İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAYOLU-DEMİRYOLU GEÇİTLERİNİN PLANLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Onur DENİZ

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Ulaştırma Mühendisliği

HAZİRAN 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAYOLU-DEMİRYOLU GEÇİTLERİNİN PLANLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Onur DENİZ
(501081434)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Mayıs 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 2010

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nevzat ERSELCAN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Kemal Selçuk ÖĞÜT (İTÜ)
Doç. Dr. İsmail ŞAHİN (YTÜ)

HAZİRAN 2010

ÖNSÖZ

Son yıllarda hemzemin geçitlerde karşılaşılan güvenlikle ilgili sorunlar, birçok kurum ve kuruluşu hemzemin geçitlerin planlanması ile ilgili çalışmalar yapmaya itmiştir. Hemzemin geçitlerde alınabilecek önlemler teknolojinin ilerlemