için, Kendiliğinden Çalışan Mobil Makine Tesisi üzerindeki Operatörü Koruyucu Yapılara yönelik Onaylanmış Uygulama Esasları'na bakılmalıdır.

1.3.5 İnsanların Taşınması

İnsanlar sadece öne doğru veya arkaya doğru bakan koltuklar ve emniyet kemerleri olan yolcu taşıma için tasarlanmış araçlar içerisinde taşınmalıdır. Bu araçlar ayrıca araç görünürlüğü standartlarına da uygun olmalıdır. Özellikle insanları taşımak için tasarlanmamış olan araçlar kullanılmamalıdır.

Uygulanabilir olduğu yerlerde, yükleri yolculardan ayrı taşıyın. Eğer kabin yükleme alanından ayrı değilse (örn, yük kamyonu), yük kompartmanı ile kabin arasında bir kargo bariyeri veya ara duvarı yerleştirin. Bu duvar bir acil durum halinde ileriye doğru kayan yüke dayanabilecek güçte olmalıdır (Shinar, 2017).

Bir arpışma halinde füze gibi hareket etme ihtimali olan ufak aletleri (yangın söndürücüler veya el aletleri) sağlam yerlere yerleştiriniz.

1.3.6 Araç Yangınları

Araçların zerindeki veya içindeki yangınların tipik sebepleri parça arızası ve zayıf ya da yetersiz bakım onarımdır. Yangının nlenmesine yönelik bir risk değerlendirmesi yapılırken, şunlar göz önüne alınmalıdır:

> Hidrolik parçalar “benzer nitelikte” olup kullanıma uygun kabul edilmektedir. Değişiklik yapmadan önce daima orijinal ekipman üreticileri ile irtibata geçin.

> Saha dışından gerçekleştirilen her tür bakım, kurulum veya tasarım değişikliği kullanmadan önce tasdik edilmeli ve standartlara ve tasarımlarına eşit olmalıdır.

> Saha bakım onarımına yönelik olarak çapraz kontrol niteliğinde olacak şekilde periyodik olarak yetkilendirilmiş hizmet sağlayıcıları tarafından kalite kontrolleri ve denetimlerinin yürütülmesi.

> Düşük Seviyeli Yanıcılığa Sahip Hidrolik Sıvıların Kullanılması (düşük yanıcılık ve mineral hidrolik sıvılar asla karıştırılmamalıdır. Eğer birini diğeri ile değiştiriyorsanız, bir boşaltma ürününün kullanıldığından ve herhangi bir kalıntı ürün kalmadığından emin olun).

> Onaylı parçalara sahip her tür eklenen veya mevcut hortumun düzgün şekilde yerleştirilmesi.

> Hidrolik ekipmanların bakım onarımının amaca uygun araçlar ile sağlanması.

> Hortum mengenelerinin güvenlik açısından rutin bir biçimde kontrol edilmesi.

> Mengene altındaki esnemez boru veya hortumların aşınmaya ilişkin olarak rutin kontrolü.

> 150°C petrol işletme sıcaklıkları için tasarlanmış yangına dayanıklı hortumlar ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı hortumların kullanılması.

> Sıcak parçalar etrafındaki alana izolasyon kurulması ve izolasyonun değerlendirilmesi veya hortumların izolasyonu ve örgülü zırh tipi hortumların yenilenmesi.

> Kabloların yangına karşı korunması ve bağlantıların uygun olması ve uygun şekilde yerleştirilmesi.

> Sigortalar, solenoidler ve geri dönüşüz vanalar gibi koruyucu cihazların yeri ve derecelendirmesi.

> Yağ sızıntıları, spreylere, lekeler ve kuş yuvaları üzerine yer tespiti ve eyleme geçmeye ilişkin çalışma başlangıcı öncesi kontrollerin tamamlanması.

> Bakım çalışma düzeni sistemi, kontrol tedbirlerinin doğru seçimi, bütünlüğü ve test edilmesini içermektedir.

> Termal görüntüleme ekipmanlarının sıcak noktaları ve bakım programları sırasında tesisin yüksek sıcaklıklar uyguladığı alanları tespit etmek için kullanılması.

> Herhangi bir sürtme, yağ sisi veya sızıntılarına yönelik olarak hortumların rutin bir biçimde yıkanması, temizlenmesi ve kontrol edilmesi.

> Rulmanlar, fren tamburları veya döner mil veya fren kaliperi dahil olmak üzere, düzgün bir operasyon gerçekleştirmek için hidrolik fren sistemlerinin periyodik kontrollerinin gerçekleştirilmesi.

> Rutin olarak elektrik tesisatının izolasyon dahil kontrolü.

> Solenoid bağlantılarının aşınma ve değiştirme için veya motor çalışma saatlerinde ya da rutin olarak kontrol edilmesi.

> Fünnyeler gibi solenoidlere yönelik koruyucu cihazlar.

> Uygun ve yeterli yangınla mücadele ekipmanı (başka bir deyişle yangın söndürücüler) yerleştirilmesi. Yangın söndürücünün türü muhtemel olarak karşılaşacağınız yangın sınıfına bağlı olacaktır. Örneğin, toz yangın söndürücüler yanıcı ve patlayıcı sıvılar, yanıcı gazlar ve güç verilmiş elektrikli ekipmanlar için uygundur.

- Yangın ile ilgili olaylar, bakım onarım kazaları ve bunu takip eden katılım ve buna bağlı olan takiple ilgili iletişim işçilere açıktır.
- Uygun otomatik veya elle idare edilen yangın bastırma ve motor yakıt pompası kapatma sistemlerinin yerleştirilmesi.
- Pil izolasyon düğmeli ve uygun olan yerlerde bir yakıt izolasyon sistemine sahip mobil tesisin yerleştirilmesi.

1.4 Yolların Bakım Onarımı ve Tamirâtı

Yollar ve diğer araç operasyon alanlarının düzenli olarak bakımı gerçekleştirilmelidir, bu şekilde bu kısımlarda tümsekler, oluklar veya çukurlar oluşmaz. Bunlar araçların kontrol edilmesini güçleştirebilir veya vücudun tamamının titreşime uğramasına bağlı olarak sağlık problemlerine yol açabilirler. Buna ek olarak, aşırı miktarda çamur ve sulu çamur yolları veya diğer araç operasyon alanlarını kullanan araçların manevra kabiliyetini ve fren potansiyelini ciddi bir biçimde etkileyebilir.

1.4.1 Tozun Bastırılması

Araçların hareket etmesi ile ortaya çıkan toz görüş mesafesini tehlikeli seviyelere çıkarabilir ve bir sağlık problem teşkil edebilir. Toz tipik olarak yol yüzeyine su uygulamak suretiyle azaltılabilir. Kuru koşullarda ise, sulama kompaksiyon ve yüzey kaplama gücünün muhafaza edilmesine yardımcı olur. Ayrıca yol kaplamasının şeklini korur ve çakıl kaybını azaltıp yol yüzeyinin kırısklığını azaltmaya yardımcı olur.

Tozu kontrol altına almak için ihtiyaç duyulan su miktarı, yol yüzeyi, trafik yoğunluğu, nem ve yağışın doğasına bağlıdır. Daha kuru aylarda, tipik bir yol her saat başı metrekare başına bir veya iki litre su gerektirebilir. Sıvı sabitleyiciler ve polimerler de kullanılabilir; bunlar yüzey katmanını kuvvetlendirmeye yardımcı olur ve bir dereceye kadar su geçirmezlik sağlar.

1.4.2 Yollara Su Dökerken Güvenlik

Yolları tozu bastırmak için sulama işlemi araç kazaları için bir potansiyel teşkil eder. Su tanker devrilebilir ve yollar ıslak virajlar, yokuşlar ve frenlerin uygulanması gereken yolun diğer herhangi bir tarafı (örn. Kavşaklar) kayganlaşabilir.

Su tanker sürücüleri, sıvı taşıyan kamyonların dengesizliğini potansiyel olarak arttırabileceğinden meyiller boyunca sürmekten kaçınmalıdır. Bir tehlike kontrolü olarak, sıvı taşıyan tanklar içerisine, tank içerisindeki suyun hareketini engellemeye yardımcı olmak için tamponlar yerleştirmeyi düşünebilirsiniz.

Yollara 'yama' veya 'spot' sprey uygulanabilir ve battaniye şeklinde spreylemeden veya yollar üzerinde aşırı miktarda su birikmesini engellenmelidir (özellikle frenleme alanlarında, yokuşlarda ve servis yolu kavşaklarında). Su tanklarının operatörün su çıkışını etkin bir şekilde kontrol edebileceği şekilde sistemlerle donatılması önerilmektedir.

Yolların sulanmasına ilişkin prosedürler, yolların aşırı derecede su ile kaplanarak çekiş gücünü azaltması durumunda gerçekleştirilecek eylemleri de ayrıntılarıyla belirtmelidir. Bu özellikle servis yolları üzerinde önem arz etmektedir.

Mümkün olan yerlerde, su tankerleri en düşük noktaya kadar doldurulmalı ve tozun bastırılması işlemi yokuş yukarı çıkarken uygulanmalıdır. Bu, tamamen dolu su tankerlerinin yokuş aşağı inmesini engelleyecektir (Australia, 2015).

Yönetmelikler, güvenliğin kritik olduğu ekipmanlar için otomatik yangın bastırma ve motor veya yakıt pompası kapatma sistemleri madencilik operasyonlarında belirtilmelidir.

1.5 Trafik işaretleri ve anlamları

 (T-1a) SAĞA TEHLİKELİ VİRAJ	 (T-1b) SOLA TEHLİKELİ VİRAJ	 (T-2a) SAĞA TEHLİKELİ DEVAMLI VİRAJLAR	 (T-2b) SOLA TEHLİKELİ DEVAMLI VİRAJLAR
 (T-3a) TEHLİKELİ EĞİM (İniş)	 (T-3b) TEHLİKELİ EĞİM (Çıkış)	 (T-4a) HER İKİ TARAFTAN DARALAN KAPLAMA	 (T-4b) SAĞDAN DARALAN KAPLAMA
 (T-4c) SOLDAN DARALAN KAPLAMA	 (T-5) AÇILAN KÖPRÜ	 (T-6) DENİZ VEYA NEHİR KIIYISINDA BİTEN YOL	 (T-7) KASIRLI YOL
 (T-8) KAYGAN YOL	 (T-9) GEVŞEK MALZEMELİ ZEMİN	 (T-10) GEVŞEK ŞEY	 (T-11) YAYA GEÇİDİ
 (T-12) OKUL GEÇİDİ	 (T-13) BİSİKLET GEÇEBİLİR	 (T-14a) EHLİ HAYVANLAR GEÇEBİLİR	 (T-14b) VAHŞİ HAYVANLAR GEÇEBİLİR
 (T-15) YOLDA ÇALIŞMA	 (T-16) IŞIKLI İŞARET CİHAZI	 (T-17) HAYALİMANI (Alçak Uçuş)	 (T-18) YANDAN RÜZGAR
 (T-19) İKİ YÖNLÜ TRAFİK	 (T-20) DİKKAT	 (T-21) KONTROLSÜZ KAVŞAK	 (T-22a) ANA YOL-TALI YOL KAVŞAĞI

Şekil 1.9 Trafik uyarı işaretleri (Karayolları, 2009)

Bu uyarıların anlamları aşağıdaki gibidir;

Sağa Tehlikeli/Riskli virajlar/dönüşler (T-1a): Yolun önünde tehlikeli bir viraj olacağını ve yavaş hareket etmeniz gerektiğini belirtir (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2016).

Sol Tehlikeli/Riskli virajlar/dönüşler (T-1b): Tıpkı soldaki sağ tehlikeli viraj işaretinin tehlikeli bir virajla karşı karşıya kalması ve hızı düşürmeniz gerekir.

Sağ Tehlikeli/Riskli virajlar/dönüşler (T-2a): Bu işaret genellikle sahil şeridi veya dağ gibi tırmanma alanlarının etrafında belirir, bu da yol üzerinde birden fazla tehlikeli eğri bulunduğunu ve hızınızı azaltmanız gerektiğini gösterir.

Sola Tehlikeli/Riskli virajlar/dönüşler (T-2b): Bu, tehlikeli eğrilerin sağa işaretinin ters yönünü belirtir. Sol tarafta birçok tehlikeli viraj var.

Tehlikeli Eğim İniş (T-3a): Sürücüler için tehlikeli olabilecek eğimleri açıklar. Bu işareti gördüğünüzde aşağı kayabilirsiniz.

Tehlikeli Eğim Çıkışı (T-3b): Aracın, rampa veya çarpma ile tırmanacağı ve bu nedenle hazırlanmanız gerektiği anlamına gelir.

Her İki Taraftaki Küçülen Kaplama (T-4a): Yolun herhangi bir nedenle daralacağını belirtmek için kullanılır. Genellikle köprüler veya yol çalışmaları gibi alanlarda rastlanır.

Sağ Konik (T-4b): Yolun sağ tarafta daralacağı anlamına gelir. Genellikle menfez alanlarında veya otoyol çalışmalarında rastlanır.

Sol Sıkma Kaplama (T-4c): Yolun sol tarafta daralacağını belirtmek için kullanılır.

Açılmış Köprü (T-5): Unkapanı gibi açılıp kapatılabilen köprüler için kullanılır. Köprüye yaklaşırken dikkatli olmalısınız.

Deniz veya Nehir Kıyısında Sona Eren Yol (T-6): Listedeki belki de en temkinli uyarı olan T-6, yolun sonunda deniz veya nehir gibi bir alan olduğunu gösterir.

Kıvrımlı Yol (T-7): Yolda bir çarpma veya başka bir çıkıntı yardımı ile engel oluşturulduğu anlamına gelir. İstanbul'da Bağdat Caddesi gibi düz ve hızlı caddeler sık aralıklarla eklenmektedir. Bu alanlarda yavaşlama yapmazsanız araç hasar görebilir (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2016).

Kaygan Yol (T-8): Yol kaygan ve ani manevralardır ve hız değişikliklerini ifade etmek için kullanılmamalıdır.

Gevşek Malzeme Zemini (T-9): Yoldaki taş parçaları gibi gevşek malzemeler olduğu ve taş gibi taşların araçlardan atılabileceği anlamına gelir.

Gevşek Eğim (T-10): Taş veya kaya gibi nesnelerin yolda kayabileceğini ifade etmek için kullanılır. Bu alanlarda araçlar yavaşlamalı fakat asla durmamalıdır.

Yaya Geçidi (T-11): Belki de en yaygın işaret olan yaya geçidi gördüğünüzde, yayalara dikkatlice yavaşlamanız ve yaklaşmanız gerekir.

Okul Geçişi (T-12): En yaygın plak tipleri arasında olan okul geçiş plakasını gördüğünüzde, hem yavaşlamanız, hem de her an durmaya hazır olmanız gerekir.

Bisiklet Geçilebilir (T-13): Bisiklet yolu ile birlikte bir yolda olduğunu gösteren bir işarettir.

Hayvanlar Geçebilir (T-14a): Yakında mera gibi alanlar var ve hayvanların yola çıkabilmesi için dikkatli olmanız gerekiyor. Tabağın genel olarak köy yollarında karşımıza çıkacağı bölgelerde, hayvanlar nedeniyle çamurlu ve kaygan olabilir.

Yabani Hayvanlar Geçebilir (T-14b): Yabani hayvanlar görülebilir. Dikkatli olmalısın, tıpkı T-14a gibi.

Yol Üzerinde Çalışma (T-15): Adından da anlaşılacağı gibi, yol üzerinde çalışma var ve çamur gibi tehlikeli maddeler olabilir.

Işık Göstergesi (T-16): Trafik ışığı tarafından kontrol edilen bir kavşağa yaklaştığınızı belirtir.

Havaalanında Düşük Uçuş (T-17): Yolun yakınında alçak bir uçuş olduğunu ve dikkatli olmanız gerektiğini çünkü aniden sesli bir uçak sesi duyabileceğinizi söylüyor.

Yan Rüzgar (T-18): Aracın yolda kuvvetli rüzgara maruz kalabileceğini ifade etmek için kullanılır. Genellikle tünel çıkışları gibi yerlerde görülür.

İki Yönlü Trafik (T-19): Adından anlayabileceğiniz gibi, iki yönlü trafik anlamına gelir.

Dikkat (T-20): Genellikle farklı bir panel ekleyerek kullanılır. Trafik uyarı işaretlerinde belirtilmeyen tüm ifadelerin üzerine panelin üzerine yazılmıştır.

Kontrolsüz Kavşak (T-21): Kavşaktaki geçiş kuralının geçerli olduğunu belirtmek için kullanılır.

Ana Yol - İkincil Yol Kavşakları (T-22a, T-22b, T-22c, T-22d, T-22e): Ana yol ile ikincil yolun kesişimini belirtmek için kullanılır.

 (T-22b) ANA YOL-TALI YOL KAVŞAĞI	 (T-22c) ANA YOL-TALI YOL KAVŞAĞI	 (T-22d) ANA YOL-TALI YOL KAVŞAĞI	 (T-22e) ANA YOL-TALI YOL KAVŞAĞI
 (T-23a) SAĞDAN ANA YOLA GİRİŞ	 (T-23b) SOLDAN ANA YOLA GİRİŞ	 (T-24) DÖNEL KAVŞAK	 (T-25) KONTROLLÜ DEMİRYOLU GEÇİDİ
 (T-26) KONTROLSÜZ DEMİRYOLU GEÇİDİ	 (T-27a) KONTROLSÜZ DEMİRYOLU GEÇİDİ (Tek Hat)	 (T-27b) KONTROLSÜZ DEMİRYOLU GEÇİDİ (En az 2 Hat)	 (T-28a,b) DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİT YAKLAŞIMI (Sağ, Sol)
 (T-29a,b) DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİT YAKLAŞIMI (Sağ, Sol)	 (T-30a,b) DEMİRYOLU HEMZEMİN GEÇİT YAKLAŞIMI (Sağ, Sol)	 (T-31a,b) KÖPRÜ BAŞI LEVHASI (Sağ, Sol)	 (T-32) ENGEL İŞARETİ
 (T-33a) TEHLİKELİ VİRAJ YÖN LEVHASI	 (T-33b) TEHLİKELİ VİRAJ YÖN LEVHASI	 (T-33c) TEHLİKELİ VİRAJ YÖN LEVHASI	 (T-33d,e,f) ONARIM YAKLAŞIM LEVHASI (Sağ, Sol)
 (T-34a,b) REZÜL BAŞI EK LEVHASI (Sağ, Sol)	 (T-35) DÖNÜŞ ADASI EK LEVHASI	 (T-36) DÜŞÜK BANKET	 (T-37) GİZLİ BUZLANMA
 (T-38) TRAFİK SIKIŞIKLIĞI	 (T-39) TRAMVAY HATTI İLE OLUŞAN KAVŞAK		

Şekil 1.10 Trafik uyarı işaretleri-2 (Karayolları, 2009)

Ana yola Sağdan Giriş (T-23a) ve Soldan Giriş (T-23b): Bu, ana yol ile yan yol ve benzerlerinin birleştiği kavşaktır.

Dolambaçlı yol (T-24): Kavşağa yaklaşırken yavaşlatılması ve kavşaktaki araçlara öncelik verilmesi gerektiğini söylüyor (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2016).

Kontrollü Demiryolu Geçişı (T-25): Düz geçişin engeller veya farklı bir engel tarafından desteklendiğini belirtir.

Kontrolsüz Demiryolu Geçişı (T-26): Bir engel gibi bir engelle desteklenmeyen düz geçişe yaklaşıyorsunuz ve kontrollü bir şekilde ilerlemeniz gerekiyor.

Kontrolsüz Demiryolu Geçişı Tek Hat (T-27a): Tek hatlı demiryolu geçişinin yerini belirtmek için kullanılır.

Kontrolsüz Demiryolu Geçişı En azından Çift Hatlı (T-27b): Demiryolu geçişinin yerini en az iki hat ile belirtmek için kullanılır.

Demiryolu Seviyesi Geçiş Yaklaşımı (T-28a, T-28b, T-29a, T-29b, T-30a ve T-30b): Demiryolu seviyesindeki geçiş, karşılaşacağınız mesafeyi gösterir. Plakadaki her şerit 100 metredir. Hemzemin geçitlerine yaklaşırken, yolun hem sağı hem de sol tarafında görülür.

Köprü Başlığı Plakası (T-31a ve T-31b): Köprü parmaklıklarına yerleştirilmiş plaka ile köprüye yaklaştığınızı belirtiyor.

Engel İşareti (T-32): Yolun herhangi bir nedenden dolayı geçici ya da tamamen tıkağığını göstermek için kullanılır.

Tehlikeli Yön İşaretleri (T-33a, T-33b ve T-33c): Tehlikeli bir bükümün yaklaştığını ve yavaşladığını göstermek için kullanılırlar.

Onarım Yaklaşım Plakası (T-33d, T-33e ve T-33f): Yolun tamiratını sürücüler tarafından kolayca görebilmek için yerleştirilen plakalardır.

Sığınma Kafası Ek Plakası (T-34a ve T-34b): Yolun ya da yol kenarındaki engellerin üzerine yerleştirilmiştir. Bu plakalarla karşılaşıldığında sağı veya sol taraftan devam edilmelidir.

Geri Dönüş Adası Ek Plakası (T-35): Geri dönüş adalarının her iki yönde de devam etmesi gerektiğini belirtir.

Düşük Banket (T-36): Yandaki banket ile yol arasında yükseklik farkı olduğu anlamına gelir.

Gizli Buzlanma (T-37): Yolun güneşe maruz kalmadığı alanlarda ve farklı rüzgarlara maruz kalan alanlarda beklenmeyen donma yaşanabileceği anlamına gelir.

Trafik Sıkışıklığı (T-38): Yolda daha sonra trafik sıkışıklığı olabileceğini gösterir.

Tramvay Hattı İle Kesişme (T-39): Yolda tramvay hattı olduğunu ve bu nedenle sürücülerin tramvayları görünce yavaşlaması ve yol vermesi gerektiğini belirtiyor.

			
(TT-32) BÜTÜN YASAKLAMA VE KISITLAMALARIN SONU	(TT-33) HIZ SINIRLAMASI SONU	(TT-34a) GEÇME YASAĞI SONU	(TT-34b) KAMYONLAR İÇİN GEÇME YASAĞI SONU
			
(TT-35a) SAĞA MECBURİ YÖN	(TT-35b) SOLA MECBURİ YÖN	(TT-35c) İLERİ MECBURİ YÖN	(TT-35d) İLERİ VE SAĞA MECBURİ YÖN
			
(TT-35e) İLERİ VE SOLA MECBURİ YÖN	(TT-35f) SAĞA VE SOLA MECBURİ YÖN	(TT-35g) İLERİDEN SAĞA MECBURİ YÖN	(TT-35h) İLERİDEN SOLA MECBURİ YÖN
			
(TT-36a) SAĞDAN GİDİNİZ	(TT-36b) SOLDAN GİDİNİZ	(TT-36c) HER İKİ YANDAN GİDİNİZ	(TT-37) ADA ETRAFINDA DÖNÜŞÜZ
			
(TT-38a) MECBURİ BİSİKLET YOLU	(TT-38b) MECBURİ BİSİKLET YOLU SONU	(TT-39a) MECBURİ YAYA YOLU	(TT-39b) MECBURİ YAYA YOLU SONU

Şekil 1.11 Trafik uyarı işaretleri-3 (Karayolları, 2009)

 (TT-40a) MECBURİ ATLI YOLU	 (TT-40b) MECBURİ ATLI YOLU SONU	 (TT-41a) MECBURİ ASGARİ HIZ	 (TT-41b) MECBURİ ASGARİ HIZ SONU
 (TT-42a) ZİNCİR TAKMAK MECBURİDİR	 (TT-42b) ZİNCİR TAKMA MECBURİYETİ SONU	 (TT-43a) TEHLİKELİ MADDE TAŞIYAN TAŞITLARIN İZLEYECEKLERİ MECBURİ YÖN	 (TT-43b) TEHLİKELİ MADDE TAŞIYAN TAŞITLARIN İZLEYECEKLERİ MECBURİ YÖN
 (TT-43c) TEHLİKELİ MADDE TAŞIYAN TAŞITLARIN İZLEYECEKLERİ MECBURİ YÖN	 (TT-44a) YAYALAR VE BİSİKLETLİLER TARAFINDAN KULLANILABİLEN YOL	 (TT-44b) YAYALAR VE BİSİKLETLİLER TARAFINDAN KULLANILABİLEN YOLUN SONU	 (TT-45a) YAYALAR VE BİSİKLETLİLER İÇİN AYRI AYRI KULLANILABİLEN YOL
 (TT-45b) YAYALAR VE BİSİKLETLİLER İÇİN AYRI AYRI KULLANILABİLEN YOLUN SONU			

Şekil 1.12 Trafik uyarı işaretleri-4 (Karayolları, 2009)

Tüm Yasakların ve Kısıtlamaların Sonu (TT-32): Bu işarete kadar yapılan yasak ve kısıtlamaların sona erdiğini gösterir.

Hız Sınırlaması Sonu (TT-33): Daha önce uygulanan hız sınırlamasının kaybolduğunu belirtir.

Yasakların Sonu (TT-34a) ve Kamyonların Yasak Sonu (TT-34b): Önünde aracı geçebileceğiniz anlamına gelen tabelalar.

Zorunlu Yön İşaretleri (TT-35a, TT-35b, TT-35c, TT-35d, TT-35e, TT-35f, TT-35g ve TT-35h): Plakalarda belirtilen yönlerin dışına çıkmadıklarını belirtir.

Sağa Git (TT-36a), Sola Git (TT-36b) ve Her İki Taraftan Git (TT-36c): Yol çalışmaları nedeniyle kısmen kaplanan yollarda kullanılır (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2016).

Adanın Etrafında Dönme (TT-37): Kavşaklarda takip edilecek yön anlamına gelir.

Zorunlu Bisiklet Yolu (TT-38a) ve Zorunlu Bisiklet Yolu Bitişı (TT-38b): Bisikletçilerin bisiklet yolunu kullanması gereken alanı işaretler.

Zorunlu Yaya Yolu (TT-39a) ve Zorunlu Yaya Yolu Sonu (TT-39b): Bunlar, yayaların kullanması gereken yolların sınırlarını işaretlemek için kullanılan plakalardır.

Zorunlu At Dağı (TT-40a) ve Zorunlu At Dağı Sonu (TT-40b): Atlarla seyahat edenler için yol kısıtlamalarını belirtir.

Zorunlu Minimum Hız (TT-41a) ve Zorunlu Minimum Hız Sonu (TT-41b): Bu, genellikle otoyollar için uygulanan minimum hızdır.

Zincir Bağlama Gerekli (TT-42a) ve Zincir Bağlama Sonu Zorunluluğu (TT-42b): Çekiş tekerleğine zincir takmanın zorunlu olduğu yolları sınırlamak için kullanılır.

Tehlikeli Maddeleri Taşıyan Araçların Zorunlu Yönü (TT-43a, TT-43b ve TT-43c): Tehlikeli madde taşıyan tankerler gibi araçları yönlendirmek için kullanılır. Sadece yayalar ve bisikletliler tarafından kullanılabilen yolların sınırlarını ifade eder.

Yayalar ve bisikletliler tarafından ayrı ayrı kullanılabilen yol (TT-45a) ve Yayalar ve bisikletçiler tarafından ayrı olarak kullanılabilen yolun (TT-45b): Yaya ve bisikletçilerin ayrı bölgeler kullanması gereken yolların sınırlarını belirtir.

(TT-1) YOL VER	(TT-2) DUR	(TT-3) KARŞIDAN GELENE YOL VER	(TT-4) GİRİŞİ OLMAYAN YOL
(TT-5) TAŞIT TRAFİĞİNE KAPALI YOL	(TT-6) MOTOSİKLET HARİÇ MOTORLU TAŞIT TRAFİĞİNE KAPALI YOL	(TT-7) MOTOSİKLET GİREMEZ	(TT-8) BİSİKLET GİREMEZ
(TT-9) MOTORLU BİSİKLET GİREMEZ	(TT-10a) KAMYON GİREMEZ	(TT-10b) OTOBÜS GİREMEZ	(TT-11) TREYLER GİREMEZ
(TT-12) YAYA GİREMEZ	(TT-13) AT ARABASI GİREMEZ	(TT-14) EL ARABASI GİREMEZ	(TT-15) TRAKTÖR GİREMEZ
(TT-16a) BELİRLİ MİKTARLARDAN FAZLA PATLAYICI VE PAZLAYICI MADDE TAŞIYAN TAŞIT GİREMEZ	(TT-16b) TEHLİKELİ MADDE TAŞIYAN TAŞIT GİREMEZ	(TT-17) BELİRLİ MİKTARLARDAN FAZLA SU KIRLETİCİ MADDE TAŞIYAN TAŞIT GİREMEZ	(TT-18) MOTORLU TAŞIT GİREMEZ
(TT-19) TAŞIT GİREMEZ	(TT-20) GENİŞLİĞİ METREDEN FAZLA OLAN TAŞIT GİREMEZ	(TT-21) YÜKSEKLİĞİ METREDEN FAZLA OLAN TAŞIT GİREMEZ	(TT-22) UZUNLUĞU METREDEN FAZLA OLAN TAŞIT GİREMEZ
(TT-23) DİNGİL BAŞINA TONDAN FAZLA YÜK DÜŞEN TAŞIT GİREMEZ	(TT-24) YÜKLÜ AĞIRLIĞI TONDAN FAZLA OLAN TAŞIT GİREMEZ	(TT-25) ÖNDEKİ TAŞIT METREDEN DAHA YAKIN TAKİP EDİLEMEZ	(TT-26a) SAĞA DÖNÜLMÜZ
(TT-26b) SOLA DÖNÜLMÜZ	(TT-26c) U DÖNÜŞÜ YAPILMAZ	(TT-27) ÖNDEKİ TAŞITI GEÇMEK YASAKTIR	(TT-28) KAMYONLAR İÇİN ÖNDEKİ TAŞITI GEÇMEK YASAKTIR
(TT-29a) AZAMİ HIZ SINIRLAMASI	(TT-29b) OKUL BÖLGESİ AZAMİ HIZ SINIRI	(TT-30) SESLİ İHAZ CİHAZLARININ KULLANIMI YASAKTIR	(TT-31) GÜMRÜK (DURMADAN GEÇMEK YASAKTIR)

Şekil 1.13 Trafik uyarı işaretleri-5 (Karayolları, 2009)

1) Öncelikli Bildirim Trafik İşaretleri

Yol Ver (TT-1): Ana yolların ve ikincil yolların birleştiği kavşaklarda bulunur. Ana yoldaki araçlara öncelik verilmelidir.

Dur işareti (TT-2): Herhangi bir kavşağa veya düz geçişe girmeden önce tüm araçlara yol verilmesi gerektiği anlamına gelir.

Karşı taraftan gelen araca yol ver (TT-3): karşıdan gelen araçların dar yollarda öncelikli olduğunu gösterir.

2) Yasak veya Kısıtlama Bildirimi Trafik İşaretleri

Girişsiz Yol (TT-4): Yolun ters yönden gelen araçlara tek yönlü açık olduğunu belirtmek için kullanılır. İşaret, herhangi bir aracın yöne girmesinin yasak olduğunu belirtir (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2016).

Araç Trafikine Kapalı Yol (TT-5): Yolun sadece yaya trafiğine iki yönde açık olduğunu belirtmek için kullanılır.

Trafikçe Motosikletler giremez (TT-6): Hiçbir araca girememesi dışında, motosikletler, motorlu bisikletler ve sepetsiz motosikletler.

Motosiklet Erişimi Yok (TT-7): Motosiklet erişiminin yasak olduğu bölgeleri ifade etmek için kullanılır.

Bisiklet Yok (TT-8): Bisiklet girişinin yasak olduğu alanları ifade etmek için kullanılır.

Motorlu Bisiklet Yok (TT-9): Motorlu bisikletlerin girmesinin yasak olduğu bölgeleri ifade eder.

Kamyon İzni Yok (TT-10a): Kamyon girişinin yasak olduğu yolları açıklamak için kullanılır.

Otobüs giremez (TT-10b): Otobüs ve benzeri araçların yasak olduğu yolları ifade etmek için kullanılır.

Römork Yok (TT-11): Römork ve benzeri römorkların yasak olduğu yolları ifade eder.

Yaya Girişi Yok (TT-12): Genellikle, karayolları gibi geniş ve çok şeritli yolların kenarında yer alan levha, yaya erişiminin yasak olduğu noktalara işaret eder.

At Arabası Yok (TT-13): Araba gibi araçların yasak olduğu yolları ifade eder.

El Arabası Yok (TT-14): Elle çizilmiş araçların yasak olduğu yollar için kullanılır.

Traktör giremiyor (TT-15): Traktör ve türev araçları giremeyen yollar için kullanılıyor.

Belirli Miktarlardan Daha Çok Patlayıcı ve Yanıcı Maddeler Taşıyan Araçlar (TT-16a) ve Tehlikeli Maddeler Taşıyan Araçlar (TT-16b): Bunlar, yakıt tankerleri gibi araçların yasaklanma şeklini gösteren levhalardır.

Belirli Miktarlardan Daha Fazla Su Kirleticisi Araç Yok (TT-17): Fosil yakıt ve atık gibi kargo taşıyan tankerlerin yasak olduğu yollarda kullanılır.

Motorlu Taşıt Yok (TT-18): İnsan veya hayvan tarafından çekilen araçlar dışında hiçbir aracın giremediği yollar anlamına gelir.

İzin Verilen Araç Yok (TT-19): Sadece bisiklet gibi araçların girebileceği yolları ifade etmek için kullanılır.

... Metreden daha geniş genişliğe sahip araçlar giremez (TT-20): İşaretin üzerindeki işaret, yazılandan daha geniş genişliğe sahip araçların giremeyeceği anlamına gelir.

... Metreden daha yüksek olan araçlar girilemez (TT-21): İşaretin üzerindeki işaret, üzerinde yazılı olandan daha yüksek bir yüksekliğe sahip araçlar anlamına gelir. Genellikle tünel gibi alanların girişinde bulunur.

Uzunluğu... metreden uzun olan araçlar girilemez (TT-22): Uzunluğu işaretli olandan daha uzun olan araçların giremeyeceği yollar anlamına gelir.

Araç Aksı İçin Yük Yük tonlarca düşen araca giremezsiniz (TT-23): Yüklenen araca yol araçlarından daha fazla işaret giremez.

Yükü Aşırı Yüklenmiş Araç Yok... Ton (TT-24): İşaret üzerinde yazılı olan değerden daha ağır olan araçların giremediği yollara atıfta bulunmak için kullanılır.

Öndeki araç, reden ölçülerden daha yakın takip edilemez (TT-25): Araç takip mesafesini gösteren işarettir. Genellikle otoyollarda ve çok şeritli yollarda kullanılır.

Sağa Dönüş (TT-26a) ve Sola Dönüş (TT-26b): Sağ veya sol taraftaki yolun girilemediğini göstermek için kullanılır.

U Dönüşü Yok (TT-26c): U dönüşünün yapılamadığı alanları ifade eder.

Aracı Önden Geçmek Yasaktır (TT-27): Motosiklet ve bisiklet gibi iki tekerlekli taşıt dışında herhangi bir taşıtın geçilmesinin yasak olduğu alanları ifade eder.

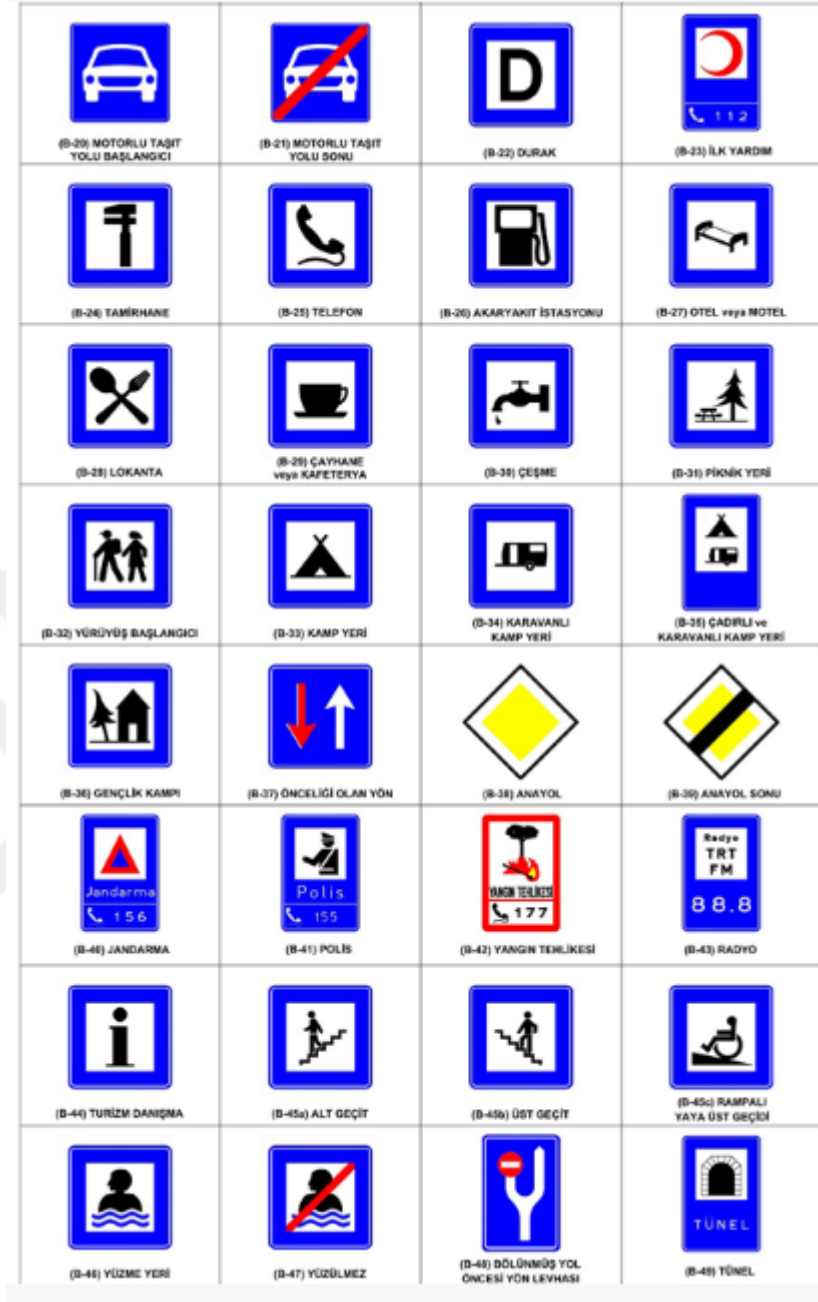
Binek Araçların Aracı Önden Geçmesi Yasaktır (TT-28): Tanker ve kamyon gibi kargo taşıtlarının binek araba gibi taşıtların geçmesinin yasak olduğu yollarda görülür.

Maksimum Hız Sınırlaması (TT-29a): İşaret üzerinde yazılı açıklamadan daha hızlı sürülmeyen yollara atıfta bulunmak için kullanılır.

Okul Bölgesi Maksimum Hız Sınırı (TT-29b): Okul bölgelerindeki hız sınırını gösterir.

Sesli uyarı cihazlarının kullanılması yasaktır (TT-30): Kazalar veya diğer acil durumlar haricinde, korna veya benzeri ses veren cihazların kullanımının yasak olduğu bölgelerdir.

Gümrüğe girmeden hareket edilemez (TT-31): Gümrük işlemleri için durmanız gereken bölgeler anlamına gelir.



Şekil 1.14 Trafik uyarı işaretleri-6 (Karayolları, 2009)

Otoyol Başlangıcı (B-20) ve Otoyol Sonu (B-21): Otoyol kurallarının geçerli olduğu bir yola girildiğini belirtmek için kullanılır (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2016).

İstasyon (B-22), İlk Yardım (B-23), Tamirhane (B-24), Telefon (B-25), Fuel Oil (B-26), Otel veya Motel (B-27), Restoran (B-28), Çayhane veya Kafeterya (B-29), Çeşme (B-30), Piknik Alanı (B-31), Yürüyüşe Başlama (B-32), Kamp Yeri (B-33),

Karavanla Kamp (B-34), Çadırılı ve Karavanlı Kamp Alanı (B-35), Gençlik Kamp Alanı (B-36), Radyo (B-43) ve Turizm Bilgisi (B-44): Çevre binaları hakkında bilgi veren işaretler, ulaşım ve konaklama hizmetleri. .

Öncelikli Yol (B-37): İki aracın yan yana geçemediği alanlarda ve hangi aracın ilk önce geçeceğini belirtmek için kullanılır.

Otoyol (B-38) ve Otoyol (B-39): Otoyolun başlangıç ve bitiş noktalarını belirlemek için kullanılır.

Polis (B-41) ve Jandarma (B-40): Otoyol tarafındaki karakol ve ait olan kolluk kuvvetlerinin sayısı.

Yangın Tehlikesi (B-42): Gezinti alanlarındaki veya piknik alanlarındaki işaretlerden biridir. Alanının yangın tehlikesi olduğunu ve izmaritleri ve cam şişeler gibi malzemelerin yere atılmaması gerektiğini belirtir.

Alt Geçit (B-44a), Üst Geçit (B-44b) ve Rampalı Yaya Üst Geçidi (B-44c): Yayaların kullanabileceği geçitleri gösterir.

Yüzme Yeri (B-46) ve Yüzme Dışı (B-47): Yüzmeye uygun alanları işaretlemek için kullanılır.

Bölünmüş Yol Öncesi Yön Levhası (B-48): Bölünmüş yolda izlenecek kuralları göstermek için kullanılır.

Tünel (B-49): Aracın tünele yaklaştığını ve yüksekliklerinin kontrol edilmesi gerektiğini söylemek için kullanılır.

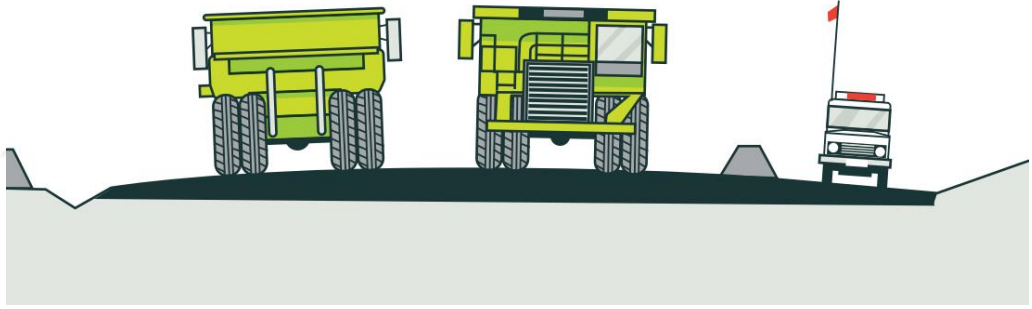
1.6 Büyük araçları hafif ticari araçlardan ayırma

Uygulanabildiği yerlerde, off-road damperli kamyonlar tarafından kullanılan yollarda hafif araçlar bulunmamalıdır. Yolların ayrılması durumunda, hafif ve ağır taşıtlar arasındaki etkileşim ortadan kalkmaktadır.

Hafif ve ağır araç etkileşimlerini kontrol etmek için kontroller hiyerarşisi:

1. ayırma (farklı yol)
2. ayrışma (aynı mesafe yolunda küme ayrımı)
3. idari kontroller.

Şeklinde yapılmalıdır.



Şekil 1.15 Yolların ayrılması (Quarry, 2015)

Taşıma yollarına girerken ve çıkarken hafif ve ağır taşıtların etkileşimlerini göz önünde bulundurun.

BÖLÜM İKİ

MATEMATİKSEL TRAFİK MODELLEME VE SİMÜLASYON

İnsan ırkı var olduğundan bu yana, ulaşım insanların hayatında çok önemli bir rol oynamıştır. Ticaret, sosyal etkileşimi kolaylaştırırken, zaman ve kaynakların önemli bir bölümünü tüketmektedir. Ulaşımdaki temel amaç insanların seyahatlerini ve refahını kolayca temin edip hayatlarını kolaylaştırmak içindir. Taşımacılığın temeli olan insan ve mal hareketleri her zaman bu temel amaç ve görevleri yerine getirmiştir.

Örneğin, bir çiftçi ürünü pazara taşımak, bir doktor ofisinde veya hastanede bir hastayı görmeli ve bir satıcı bölge genelinde bulunan müşterileri ziyaret edebilmelidir. Her gün milyonlarca insan evlerinden ayrılmakta ve fabrika, ofis, okul veya uzak bir şehre işyerlerine gitmektedir.

Büyük bir coğrafyaya yayılmış olan Osmanlı Devleti'nde, merkezi ve idari birimler arasında iletişimi, orduların nakliyesini, ticaret karavanlarının taşınması ve insanların güvenli bir şekilde seyahat edebilmelerini sağlamak için karayollarının geliştirilmesi çok önemli olarak kabul edilmiştir. Güçlü bir ulaşım ağı kurmaya çalışan imparatorluk, yolcular, karavanlar, elçiler ve ordular için karayollarında askeri, sosyal ve ticari tesisler (ribat, han, kervansaray, derbent, menzil gibi) bir çok kurum ve hizmet grubu kurmuştur. Bütün bu kurumlar, Anadolu karayolu ağının gelişimine önemli katkılarda bulunmuştur.

Tanzimat döneminden önce, devletin ulaştırma politikası mevcut yolların korunmasından ve çoğunlukla askeri amaçların restorasyonundan oluşuyordu. Ancak, Tanzimat döneminden bu yana, yol yapımında ekonomik, siyasi ve askeri nedenler vurgulanmaya başlanmıştır. Devlet taşımacılığa gereken önemi vermiş, kaynaklarını etkin kullanmayı ve ticaret ve tarımla ilgili sorunları çözmeyi amaçlamıştır. Buna göre II. Karayolunun inşaatına Mahmut döneminden bu yana odaklanılmaya başlanmıştır. Abdulhamid döneminde, bu alandaki çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Bir takım yasal düzenlemeler yapılmış ve gerekli altyapı hazırlanmıştır. Ek olarak, karayolları inşaatında çalışma zorunluluğu halka dayatılmış ve bu nedenle finansal zorlukların

üstesinden gelinmeye çalışılmıştır. Halil Rıfat Paşa, "Bölgeye gidemezsin senin değil" her bölgeye ulaşma ilkesi çerçevesinde, hükümetin Anadolu'nun her köşesinde yol yapım projeleri uygulamaya çalışmıştır.

Tablo 2.1 Modern ulaşımın tarihi çizelgesi

1794: İlk paralı yol olan Lancaster Turnpike tamamlandı.	1866: Amerika Birleşik Devletleri'nde bisikletler tanıtıldı.	1919: ABD Donanması ve Sahil Güvenlik ekibi, Atlantik'ten uçan bir botla geçiyor.	1972: San Francisco'nun Körfez Bölgesi Hızlı Geçiş Sistemi tamamlandı.
1807: Robert Fulton Hudson Nehri üzerinde bir vapur sergiledi. Birkaç yıl içinde, buharlı tekneler Doğu Kıyısı boyunca, Büyük Göller'de ve birçok büyük nehirde faaliyet gösteriyor.	1869: İlk kıtalararası demiryolunun tamamlanması.	1927: Charles Lindbergh, New York'tan Paris'e solo uçtu.	1981: Uzay mekiği Columbia yörüngesinde güvenli bir şekilde dolaşıyor.
1808: Hazine Sekreteri Albert Gallatin Kongreye federal bir ulaşım planı önerdi, ancak kabul edilmedi.	1887: Kıyıdan kıyıya ilk günlük demiryolu hizmeti.	1956: 42.500 kilometrelik Interstate ve Defence Otoyol Sisteminin inşaatına başlandı.	1991: Interstate otoyol sistemi esas olarak tamamlandı.
1825: Erie Kanalı tamamlandı.	1888: Frank Sprague, Richmond'daki ilk düzenli elektrikli tramvay hizmetini sundu.	1959: St Lawrence Denizyolu tamamlandı ve ülkenin dördüncü büyük sahili açıldı.	1992: Akıllı ulaşım sistemleri (ITS) ile, ulaştırmada yeni bir araştırma ve geliştirme çağına girildi.
1830: Genel ulaşım amacıyla inşa edilen ilk demiryolu olan Baltimore ve Ohio Demiryolları'nda operasyonlar başladı.	1903: Wright kardeşler ilk uçağı 120 ft uçurdular, Kitty Hawk, N.C.	1961: İnsanlı uzay uçuşu başladı.	1995: 161.000 mil Ulusal Karayolu Sistemi (NHS) onaylandı.

Tablo 2.1 devamı

1838: Atlantik Okyanusunda vapur seferleri başladı.	1914: Panama Kanalı trafiğe açıldı.	1967: ABD Ulaştırma Bakanlığı kuruldu.	1998: Elektrikli araçlar içten yanmalı motorlara bir alternatif olarak tanıtıldı.
1857: Amerika Birleşik Devletleri'ndeki ilk gelişim gösteren, yolcu asansörü yüksek yoğunluklu kentsel asansör faaliyete geçti.	1915–18: İç sular ve ABD ticaret filosu I. Dünya Savaşı navlun hareketinde önemli roller oynamaktadır.	1969: insanoğlu aya indi ve geri döndü.	2000: Yeni bir binyıl, ulaşım teknolojisi devrimi başlattı.
1865: İlk başarılı petrol boru hattı, üretim alanı ile batı Pennsylvania'daki bir demiryolu terminal noktası arasına yapıldı.	1916: Şehirlerarası elektrikli demiryolu hattı Avrupa'da 15.580 km'ye ulaştı.	1972: San Francisco'nun Körfez Bölgesi Hızlı Geçiş Sistemi tamamlandı.	2005: Hibrit araçlar popülerlik kazandıkça ve etanol üretimi arttıkça enerji tasarruflu otomobiller artış gösterdi.

Geçmişte, kaza olarak etiketlenen trafik kazaları ve yaralanmalar mobilite maliyetinin bir parçası olarak kabul edilmiştir. Ancak, İsveç'in 1997'de sıfır trafik ölümlerine dayanma çabası anlamına gelen "Sıfır" vizyonuna geçişi, karayolu ölümlerine karşı sıfır tolerans normunun habercisi oldu. Bu hedef, trafik kazalarında devam eden kaza azaltma olayları için pratik ama agresif bir hedefe çevrildi. Hem ulusal hem de uluslararası kuruluşlar için ortak olan bu amaç sayesinde, trafik kazasından kaynaklanan ölümler 10 yılda bir yüzde 50 azalmaktadır. Böyle zorlu bir hedefe varmak için farklı kurumlar arasında iş birliği ve trafik sistemindeki değişikliklerin yol kullanıcılarının davranışları üzerindeki etkisine dikkat edilmesi ve odaklanması lazımdır (Hnaif, 2019).

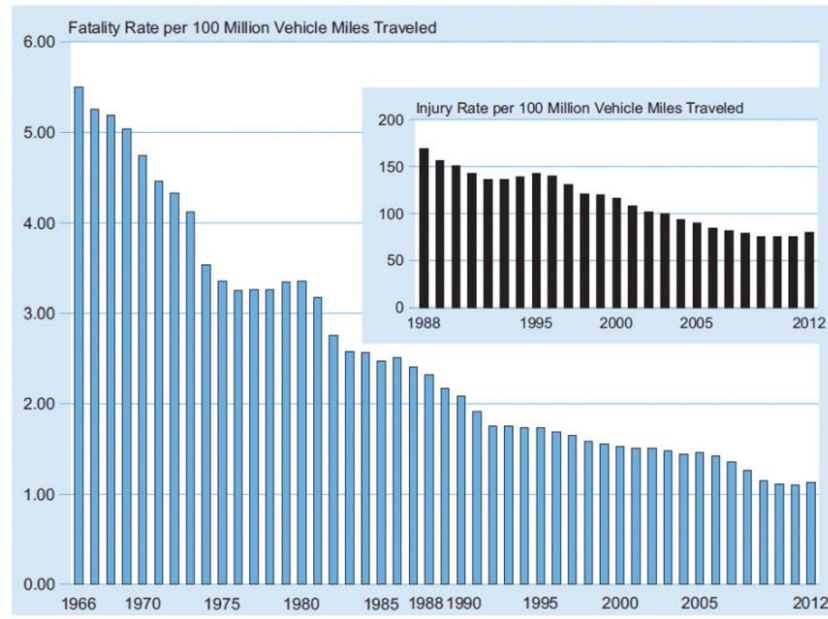
NHTSA'ya göre, bir kaza "halka açık olan bir karayolunda araçla seyahat için bir veya daha fazla motorlu aracı içeren, yaralanma veya hasara neden olan istenmeyen bir olay" olarak tanımlanmıştır (NHTSA, 1998). BM / ECE kazalarına göre "kamu trafiğine açık bir yolda veya caddede meydana gelen, bu bağlamda ortaya çıkan olaylar

olarak tanımlanır. Bu olay sonucunda bir ya da daha fazla kişinin ölmesi ya da yaralanması ve içinde en az bir hareketli aracın yer alması gerekmektedir” (Berns ve Brugning, 1998). Tanımlar hemen hemen aynı gibi görünsede, içlerindeki kritik kelimeler tanımın tümünü değiştirebilir. Örneğin, NHTSA tanımında “motorlu taşıtlar” cümlesine atıf yapılır, oysa OECD tanımı “motor” kelimesinden bahsetmez, ancak “hareketli taşıtlar” şeklinde bir tanımlama yapar. Dolayısıyla, bir bisikletçi ile bir yaya arasındaki çarpışma OECD için geçerli sayılır (AASHOTO, 2019).

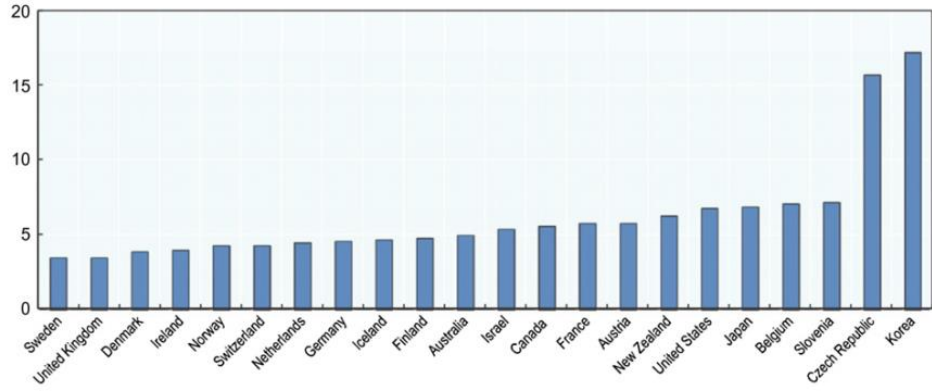
ABD için bu olay bir kaza yerine geçmez. Bu tür farklılıklar, -kaza istatistikleri verilerini içeren Uluslararası Karayolu Trafik Kaza Veri Tabanını (IRTAD) üreten Uluslararası Trafik Güvenliği ve Analiz Grubu'nun yaptığı gibi- farklı ülkelerdeki kaza istatistiklerini karşılaştırmaya çalıştığımızda önemli sorunlar yaratmaktadır. Tüm kazaları rapor eden OECD ülkeleri ve diğer ülkeler arasında bariz farklılıklar bulunmaktadır (OECD, 1998). Örneğin, çoğu ülke veritabanlarında kaza olayı yalnızca yaralanma kazalarını içerir, ancak bazılarında mülki zarar kazaları da bu gruba girer (Danimarka, İsrail). Bununla birlikte, bu veriler tam bir nüfus sayımı ya da temsili bir örnek değildir. Ayrıca, ülkeler içinde bile dahil edilme kriterlerinde tutarsızlıklar vardır; örneğin, polis kovalamacından kaynaklanan ve kazadan önce intihar veya bilinç kaybı şüphesiyle ortaya çıkan kaza durumlarında olayın kaza olup olmadığı tartışmalıdır. Tanımlardaki benzerlik, uluslararası verilere bakıldığında, elma ve portakalları karşılaştıramayacağımız anlamına gelir. Ayrıca, çoğu ülke veritabanı maden sahalarında araçla ilgili trafik dışı ölümleri içermemektedir. Bu nedenle bazı ülkelerde, özel bir araba yolu üzerinde bir destek aracı tarafından ezilmek, trafik kazası sayılmaz. Diğer trafik kazalarına göre sayıları az olsa da, yine de önemlidir. Örneğin ABD'de, yaklaşık 500 kişi bu yollar üzerinde geçirdiği kazalar sebebiyle hayatını kaybetmekte yarım milyondan fazla insanda yaralanmaktadır (NHTSA, 2015c). Bu sebeple NHTSA, 1 Mayıs 2018'den sonra üretilen tüm araçlarda yedek video kamera ve ekran gerektiren bir düzenleme yayınlamıştır (AASHOTO, 2019).

İki önemli araştırma yöntemi, sürücü davranışı ve trafik güvenliği ile ilgili yeni bilgilere ve yeni sonuçlara büyük katkılar sağlamıştır. Bunlar doğal sürüş çalışmalarının (NDS) kullanımı ve meta-analiz tekniğidir (MA). Meta-analiz, bir

etkiye veya önlemlere karşı sağlam bir ölçüm sağlamak için, benzer yöntemleri ve sonuç ölçütlerini kullanarak aynı sorunu ele alan çoklu çalışmaların sonuçlarını sentezleyen bir tekniktir. Ampirik araştırmalarda sıklıkla olduğu gibi, bu metotların farklı alanlarda uygulanması, daha önce kesin olmayan daha az sağlam sonuçları doğruladı ya da daha önce yanlış anlaşılan kaza olaylarını deşifre etmiştir. NDS'den elde edilen en önemli bulgu, bugün bile insan faktörünün trafik kazalarının yüzde 90'ından fazlasında kritik bir unsur olduğunu gösteren, şimdiye kadarki en büyük kaza sebebi araştırmalarından çıkan en güncel sonuçtur (Dingus ve diğer., 2016).

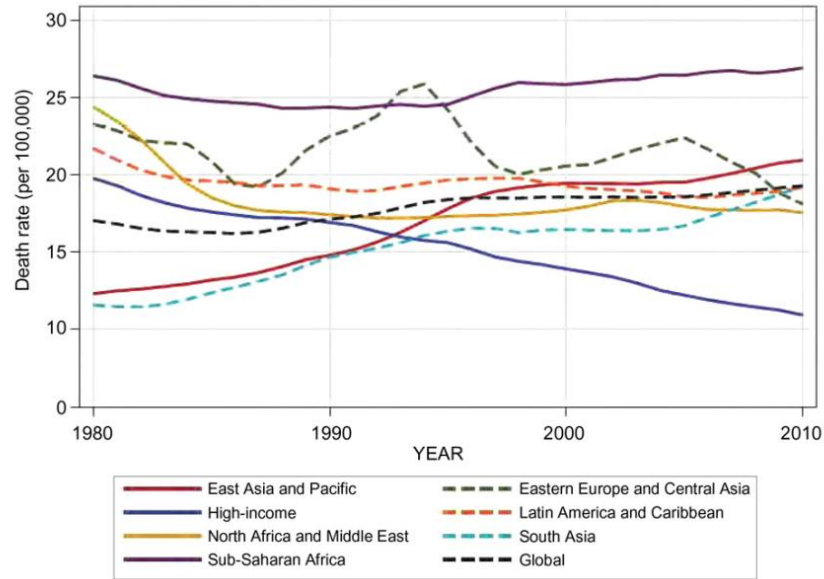


Şekil 2.2 ABD’de, 1966-2012’de 100 milyon aracın mil seyahat başına ölüm ve yaralanma eğilimleri (NHTSA’dan, 2014’ten)



Şekil 2.3 Kilometrekareye düşen ölümlü trafik kazaları (IRTAD, 2015, Paris OECD Publishing)

Her yıl yaklaşık 1,24 milyon insan dünyanın çeşitli yollarında ölmekte ve 20 ila 50 milyon kişi trafik kazalarında ölümcül yaralanmalara maruz kalmaktadır (WHO, 2013a, 2013b). Ne yazık ki, bu sayı son 10 yılda önemli ölçüde değişmemiştir (WHO, 2015). Buna karşılık, 2013 yılında teröristler dünya çapında yaklaşık 18.000 kişiyi ya da trafikle ölen sayının yaklaşık yüzde 1,5'ini öldürmüştür (Kuper, 2015). Dünya çapında trafik kazaları da 15-29 yaşları arasındaki insanlar için en önemli ölüm sebebidir. (WHO, 2015). Dolayısıyla, yaşamımızda çoğu insanın görmezden gelme eğiliminde olduğu canavarın varlığı söz konusudur (Ashton, 1971).

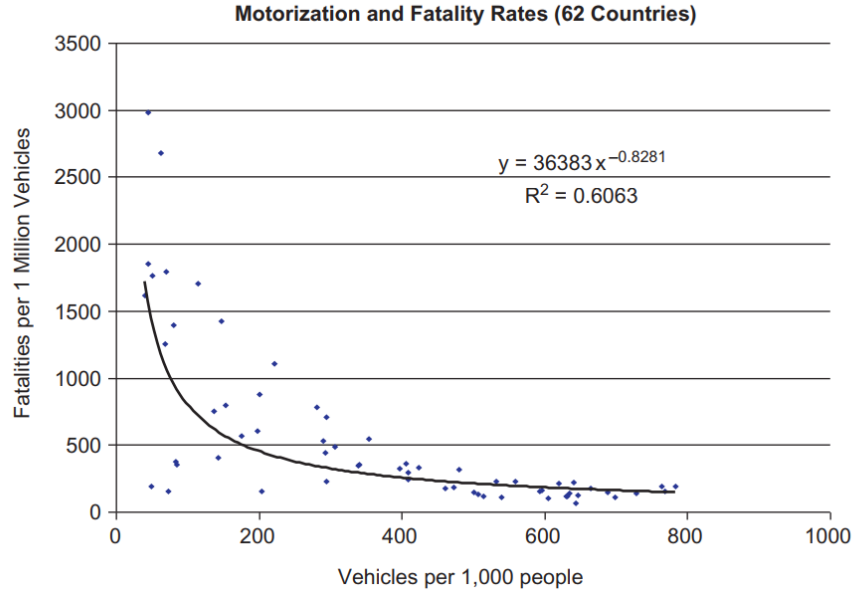


Şekil 2.4 1980'den 2010'a kadar dünya çapında karayolu yaralanma ölüm oranları (Dünya Bankası'ndan, 2014, s. 29)

Yukarıda tarif edilen çeşitli önlemlerden, sürülen mil / kilometre başına düşen ölüm oranı trafik güvenliği önlemlerinin altın standardı haline gelmiştir. Ancak, bu önlem için bile (diğerlerinin yanı sıra) ülkeleri karşılaştırırken toplu veri kullanmanın zorlukları vardır. En yaygın olanı, “bu gruplar birleştirildiğinde farklı veri gruplarında görünen bir eğilimin ortadan kalktığını ve toplam veriler için ters eğilimin ortaya çıktığını” belirten görüşe “Simpson Paradoxu” denilir. Ölüm oranlarındaki uluslararası karşılaştırmalara bakıldığında, bir ülkenin tüm bölgeleri birleştirildiğinde diğerinden daha güvenli görünebileceği durumlar ortaya çıkabilir. Oysa gerçekte, bölgesel bazda incelendiğinde aslında daha bu bölge az güvenlidir. ABD verilerinden bir örnek, Kaliforniya ve Güney Dakota'daki (SD) ölüm oranlarının karşılaştırılmasıdır. Kaliforniya, 100 milyon araç mili başına 1,27 ölüm oranı, SD ise yaklaşık yüzde 70 daha yüksek, 100 milyon araç mili başına 2,12 ölüm oranı bulunmaktadır. Ölüm oranları karayolları tarafından ayrıştırıldığında, tamamen farklı bir resim elde edilmektedir. Veriler kentsel ve kırsal yollara ayrıldığında, SD'nin her ikisinde de daha güvenli olduğu açıktır. Yine de, Kaliforniya'da araba kullanma sayılarının çoğu kentsel yollarda (daha düşük hızlardan dolayı ölüm oranlarının düşük olduğu yerlerde) olduğundan, SD'de araba kullanmanın çoğu kırsal yollarda olduğu için, aslında Kaliforniya yollarında araba sürmenin SD yollarda sürüşten daha güvenli olduğu gibi bir yanlış anlaşılma durumu ortaya çıkmaktadır (Bekhor ve diğer., 2012).

Nüfus büyüklüğü başına emniyet ile araç başına emniyet arasındaki ilişkiyi gösteren bir başka önlem daha vardır: bu motorizasyon seviyesidir. Aradaki değişken olarak motorizasyon seviyesi ilk olarak 1949'da Smeed tarafından önerilmiş ve şimdi Smeed yasası olarak bilinmektedir. Bu yasaya göre, taşıt sayısı başına ölüm oranı, nüfus büyüklüğüne göre taşıt sayısının bir fonksiyonu olarak üssel azalmaktadır. Daha net bir ifadeyle, her bir aracın ölümcül bir kazaya karışması, ülkedeki araba sayısı arttıkça azalmaktadır. İlk olarak Smeed tarafından sadece 20 ülkeden 1938 verisine dayanarak resmileştirilmiş olmasına rağmen, o zamandan beri, farklı yılların yıllık istatistiklerine dayanarak, farklı ülkelerin daha yakın ve daha geniş örnekleri üzerinde tekrar tekrar onaylanmıştır (Adams, 1985; Evans, 2004; Smith, 1999)). Bu ilişkinin nispeten yeni bir değerlendirmesi Link (2006) tarafından toplanan 62 ülkeden çoğunlukla 2002 ve 2003 verilerine dayanmaktadır. Link'in ölüm oranları (milyon

araç başına), motorizasyon seviyesine göre (1.000 kişi başına araç) çizildiğinde, Smeed'in bir yüzyıl önce üçte birinden fazla veri üzerinde gösterdiği tipik negatif güç ilişkisi elde edilmektedir (Bekhor ve diğer., 2012).



Şekil 2.5 Smeed'in 62 ülkeden gelen verilere dayanan yasası

Maden sahalarında ölümlerin önemli çoğunluğu göçük altında kalma şeklinde olsa da saha içi trafik ve taşımacılıktan kaynaklanan ölümlerde önemli bir yer tutmaktadır. Tarihi perspektife baktığımızda maden sahalarında 19. Yüzyılın başlarından itibaren raylı sistem daha sonra da lastik tekerlekli araçlar ile taşımacılık yapılmaya başlanmıştır. Her çağın gerektirdiği teknolojilere paralel olarak ulaşım araçları yenilenmiş ve çağ yakalanmaya çalışılmıştır. Cumhuriyet döneminin ilk yıllarında yıpranan altyapı ve ulaşım ağları güçlendirilmiş bizzat Atatürk'ümüzün emriyle tüm alanlarda olduğu gibi büyük bir atılım sağlanmıştır. Günümüzde ise çok yüksek taşıma kapasiteli özel dizel araçlar kullanılmakta; iş sağlığı ve güvenliği alanında yeni metotlar geliştirilmektedir. Ülkemizde maden sahalarında trafik düzenleme ve optimizasyonu alanında simülasyon kullanımı çok yeni olmakla birlikte, gerekli çalışmalar da bir yandan başlamış bulunmaktadır. Bu çalışmada standardize trafik parametreleri kullanılarak bir risk simülasyonu yapılması amaçlanmaktadır.



Şekil 2.6 Washington’da üstten kablolu elektrikli bir araba (ABD kongre kütüphanesi, 1906)

2.1 Trafik Tanımları

Madencilik ana sac ayaklarından biri hatta en önemlisi ulaşımdır. Ham maddelerin uzak yerlere taşınması, fabrikaya, cevher hazırlama tesislerine gönderilmesi, uzak ülkelere taşınması hep bu cümledendir. Bu çalışmada ise malzemenin maden sahası taşınması sırasında ortaya çıkan zorluklara simülsayon yoluyla cevap aranmış, 24 adet kavşakta tek tek çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada parametre olarak karayollarının yayınladığı “*Karayolları Tasarım El Kitabı*” ve uluslararası trafik standartları kullanılmıştır. Bu parametreler yoluyla araçların hız limitleri, uyulması gereken kurallar ve konulması gereken levhalar analiz kısmına eklenmiştir. Çalışmanın daha iyi anlaşılması adına önce trafik terimlerinden ve yapılacak hesaplamalardan bahsedilecek daha sonra da simülasyon programlarının çalışma mantıkları işlenecektir (Bekhor ve diğer., 2012).

İnsan Tepki Süreci: Sürücülerin yolda gerçekleştirdiği eylemler, gördükleri veya duydukları bazı uyaranlardan elde ettikleri bilgilere ilişkin değerlendirmelerden ve bunlara tepki vermekten kaynaklanmaktadır. Ancak, karayolları boyunca alınan bilgiler sürekli değiştiği için değerlendirme ve reaksiyon çok kısa sürede yapılmalıdır. Bir sürücü tarafından alınan bilgilerin çoğunun görsel olduğu, sürüş yeteneğinde görme yeteneğinin temel öneme sahip olduğu yapılan çalışmalarla ispatlanmıştır. Bu nedenle, karayolu ve trafik mühendislerinin işitme algısı kadar görsel algı konusunda da bazı temel bilgilere sahip olmaları önemlidir. *Görme Resepsiyonu*, Gözün temel özellikleri görme keskinliği, çevresel görme, renkli görme, parlama görme ve derinlik algısıdır.

Görme keskinliği, bir nesnenin ayrıntılarını görme yeteneğidir. En küçük modelin detayının tersi olan görsel açı ile çözülebilir ve

$$\varphi = 2\arctan\left(\frac{L}{2D}\right) \quad (2.1)$$

Hedefin L çapı (harf veya sembol)

L ile aynı üniteye gözden hedefe D mesafesi

Formülüyle hesaplanmaktadır (Highway, 2009).

Örneğin, bir modelin detayını bir dakikalık yay (1/60 derece) görme keskinliği ile çözme yeteneği, normal görme keskinliği (20/20 görme) olarak kabul edilir. Trafik ve karayolu acil durumlarında iki tür görme keskinliği önemlidir: statik ve dinamik görme keskinliği. Hem nesnenin hem de sürücünün durağan olduğu durumlarda sürücünün bir nesneyi tanımlama kabiliyeti, statik keskinliğine bağlıdır. Statik keskinliği etkileyen faktörler arka plan parlaklığını, kontrastı ve zamanı içerir. Statik keskinlik, aydınlatmada yaklaşık 3 mum (cd) / sq arka plan parlaklığına kadar bir artışla artar, ft ve sonra aydınlatmada bir artış olsa bile sabit kalır (U.S. Department of Transportation, 2014).

Diğer görsel faktörler kabul edilebilir bir seviyede sabit tutulursa, göreceli hareketi olmayan bir nesnenin tanımlanması için gereken optimal süre 0,5 ile 1,0 saniye arasındadır (Garber ve diğer., 2009).

Sürücünün göreceli olarak hareketli cisimleri net bir şekilde tespit etme kabiliyeti, mutlaka doğrudan görüş hattında olması, sürücünün dinamik görme keskinliğine bağlıdır. Çoğu insan, 3 ila 5 derecelik konik bir açıda net bir görüşe ve 10 ila 12 derecelik bir konik açıyla oldukça net bir görüşe sahiptir. Bu aralığın ötesindeki vizyon genellikle bulanıktır. Trafik bilgi cihazlarının yeri göz önüne alındığında bu önemlidir.

Sürücüler açıkça 12 derece koni içindeki cihazları görecekle ancak bu koninin dışındaki nesneler bulanıklaşacaktır.

Görüş açısı. Periferik görme; insanların en net görme konisinin ötesindeki nesneleri görme yeteneğidir. Bu bölgede nesneler görülebilmeye rağmen, ayrıntılar ve renk net değildir. Çevresel görüş için koni, 160 dereceye kadar çıkabilen koni olabilir; bu değer aracın hızından etkilenir. Yaş da periferik vizyonu etkiler. Örneğin, yaklaşık 60 yaşında bir kişinin çevresel vizyonunda önemli bir değişiklik meydana gelir.

Renkli görme; Renk görme, bir rengi diğerinden ayırt etme yeteneğidir, ancak karayolu sürüşünde genellikle renk körlüğü olarak da adlandırılan bu yetenekteki eksiklik, nesneleri yanlış görmeye sebep olabilir. Siyah ve beyaz, siyah ve sarı kombinasyonlarının göze en duyarlı olduğu renkler olduğu gösterilmiştir.

Parlama Vizyonu ve Kurtarma: İki tür parlama vizyonu vardır: doğrudan ve spekül parlama vizyonları.

Rowland ve diğerleri, bireyin görüş alanında göreceli olarak parlak ışık görüldüğünde doğrudan parıltı oluştuğunu ve göreceli olarak parlak ışığın yansıttığı görüntünün görme alanında görüldüğü durumlarda, nesnenin parıltı oluştuğunu belirtmiştir. Her iki parlama türü de görünürlüğün düşmesine ve gözlerde rahatsızlığa neden olur. Ayrıca, yaşın parlamaya duyarlılık üzerinde önemli bir etkisi olduğu ve

yaklaşık 40 yaşında, bir kişinin parlamaya karşı duyarlılığında önemli bir değişiklik olduğu bilinmektedir. Bir kişinin ışık kaynağını geçtikten sonra parlamanın etkilerinden geri kazanması için gereken zaman parlama toparlanma olarak bilinir. Çalışmalar, bu sürenin karanlıktan ışığa geçerken yaklaşık 3 saniye olduğunu ve ışıktan karanlığa geçerken 6 saniye veya daha fazla olabileceğini göstermiştir. Parlama vizyonu gece sürüşü sırasında çok önemlidir. Bu fenomen, sokak aydınlatmasının tasarımında ve yerinde göz önünde bulundurulmalı ve böylece parlama efektleri en aza indirgenmelidir.

Armatür parlaklığını azaltarak ve sürücünün görüş alanındaki arka plan parlaklığını artırarak parlama efektleri en aza indirilebilir. Aydınlatma tasarımında bunu başarmak için atılan spesifik eylemler arasında yüksek montaj yüksekliklerinin kullanılması, aydınlatma desteklerinin yoldan uzağa konumlandırılması ve sürücünün görünürlüğüyle minimum etkileşim sağlamak için armatürdeki ışığın sınırlandırılması yer almaktadır.

Derinlik algısı. Derinlik algısı, bir kişinin hız ve mesafeyi tahmin etme yeteneğini etkiler. Araçların kafa kafaya çarpıştığı durumların en büyük sebebi sürücünün hız ve mesafe oranını kuramaması olarak gösterilmektedir.

Bir sürücünün, bisikletlinin veya yayanın bir uyarıcıya yönelik değerlendirme ve tepki verme süreci dört alt işleme ayrılabilir:

1. Algılama: sürücü bir kontrol cihazı, uyarı işareti veya yoldaki bir nesneyi görür.
2. Tanımlama: Sürücü, nesneyi veya kontrol cihazını tanımlar ve böylece uyarıyı anlar.
3. Duygu: Sürücü, uyarana yanıt olarak hangi eylemde bulunacağına karar verir; örneğin, fren pedalına basmak, geçmek, viraj almak veya şerit değiştirmek.
4. Tepki ya da irade: Sürücü duygu alt süreci sırasında karar verilen eylemi gerçekleştirir.

Algı başlangıcından reaksiyonun sonuna kadar geçen zaman, bazen *PIEV zamanı* ya da (daha yaygın olarak) *algı-reaksiyon zamanı* olarak adlandırılan algı, tanımlama, duygular ve irade için gereken toplam süredir.

Algılama reaksiyon süresi, bir otoyolda gereken minimum görüş mesafesini ve sinyaliz edilmiş bir kavşakta sarı fazın uzunluğunu belirleyen frenleme mesafelerinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Algı-tepki süresi bireyler arasında farklılık gösterir ve aslında durum değiştikçe aynı kişi için de değişebilir. Algılama-tepki süresindeki bu değişiklikler, durumun ne kadar karmaşık olduğuna, mevcut çevresel koşullara, yaşa, kişinin yorgun olup olmamasına sürücünün alkol/uyuşturucu alıp almamasına bağlıdır.

Triggs ve Harris, bu fenomeni ayrıntılı olarak tanımlamıştır. Çeşitli durumlardan elde edilen yüzde 85 frenleme süresinin 1,26 ile 3 saniye arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Tasarım amaçları için seçilen reaksiyon süresi, otoyolları kullanan çoğu sürücünün reaksiyon sürelerini içerecek kadar büyük olmalıdır. Amerikan Devlet Karayolu ve Ulaşım Görevlileri Birliği (AASHTO) tarafından yapılan öneriler, görüş mesafesi için 2,5 saniye öngörmektedir. Bu çok önemli bir bilgidir. Analiz kısmında bu hesaplamalardan yararlanılacaktır.

Bu durum, çoğu karayolu koşulunda sürücülerin yaklaşık yüzde 90'ının karar sürelerini kapsamaktadır.

Bununla birlikte, 2,5 saniyelik bir reaksiyon süresinin beklenmedik koşullar için veya çok fazlı dereceli kavşaklarda, rampa terminallerinde, çok karmaşık koşullar için yeterli olmayabilir. Örneğin, sinyaller beklenmeyen olduğunda, reaksiyon süreleri yüzde 35 oranında artabilir.

2,5 saniyelik algı-tepki süresine sahip bir sürücü, bir kazanın önündeki yolu tıkadığını gözlemlediğinde 65 m / s hızda sürüyor. Sürücü frenleri devreye sokmadan önce aracın hareket edeceği mesafeyi belirleyin. Araç, 2,5 saniyelik algı-tepki süresi boyunca 65 mil / sa hızla hareket etmeye devam edecektir (Garber ve diğer., 2009).

Çözüm:

- mi / h'ye m / sn'ye çevrilir:

$$65 \frac{mi}{h} = \frac{(65 * \frac{5280}{3600}) ft}{sn} = 65 * 1,47 = 95,55 ft/sn \quad (2.2)$$

Gidilen mesafe bulunur:

$$\begin{aligned} D &= vt \\ &= 95,55 * 2,5 \\ &= 238,9 ft \end{aligned} \quad (2.3)$$

v hızı ve t zamanı göstermektedir (Highway, 2009).

Yaya karakteristiği: Trafik ve karayolu mühendisliği uygulamalarıyla ilgili yaya özellikleri, önceki bölümlerde ele alınan sürücünün özelliklerini içerir. Ek olarak, diğer yaya özellikleri yaya kontrol cihazlarının tasarımını ve yerini etkileyebilir. Bu tür kontrol cihazları arasında özel yaya sinyalleri, güvenlik bölgeleri ve kavşaklardaki adalar, yaya alt geçitleri, yükseltilmiş yürüyüş yolları ve yaya geçitleri bulunur. Görme ve işitme özelliklerinin yanı sıra, yürüme özellikleri bu kontrollerin bazılarının tasarımında önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, yayaların yoğun trafikle kesişme noktalarından geçmesine izin veren tamamen kırmızı bir evrenin tasarımı, yayaların yürüme hızları hakkında bilgi gerektirir. Yaya hareketlerinin gözlemleri yürüme hızlarının 1,0 ile 2,5 m / sn arasında değiştiğini göstermiştir. Erkek ve kadın yürüme hızları arasında da önemli farklılıklar gözlenmiştir. Kavşaklarda, ortalama erkek yürüme hızı 1,56 m / sn, kadınlar için ise 1,44 m / sn olarak belirlenmiştir. Tasarım amaçları için normalde 1,2 m / sn'lik daha muhafazakar bir değer kullanılır. Bununla birlikte, Rouphail ve diğerleri, ortalama yürüme hızının yaşlı yaya nüfusuna bağlı olduğunu göstermiştir. Örneğin, yaşlı yaya yüzdesi yüzde 20 veya daha düşük olduğunda, ortalama yürüme hızı 1,2 m / sn'dir, ancak yaşlı yaya yüzdesi yüzde 20'den yüksek olduğunda 0,9 m / sn'ye düşmektedir. Bu nedenle, çok sayıda yaşlı yayanın beklendiği yerlerde kavşak yaya sinyallerinin tasarımı için bu faktör dikkate

alınmalıdır. Ayrıca, kör gibi engelli yayaların özelliklerine de dikkat edilmelidir. Çalışmalar özel sinyaller yükleyerek kör yayaları içeren kazaların azaltılabileceğini göstermiştir (Garber ve diğer., 2009).

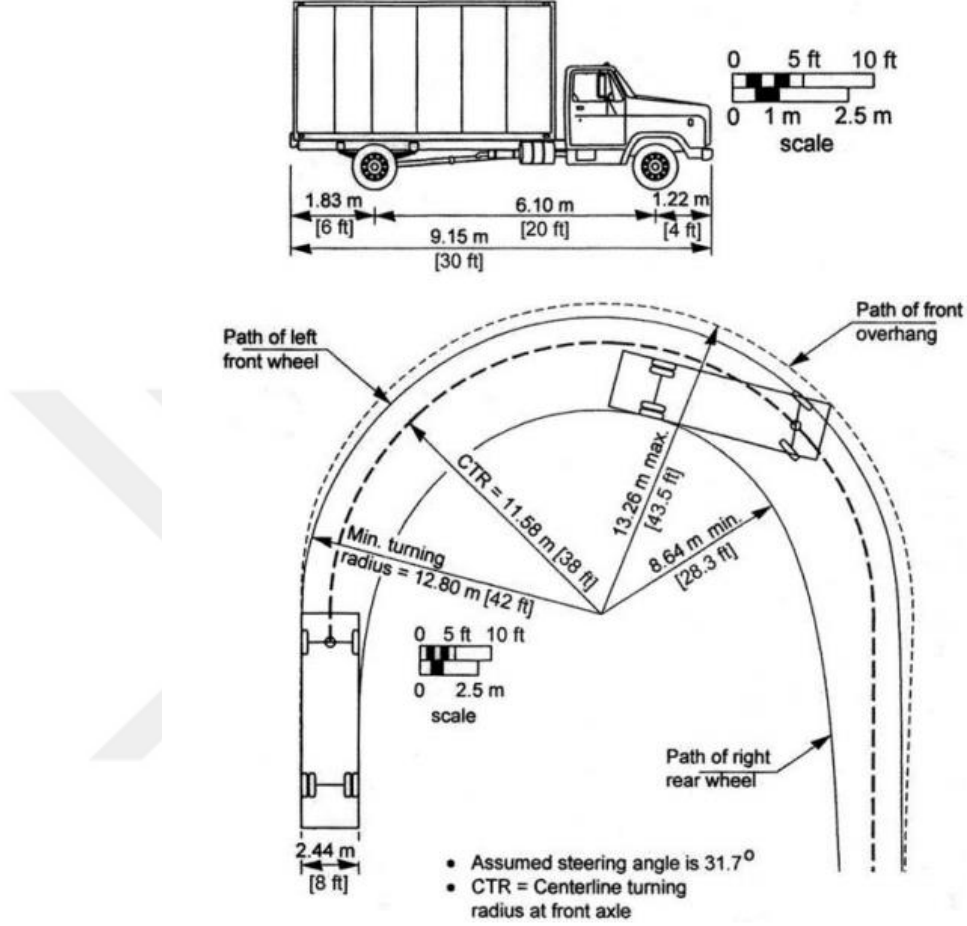
Kör yaya, karşıya geçmenin güvenli olduğunu gösteren bir zil çalan özel bir anahtar kullanarak sinyali kırmızı bir aşamaya döndürebilir. Tekerlekli sandalye kullananların geçişini kolaylaştırmak için kavşak bordürlerine rampalar konulmalıdır. Ayrıca, engelli yayaların nispeten daha düşük ortalama yürüme hızlarına dikkat edilmelidir, bu değer 0,63 m / sn'den 1,09 m / sn'ye kadar değişmektedir.

Bisikletli karakteristiği: Daha önce de belirtildiği gibi, bisikletler, özellikle kentsel alanlarda bulunan otoyollar için, otoyol modunun önemli bir bileşenidir. Bu nedenle, otoyol ve trafik mühendislerinin bisiklet ve bisikletlilerin özelliklerini anlamaları önemlidir. Otomobil sürücüsü için tartışılan temel insan faktörler, özellikle algı ve tepki açısından, bisikletçi için de geçerlidir. Bununla birlikte, otomobil sürücüsünün aksine, bisikletlinin sadece bisiklet sürücüsü değil, aynı zamanda bisikleti hareket ettirme gücü sağladığına da dikkat edilmelidir. Bisiklet ve bisikletli bu nedenle bir sistem oluşturmak üzere birleşerek her ikisinin de birlikte ele alınmasını gerektirir.

Araç karakteristiği: Karayollarının geometrik tasarım kriterleri, araçların kısmen statik, kinematik ve dinamik özelliklerine dayanmaktadır. Statik özellikler, aracın ağırlığını ve boyutunu içerirken kinematik özellikler, harekete neden olan kuvveti dikkate almadan aracın hareketini içerir. Dinamik özellikler, aracın hareketine neden olan kuvvetleri içerir. Neredeyse tüm otoyollar hem binek otomobili hem de kamyon trafiği taşıdığından, tasarım kriterlerinin farklı taşıt türlerinin özelliklerini dikkate alması esastır. Bu özelliklerin tam olarak bilinmesi, mühendislere, özellikle geçiş, durma ve dönüşün temel manevraları sırasında hareketli bir aracın güvenli ve sorunsuz çalışmasını sağlayan karayolları ve trafik kontrol sistemlerinin tasarımında yardımcı olacaktır.

Bu nedenle, bir yol tasarlamak, otobanı kullanması beklenen hemen hemen tüm araçların özelliklerini kapsayacak bir tasarım aracının seçimini içerir. Tasarım aracının

özellikleri daha sonra geometrik tasarım, kavşak tasarımı ve görüş mesafesi gereksinimleri için kriterleri belirlemek için kullanılır.



Şekil 2.7 Tek Ünite (SU) Kamyon için Minimum Dönüş Yolu Dizayn değerleri (Highway, 2009)

Bir aracın ivmesi, aşağıdaki denklem ile gösterilebilir

$$\frac{du}{dt} = 33 - 0,04u \quad (2.4)$$

Burada araç hızı metre / sn'dir. Araç 45 km / sa hızında giderse, 5 sn hızlanma sonrası hızını ve bu süre boyunca kat edilen mesafeyi belirleyin (Garber ve diğer., 2009).

45 mi/s'yi ft/sn şekline çevirirsek:

45*1,41 = 66,15 ft/sn olur.

$$\begin{aligned}\alpha - \beta u_t &= (\alpha - \beta u_0)e^{-\beta t} \\ u_t &= \frac{\alpha}{\beta}(1 - e^{-\beta t}) + u_0 e^{-\beta t}\end{aligned}\tag{2.5}$$

Denklemini kullanırsak;

$$\begin{aligned}\alpha &= 3,3 \\ \beta &= 0,04 \\ u_1 &= \frac{3,3}{0,04}(1 - e^{-\beta t}) + u_0 e^{-\beta t} \\ u_1 &= \frac{3,3}{0,04}(1 - e^{-0,04*5}) + 66,15 * e^{-0,04*5} \\ u_1 &= 69,09 \frac{\text{ft}}{\text{sn}} \text{ olur.}\end{aligned}\tag{2.6}$$

Bu eşitliği tekrar mi/saat'e çevirirsek:

$$u_1 = 47 \frac{\text{mi}}{\text{saat}} \text{ olur.}$$

Dinamik karakteristik: Bir araç hareket halindeyken çeşitli kuvvetler etki eder: hava direnci, eğim direnci, yuvarlanma direnci ve viraj/kavis direnci. Bu kuvvetlerin aracın çalışmasını etkilediği kapsamlar bu bölümde tartışılmaktadır. Hareket halindeki bir aracın, önündeki havanın direncini ve etrafındaki havanın sürtünme etkisine bağlı kuvveti aşması gerekir. Bunların üstesinden gelmek için gereken kuvvet, hava direnci olarak bilinir ve aracın enine kesit alanı ile hareket yönüne ve aracın hızının karesine dik bir doğrultuda ilişkilidir. Claffey, bu kuvvetin formülden tahmin edilebileceğini göstermiştir (Garber ve diğer., 2009).

$$R_a = 0.5 \frac{(2.15 p C_D A u^2)}{g} \quad (2.7)$$

R_a , hava direnç kuvveti (lb)

p , deniz seviyesinde hava yoğunluğu (0.0766 lb / ft³); yükseklerde daha az

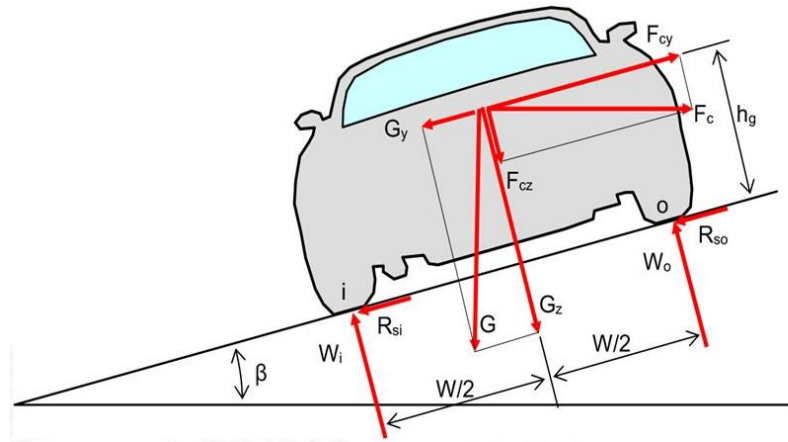
C_D , aerodinamik sürtünme katsayısı (binek araçlar için mevcut ortalama değer 0,4'tür; kamyonlar için bu değer 0,5 ila 0,8 arasındadır, ancak tipik bir değer 0,5'tir)

A , ön kesit alanı (m²)

u , araç hızı (km / sa)

g , yerçekimi ivmesi (32,2 ft / sn²)

Bir araç rampa tırmandığında, taşıt ağırlığının bir bileşeni karayolu düzlemi boyunca aşağı doğru hareket eder. Bu hareketin tersi yönde hareket eden bir kuvvet yaratır. Bu kuvvet, rampa direncidir. Bu nedenle, bir dereceye kadar yükselen bir araç, hızlanma kuvveti uygulanmadıkça hızını kaybetme eğiliminde olacaktır. Verilen bir ivme oranı için sınıf boyunca herhangi bir noktada ulaşılan hız, rampaya bağlı olacaktır. Not: rampa direnci = ağırlık = derece, ondalık cinsinden.



Şekil 2.8 Hareket halindeki araca etki eden kuvvetler

Yuvarlanma direnci: Aracın içinde harekete direnç sağlayan mekanizmalara bağlı kuvvetler bulunmaktadır. Bu kuvvetler esas olarak aracın hareketli parçaları üzerindeki sürtünme etkisine bağlıdır, ancak bu kuvvetlerin şiddetinin büyüklüğü aynı zamanda yolun yüzeyi ile lastikler arasındaki sürtünme katsayılarını da içerir. Bu kuvvetlerin toplam etkisi hareket yuvarlanma direnci olarak bilinir. Yuvarlanma direnci, aracın hızına ve yolun tipine bağlıdır. Yuvarlanma kuvvetleri, pürüzsüz 79sphalt yollarda, aşınmış yollara nispeten daha düşüktür. Düzgün bir 79sphalt yolda binek otomobiller için yuvarlanma direnci kuvveti, bu formülün ilişkisinden belirlenebilir;

$$R_r = (C_{rs} + 2.15C_{rv}u^2)W \quad (2.8)$$

R = yuvarlanma direnci kuvveti (lb)

C_{rs} = sabit (binek araçlar için genellikle 0,012)

C_{rv} = sabit (binek otomobiller için tipik olarak 0,65 106 sn² / ft²)

u = araç hızı (mil / sa)

W = brüt araç ağırlığı (lb)

Kamyonlar için, yuvarlanma direnci

$$R_r = (C_a + 1.47C_bu)W \quad (2.9)$$

R = yuvarlanma direnci kuvveti (lb)

C_a = sabit (kamyonlar için genellikle 0.02445)

C_b = sabit (kamyonlar için tipik olarak 0.00044 sn / ft)

u = araç hızı (mil / sa)

W = brüt araç ağırlığı (lb)

Asfaltın yüzey durumu yuvarlanma direnci üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin, kötü kırılmış ve yamalı asfalt yüzeylerde 50 m / s hızında, yuvarlanma direnci 51 lb / ton, gevşek bir kum yüzeyindeki aynı hızda, yuvarlanma direnci 76 lb / ton ağırlığındadır.

Viraj direnci: Bir binek aracı viraj almak için manevra yaptığında, dış kuvvetler aracın ön tekerleklerine etki eder. Bu kuvvetler, aracın ileri hareketi üzerinde geciktirici etkisi olan bileşenlere sahiptir. Bu bileşenlerin toplam etkisi, eğri direncini oluşturur. Bu direnç eğrinin yarıçapına, aracın brüt ağırlığına ve aracın hareket ettiği hıza bağlıdır. Bu direnç şu formül kullanılarak belirlenebilir

$$R_c = 0.5 \frac{(2.15 u^2 W)}{g R} \quad (2.10)$$

g = yerçekimi ivmesi 132.2 ft / sn²

W = brüt araç ağırlığı lb

u = araç hızı 1mi / s²

R_c = eğri direnci lb

R = eğrilik yarıçapı ft

Güç Gereksinimleri: Güç, işin yapıldığı orandır. Genellikle 1 beygir gücünün 550 lb-ft / sn olduğu beygir gücü (ABD ölçü birimi) ifade edilir. Bir aracın performans kapasitesi, motorun hava, sınıf, eğri ve sürtünme direnci kuvvetlerinin üstesinden gelmek ve aracı harekete geçirmek için üretebileceği beygir gücü ile ölçülür. Şekil bu kuvvetlerin hareketli araç üzerinde nasıl etki ettiğini göstermektedir. Motor tarafından verilen güç;

$$P = \frac{1.47 R u}{550} \quad (2.11)$$

P = beygir gücü teslim hp

u = aracın hızı mi / s

R = harekete direnç toplamı (Ashton, 1971)

Direnç kuvvetlerinin üstesinden gelmek için gerekli araç beygir gücüne bir örnek verecek olursak;

Düzgün bir asfalt yola sahip % 5'lik düz bir yolda 65 km / saat hızla seyahat eden bir binek otomobili tarafından üretilen beygir gücünü belirleyiniz. Arabanın ağırlığının 4000 lb ve arabanın kesit alanının 12 m² olduğunu varsayalım. Çözüm: Otomobil tarafından üretilen kuvvet, en azından hareket eden direnç kuvvetlerinin toplamına eşit olmalıdır.

$$R = (\text{hava direnci}) + (\text{yuvarlanma direnci}) + (\text{yükseltme direnci})$$

Not: Yol düz olduğundan viraj direnci yoktur.

$$R_a = 0,5 \left(\frac{2,15 p C_d A u^2}{g} \right)$$

$$R_a = 0,5 \left(\frac{2,15 * 0,0766 * 0,4 * 65^2}{32,2} \right) \quad (2.12)$$

$$= 172,9 \text{ lb}$$

$$R_r = (C_{rs} + 2.15 C_{rv} * u^2) * (4000)$$

$$= 0,018 * 4000$$

$$= 72 \text{ lb}$$

$$\text{Eğim direnci} = 4000 * 5 / 100$$

Toplam direnç:

$$R = R_a + R_r + \text{Eğim Direnci}$$

$$= 172,9 + 72 + 200 \quad (2.13)$$

$$= 444,9 \text{ lb}$$

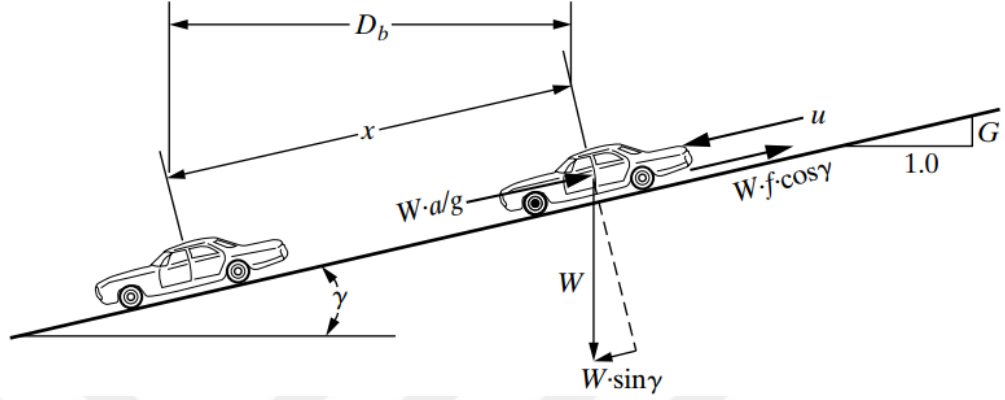
Üretilen beygir gücü:

$$P = (1,47 * R * u) / 550 \quad (2.11)$$

$$= 77,3 \text{ hp}$$

Fren mesafesi: Kuvvetlerin (Şekil de gösterilen) hareketli araç üzerindeki etkisi ve algı-reaksiyon süresinin etkisi, araçların dinamik karakteristikleri ile ilgili önemli parametreleri belirlemek için kullanılır. Bunlar arasında, bir aracın fren mesafesi ve $u > 3$ km/s olan hızda bir viraj etrafında hareket eden araç için gerekli olan dairesel bir eğrinin minimum yarıçapı bulunur. Ayrıca, hızlanma, lastik ile yolun arasındaki

sürtünme katsayısı, aracın ağırlık merkezinin zemin üzerindeki mesafesi ve aracın iz genişliği gibi elemanlar arasındaki ilişkiler eylem analiz edilerek geliştirilebilir (Garber ve diğer., 2009).



Şekil 1.9 Hareket halindeki araca etki eden kuvvetler-2

W = aracın ağırlığı

f = sürtünme katsayısı

g = yerçekimi ivmesi

a = araç ivmesi

u = fren uygulandığında hız

Db = fren mesafesi

γ = eğim açısı

$G = \tan(\% \text{ eğim} / 100)$

x = frenleme sırasında aracın yol boyunca kat ettiği mesafe

Aşağı doğru hareket eden bir araç için etki eden kuvvetler

Hesaplama her zaman yatay düzleme göre yapılır. Fren mesafesi karayolu eğrilerinin tasarımında bir girdi olduğundan, x mesafesinin yatay bileşeni kullanılır.

$$\text{Araçtaki sürtünme kuvveti} = Wf \cos \gamma$$

Fren mesafesi için genel bir denklem bu nedenle şöyle yazılabilir:

$$Db = \frac{u^2}{30(f \pm G)} \quad (2.14)$$

Ya da;

$$D_b = \frac{u^2}{30\left(\frac{a}{g} \pm G\right)} \quad (2.2)$$

Olarak gösterilir. Burada ki f ve $\frac{a}{g}$ sürtünme kuvvetleridir. Bu formülde artı işareti yokuş yukarı giden araçlar için, eksi işareti yokuş aşağı giden araçlar içindir. G , $\tan \gamma$ değerinin mutlak değeridir.

Bazı ülkelerde formül;

$$D_b = \frac{u_1^2 - u_2^2}{30\left(\frac{a}{g} \pm G\right)} \quad (2.15)$$

Şeklinde de ifade edilmektedir.

Bir aracın, sürücünün aracın yolundaki bir nesneyi gözlemlediği zaman ile aracın gerçekte duracağı zaman arasındaki mesafe, algı-tepki süresi boyunca kat edilen mesafeyi de içerdiğinden, sürecünün tepki verdiği sürede aldığı mesafe fren mesafesinden daha uzundur. Bu mesafe aşağıdaki formülle ifade edilir;

$$S(D_b) = 1,47 * u * t + \frac{u^2}{30\left(\frac{a}{g} \pm G\right)} \quad (2.16)$$

Buradaki t algılama-reaksiyon verme süresi u ise aracın frene bastığı andaki hızıdır.

Fren mesafesini bulma örneği: Bir otoyolda 65 km / s hızla hareket eden bir sürücü, maksimum 35 km / s hızda bir çıkış rampası kullanarak otoyoldan ayrılmaya karar vermiştir. otoyolun bu bölümünde %3'lük bir eğim olduğuna göre Otoyolun hangi noktasında, sürücü, rampaya girmeden hemen önce izin verilen maksimum seviyeye düşürmek için frenlerine basmalıdır?

Çözüm:

$$D_b = \frac{u_1^2 - u_2^2}{30\left(\frac{a}{g} - 0,03\right)}$$

$$\frac{a}{g} = \frac{11,2}{32,2} = 0,35$$

$$D_b = \frac{65^2 - 35^2}{30(0,35 - 0,03)} = 312,5$$
(2.15)

Rampaya en az 312,5 metre kala frene basılmalıdır.

Bir otoyolda %5 oranında aşağı doğru eğim bulunmaktadır. 55 m / s hızla seyahat eden bir otomobil, önünde yolun tamamen kapanmasına neden olan devrilmiş bir kamyon görür ve frene basar. Sürücünün frene bastığı anda ki kamyonu olan uzaklığını 30 metre varsayarsak, sürücünün çarpışmayı ilk gözlemlediği zaman kamyon olan uzaklığı nedir? (Algılama reaksiyon süresinin 2.5 sn olduğunu varsayalım.)

$$S (D_b) = 1,47 * u * t + \frac{u^2}{30\left(\frac{a}{g} \pm G\right)}$$
(2.16)

$$1,47 * 55 * 2,5 + \frac{55^2}{30 * 0,3}$$

$$= 538,52 \text{ metre}$$

Kazayı ilk gördüğünde sürücünün mesafesini buluruz.

$$S + 538,52 \text{ metre} = 568,2 \text{ metre}$$

Hız/ölüm riski bağıntısı: Pasanen (1992), sürüş hızı ile yaya ölüm riski arasındaki ilişkiyi hesaplamıştır (Garber ve diğer., 2009). Bu hesaplamanın bir parçası olarak Pasanen, Ashton'tan (1980) gelen verileri kullanarak darbe hızı ve yaya ölümü riski arasındaki ilişkiyi hesaplamıştır. Pasanen en küçük kareler yöntemine dayanarak doğrusal olmayan bir regresyon modeli uyguladı ve saniye başına metre (v) çarpma hızı ile ölüm olasılığı (P) arasındaki ilişkiyi şu şekilde hesapladı:

$$P = \frac{1.027}{1 + 37e^{-0.017v^2}} - 0.027 \quad (2.17)$$

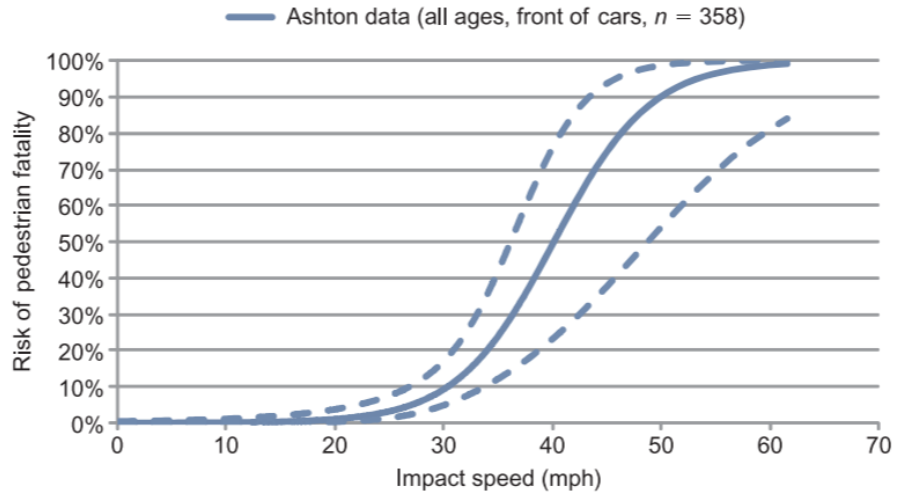
Ashton Mackay ve Pasanen'in çalışmaları, hız ve yaya yaralanması arasındaki ilişki ele alındığında büyük ses getirdi ve literatürde geniş çapta alıntılandı. Bunlar, çoğunlukla yaya yaralanması riskini hız ile bağıntılı verme olarak adlandırılır ve Pasanen ve Salmivaara (1993), Avrupa Ulaşım Güvenliği Konseyi (1995), Dünya Sağlık Örgütü (2004) ve Avrupa Ulaşım Güvenliği Konseyi (2010) gibi Ashton ve Mackay veya Pasanen tarafından yapılan çalışmaları ifade eder.

Davis (2001) ayrıca yaya ölüm riski ile darbe hızı arasındaki ilişkiyi hesaplamak için Ashton ve Mackay tarafından toplanan verileri kullanmıştır. Davis, darbe hızı ve yaya ölümü riski arasındaki ilişkiyi hesaplamak için düzenli ve ayırık bir sonuç modeli kullandı ve verileri ölümcül, ciddi ve hafif kayıpların ulusal oranına göre ağırlıklandırdı. Davis bu hesaplamaları Ashton verisine dahil edilen üç yaş grubu için ayrı ayrı gerçekleştirmiştir: çocuklar (0-14 yaş arası), yetişkinler (15-59 yaş arası) ve yaşlılar (60+ yaş). Davis, ölüm olasılığı (P) ile darbe hızı (v) arasında saatte kilometre cinsinden aşağıdaki ilişkileri buldu:

$$\begin{aligned} P_{children} &= 1 - \frac{e^{8.85-0.12v}}{1 + e^{8.85-0.12v}} \\ P_{adults} &= 1 - \frac{e^{8.87-0.13v}}{1 + e^{8.87-0.13v}} \\ P_{elderly} &= 1 - \frac{e^{9.73-0.20v}}{1 + e^{9.73-0.20v}} \end{aligned} \quad (2.18)$$

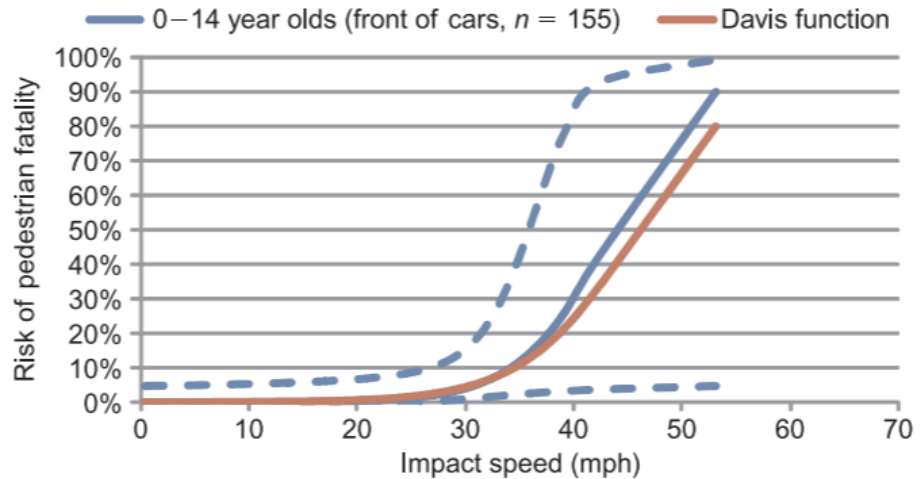
Pasanen ve Davis çalışmalarında Ashton'ta (1980) yayınlanan veri tablolarını kullandı. Bu tablolarda yaralanma şiddeti, yaş grubu ve darbe hızı nedeniyle yaralanan yaya sayısı verilmiştir. Ancak, çarpma hızı 10 km / s'lik gruplar halinde verildi. Bu, verilere dayalı olarak risk eğrilerinin doğruluğuna bir sınırlama getirmektedir.

Bununla birlikte, Davis tarafından kullanılan yaklaşım, darbe hızlarının her bir darbe hızı grubu içinde eşit bir şekilde dağıldığını varsaymaktır. Örneğin, darbe hızı 31-40 km / s arasında olan 10 yaya varsa, darbe hızlarının 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 ve 40 km / s olduğu varsayılmıştır. En üst hız grubundaki (71 km / s ve üzeri) yayalar için, hızların 71 km / s ile 100 km / s arasında eşit dağıldığı varsayılmıştır ki bu Davis tarafından kullanılan aynı varsayımdır.

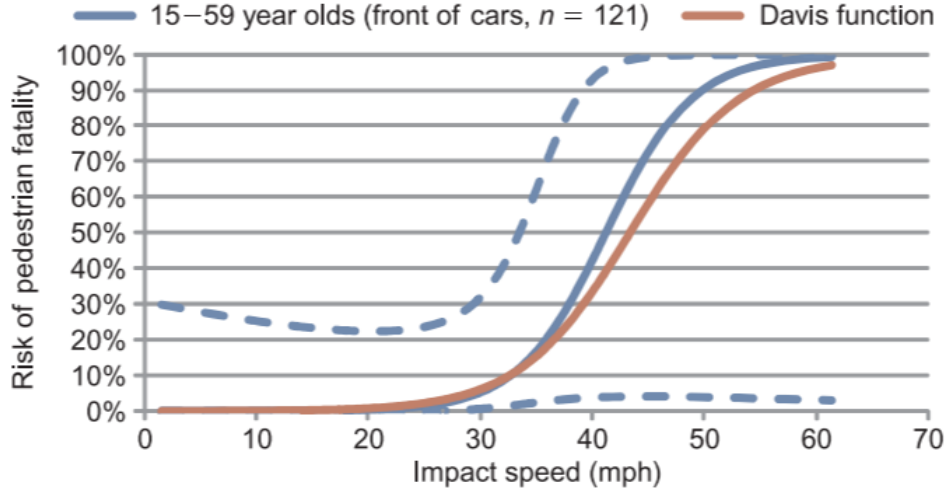


Şekil 2.10 Ashton ve Mackay verilerinden elde edilen lojistik regresyon kullanılarak hesaplanan yaya ölüm riski

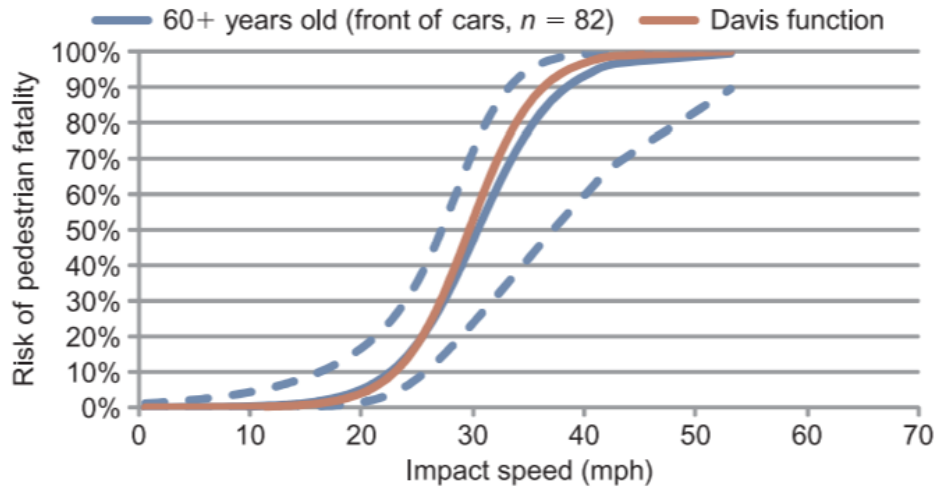
Şekilde görüldüğü üzere 30 km/s hızla giden bir aracın yayayı öldürme riski yüzde 10 iken 64 km/s hızla giden bir aracın yayayı öldürme olasılığı yüzde 100'dür.



Şekil 2.11 Davis fonksiyonuna kıyasla Ashton ve Mackay verilerinden elde edilen lojistik regresyon kullanılarak hesaplanan çocuk yaya ölüm riski (Dünya bankası, 2009)



Şekil 2.12 Davis işlevine kıyasla Ashton ve Mackay verilerinden elde edilen lojistik regresyon kullanılarak hesaplanan yetişkin yaya ölüm riski (Dünya bankası, 2009)



Şekil 2.13 Davis fonksiyonuna kıyasla Ashton ve Mackay verilerinden elde edilen lojistik regresyon kullanılarak hesaplanan yaşlı yaya ölüm riski (Dünya bankası, 2009)

Bu üç şeklin herbiri lojistik regresyon kullanılarak hesaplanan eğrilerin, özellikle düşük hızlarda, Davis tarafından hesaplanan eğrilere çok benzer olduğunu göstermektedir. Etki hızı arttıkça, çizgiler gerilemeye başlar, lojistik gerileme çocuklar ve yetişkinler için biraz daha büyük tahminler verir ve yaşlı yayalar için düşük

tahminler verir. Bununla birlikte, bu sonuçların kesinliğinin örnek büyüklüğüne duyarlılığı not edilmelidir: örnek büyüklüğü üçe bölünmüş ve güven aralıkları daha da genişlemiştir.

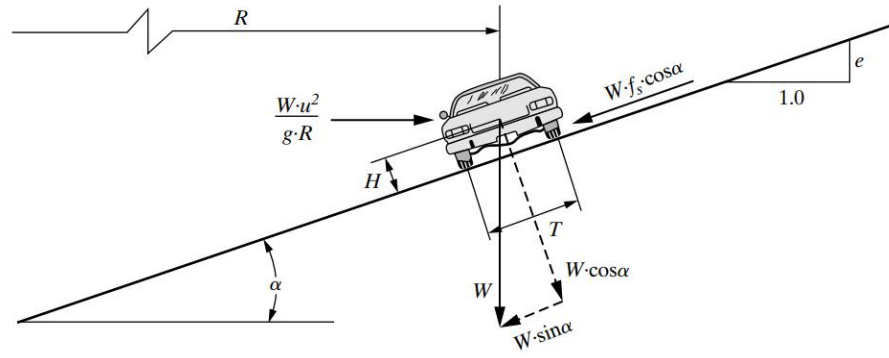
Sonuç olarak, özellikle çocuklar ve yetişkinlere göre yaşlı yayaların güven aralıkları nispeten dar kalmaktadır. Bu da ölüm riskinin tahmin edilmesinin daha kesin olduğu anlamına gelmektedir.

Dairesel bir virajın minimum yarıçapı: Bir araç dairesele bir viraj etrafında hareket ettiğinde, genellikle merkezkaç kuvveti olarak adlandırılan, araç üzerinde etki eden bir iç radyal kuvvet vardır. Merkezci ivmenin bir sonucu olarak eğrilik merkezine doğru etki eden dışa doğru bir radyal kuvvet de vardır. Merkezci ivmenin etkisini dengelemek için, yol eğrinin merkezine doğru eğimlidir. Yolun eğrinin merkezine doğru eğimi, süper yükselme olarak bilinir. Merkezci hızlanma, aracın yolun eğimli yüzeyindeki ağırlığının ve lastikler ile yol arasındaki yan sürtünme bileşenine bağlıdır. Bu kuvvetlerin dairesele bir eğri etrafında hareket eden bir araç üzerindeki etkisi Şekil 'de gösterilmektedir. Mil / sa hızla hareket eden bir taşıt için dairesele bir eğri R'nin minimum yarıçapı, eğim aşağı veya yukarı hareket ederken aracın dengesi göz önüne alınarak belirlenebilir. Eğer α , karayolunun eğim açısı ise, eğimden aşağı eğimli ağırlığın bileşeni $W \sin \alpha$ 'dır ve eğimden aşağı etki eden sürtünme kuvveti de $W f \cos \alpha$ 'dır. Merkezkaç kuvveti F_c ise;

$$F_c = \frac{W a_c}{g} \quad (2.19)$$

Olarak ifade edilir.

a_c aracın ivmesi, W aracın ağırlığı, g ise yerçekim ivmesidir.



Şekil 2.14 Yolun Yatay virajlı Bölümünde Seyahat Eden Bir Araca Etkiyen Kuvvetler

Araç eğime göre dengede olduğu zaman (yani araç öne doğru hareket eder ancak eğimden aşağı ya da yukarı değil), ilgili üç kuvveti eşitleyebilir ve aşağıdaki formülü elde edebiliriz (Karayolları, 2009);

$$\frac{Wu^2}{gR} \cos \alpha = W \sin \alpha + Wf_s \cos \alpha \quad (2.20)$$

Ayrıca bir aracın lastik izlerinden, aracın kaza yapmadan hemen önceki hızı da yukarıda belirtilen denklemler yardımıyla çözülebilir. Bunun için 3 adımlı bir yöntem kullanılır.

İlk adım olarak her bir lastiğin izleri tek tek ölçülerek ortalaması alınır ve fren mesafesi ölçülmüş olur (Garber ve diğer., 2009).

İkinci adımda Bölgede benzer hava koşullarında deneme sürüşleri yaparak, kazaya karışan aracın lastiklerine benzer bir durumda olan araçlar kullanarak, sürtünme katsayısının (f) değerinin belirlenmesi sağlanabilir. Bu ölçüm, aracı bilinen bir hızda sürerek ve aracı durdurmak için frenlerken D_b ile gidilen mesafeyi ölçerek yapılır. Daha sonra, f_k sürtünme katsayısı tahmin edilebilir.

$$D_b = \frac{u^2}{30\left(\frac{a}{g} \pm G\right)} \quad (2.14)$$

$$f_k = \frac{u_k^2}{30D_k} \mp G$$

Alternatif olarak, a / g için 0.35 değeri f için kullanılabilir.

Daha sonra yukarıdaki formülde bulunan f_k değeri;

$$Db = \frac{u_1^2 - u_2^2}{30\left(\frac{a}{g} \pm G\right)} \quad (2.15)$$

Formülünde yerine koyularak aracın ilk hızı yani çarpmadan hemen önceki hızı bulunur. Eğer ilk hızın frene basılarak sıfıra düşürüldüğü var sayılırsa bu durumda;

$$Db = \frac{u^2}{30(f \pm G)} \quad (2.14)$$

Formülü kullanılır.

Yada;

$$D_b = \frac{u_u^2}{30\left(\frac{u_k^2}{30D_k} \mp G \pm G\right)} = \left(\frac{u_u^2}{u_k^2}\right)D_k \quad (2.21)$$

Formülü kullanılır. Buradan ilk hızın formülü çıkartılır oda;

$$u_u = \left(\frac{D_b}{D_k}\right)^{1/2} u_k \quad (2.22)$$

Olarak ifade edilir.

Tüm bu formüller dikkate alınarak iscehisar trafik düzenlemesi simüle edilmiş ve ayarlanması gereken maksimum değerler bulunmuştur. Simülasyon aracı olarak Skyline Terraexplorer programı kullanılmıştır. Konunun daha net anlaşılması adına takip eden bölümde simülasyon programlarının alt yapısı ve nasıl çalıştığı anlatılacaktır.

2.2 Trafik Akışını Tanımlayan Matematiksel İlişkiler

Trafik yoğunluğu, belirli bir yol uzunluğunu kaplayan araç sayısı olarak tanımlanır.

Genel olarak, tek bir şeridin uzunluğu 1 km olarak örneklenir. Trafik yoğunluğu, trafik akışının temel makroskopik özelliklerinden biridir. Yoğunluğu belirlemek için, araçların ilgilenilen yol bölümü için havadan çekilmiş bir fotoğrafta sayılması genellikle gereklidir. Yoğunluk, araçlar tamponlanana kadar sıralanıp durduruluncaya kadar ilgi alanındaki herhangi bir aracın yokluğunu yansıtan değerden (sıfır yoğunluk) değişebilir. En sıkışık durumda, araç uzunluğuna ve araçlar arasındaki mesafeye bağlı olarak, trafik yoğunluğunun 115-1551 tt / km / saat arasında olabileceği belirtilmiştir. Buna "tıkanıklık yoğunluğu" denir. Bu durumda, iki ardışık aracın ön tamponları arasındaki mesafenin ortalama değeri 6,5 ile 8,7 metre arasındadır. Yoldaki araç trafiğinin yoğunluğuna ve seyahat yoğunluğuna optimum yoğunluk denir ve 26-421 tt / km / srt arasındadır (Ashton, 1971).

Bir yolda seyahat eden ardışık araçlardan öndeki taşıtın bilinen bir noktasından takip eden taşıtın aynı noktasına kadar olan mesafe "aralık" olarak tanımlanmaktadır. Uzunluk tipindeki aralık değeri trafik yoğunluğunu temsil eder ve akışın önemli mikroskobik özelliklerinden biridir. Trafik akışındaki aralık değeri; Akışın güvenlik, hizmet seviyesi ve kapasite özelliklerini göz önünde bulundurur. Uzunluk türü aralığı, yüksek değerlerde, kritik bir değer altına düştüğünde yolun kapasitesini düşüren, yüksek hizmet seviyesi göstergesi sağlayan, yolu kullanan sürücülere hareket özgürlüğü ve konfor sağlayan bir büyüklüktür (Odeh, 2015).

Temel akış değişkenleri hız, yoğunluk ve hacim arasındaki ilişkilere "trafik akış modelleri" denir. Hız ve hacim yoğunluğu arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan ilk çalışmalarda, trafik akışının tek bir fonksiyonla (tek rejim modeli) ifade edilebileceği varsayımıyla ilişkiler açıklanmaya çalışılmıştır (TRB, 1985). Tek işlevli modellerin saha gözlemlerini gözlemlemedeki güçlükleri çözerek geliştiren araştırmacılar; bu fonksiyonların iyileştirilmesine ve birden fazla fonksiyonla trafik akışı davranışının ifade edilmesine yol açmıştır. Böylece, ikili, üçlü ve daha fazla parçalanmış fonksiyonlarla hız-yoğunluk ilişkileri açıklanmaktadır. İlk çalışmalarda

iki değişkenli modeller matematiksel modeller olarak geliştirilmiş, sonraki çalışmalarda alan gözlemlerine dayalı deneysel modeller önerilmiştir. Gözlemlere dayanan modellerin bazıları ilgi alanına özgü kalırken, bazıları her türlü rota için önerilen "genelleştirilmiş" şekle dönüştürüldü trafik akışı modelleri alt başlıklarda ilişkili oldukları değişkenlere göre özetlenmiştir.

Trafik akışındaki sürücülerin, evre akışındaki araç sayısındaki artışla hızlarını düşürdüğünü gözlemlemek, ilk çalışmaların hız-yoğunluk ilişkisine odaklanmasına neden oldu. Bu tür çalışmalar arasında, Bruce D. Greenshields tarafından 1935'te önerilen ilk modellerden biri, hız ve yoğunluk arasında tek rejim ve doğrusal (ters) bir ilişki olduğunu belirten bir modeldir. Greenshields, aşağıdaki denklemde verilen hız ve yoğunluk arasında bir ilişki olduğunu belirtmiştir.

$$u = u_f(1 - k/k_j)$$

(2.23)

u: Akım hızı (uzunluk ortalamalı hız), km / sa

u_f: Serbest akım hızı, km / sa

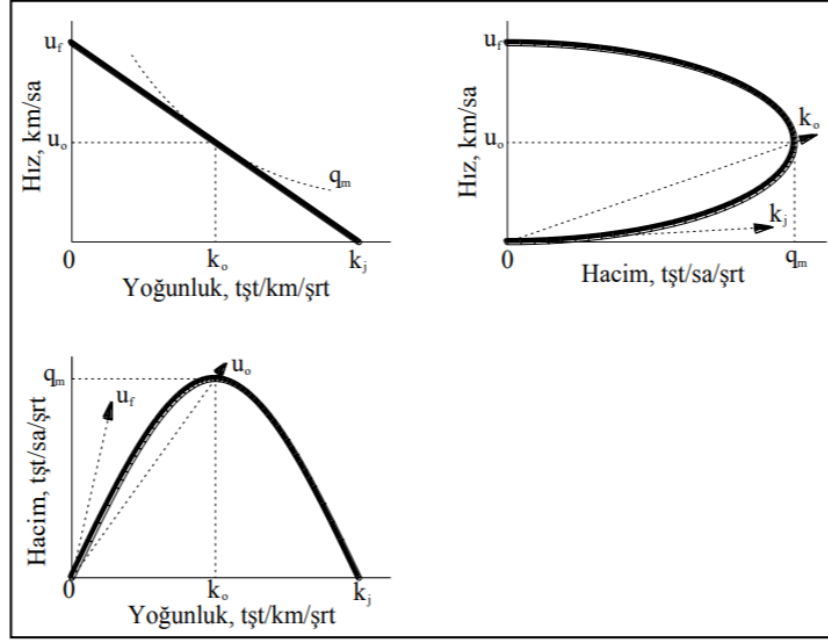
k: Yoğunluk, tşt / km / şrt

k_j: Tıkanıklık yoğunluğu, tşt / km / şrt

Hız ile yoğunluk ilişkinin sayılarla açıklanabilmesi için açık akım hızının ve tıkanıklık yoğunluğunun olduğu / bilinmesi gerekir.

Greenshields'in denklemi içinde hız-yoğunluk ilişkisi ve $q = u.k$ denklemi bundan da hacim yoğunluk ve hız-hacim ifadeleri türetilmiştir. Bu şekilde bulunan hız-yoğunluk aralığı doğrusal olarak gösterilmiş ve basitleştirilmiştir. Bu ilişkide, yoğunluk sıfıra yaklaşıyor iken hız, serbest akım hızı (u_f) değerine yaklaşır. Yoğunluğun artması hızda düşüşe neden olur ve akımın en büyük olduğu bir değere erişilir (q_m). Hız ve yoğunluğun optimum değerlerine (u_o, k_o) ulaşılır. Yoğunluk daha da artınca hız ve hacim düşecek, tıkanıklık yoğunluğuna (k_j) erişilirken ise hız ve hacim de sıfıra yaklaşacaklardır (Garber ve diğer., 2009).

Optimum hız (kapasite hızı), etkin değerin maksimum değere eriştiği andaki hız değeri olarak tanımlanır. Bu tanım, hızın yoğunluğun bir fonksiyonu, ifade, makroskobik akım modeli olan Greenberg modelinde ilk kez anlatılmıştır. Benzer şekilde, optimum yoğunluk ise bir şeritteki trafik akımının kapasite değerine eriştiği andaki yoğunluk değeri olarak tanımlanır.



Şekil 2.15 Trafik parametreleri ilişkileri grafikleri

Trafik akışı tamamen matematiksel bir olgudur. Bu olguyu tanımlamak adına mühendisler ve matematikçiler birçok yöntem geliştirmişlerdir. Trafik akışını tanımlayan matematiksel ilişkiler, bu ilişkilerin geliştirilmesinde kullanılan yaklaşıma bağlı olarak iki genel kategoride (makroskobik ve mikroskobik) sınıflandırılabilir. Makroskobik yaklaşım akış yoğunluğu ilişkilerini, mikroskobik yaklaşım ise taşıtlar arasındaki mesafeleri ve bireysel taşıtların hızlarını dikkate alır (Davis, 2006).

Makroskobik yaklaşım, trafik akışını göz önünde bulundurur ve akışı, yoğunluk ve uzay ortalama hızlarıyla ilişkilendiren algoritmalar geliştirerek açıklar. En yaygın kullanılan iki makroskobik model Greenshields ve Greenberg modelleridir.

Greenshields Modeli: Greenshields, hız ve yoğunluk arasındaki ilişkiyi araştırdığı en eski çalışmalardan birinde bir korelasyon formülü geliştirdi. Formül olarak tanımladığı ifadede hız ve yoğunluk arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu varsaydı.

$$\bar{u}_s = u_f - \frac{u_f}{k_j} k \quad (2.24)$$

Bu eşitlikten yola çıkılarak aşağıdaki denklem sayesinde akış - hız ve akış - yoğunluk arasında bir korelasyon oluşturulabilir;

$$q = u_f k - \frac{u_f}{k_j} k^2 \quad (2.25)$$

q 'nun $\bar{u}_s$ 'ye göre diferansiyelini alıp maksimum akışı şu formülle hesaplayabiliriz;

$$2\bar{u}_s = u_f - \frac{u_f}{k_j} \frac{dq}{d\bar{u}_s} \quad (2.26)$$

$$\frac{dq}{d\bar{u}_s} = u_f \frac{k_j}{u_f} - 2\bar{u}_s \frac{k_j}{u_f} = k_j - 2\bar{u}_s \frac{k_j}{u_f}$$

$$\frac{dq}{d\bar{u}_s} = 0 \quad k_j = 2\bar{u}_s \frac{k_j}{u_f} \quad u_o = \frac{u_f}{2}$$

Formülleinden maksimum akış elde edilir (Ashton, 1971).

Greenberg Modeli: Birçok araştırmacı, trafik akışı için makroskopik ilişkiler geliştirmek için fluid flow analojisini kullanmıştır. Sıvı akışı analojisini kullanarak trafik akış teoremine büyük katkılar yapılmıştır. Bunlardan biri Greenberg tarafından aşağıda verilen formüldür;

$$\bar{u}_s = c \ln \frac{k_j}{k} \quad (2.27)$$

Her iki tarafı k ile çarparsak;

$$\bar{u}_s k = q = ck \ln \frac{k_j}{k} \quad (2.28)$$

Formülü elde edilir. q'nun k'ya göre diferansiyelini alırsak;

$$\frac{dq}{dk} = c \ln \frac{k_j}{k} - c$$

Formülü bulunur.

Maksimum akış formülü;

$$\frac{dq}{dk} = 0 \quad (2.29)$$

Olduğundan,

$$\ln \frac{k_j}{k_o} = 1$$

Eşitliği bulunur.

Bu makroskopik modellerin kullanımı, trafik koşullarını tanımlayan bölgedeki temel trafik akışı diyagramının sınır kriterlerini karşılayıp karşılamadıklarına bağlıdır. Örneğin, Greenshields modeli sınır koşullarını Yoğunluk k sıfıra yaklaştığında ve yoğunluğun trafik sıkışıklığı yoğunluğu k_j 'ye yaklaştığı zaman sağlamaktadır. Greenshields modeli bu nedenle hafif veya yoğun trafik için kullanılabilir. Greenberg modeli ise yoğunluğun trafik sıkışıklığı yoğunluğuna yaklaşırken sınır koşullarını yerine getirmekte ancak k sıfıra yaklaşırken sınır koşullarını karşılamamaktadır. Greenberg modeli bu nedenle sadece yoğun trafik koşulları için kullanışlıdır (Davis, 2006).

Makroskopik Trafik Akışı Modellerinin Kalibrasyonu: Şimdiye kadar tartışılan trafik modelleri, maksimum akışın meydana geldiği hız ve yoğunluk ve bir maden

sahasının sıkışma yoğunluğu gibi spesifik özellikleri belirlemek için kullanılabilir. Bu genellikle ilgilenilen belirli maden sahası için uygun verilerin toplanmasını ve elde edilen veri noktalarının uygun bir modele yerleştirilmesini içerir. En yaygın yaklaşım yöntemi *regresyon analizidir*. Bu, bağımlı bir değişkenin gözlemlenen ve beklenen değerleri arasındaki farkların karelerinin minimize edilmesiyle yapılır. Bağımlı değişken bağımsız değişkenle doğrusal olarak ilişkili olduğunda, işlem doğrusal regresyon analizi olarak bilinir. İlişki iki veya daha fazla bağımsız değişken olduğunda, işlem çoklu doğrusal regresyon analizi olarak bilinir.

Bağımlı değişken y ve bağımsız değişken x tahmini bir regresyon işleviyle ilişkiliyse, o zaman;

$$y = a + bx$$

Elde edilir. a ve b sabit değerleri aşağıda yazılan formüllerden elde edilir;

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i - \frac{b}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2.30)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

n = gözlem kümesi sayısı

x_i = x için gözlem sayısı

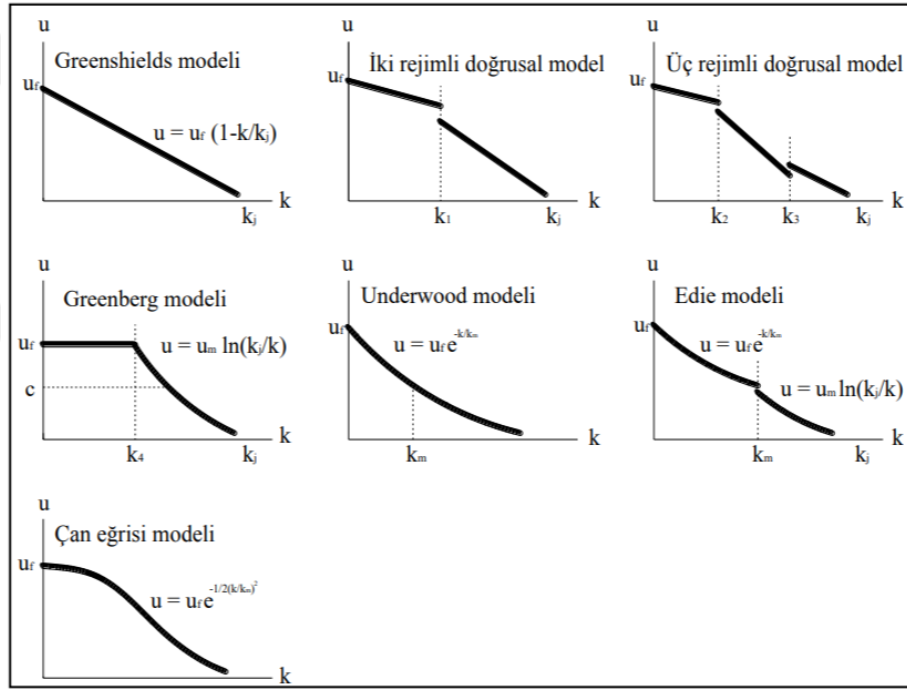
y_i = y için gözlem sayısı olarak açıklanır (Ashton, 1971).

Tahmini bir regresyon fonksiyonunun uygunluğunu belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir ölçüm, aşağıdaki formüller tarafından verilen belirleme katsayısı (veya tahmini korelasyon katsayısının karesi) R^2 'dir.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.31)$$

Y_i , regresyon denklemlerinden hesaplanan bağımlı değişkenin değeridir. R^2 1'e ne kadar yakınsa, regresyon o kadar iyi olur (Davis, 2006).

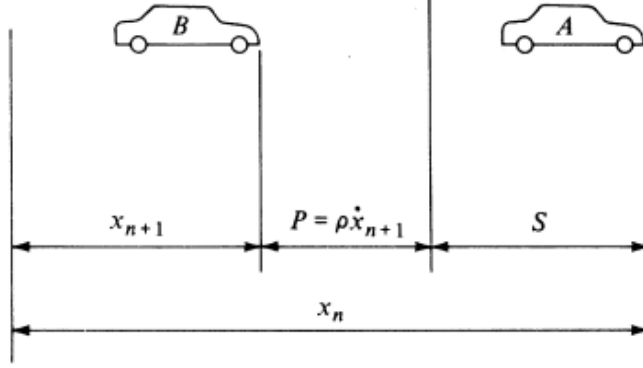
Birçok bilgisayar programı yukarıda bahsedilen formül ve denklemleri kullanarak hesaplamalar yapmaktadır. Bunların arasında en çok bilineni spss ve excell'dir.



Şekil 2.16 Karşılaştırmalı hız yoğunluk modelleri

Mikroskobik Yaklaşım: Bazen araba takip teorisi veya lider takip teorisi olarak adlandırılan mikroskobik yaklaşım, bireysel taşıtların arasındaki boşlukları ve hızlarını dikkate alarak denklem üretir. Şekilde gösterildiği gibi, bir otoyol şeridinde iki ardışık A ve B aracı düşünün. Önde gelen araç, birinci araç olarak kabul edilirse ve aşağıdaki

araç (n+1) inci araç olarak kabul edilirse, bu araçların herhangi bir zamanda sabit bir bölümden olan mesafeleri, sırasıyla X_n ve X_{n+1} olarak alınabilir.



Şekil 2.17 Mikroskobik model

ρ = zaman birimleri ile orantılılık faktörü

X_{n+1} = (n+1). aracın hızı

Mikroskobik yaklaşım için genel denklem şu şekilde yazılabilir;

$$\ddot{x}_{n+1}(t + T) = a \frac{\dot{x}_{n+1}^m(t + T)}{[x_n(t) - x_{n+1}(t)]^l} [\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)] \quad (2.33)$$

a, l ve m değerleri sabittir.

Mikroskobik model, trafik akışı sabit bir durumda hareket ederken trafik akışının hızını, akışını ve yoğunluğunu belirlemek için kullanılabilir. Doğrudan analitik çözüm kolay değildir. Bununla birlikte, daha önce tartışılan makroskopik modellerin hepsinin yukarıdaki denklemden elde edilebildiği gösterilebilir (Davis, 2006).

2.3 Sürücü davranışları, bu davranışların kazalara etkisi ve güvenlik risklerinin değerlendirilmesi

Sürücü davranışlarının trafikte meydana gelen kazaların yüzde 90'ını olduğu tahmin edilmektedir. Tüm dünyada kazaların azaltılması adına yeni teknolojik gelişmeler ve

yatırımlar yapılmakta bu konuda İsveç ve İsrail başı çekmektedir. Sürücü davranışlarını sıfıra indirip kazaları ortadan kaldırmak için otonom sürüş teknolojileri geliştirilmekte; tüm maden sahalarında yavaş yavaş bu teknolojiler hayata geçirilmektedir. Teze konu olan çalışmaların hepsi kaza ve yaralanma risklerini ortadan kaldırmak için yapılmıştır. Bu risklerin hepsinin temelinde insan/sürücü faktörü yer almaktadır. Otonom teknolojilerinin yanında insan davranışları laboratuvar ortamında test edilmekte ve çok çeşitli değişkenler kullanılıp kaza riskleri belirlenmeye çalışılmaktadır.

Laboratuvarda yapılan araştırmaların temel faydası, deneyi yapan kişinin durumun tam kontrolüne sahip olmasıdır. Bir veya daha fazla bağımsız değişkenin bir veya daha fazla bağımlı değişken üzerindeki etkisini araştırmak, olası karışıklık etkilerini kontrol etmek ve eğer istenirse çeşitli modülasyon değişkenlerini değiştirmek kolaydır. Bu avantajın en önemli yanı, olabilecek tüm değişkenlerin kontrol edilebilmesidir (Foundation for Traffic Safety, 2007).

Gerçek dünyada var olan değişkenler istenilen zamanda değiştirilemezler. Bu nedenle, laboratuardan gerçek dünyaya genelleme yeteneği oldukça sınırlı olabilir. Ancak bu sınırlı genelleme birçok farklı gerçek durum için eşit olarak uygulanabilir.

Örneğin, ABW (Advance Brake Warning System) tarafından sağlanacak önceden uyarı süresini değerlendirmek için (Warshawsky-Livne ve Shinar, 2002) basit bir laboratuvar çalışması tasarlanmıştır. Test arabasına bir sürücü oturtulup öndeki aracın kırmızı fren ışıklarını görür görmez frene basması istendi. Bu sistemde iki farklı zaman türü tespit edildi. Bunların birincisi sürücünün öndeki aracın kırmızı ışığına verdiği tepki süresi, ikincisi ise ayağını gaz pedalından çekip frene basma süresidir. Daha sonra bu iki zamanın değeri fren tepki süresi olarak tanımlanıp çeşitli sistemler geliştirilmiştir (Rellier ve diğer., 2014).

Çalışma dört bağımsız değişken içeriyordu: sürücünün cinsiyeti ve yaşı, görevin yerine getirilme sayısı ve kırmızı fren lambaları için bekleme süreleri.

Her birinin tanımını ve gerekçesini sırayla ele alalım. Sürücü yaşı önemliydi çünkü daha yaşlı sürücüler sürüşle ilgili birçok yolda performans bozulmalarına karşı hassastırlar. Bu nedenle, çalışma hem genç sürücülerin (18 ila 25 yaş arasındaki öğrenciler) yetişkin sürücülerin (26-49) hem de daha büyük sürücülerin (yaşları 50 ile 82 arasında değişen) performansını değerlendirmiştir. Cinsiyet ilginç bir konudur çünkü aralarında sürüş yönünden birçok fark vardır. Açık nedenlerden dolayı hem yaş hem de cinsiyet, yönünden farklı denekler kullanılmıştır (Relier ve diğer., 2014).

Diğer iki değişken özne tasarımında manipüle edildi, böylece her kişi farklı koşulların tümünü yaşadı. Tepki süresi sabit olmadığından, insanların tepki süreleri, uyaran beklenmedik olduğunda önemli ölçüde artmaktadır (Fitts ve Posner, 1967). Fren ışıkların yanma süresine tepkileri her bir denek için ölçüldü ve aşağıdaki tespitler yapılmıştır. Bu, insanların ışığa üç geçici belirsizlik koşulu altında (beklenti için daha teknik bir terim) yanıt vermesi ile yapıldı:

Yanıt ve bir sonraki denemenin başlangıcında kısa ve sabit (minimum belirsizlik düzeyi), (2) aralık, 2 ila 10 saniye arasında, rastgele bir şekilde (ara belirsizlik düzeyi) ve (3) değişen aralıklarla ve Denemelerin belirli bir kısmı için ışıkların hiç açılmadı (azami belirsizlik düzeyi). Bu durumlar, kabaca değişen belirsizlik seviyelerine sahip gerçek sürüş durumlarına karşılık gelmektedir. (1) birinci durumda bir sürücünün, otomobilinin önündeki aracın trafik ışığının sarı ışığına yakın olduğu bir zamanda fren yapması beklendi, (2) ikinci sürücüde öndeki araç frenlendiğinde fakat frenleme hareketi sabit bir hızda olmadığında dur-kalk trafiği durumunda yaptığı frenler gözlemlendi, (3) üçüncü sürücünün önündeki aracın bir trafik sinyaline yakın olduğunda veya kavşaktan tam geçerken ışığın sarı yanması durumunda (sarı ışık ikilem bölgesi olarak bilinir) fren yapması beklendi. Son bağımsız değişken öğrenme süreci oldu. Tepki süresinin, en azından başlangıçta, pratikle geliştiği iyi bilinmektedir. Bu durum Çoğu insanın kişisel deneyimlerinden ve birçok kontrollü deneysel çalışma tarafından desteklenmektedir (bir inceleme için bkz. Fitts ve Posner, 1967). Bu nedenle, reaksiyon süresindeki değişiklikleri uygulama miktarının bir fonksiyonu olarak deneme sayısının incelenmesi yaygındır. Böylece her denek, görevi üç belirsizlik şartının her birinde on kez gerçekleştirmiştir (Relier ve diğer., 2014).

Deney sonucunda net olarak görülmüştürki hareket süresi reaksiyondan çok daha kısadır (hareket ve reaksiyon süresi yaklaşık olarak 0,17-0,18 saniye, 0,36-0,43 saniye). Hareket süresi Esasen zamansal belirsizlikten etkilenmez. Belirsizliğin ilk frenleme kararını etkilediği görülmektedir, Ancak beyin ayağını fren pedalına götürmek için bir komut verdiğinde, hareketin kendisi oldukça hızlı gerçekleşmektedir.

Dolayısıyla, sadece reaksiyon süresi, en az belirsizliğin olduğu durumda yaklaşık 0.36 saniyeden, en belirsizliğin olduğu durumda yaklaşık olarak 0.43sn olarak değişmektedir. Ayrıca, her iki eylemde tepki ve hareket davranışları ilk denemde öylesine iyi öğrenilir ki, ilk denemelerdeki performans aslında son denemelerde olduğu gibi aynıdır.

Deney sonucunda kadın erkek sürücüler arasında dikkate değer bir fark görülmediği, ancak yaş varyasyonları arasında çok ciddi fark olduğu görülmüştür.

Genç sürücülerin ortalama tepki süresi 0,35 saniye, en yaşlı sürücülerin ortalama tepki süresi 0,43 saniye olarak ölçülmüştür. Bu sayılar çok küçük görünmekle birlikte, 100 km / saat (62,5 mil / saat) hızında bir otomobilin 27,8 metre / saniye (saniyede 90 fit) gittiği akılda tutulmalıdır. Bu, ortalama süremizin ayağını gaz pedalından fren pedalına götürdüğü zaman, 100 km / sa hızında giden bir otomobilin ortalama 4,8 metre (15 fit ve 9 inç) daha ileri hareket edeceği anlamına gelir. Bu mesafe küçük bir çarpışma ile ciddi bir çarpışma arasındaki fark anlamına gelebilecek bir mesafedir (Rellier ve diğer., 2014).

Dijital Simülasyon Çalışmaları; Dijital simülasyon çalışması, varsayımsal durumları bir araya getirip ardından bir bilgisayar programına matematiksel ve istatistiksel fonksiyonlara dayalı bu varsayımları yükleme anlamında sanal bir çalışmadır. Bir simülasyon çalışmasının faydası, programlama dışında, olay akışının gidişatının ve sonucunun bilinmesinin ücretsiz olmasıdır. Dolayısıyla simülasyon, gerçek durumu taklit etmeye ilişkin bir konuyu araştırmakta harika bir araç olabilir.

Bu yaklaşımın kullanımını göstermek için (Shinar, Rotenberg ve Cohen, 1997), ABW'nin potansiyel faydalarını tahmin etmek için Monte Carlo adlı bir simülasyon kullanılmıştır. Birbirini takip eden iki aracın binlerce simülasyon örneği yapılmıştır. Her bir parkur, arka arkaya aynı yönde hareket eden bir çift arabadan oluşmaktadır. Belli bir noktada, öndeki otomobil mümkün olduğu kadar sert bir şekilde frenlendi ve simülasyon programı, takip eden otomobilin öndeki otomobile çarpıp çarpmayacağına ya da kaçınmak için zamanında fren yapıp yapamayacağına karar verdi. Bu sonuca varmak için, simülasyon takip eden sürücünün reaksiyon süresini ve frene olan hareket süresini dikkate almak zorundaydı. Gerçek dünya sürücü frenleme reaksiyon sürelerine dayanan reaksiyon süresi dağılımları kullanılmıştır ve her çalışmada bu dağılımdan bir veri noktası örneklenmiştir (Relier ve diğer., 2014).

Simülasyonun yol koşullarını da (kuru, ıslak veya buzlu) göz önünde bulundurması gerekiyordu, çünkü her iki aracın durması için gereken süreyi belirleyen sürtünme katsayısını da etkiliyorlardı. Bunun sonucunda her birdurum için ABW sistemlerinin kullanılması ve kullanılmaması durumunda kazanın önlenabilirliği sayısal olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2.1 ABW olan ve olmayan kazalarının yüzdesi

Örnekleme yapılan yol	ABW'li arabanın kaçınma olasılığı	ABW'siz arabanın kaçınma olasılığı
0,5 saniye	50	0
0,75 saniye	95	32
1 saniye	100	50
Toplam (ortalama değer)	82	27



Şekil 2.18 Ben Gurion Üniversitesi Ergonomi Laboratuvarı'nda bulunan nöron ağı tabanlı gelişmiş sürüş simülasyonu (Ben Gurion, 2018)

Ben Gurion Üniversitesi Ergonomi Laboratuvarı'nda bulunan nöron ağı tabanlı gelişmiş sürüş simülasyonu. Soldan saat yönünde: simüle edilmiş bir sokak sahnesinin kısmi görünümü, tam boyutlu araba ve 140 derecelik kavisli ekran, EEG elektrotlarına bağlı sürücü, kontrol odasındaki monitörler ve direksiyon ve gösterge paneli konsolu.

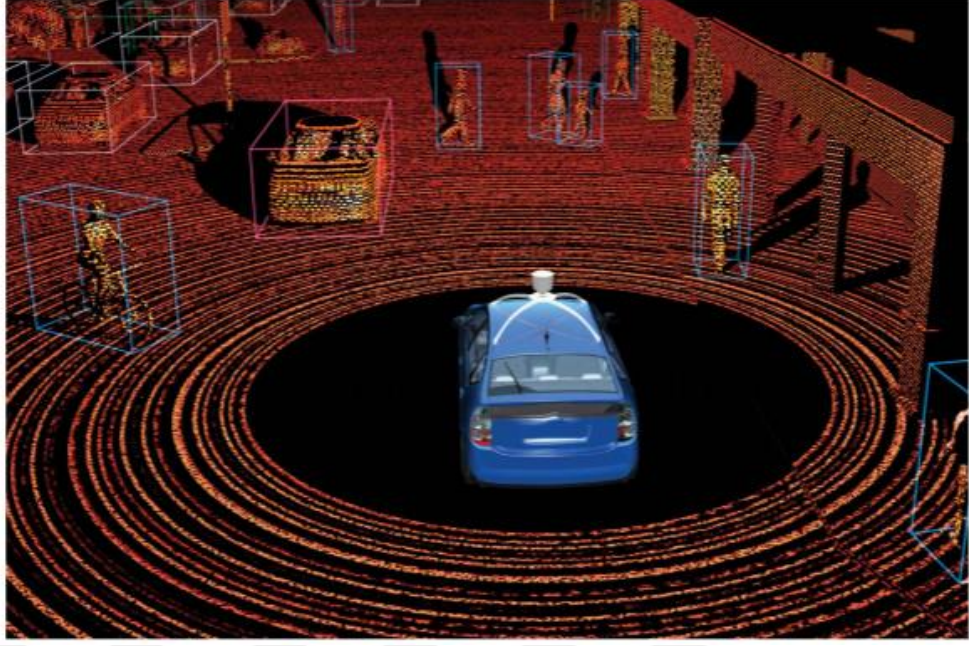
ABW dışında bir diğer teknolojik gelişme otonom sürüş teknolojileridir. Otonom sürüş teknolojileri sadece yol içi sürüş uygulamaları için değil aynı zamanda taşı ocakları, madencilik alanları, inşaat alanları ve yükleme terminalleri gibi yol dışı uygulamalar için de son derece faydalı olabilirler. Üretim sahaları uzak yerlere hızla taşınmakta ve işçiler daha tehlikeli çalışma koşullarına, tehlikeli ortamlara ve sıkıcı işlere maruz kalmaktadırlar (Bellamy ve pravica, 2011; Brown, 2012; Times, 2018). Madenlerde nakliye araçlarının dahil olduğu kazaların %69'unun operatör yorgunluğundan kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Başar, 2009).

Otonom sürüş teknolojisinin zaman çizelgesi şu şekildedir;

1939 “Futurama” da otomatik otoyol sistemi önerildi

1949 Seyir kontrol cihazının tanıtımı

1977 İlk özerk araç (Tsukuba Makine Müh. Lab.)
1986 Avrupa projesi PROMETHEUS'un lansmanı yapıldı.
1986 Amerikan PATH projesinin lansmanı yapıldı.
1987 Özerk araç VaMoRs (PROMETHEUS)
1991 Karayolu takım çekme gösterisi (PATH)
1995 Özerk araç VAMP (PROMETHEUS)
1995 Bağımsız araç NavLab 5 (CMU)
1996 ARGO projesinin lansmanı yapıldı.
2000 Demo 2000, Japonya
2004 İlk DARPA Büyük Yarışması
2005 İkinci DARPA Büyük Yarışması
2007 DARPA Kentsel Mücadelesi
2008 “Energy-ITS” takım çalışması programı, Japonya
2009 Yıllık AI ve Akıllı Araç Gelecek Yarışması, Çin
2010 Avrupa projesinin lansmanı SARTRE
2010 VisLab Kıtalararası Özerk Mücadelesi
2011 Büyük Kooperatif Sürüş Yarışması
2011 Stadtpilot projesi
2013 ŞİRKET projesi
2015 Kamu Yolu Kentsel Sürücüsüz (PROUD) projesi
2016 Büyük Kooperatif Sürüş Yarışması 2016
Bugün Waymo, Tesla Motors “Otomatik Pilot”, Volvo “IntelliSafe Otomatik Pilot”



Şekil 2.19 Araç çevresinin 360 derece haritası (Google earth, 2019)

Araç çevresinin 360 derece haritası. Araç tavanına monte edilmiş LIDAR sensörü, araç çevresinin yüksek çözünürlüklü bir haritasını çıkarmak için kullanılır. Çevrimdışı gezinme haritaları, yazılımın yayalar ve bisikletliler gibi hareketli nesneleri hızlı bir şekilde tanımlamasını sağlayan trafik işaretleri, yaya geçitleri ve trafik ışıkları gibi statik altyapı bilgilerini içerir (Tan, 2017).

Birçok madencilik şirketi son zamanlarda çevresel uygunluğa ilişkin düzenlemelerin artması nedeniyle yüksek idari maliyetlerle karşı karşıya kalmıştır.

Otonom araçların yasal düzenlemeler ve altyapı sorunları nedeniyle, maden sahalarında kullanılmaları kentsel bir ortamda olduğundan çok daha kolaydır. Ayrıca, kentsel ortamlarda ele alınması gereken zorlu sorunlar maden sahaları için geçerli değildir. Madencilik ortamlarında, otonom araçların üretkenliği %20'ye kadar artırabileceği, %40 lastik ömrü iyileştirme yakıt tüketimini %15'e, bakım maliyetlerini %8'e ve kadar azaltacağı tahmin edilmektedir (Cosbey et al., 2016) (MIT Technology Review, 2016). Örneğin, yapılan çalışmalar, manuel tahrikli kamyonlara kıyasla, özerk kamyonların %16 daha az mesafeye gittiğini ve 3 saate kadar daha az boşta kaldığını göstermektedir (Parreira, 2013). İnsan faktörünün rolünün döngü içindeki

yeri ortadan kaldırılarak, insan ölümlerinin sayısının da düşmesi beklenmektedir (Bellamy ve Pravica, 2011; Times, 2018). Yakıt kullanımını, sera gazı emisyonlarını ve işletme maliyetlerini azaltarak, özerk nakliye kamyonları daha çevre dostu bir maden endüstrisine katkıda bulunabilirler (Rabia Korkmaz Tan, 2017).

2.4 Afyon - İscehisar mermer sahasında trafik uygulaması

Trafik simülasyonlarının algoritmaları bahsedilen formül ve denklemleri kullanarak akış ve yoğunluk sistemlerini oluşturabilirler. Tüm bunların alt yapısı stokastik simülasyon olarak adlandırılan simülasyon olarak adlandırılırlar. Bu simülasyon yöntemlerinde matematik dağılımları kullanılır.

Bu tezin konusu olan iscehisar trafik düzenlemesinde de aynı algoritmaları kullanan, araçların arazinin gerçek yapısına oturan 3d model araba ve büyük araçlar kullanılmıştır. Bu tür simülasyonlara Monte Carlo simülasyon tekniği denilmektedir. Monte Carlo simülasyon tekniği, gücünü 'büyük sayılar yasası' ve merkezi limit teoreminden alan bir simülasyon yöntemidir. Nükleer fizik testlerinde kullanılmak üzere ilk olarak 40'lı yıllardaki nükleer fizikçiler tarafından keşfedildi ve daha sonra birçok alana yayıldı. Günümüzde bu yöntem matematikte sayısal entegrasyon problemlerinden ekonomideki faiz oranlarının olasılıksal modellenmesine kadar yaygın olarak kullanılmaktadır. Olasılıksal bir modelleme tekniği olduğundan dolayı adını Fransa'nın güney kumar merkezi Monte Carlo kentinden ilham almıştır. Bu araçlar belli kavşaklara yerleştirilerek kaza yapıp yapmayacakları araştırılmıştır.

2.4.1 Fotogrametrik Harita Üretimi

Dünyanın topografyasının ölçülmesi, belli bir ölçekte çizilmesi, yerden ve havadan çekilen fotoğraflara izdüşümü ve çeşitli ölçeklerde topografik haritaların üretilmesi insanın ilgi yüzyıllar boyunca, merak ve mesleğinin önemli alanlarından biri olmuştur. Topografik harita üretimi, ilk önce karasal yöntemler olarak adlandırılan; topografik, takometrik ve jeodezik yöntemlerle ya da “klasik yöntemlerle adlandırılmıştır. Daha sonra fotogrametri alanındaki önemli teknolojik gelişmelere paralel olarak,

“fotogrametrik yöntem” topografik vektör haritalarının üretiminde en yaygın kullanılan yöntem haline gelmiştir. Fotogrametri; Yeryüzünün topografyasının şekli; karasal kameralarla veya uçaklara, dronelara yerleştirilmiş kameralar vasıtasıyla havadan elde edilen resimlerle yapılan ölçümlerle oluşturulan teknik veya bilimsel bir daldır. Fotogrametri arazi yüzeyinin ayrıntılarını ve özelliklerini tanımlayarak topografik haritayı çeşitli ölçeklerde üretmek için kullanılmaktadır (Özbalmumcu, 2015).

Fotogrametri yöntemi, ışık ve enerjinin "elektromanyetik spektrumunun" foton dalga boyu görünür spektrumunda çok dar bir kısmında oluşturulmuş görüntüleriyle ilgilidir. Görünür foton haricindeki değişik dalga boylarında bütün elektromanyetik enerji ve uzaydan çekilen uydu görüntüleri “uzaktan algılama” metodu ile yakından ilgilidir. Fotogrametri yönteminin matematiksel ve sayısal dayanak ve temelleri yaklaşık yüz yıl önce ortaya konulmuş ve 20. asrın ilk yıllarında yerden çekilmiş fotoğraflarla uygulamaya konulmuştur. İkinci dünya savaşı öncesinden bu yana, insansız hava araçlarının kameralarının ve uçakların teknolojik olarak ilerlemesiyle birlikte havadan fotogrametri metodu haritalama tekniğiyle beraber, hava fotogrametrisi karasal çalışmaların yerini almaya başlamıştır. 1/50000 ve 1/25000 ölçekli harita üretiminde tüm dünyada ve Türkiye’de orta ölçekli haritalar olarak adlandırılan temel harita sınıfları; 1900’lerin başlarından 1950’lere kadar topografik, takeometrik, jeodezik metotlar incelenmiş ve kullanılmıştır. 20. yüzyılın ortalarından 2000’lere kadar genellikle sayısal ve matematiksel fotogrametri ve haritacılık yöntemleri kullanılagelmiştir. Büyük ölçekli haritalar olarak adlandırılan 1 / 500–1 / 10.000 ölçek (1/500, 1 / 1.000, 1 / 2.000, 1 / 5.000 ve 1 / 10.000 ölçek) aralığındaki topografik haritaların yaratılmasında; sayısal ve matematiksel fotogrametrik metotların kullanımı, sayısal fotogrametrideki en önemli teknik ilerlemelerin sonucu olarak, 1990’ların ikinci yarısından beri fotogrametrik yöntemlerin kullanımı ile artmıştır. Günümüzde, büyük ölçekli topoğrafik haritaların üretiminde, harita yapan veya üreten insanlar ve kuruluşlar arasında, klasik yöntemler ve nispeten daha modern teknikler birbirleriyle karşılaştırmalı olarak kullanılmakta ve fotogrametrik yöntemler birbirleriyle sürekli olarak karşılaştırılmaktadır. Bu tartışmalara ek olarak, tüm dünyada orta ölçekli (1 / 25.000 ve 1 / 50.000) topografik haritaların üretiminde

yıllarca fotogrametrik yöntemler başarıyla kullanılmış olmasına rağmen, büyük ölçekli haritalarda fotogrametri son birkaç yıldır kullanılmaktadır (Özbalmumcu, 2015).

Topografik vektör haritası; Her nokta üç boyutlu koordinatlarla belirlenir, seçilen noktanın gerektirdiği ölçek, çizgi ve alan detayları, niteliklerin detayları ve ayrıca eğim, tarama, doldurma ve yazma yardımcı elemanlardan oluşan bir haritadır. Fotogrametrik harita üretimi ve proje yönetimi; planlama, jeodezi, uçuş, fotoğraf laboratuvarı, fotogrametri, topografya, haritacılık, coğrafi bilgi sistemi, veri tabanı ve farklı tip ve özellikteki uygulamaların bir kombinasyonu gibi, oldukça karmaşık ve birbirine sıkı sıkıya bağlı işlemlerden oluşur. Herhangi bir işlem basamağında hata, eksiklik, gecikme ya da yanlış uygulama, diğer tüm işlem basamağı ve ortaya çıkan ürünler projenin başarısını doğrudan etkileyebilir. Sonuç olarak ürünlerinin eksiksizliği, tutarlılığı, güvenilirliği, kalitesi, konumu ve yükseklik doğruluğu olarak ortaya çıkar. Fotogrametrik yöntemle elde edilen dijital harita verileri çok önemlidir ve bu kriterler doğrudan fotogrametrik yöntemin güvenilirliğini ve devamlılığını etkiler (Özbalmumcu, 2015).

Fotogrametride son on yıldaki en önemli gelişmelerden biri, dijital fotogrametrik değerlendirme sistemlerinin harita üretimine getirilmesidir. Nitekim, 1980'lerin ikinci yarısında, “analitik değerlendirme” ve “analitik ortofoto” sistemlerinin; 1990'ların ortasında, fotogrametrik nirengi için kinematik GPS fotoğraf yöntemleri, uçuş ve hava fotoğrafçılığının kullanılması, 2000’li yıllarda “Dijital fotogrametrik değerlendirme sistemleri” nin kullanılması gerçekten fotogrametri alanında yeni bir çağ açılmasına neden olmuştur. Haritaların fotogrametrik yöntemle üretilmesinde, çok karmaşık bir yapıya ve kullanım zorluğuna sahip klasik stereo fotogrametrik araç ve sistemlerin analog, yarı-analitik ve analitik değerlendirme araçları, dijital (değerlendirme) değerlendirme sistemlerinde kullanılmamaktadır. Fotogrametri bunların yerine tamamen dijital çözümler sunar ve klasik yöntemlerin yerine kullanılır. Fotogrametrik üçgenleme ve stereo değerlendirmede problemler daha kolay hale getirilmiş ve büyük ilerleme kaydedilmiştir, çünkü ekranda aynı anda çok sayıda dijital görüntü gösterilip kullanılabilir.

Dijital fotogrametrik sistemlerde, özellikle girdi verilerinde dijital hava fotoğrafları veya orijinal dijital uydu görüntüleri tarandığından, işlemler daha kolay yapılmaya başlanmıştır. detay toplama ve izometrik eğriler, topografik vektör harita üretimi, düzenli ızgara (DEM: Dijital Elavasyon Modeli) veya düzensiz üçgenleme ağı (TIN: Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ, SAM) ve dijital yükseklik modeli (SYM) veri toplama, SYM-soliter ve yalnız- SYM dönüşümleri, ortofoto ve foto-mosaik üretimini mümkün hale getirmiştir.

Dijital fotogrametrik sistemlerin, kullanıcıların kullanım kolaylığı, zengin ürün çeşitliliği ve diğer birçok fırsatın yanı sıra; doğruluk, ürün kalitesi ve sistem maliyeti açısından beklentilerini karşılayabileceği sistemlerdir. Tüm bu gelişmelerle ülkemizde fotogrametrik yöntemler daha kolay anlaşılmakta ve sonuç olarak kamu ve özel sektör kuruluşları tarafından özellikle büyük ölçekli topografik vektör harita üretim projelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüm bu olumlu gelişmelere paralel olarak fotogrametrik yöntemlerle toplanan verilerin eksiksizliği, güvenilirliği, doğruluğu, tutarlılığı, duyarlılığı ve kalitesi de özellikle karasal ve fotogrametrik yöntemler kullanılarak incelenmekte ve sorgulanmaktadır.

Vektörel haritalar çeşitli kriterlere göre birbirleriyle karşılaştırılmaya başlanmıştır. Doğal olarak karşılanması gereken bu durumla ilgili olarak, bu noktada fotogrametri ile ilgilenen tüm kişi ve kuruluşların en önemli görevinin, yöntemin tüm gereksinimlerini her aşamada yerine getirmek olduğu düşünülmektedir.

Topografik vektör harita üretiminin ilk aşaması; fotogrametrik planlama, görev hazırlama ve uçuş planı hazırlama çalışmalarıdır. Bu faaliyetler arasında; Proje ile ilgili bilgilerin toplanması, hava fotoğrafçılığı amacıyla işletme alanının sınırlarının grafiksel sayısallaştırılması, uçuş ve yer kontrol noktalarının (YKN, üçgenleme) planının hazırlanması, uçuş sütunlarının çizilmesi, uçuş bilgileri raporlarına göre uçuş bilgilerini ve kinematik GPS ölçümlerinin kontrol edilmesidir. Fotogrametri ölçümlerinde aşağıdaki adımlar planlanmalıdır;

- ilk aşamada öncelikle çalışma alanının sınırları tanımlanmalı ve grafik çizimle dijital ortama aktarılmalıdır.

- Uçuş ve nirengi planının hazırlanmasında; proje adı, yönetici ve süpervizör, çalışma alanı, kullanılan kameranın özellikleri, fotoğraf ve harita ölçeği, ileri ve yan örtüşme oranları, film türü, referans noktası ve kullanılan projeksiyon sistemi, sayısallaştırılmış çalışma alanı grafiği, her uçuş kolonunun yüksekliği vb. bilgiler belirlenmeli ve uçuş planlama projesine aktarılmalıdır.

- Fotogrametrik planlama ve uçuş planı hazırlama çalışmalarında kullanılacak temel haritalar güncel olmalı ve uçuş planı ölçeği projede kullanılacak en uygun ölçek olmalıdır ve planlama için 1 / 25.000 temel ölçekli haritalar tercih edilmelidir.

- Üretilecek harita ölçeği, bölgenin topografik yapısı ve kullanılan kameranın teknik özellikleri dikkate alınmalı ve uçuş için en uygun fotoğraf ölçeği belirlenmeli ve fotoğraf ölçeği haritanın 4 katını geçmemelidir.

- 1/500 ölçekli vektör harita üretimi için 1 / 3.000–1 / 3.500, 1 / 1.000 için 1 / 4.000–1 / 5.000, 1 / 2.000 için 1 / 8.000–1 / 10.000, ek talep yoksa, 1 / 1 / 5.000 için 16.000–1 / 18.000, 1 / 10.000 için 1 / 20.000–1 / 25.000 ve 1 / 25.000 için 1 / 35.000–1 / 40.000 ölçekli hava fotoğrafçılığı planlanmalıdır (Başlangıç değerleri idealdir).

- Özel istekler hariç, herhangi bir ölçekte vektör ölçekli üretimde bindirme oranı %60, yan bindirme oranı %30 olmalıdır. bindirme oranındaki değişiklik miktarı % 10'u geçmemelidir.

- Uygun bir yazılımla bir uçuş planı hazırlarken, planlanan fotoğraf ölçeğindeki değişiklik miktarı% 10'u geçmemelidir.

- 1 / 5.000 ölçekli dijital vektör haritalarının üretimi için, normal odak uzaklıkları 150 mm olan geniş açılı kameralar ve 23 cm x 23 cm fotoğraf boyutları kullanılmalıdır; Diğer büyük ölçekli harita üretim fotoğraflarında, bölgenin özelliklerine bağlı olarak

normal ve dar açılı, 210–305 mm odak uzaklığına ve 23 cm x 23 cm fotoğraf boyutuna sahip geniş odak uzaklığı kameraları kullanılmalıdır.

- Yoğun nüfuslu alanlarda ve yoğun ve yüksek binalar, dik ve derin vadiler, yüksek dağlar ve tepeler ile engebeli ve dik araziler içeren büyük yerleşim yerlerinde; 1 / 5.000'den büyük ölçekli haritaların üretiminde, dar açılı ve büyük odak uzunluklarında (yaklaşık 300 mm) kamera kullanımı tercih edilmelidir.

- Uçuş planlamasında, fotoğrafçılık iş alanı dışında en az 1 model (2 fotoğraf) oluşturacak şekilde planlanmalıdır.

- Uçuş planını hazırlarken; Çalışma alanının şekli, konumu ve yönü dikkate alınmalı, uçuş sütunlarının yönü doğu-batı veya kuzey-güney yönünde mümkün olduğunca alınmalı, uçuş sütunları orta ile aynı olmalıdır. Büyük ölçekli çalışmalarda tabakaların mümkün olduğunca uzağa döşenmesi; Bunun için uçuş kolonları gerekirse çapraz yönde planlanmalıdır.

- Sütunların yönünü seçerken; Bölgenin şekline ek olarak, toprağın topografik yapısı, engebeli durumu ve yükseklikleri de dikkate alınmalı ve dağ ya da tepe aralıklarına paralel olarak uçuş kolonları seçilmelidir.

- Çok uzun sütunlar oluşturulmamalı, arazinin yapısı, düzensiz, yükseklik ve detay durumu göz önüne alındığında, gerekirse, uzun sütunlar bölünmeli ve daha kısa sütunlara alınmalıdır. Gerekmedikçe, birkaç resmin çok kısa sütunları planlanmamalıdır.

- Proje alanı çok büyükse, alan tek blok olarak alınmamalı, alt bloklara bölünmeli ve sınırları belirlenmelidir.

- Deniz, göl, büyük barajlar, büyük yatak nehirleri vb. Ayrıntıların bulunması durumunda, planlanan sütunlardaki resimler ve modeller arasındaki bağlantı

kaybolacaktır. Bu yüzden uçuş planının planlanmasına ilave çapraz sütun uçuşları dahil edilmeli ve bu bölgelerde ek yer işareti planlanmalıdır.

- Kinematik GPS'li uçuşlarda, pürüzsüz kare veya dikdörtgen şeklindeki bloklarda, blok köşelerinde, tüm köşelerde ve kesme noktalarında, birçok kesme noktasına sahip bloklarda, düz veya alternatif hat bloklarında ve ardışık sütunlarda, her köşede ve kesme noktasında Zemin son noktalarında yer kontrol noktası (YKN, nirengi) tesisi planlanmalıdır.

- Kinematik GPS içermeyen klasik uçuşlarda, her sütunun başlangıç ve bitiş noktalarında, blok etrafındaki her fotoğraf tabanının 2 katı ve blok içindeki taban tabanının 4 katı olmak üzere iki kontrol noktası planlanmalıdır.

- Kinematik GPS destekli uçuş ve fotogrametrik üçgenleme; Normal sütunların başındaki ve sonundaki resim ve modelleri kapsayan çalışma alanının şekline göre çapraz (veya dikey) sütun uçuşları planlanmalıdır.

- Çapraz sütunların baş ve son modellerinde, normal sütunlara sahip ortak alanlarda üçgenleme noktaları planlanmalı veya normal sütunlarda üçgen seçerken, çapraz sütunların baş ve uç modellerinden her biri birer nirengi noktasına oturtulmalıdır.

İscehisar mermer sahası trafik düzenlemesinde son bölümde bahsedilen tüm araç, formül ve fotogrametrik yöntemler kullanılmış ve mosaik görüntü ile elevation model birleştirilerek arazinin topoğrafyası elde edilmiştir.

2.4.2 Mermer sahası modellemesi

Bu çalışmada .dxf olarak programa gömülen İscehisar mermer sahası 27 kavşağa bölünmüş ve her bir kavşak için ayrı ayrı simülasyon modelleri oluşturulmuştur.

Bunlar;

- a. Kaza modellemesi
- b. Bakı analizi
- c. Trafik işaretleri karar analizleri
- d. Zorunlu durumlarda malzeme kaldırılma (arazi modifiyesi) işlemleridir.

Kaza modellemesinde her bir kavşakta bölünen yol sayısı kadar araç hareket ettirilip maksimum hız değerleri elde edilmiştir. Bu hızlar araçların ayını anda yürütülmesi ve hesaplanan D_b formülü ile desteklenip aracın hızı tahminleme yapılmıştır. Arazi eğimi her noktada değişken olduğundan arazi hız değerleri olması gereken hız değerlerinden biraz daha düşük çıkmıştır. Simülasyon tam da bu noktada devreye girmektedir. Arazi şartları çok değişken olduğundan çok yakın mesafe aralıklarında matematik dağılımları kullanmak gereklidir. Bundan dolayı bir aracın sürekli hızının hesaplanıp ortalamasının bulunması simülasyon yapılmadan çok zor bir işlemdir. Simülasyon kullanılsaydı arazinin ortalama eğimi hesaplanıp ona göre formülüzayon yapılacaktı. Bu işlemde bize gerçek değerler veremeyecekti. Bu nedenle gerçek değerlere en yakın olan simülasyon tekniği kullanılmıştır.

Ayrıca incelenen her birdurum simülasyon ortamında havadan da incelenmiş her bir risk durumu da ortaya net bir şekilde konulmuştur. Standart olarak binek araba yükseklikleri ve büyük tonajlı araçların yüksekliği sahada kullanılan araçların yükseltisi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Gereken yerlerde sahanın eğim grafikleri gösterilmiştir. Çünkü kuş bakışı görüntüde net olarak anlaşılmayan durumlar ortaya çıkmıştır. Örneğin kuş bakışı düz gibi görünen 16. kavşakta yaklaştırma yapıldığında arazi kotu 13 metre değişmektedir. Ya da bazı kavşaklarda 1 metre kala araçlar birbirlerini hala görememektedir. Bu handikapların aşılması için konkav aynaların konulması gereklidir. Bazı kavşaklarda ise yokuş aşağı yüksek tonajlı kamyonların aşağı doğru 10 km/s hızla gitmeleri durumunda çok büyük riskler ortaya çıkmaktadır. Bu durumda malzemenin kaldırılması gereklidir. Her bir trafik riski ayrı ayrı değerlendirilmiş ve kavşak kavşak fotoğraflanmıştır. Böylece very görselleştirme işilemi başka bir boyutta ele alınmış uzun ve anlaşılması zor matematiksel modeller olarak simüle edilen riskler üç boyutlu görüntüler kazanmışlardır.

Kullanılan programda ayrıca gece gündüz seçenekleri ile objelerin gölgeleri ve gece görüşleride izlenebilmektedir. Sahaya tüm açılardan net bir şekilde bakılabilmektedir.

Simülasyon sayesinde;

- Maden sahasındaki yolların trafik hız limitleri belirlenmiş,
- Gerekli uyarı levhalarının konulması kolaylaşmış
- Araç içi uyarı sistemlerinin gereklilikleri gözden geçirilmiş
- Fren takip mesafesi belirlenmiş
- Kaza riski değerlendirmesi sayısallaştırılmış
- Araçlar arası iletişim seçenekleri değerlendirilmiş
- Ağır tonajlı araçların yollarının ayrılıp ayrılmaması gerektiği tartışılmıştır

Ayrıca araçlara program boyunca güzergah çizdirilmiş ve aradaki mesafenin başı ve sonuna kadar eğim ve kot farkı da çıktı olarak alınabilmektedir. Araçların görme spektrumu yeşil renkte, aracın göremediği yerler ise kırmızı renk ile gösterilmiştir. Trafik işareti ve uyarılarına dair yapılan öneriler karayolları genel müdürlüğü trafik işaretleri el kitabına göre yapılmıştır. Örneğin bu el kitabında tümseklerden önce 5-50 metre arasında trafik işareti konulması gerektiği söylenmiştir. Buna göre mermer sahasında gerekli uyarıcıların bu miktarlar arasında konulması uygundur.



Şekil 2.20 İscehisar mermer ocağı kavşak-1 (Kişisel arşiv, 2019)

Kavşak 1'e ait bu görüntü mermer sahasına ilk girilen yolu göstermektedir. Kırmızı çizgi ile gösterilen yer yolun eğimini vermektedir. Burada 1185 rakımlı kottan azalan bir şekilde 1170 metreye düşüş vardır. Yolun toplam uzunluğu 98 metredir. Bu görüntü bize arazinin ne kadar engebeli olduğunu göstermektedir. Ayrıca araçların birbirlerini çok net görmesinden dolayı her hangi bir işaretçiye gerek yoktur.





Şekil 2.21 İschisar mermer ocağı kavşak-2 (Kişisel arşiv, 2019)

Bu görüntü kavşak 2'ye aittir. Yeşille göstereilen nokta bulutu kavşaktaki her 3 araç içinde yeşil renktedir. Ancak aşağıdaki şekilden de anlaşılacağı gibi araçlar birbirlerini 12,65 metre kala net olarak görebilmektedir. Eğim yaklaşık yüzde 6'dır D_b formülünden elde edilen maksimum fren duruş mesafesi olarak;

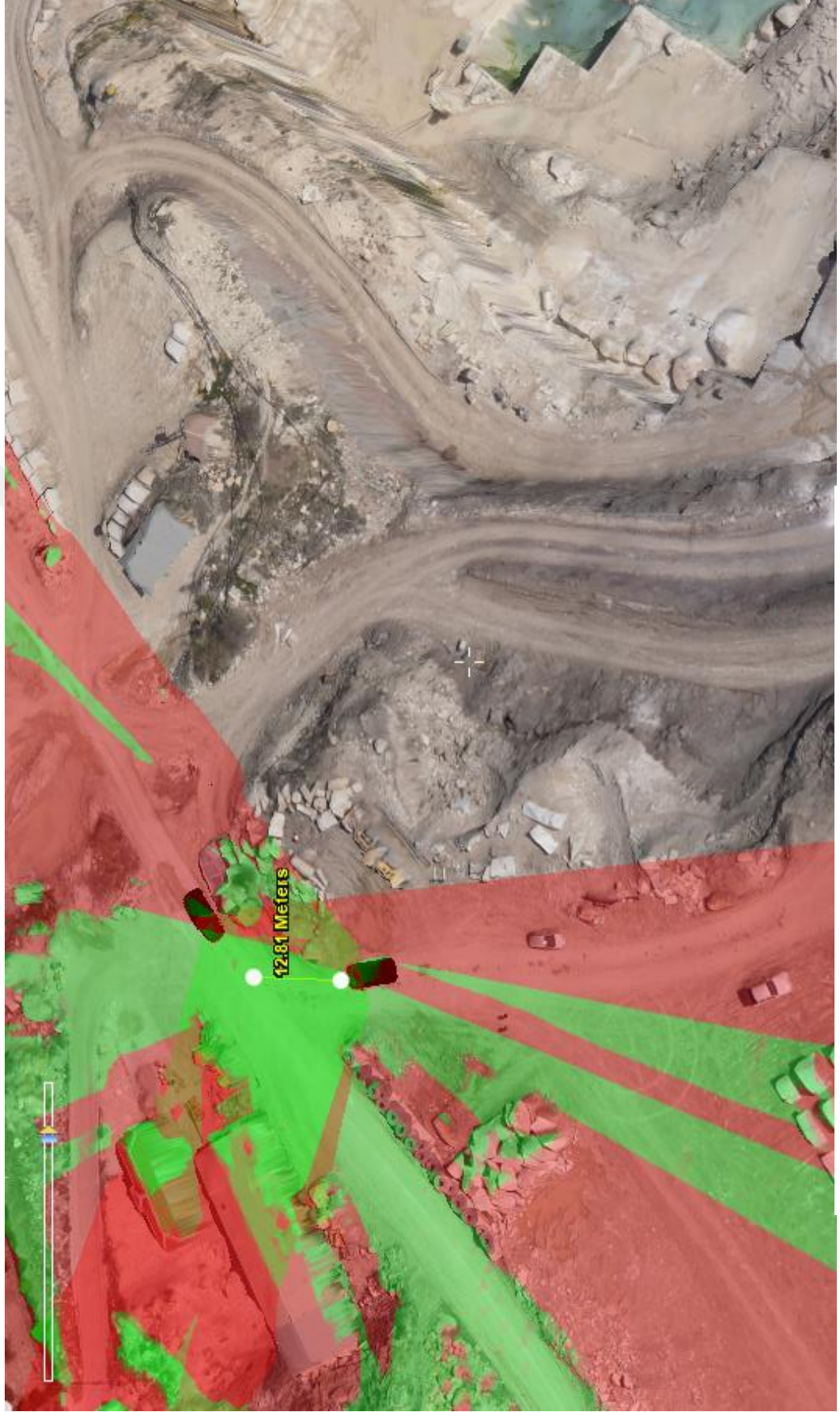
$$D_b = \frac{u_1^2 - u_2^2}{30\left(\frac{a}{g} - 0,03\right)} \quad (2.15)$$

$$12,65 = \frac{u_1^2 - u_2^2}{30\left(\frac{a}{g} - 0,06\right)}$$

$$12,65 = \frac{u_1^2}{30(0,35 - 0,06)}$$

$$u_1 = 11 \text{ km/h}$$

Bulunur. Yani araçların birbirlerini gördükleri andaki hızları en fazla 11km/h olmalıdır. Eğer kavşağa 20 metre kala levha konulursa levha 13 km/h hızı göstermelidir.



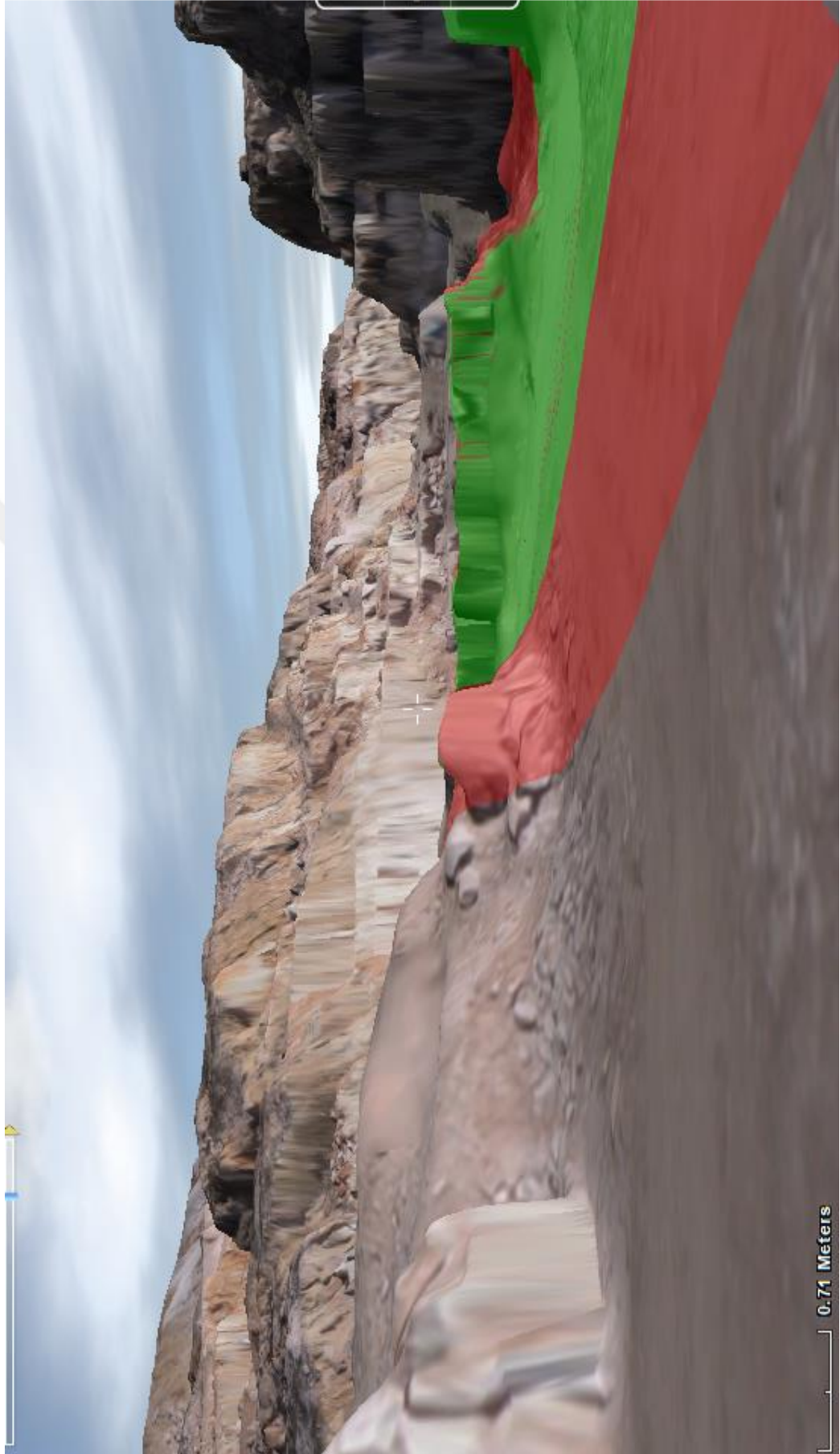
Şekil 2.22 İsehisar mermer ocağı kavşak-3 (Kişisel arşiv, 2019)

Dördüncü kavşakta her iki aracın birbirini gördükleri anda ki mesafe sırasıyla 17,65 metre ve 11,31 metredir. Arada yığıntı olduğundan bu durum araçların birbirlerini görmelerini zorlaştırmaktadır. Yapılan ölçümlerde kavşağın ortalama eğimi yüzde 3'tür. Fren duruş mesafesi dikkate alındığında araçların birbirlerini gördükleri andaki hızları maksimum 13km/h ve 10,4 km/saat olmalıdır. Yığın yaklaşık 360 m²'lik bir alana yayılmıştır. Bu yığını kaldırmakta bir seçenektir. Yahut gerekli hız sınırı levhaları konulmalıdır.

Araçların dönüş hızı;

$$\frac{Wu^2}{gR} \cos \alpha = W \sin \alpha + Wf_s \cos \alpha \quad (2.20)$$

Formülü yerine konduğunda maksimum 5 km/saat olmalıdır. Bu durumda uyarı levhasının 20 metre kala konulması ve gereken uyarı levhasının konulması elzemdir.



Şekil 2.23 Kavşak 4 kokpit görünümü (Kişisel arşiv, 2019)

Kavşak 4 kokpit görünümünden de görüldüğü üzere araçlar yakın mesafelere kadar halen birbirlerini görmemektedir.





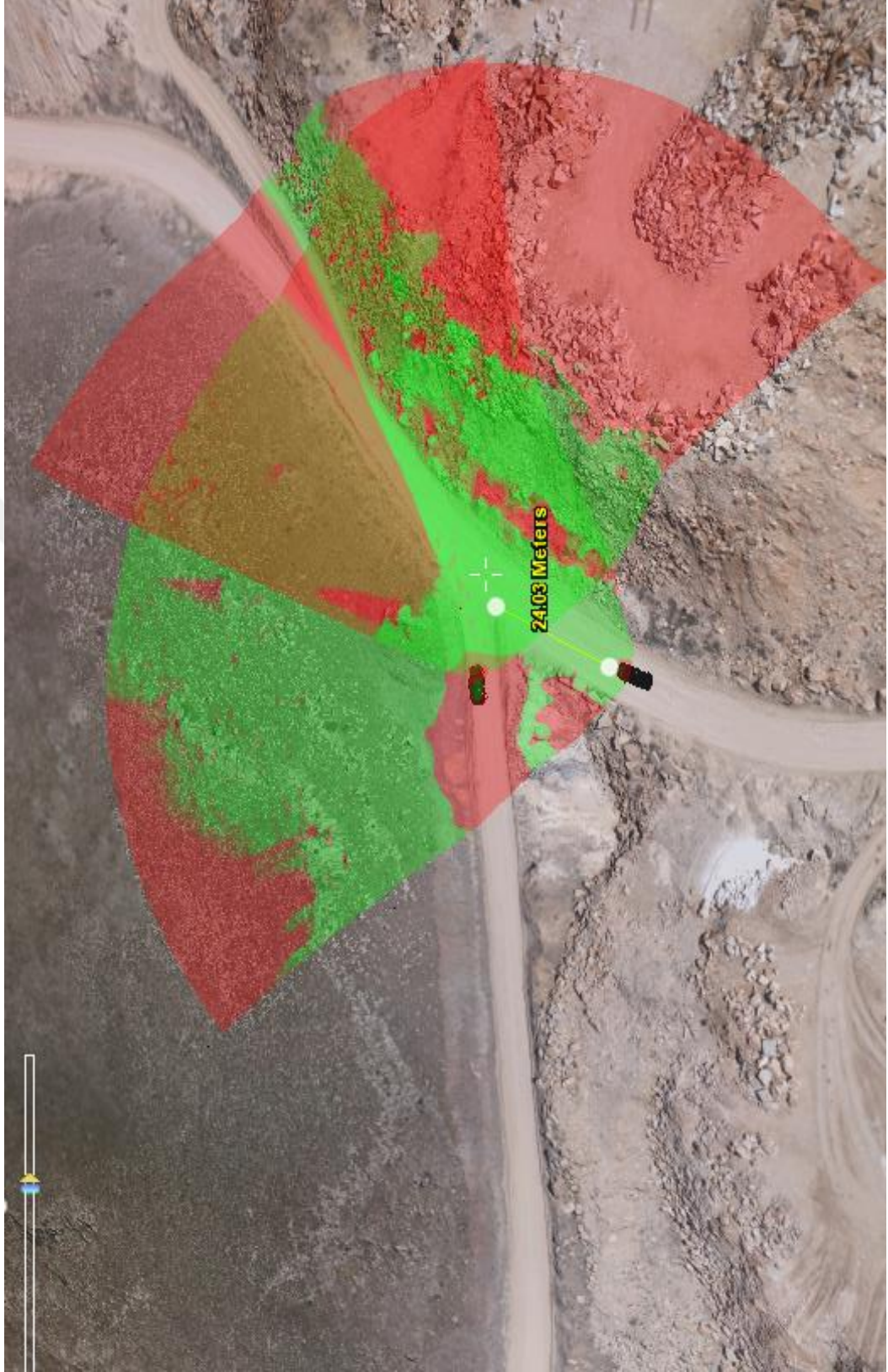
Şekil 2.24 Kavşak 4 drone bakışı (Kişisel arşiv, 2019)

Kavşak 4'te araçların birbirlerini ancak 7.6 metre yüksekten görebildiği burada net bir şekilde görülmektedir.

Kavşak 5'te de araçlar ortadaki yığınlar yüzünden birbirlerini ancak 11 metre kala görebilmekteler. Bu durumda araçların kavşağa 11 metre kala hızları maksimum 10 km/saat olmalıdır. Kavşak eğimi yaklaşık yüzde 4'tür.

Kavşak 6'da araçlar birbirlerini yaklaşık olarak 14 metre kala görmektedir. Bunun yanında kavşağın ortalama eğimi dikakte alındığında, araçların birbirlerini gördükleri andaki maksimum hızları 11,6 km/saat olmalıdır. Veyahut ortada bulunan yığın kaldırılarak görüş mesafesi 20 metreye çıkarılmalıdır.

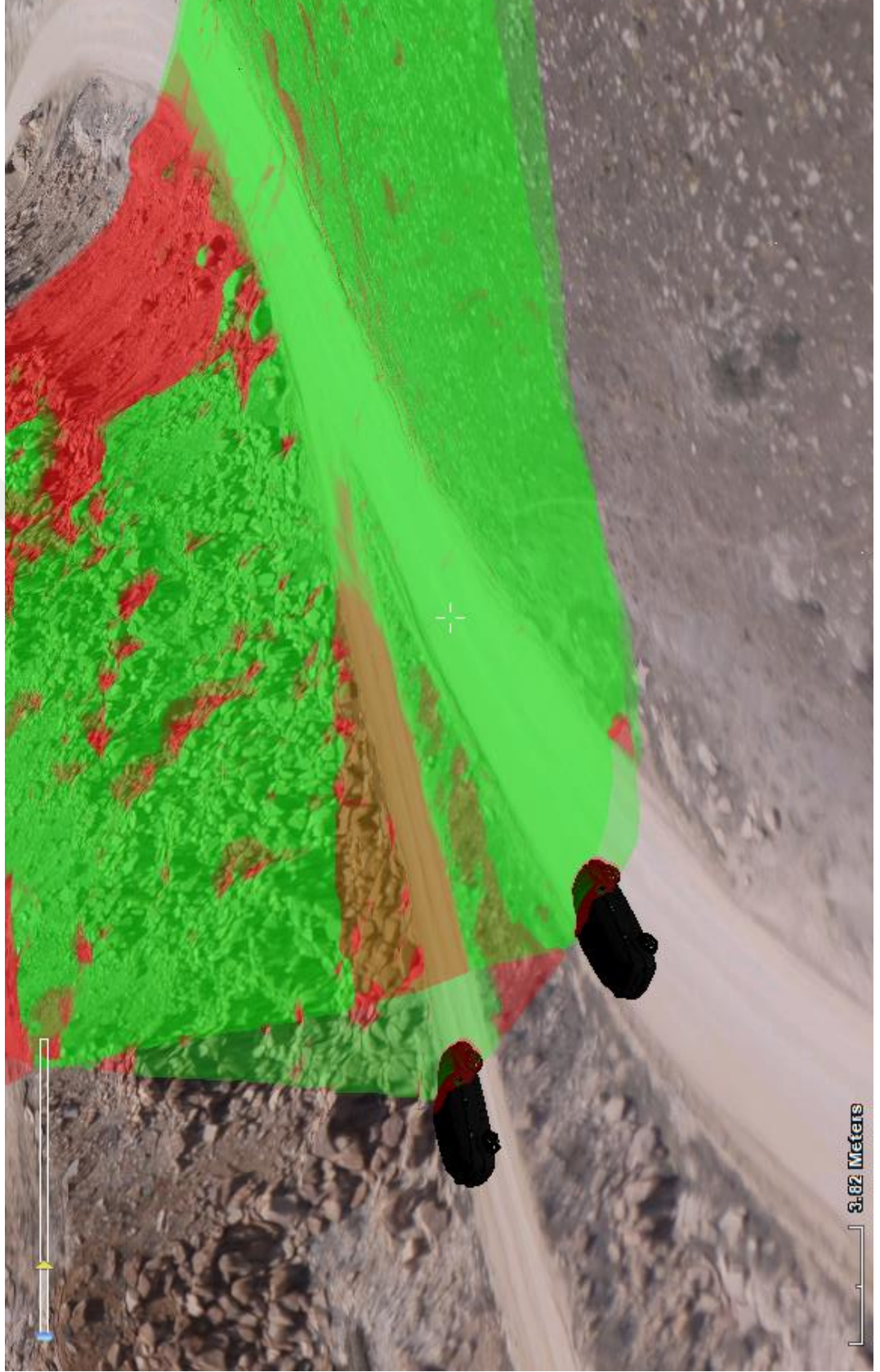




Şekil 2.25 Kavşak 7 (Kişisel arşiv, 2019)

Kavşak 7’de her iki aracın birbirlerini gördüğü ilk anda kavşağa olan mesafeleri sırasıyla 24 metre ve 9,2 metredir. İki yolun kesişip tek yola düştüğü yerden gelen bir araç her iki aracı da 37 metre mesafeden çok net görmektedir. Bu durumda resimde gösterilen araçların maksimum hızları birbirlerini gördükleri anda sırasıyla 9 km/h ve 15 km/h olmalıdır.

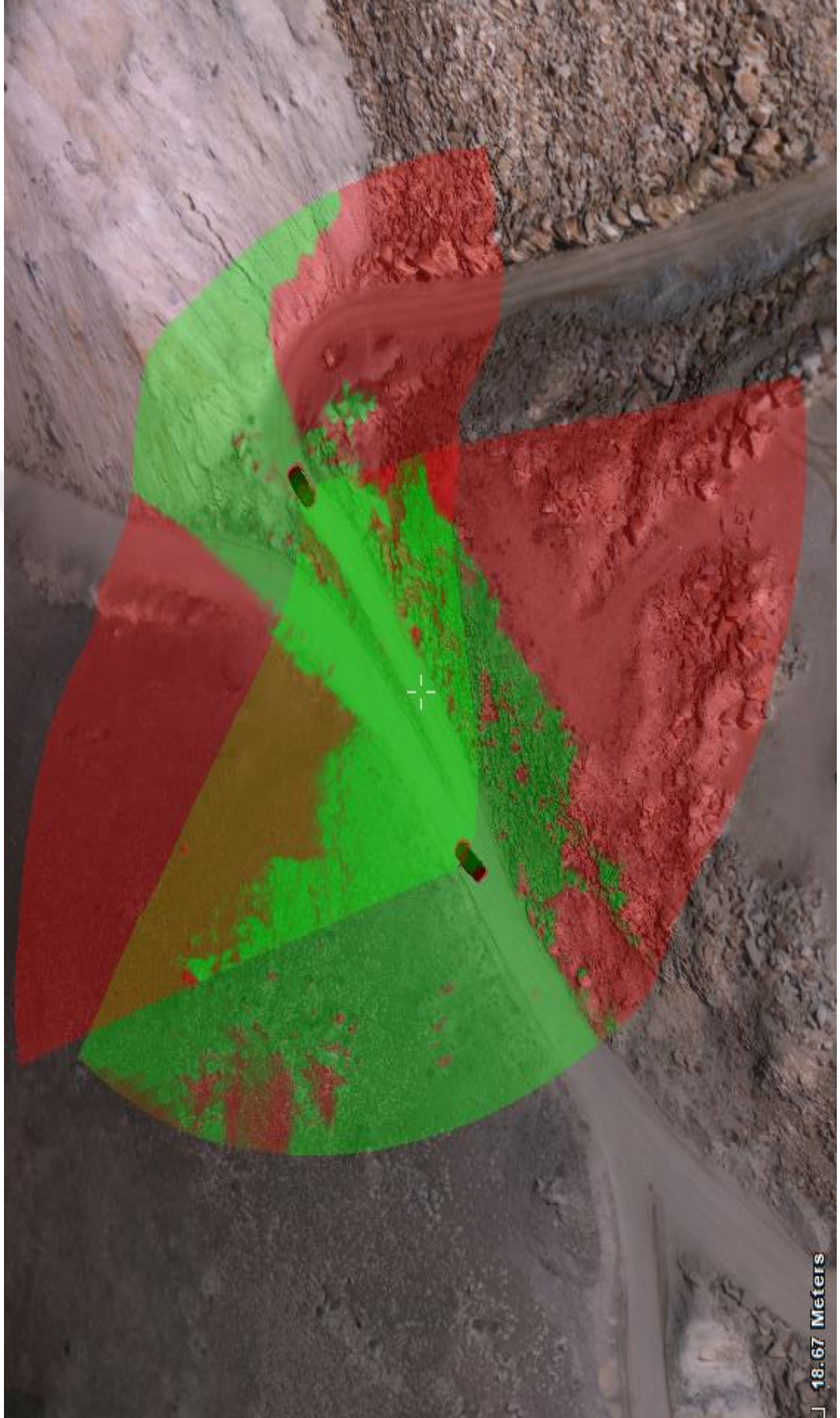




Şekil 2.26 Kavşak 8 (Kişisel arşiv, 2019)

Kavşak 8'in görüntüsüne daha da yakından baktığımızda araçlar arası kot farkının yüksek miktarlarda olduğu, ortadaki yığın yüzünden birbirlerini net göremedikleri anlaşılmaktadır.

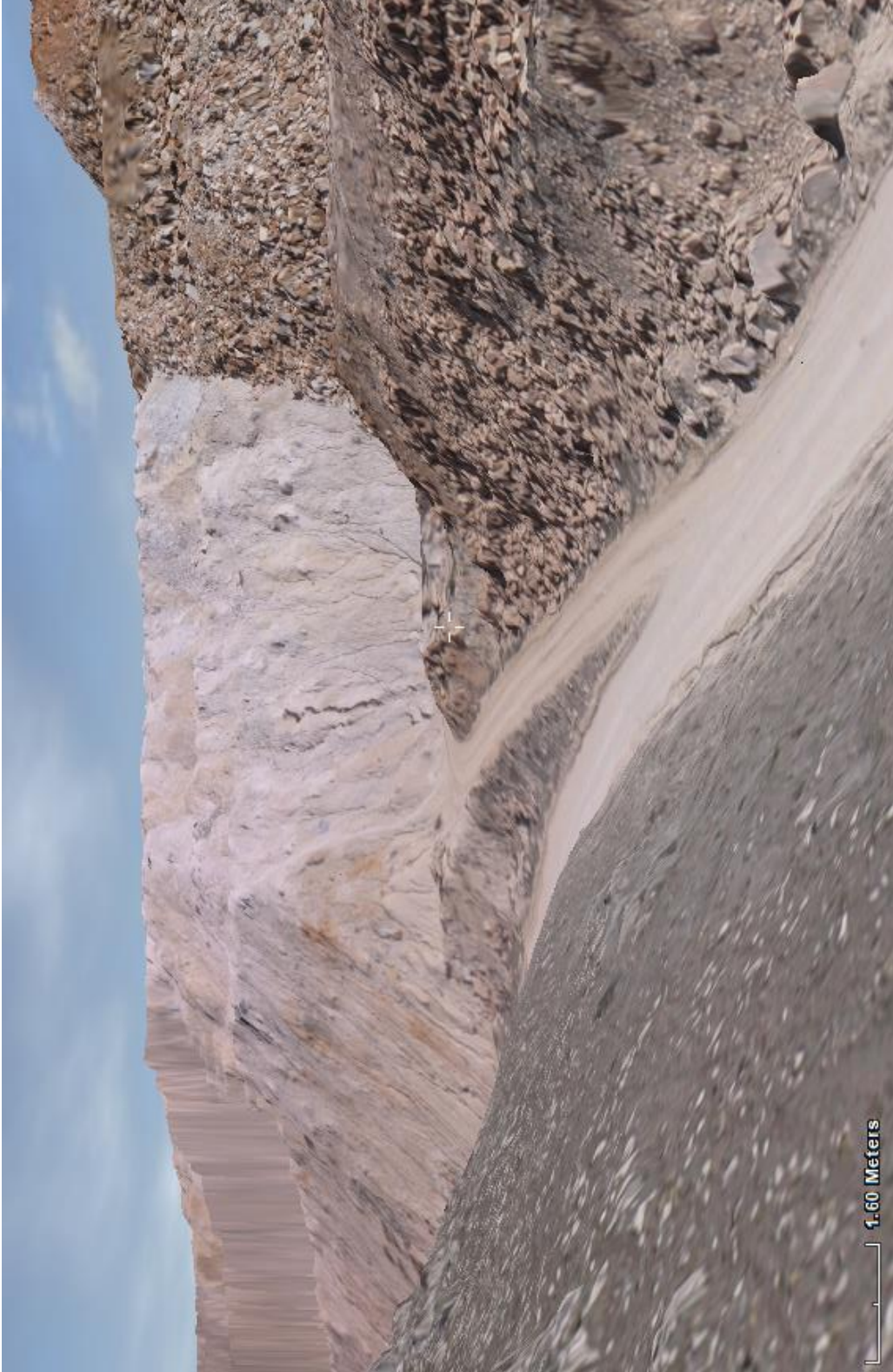




Şekil 2.27 Kavşak 8 ikinci görüntü (Kişisel arşiv, 2019)

Kavşak 8'e karşılıklı giren araçların 61 metreden birbirlerini çok net gördükleri anlaşılmaktadır. Buna göre bu noktada yalnızca geçiş üstünlüğü bulunan aracın durması gerekmektedir.





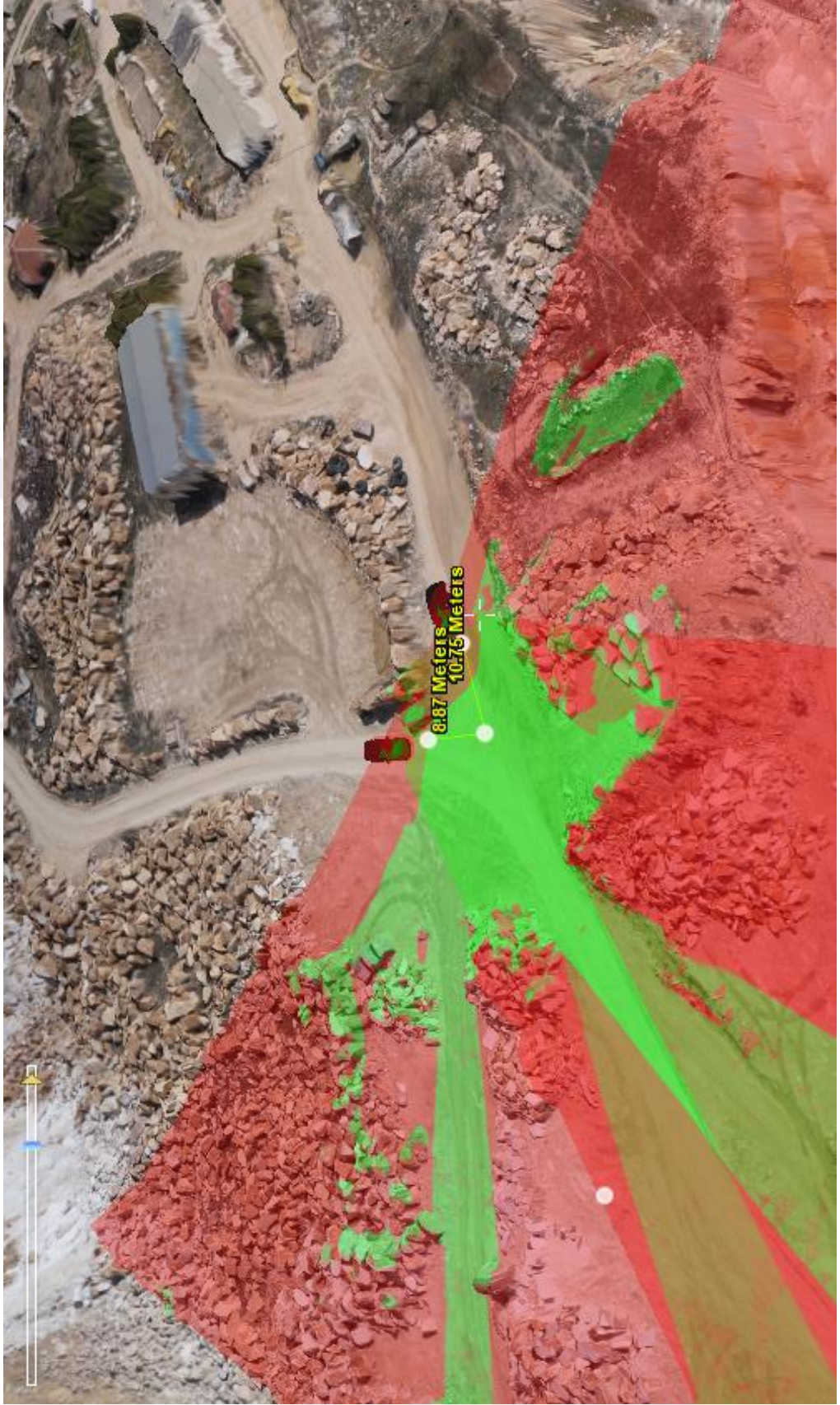
Şekil 2.28 Kavşak 8' in drone görüntüsü (Kişisel arşiv, 2019)

Kavşak 8'in drone görüntüsüne bakıldığında iki yol arası kot farkı daha net görülmektedir.

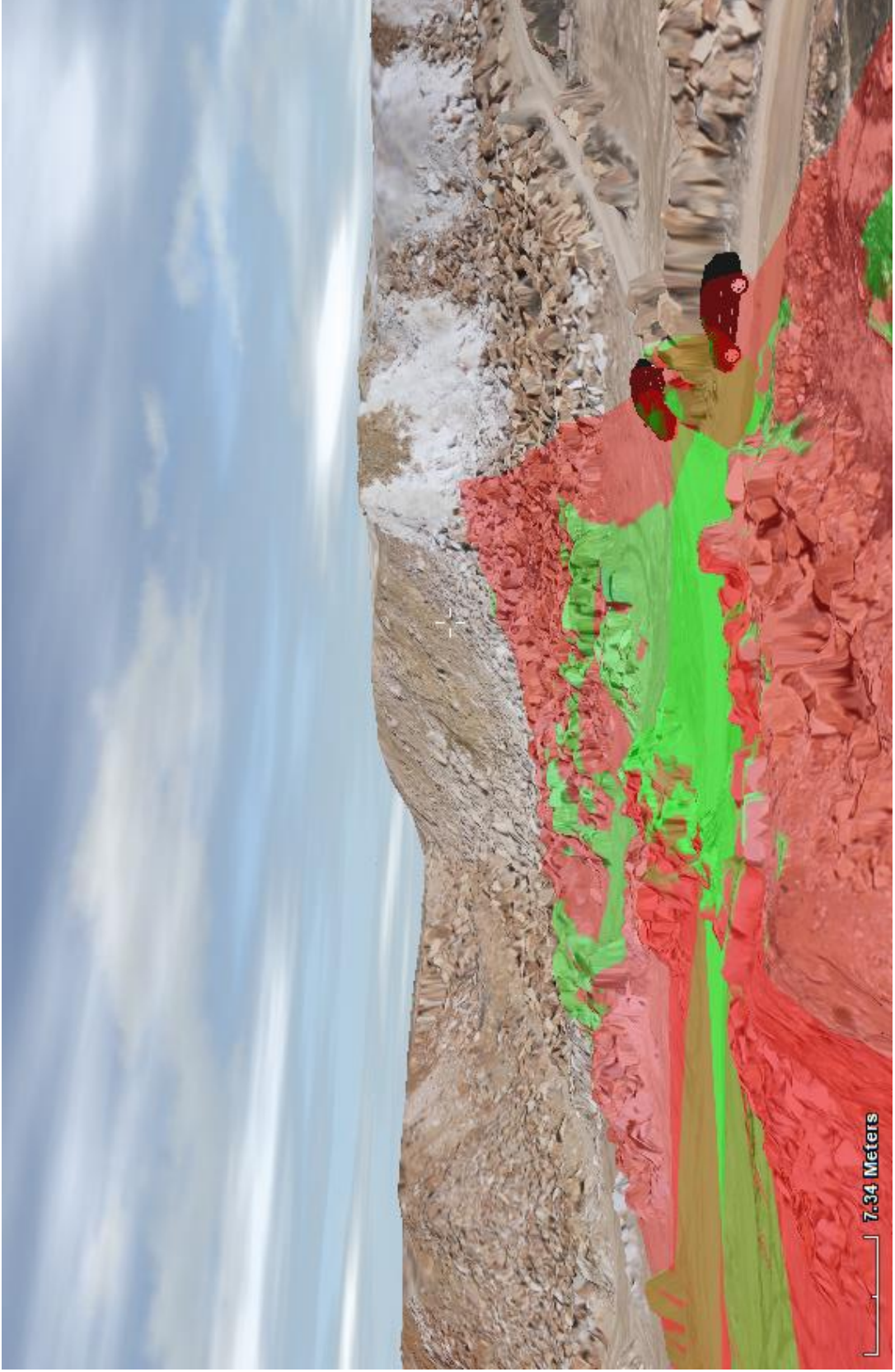
Kavşak 9'un bakı analizi yapıldığında karşılıklı gelen iki yoldaki araçların birbirlerini net görebildiği, sol taraftan gelen yoldaki aracın sağdan gelen aracı göremeyeceği açıktır. O yüzden sol taraftaki yola “yavaş” işareti veya “dur” işareti konulmalıdır.

Bakı analizlerinden anlaşıldığı üzere iki aracın birbirlerini 3 metre kala görmesi imkansızdır. Bu yüzden en başta da denildiği gibi yola “dur” veya “yavaşla” işareti konulmalıdır.

Kavşak 10'da araçların birbirlerini gördükleri andaki uzaklıkları 20,56 ve 17,53 metredir. Maksimum hızların 13,56 ve 12,5 km/h olması gerekir. Karşıdan gelen araç her iki aracı da 37 metre mesafeden net görebilmektedir.



Şekil 2.29 Kavşak-11 (Kişisel arşiv, 2019)



Şekil 2.30 Kavşak-11 ikinci görüntü (Kişisel arşiv, 2019)

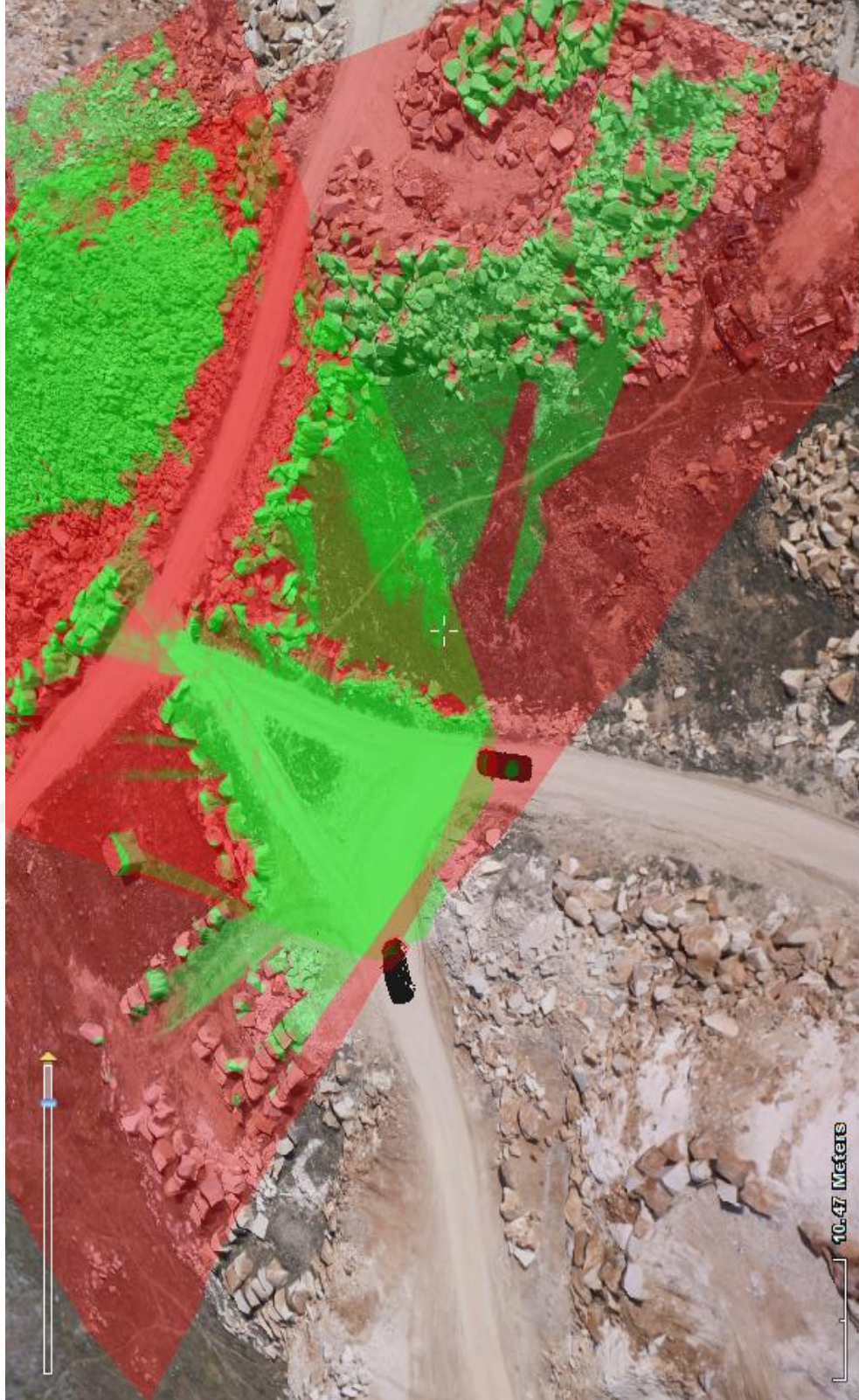
Kavşak 11’de de araçlar çok yakın mesafede birbirlerini görmektedir. Her iki aracın olduğu yere de “dur” veya “yavaşla” işareti konulmalıdır.

Araçların birbirlerini göremedikleri bu resimden daha da net anlaşılmaktadır. Araçlar çok yakın mesafeye kadar birbirlerini net görememektedir.

Kavşak 12’de de araçlar birbirlerini çok yakın mesafeye kadar birbirlerini görememektedir. Ayrıca çizilen güzergahtan itibaren araçların eğimlerini de program bize çıktı olarak vermektedir.

Yine aynı kavşakta sol taraftanda bir araç geçirilmiş ve fren mesafesi hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere araçlar birbirlerini 10 metre kalaya kadar görememektedir. Burada da aynı şekilde “dur” veya “yavaşla” işareti konulmalıdır.

Kavşağın ortalama eğimi $0,56^{\circ}$ ’dir. Bu durumda güvenli sürüş hızı 10 km/h’dir. Araçların yol verme önceliği yönetmelikte düzenlenmiştir.



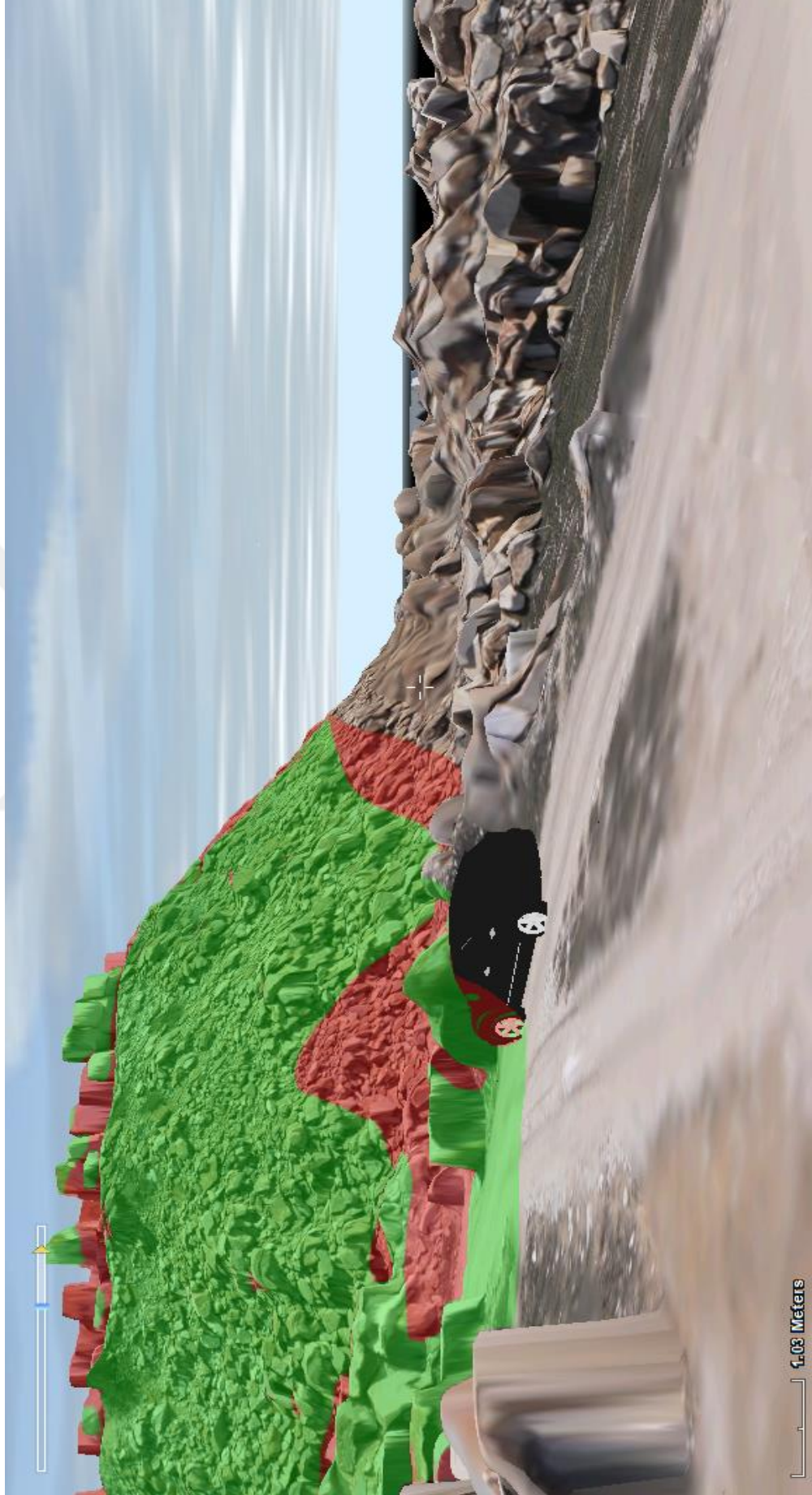
Şekil 2.31 Kavşak-13 (Kişisel arşiv, 2019)

Kavşak 13'te de resimde görülen araçlar aradaki yığın yüzünden birbirlerini net olarak göremmekedir. Ancak iki yolu birleştiren yoldaki araç her ikisini görebilmektedir. Bu kavşağın 2. ve 3. Bakı analizinde bu durum daha net anlaşılmaktadır.





Şekil 2.32 Kavşak 13 bakı 3 (Kişisel arşiv, 2019)



Şekil 2.33 Kavşak 14 bakı 3 (Kişisel arşiv, 2019)

Bu resimde ana yola çıkmaya çalışan aracın anayoldaki araçları göremediği çok net anlaşılmaktadır. Bu nedenle bu aracın olduğu kavşak yoluna “dur” işaretinin konulması zorunludur. Ayrıca konkav ayna konulmalıdır.

Kavşak 15’in eğim noktası yüzde 5,17’dir. Araçların birbirlerini gördüğü noktadaki uzaklıkları 15 metredir. Bu kavşakta da arazi şartları yeterince elverişli değildir. O yüzden araçların uygun mesafe aralığını koruması gerekmektedir. Bu verilere göre araçların maksimum hız değeri 11,4 km/h olmalıdır.

Kavşak 15’in ikinci bakı analizinde karşıdan gelen aracın geldiği yolun eğimi yüzde 6,57’dir. Aracın kavşağa girerki maksimum hızı 12,36 olmalıdır. Ayrıca diğer bakı analizlerinde de görüldüğü üzere ortada duran yığınlar görüş açısını büyük oranda engellemektedir.

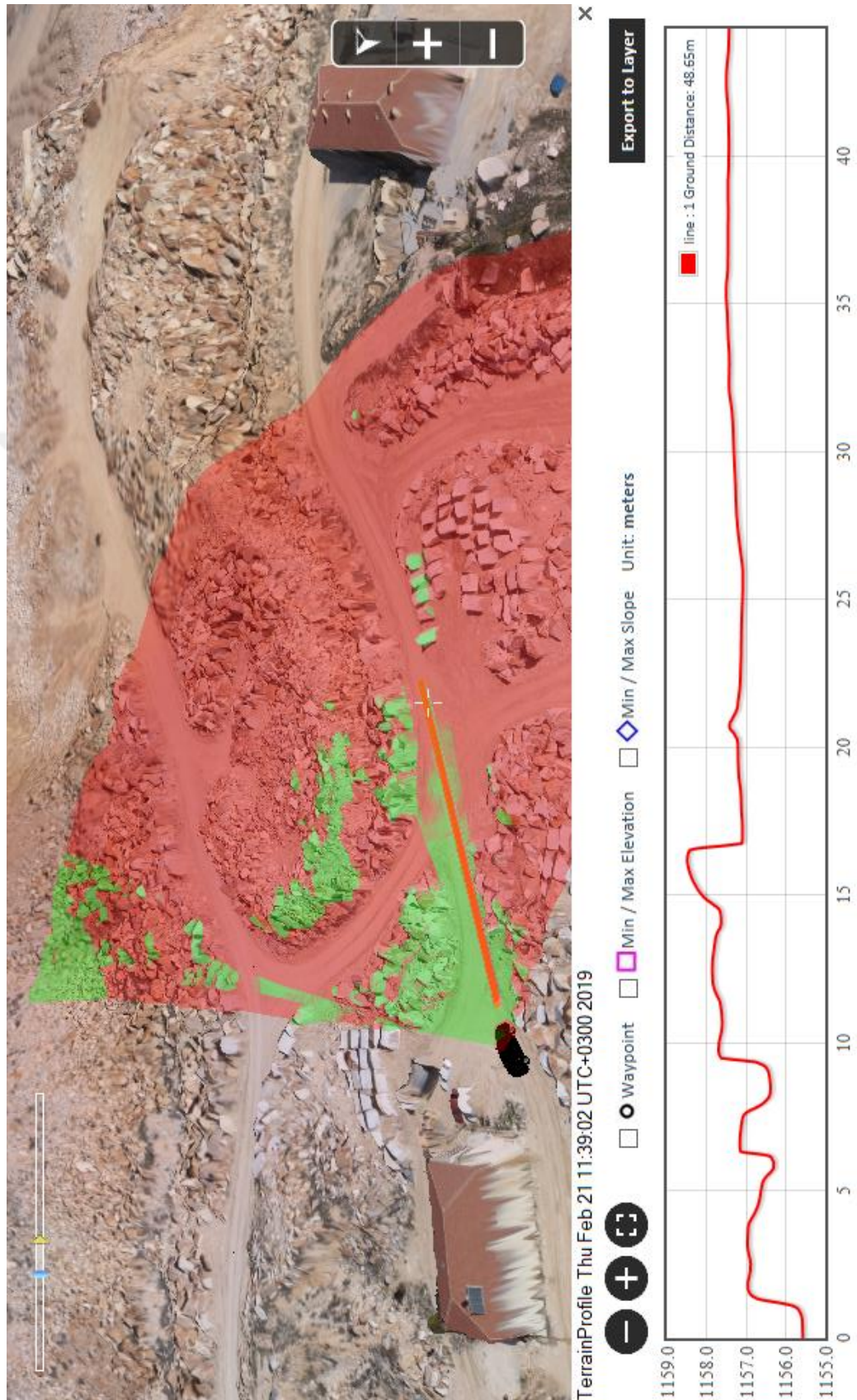
Kavşak 14’te kavşağın sağ tarafından gelen araç yalnızca karşı tarafı net görebilmekte, sol taraftan gelen araçları görememektedir.



Şekil 2.34 Kavşak 16 bakı 1 (Kişisel arşiv, 2019)

Bu yolda ilk bakışta anlaşılmayan ancak araziye kokpit bakışıyla ortaya çıkan bir durum vardır. Kuş bakışı arazi yapısı düz gibi görünürken eğim (slope) değerlerinin çıktısı alındığında eğimin yüzde 12'ye yaklaştığı görülmektedir. Bu durumda araç karşıdan gelen aracı kesinlikle görememektedir. Şekilde de görüldüğü üzere aracın görme mesafesi kırmızı rankle gösterilmiştir.

Ancak kavşağın diğer iki yakasında herhangi bir görüş sıkıntısı yaşanmamaktadır. Bu yüzden görüş mesafesi düzgün olan yolun her iki yakasına “Dikkat araç çıkabilir” levhası eklenmelidir. Zira, özellikle büyük tonajlı araçlar bu rampayı hız kesmeden çıkacaklarından, kavşakta kaza riski doğmaktadır. Bunu önlemek adına yolun her iki yakasına bahsedilen levhanın konulması zorunludur.



Kavşak 17’de araçlar birbirlerini yaklaşık 14,7 metreden görebilmektedirler. Bu durumda güvenli fren mesafesi 11,5 km/h’dir. Levhaların kavşağın 20 metre gerisine konması durumunda araçların levhadan itibaren maksimum hızları 13 km/h olmalıdır.

Kavşak 18’de görüldüğü üzere çok büyük yığınlar bulunmakta bu da araçların birbirlerini görmelerini zorlaştırmaktadır. Yüksek yığınların arasına mutlak surette konkav ayna konulmalı, kavşağın her üç bölgesine de hız uyarı levhaları konulmalıdır. Kavşağın eğimi yaklaşık yüzde 2,5 olduğundan araçların ivmelenip hızlı gitmeleri bu kavşak için olası bir durumdur. Özellikle 30 metre boyunca yolun bu eğimde olması araçların hızlı gitmesine neden olabilir. Bu yüzden kasiste bu kavşağa entegre edilebilir.

Kavşak 19’da ise kavşak 18’e benzer ölçülerde bir yol durumu vardır. Yine yığınlar araçların birbirini görmesini zorlaştırmakta, kavşağın karşılıklı yolları yüzde 3 eğime sahip bulunmaktadır. Araçların hızlanma olasılıklarına karşı kasis seçeneği ve konkav ayna seçenekleri düşünülmelidir. Kavşağın yığınların karşısındaki her iki karşılıklı yol için mesafe yaklaşık 40 metre boyunca doğrusal ilerlemekte, bu da araçların hızlanma risklerini arttırmaktadır. Diğer kavşaklara göre maksimum durma mesafesi 25 metre ve üzeri olsa da ağır tonajlı araçların hızlı geçmesi durumunda tehlikeli durumlar ortaya çıkabilir. Bunu önleme adına behsedilen diğer önlemlerin yanında ağır araçların yolu kavşaktan 45 metre öncesinde ayrılıp kavşaktan geçiş sırasında bu tip araçların geçişinin ayrı tutulması sağlanabilir.

Kavşak 20’de geçiş gayet kolaydır ve yalnızca geçiş üstünlüğü kuralları uygulanmalıdır. Herhangi bir işaretin konulmasına gerek yoktur. Yalnızca hızlanmayı önlemek adına kasis konulmalıdır. Ayrıca kavşağın iki bölgesinde resimlerden de anlaşılacağı üzere yığınlar bulunmaktadır.

Kavşak 21’de araçların birbirini gördükleri anda aralarında ki mesafe 12 metredir. Ayrıca iki yol birleşip tek yola düşmekte aradaki yığınlar yolun ve araçların görülmesini engellemektedir. Bu durumu önlemek adına kavşağın her 3 yakasına da “dur” veya “yavaş” işareti konulmalıdır. Ayrıca bir diğer seçenek olarak hız limiti

levhası konulabilir. Güvenli fren mesafesi formülüne uygun olarak burada araçların hızları maksimum 10 km/h olmalıdır. Aradaki yığınlardan dolayı geç fark edilmesi durumunda;

$$S (Db) = 1,47 * u * t + \frac{u^2}{30(\frac{a}{g} \pm G)} \quad (2.17)$$

Formülünde algılama süresini 0.95 sn aldığımızda (yukarıda genç ve yaşlı insanların tehlikeyi algılayıp frene basma sürelerinin simülasyonlarla hesaplandığı ortaya konulmuştur);

Maksimum hız = 6,7 km/h olarak hesaplanır.

Yaşlı işçilerde (42-53) ise algılama süresi 1,3 sn alındığında 5 km/h, 50 yaş ve sonrası işçilerde algılama süresi 1,5 sn alındığında ise 4,3 km/h araçların maksimum hızları olmalıdır.

Kavşak 22’de ise herhangi bir görememe ya da yığın problem yoktur. Yalnızca araçların hızlı ivmelenme problem vardır. Bunu önlemek adına kavşağa mutlaka kasis ve “yavaş” işareti konulmalıdır.

Kavşak 23ve 24’de yine kavşak 22’ye benzer bir durum mevcuttur. Yalnızca ara yoldan gelen aracın ana yola çıkarken dikkatli olması gerekmektedir. Durma mesafesi her iki kavşak için de 30 metredir. Bu durumda bu kavşağa da herhangi bir işarete gerek olmamakla beraber geçiş önceliklerini hatırlatıcı bir şekilde levhalar bu ve buna benzer diğer kavşaklara konulabilir.

Kavşak 25’de yol geçiş görme mesafesi yaklaşık 45 metre olup herhangi bir tehlike bulunmamaktadır. Bu kavşakta araziye modifiye uygulaması denenmiştir. Yığının olduğu bölgeye yapılan uygulamada 150 m³ malzemenin kaldırılması durumunda görüş mesafesi 65 metreye çıkmaktadır. Yine bu kavşak için de hızlı ivmelenme riski bulunduğundan kasis konulması zorunludur.

Kavşak 26 ve 27’de görüş mesafesi oldukça büyüktür. Yalnızca geçiş üstünlüklerine dikkat edilmelidir. Bunun için KGM’nin yayınladığı kitapçık kaynak olarak kullanılmalı ve uygun levhalar konulmalıdır.



BÖLÜM ÜÇ

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Maden işletme sahalarında her tür araç hareketi, kullanılan araçların büyüklüğü ve insanların çalışmakta oldukları ortamdan dolayı önemli risk teşkil etmektedir. Bu sahalarda işçilere risk oluşturabilecek çeşitli araç faaliyetleri bulunmaktadır. Madencilik operasyonu içerisindeki trafik yönetimi hususunda; her yolun tasarımı, düzenlenmesi, inşaatı ve bakımı konusunda yönerge ve kurallarda belirtilenlerle ilgili olarak yeterli değerlendirmeler yapılmalıdır. İşletme sahasında iş makineleri kaynaklı yoğun trafiğin oluşturduğu tehlikelerin tanımlanması ve bu tehlikelerin kazaya sebep olmaması için alınması gereken önlemlerin araştırılması gerekmektedir. Tehlikeli alanlarda gerçekleşen iş esnasında; araçların güvenli hızları, mesafeleri ve manevralar için gerekli alanın korunması, güvenilir ve uygun eğitim almış sürücü prosedürlerinin geliştirilmesi ve uygun araçların seçimi ve bakımı işinin gereğince yapılmasının hayati önem arz ettiği çok açıktır.

İscehisar mermer sahasında yukarıda ayrıntıları ile bahsedilen formül ve simülasyon algoritmaları kullanılmış ve trafik düzenlemesi yapılmıştır. Buna göre ilgili kavşaklarda, trafik levha standartları verilen objeler bu kavşaklarda kullanılmalı ve sürücülerin dikkatli olunması sağlanmalıdır. Ayrıca gerekli yerlere kasisler ve arazi modifikasyonlarının gerçekleştirilmesi lazımdır. Bu anlamda Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı levha kuralları dikkate alınmalıdır. Sürücülerin hayati derecede dikkatsiz ve umursamaz davranışları mevcut ise arazinin belirli noktalarına hız radarları konulmalı veya araçlara gps sistemi konularak hız takip sistemi kullanılmalıdır. Büyük maden sahalarında kaza risklerini en aza indirmek için yüksek tonajlı araçlar için otonom sürüş sistemleri kullanılmalı ve bunların yolları normal araçlardan ayrılmalıdır. İscehisar mermer ocağı ve benzeri ocaklarda sürücülere, bölüm birde bahsedilen;

- Operasyonel alanlara erişim sağlanması gereken yükleniciler ile ziyaret eden sürücüler

- Yayaların ayrı tutulması
- Elektrik hatları ve diğer havadan geçen yapılar
- Gözcüler
- Takip mesafeleri
- Fren mesafeleri
- Park etme
- Araçların yüklenmesi ve yükleme alanları
- Yükleme operasyonları
- Off-road araçlar
- Trafik işaret ve anlamları

İle ilgili bilgilendirmeler ve profesyonel eğitimler verilmelidir. Bu eğitimlerin denetçisi olarak saha içerisindeki mühendisler aktif roller verilmeli gerekirse ayrıca İsg profesyonellerinden destek alınmalıdır. Ceza ödül sistemi devreye alınıp işçi ve sürücülerin motivasyonu artırılmalıdır. Yapılacak düzenlemelerde birinci öncelik olarak can ve mal kaybını önlemeye verilmelidir.

KAYNAKLAR

- AASHOTO. (2019). *Highway safety manual*. 22 Temmuz 2019, <http://www.highwaysafetymanual.org/Pages/default.aspx>.
- Adnan A. Hnaif, N. A.-M. (2019). *An intelligent road traffic management system*. Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology (51-89). Amman: AL Zaytoonah University.
- Ashton, W. D. (1971). *Gap-acceptance problems at a traffic intersection*. Journal of the Royal Statistical Society, (20), 130-138. 27 Temmuz 2019, <https://www.jstor.org/stable/2346461>.
- Australia, S. W. (2015). *Excavation work code of practice*. National work health and safety legislation. Sydney, Avustralya.
- Başar Kasım, M. G. (2009). *Simülasyon uygulamalarında rastlantısal sayı kullanımı*. Muharebe Simülasyonları Grup Müdürlüğü. 25 Temmuz 2019, http://usmos.metu.edu.tr/system/files/usmos2009_kitap.pdf.
- Bekhor, S., Abramson, Y., Gitelman, V., & Shefer, S. (2012). *Overview of e-safety systems and their safety aspects* (3rd b.). Kudüs, İsrail: National Road Safety Authority.
- Burak Kekeç, M. C. (2009). Simülasyon Bildiri. *Sistem algoritmaları ve analizi*. 26 Temmuz 2019, http://ceur-ws.org/Vol-1221/71_Bildiri.pdf.
- Campbell, J. L. (2012). *Human factors guidelines for road systems*. Washington: Transportation Board Limited.

Campbell, J. L. (2016). *Applying the human factors guidelines for road systems (HFG) to the road safety audit (RSA) process*. Transportation Research Board 95th Annual Meeting (95-104). Washington: Transportation Research limited.

Davis, J. W. (2006). Aggressive traffic enforcement: A simple and effective injury prevention program. *Journal of Traffic Safety*, 3, (55-63).

European Commission. (2009). *Evaluation tool for road safety campaigns*. Brüksel: Accident Research Centre.

Foundation for Traffic Safety. (2007). *Improving traffic safety culture in the United States*. Washington, A.B.D.: Foundation for Traffic Safety Publications.

Garber, N., ve Hoel, L. A. (2009). *Traffic & highway engineering* (Cilt 4. baskı). Virginia, A.B.D: Cengage Learning.

J. Cros, ve Rellier. (2014). *Methods, algorithms, and software. handbook of agricultural engineering* (A. K. Yıldız, Çev., s. 109-124). Michigan, A.B.D: ASABE.

Karayolları Genel Müdürlüğü. (2016). *Karayolları tasarım el kitabı*. Ankara: T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.

Mining, A. (2016). *Codes of practice*. Toronto, Canada.

Özbalmumcu, M. (2015). *Fotogrametrik yöntemle topoğrafik vektör harita üretimi*. 22 Temmuz 2019, <http://www.tufuab.org.tr/images/dergi/makaleler/f334fd0f4700b83.pdf>.

Tan, R. K., & Bora, Ş. (2017). Modelleme ve benzetim ortamında parametre optimizasyonu ve kullanılan teknikler. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 685-697.

S. M. Odeh, A. M. (2015). *A hybrid fuzzy genetic algorithm for an adaptive traffic signal system*. Mumbai, Hindistan: Hindawi Publishing Corporation.

Shinar, D. (2017). *Traffic safety and human behavior* (2. b.). Bingley, Birleşik Krallık: Emerald Publishing Limited.

U.S. Department of Transportation. (2014). *Strategic plan for U.S. A.B.D. Ulaştırma bakanlığı*. 28 Temmuz 2019, https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/2014-2018-strategic-plan_0.pdf.

Yeni Zelanda Hükümeti. (2015). *Quarry Essentials*. 22 Temmuz 2019, <https://mstn.govt.nz/wp-content/uploads/2017/03/nr1321395904-1.pdf>.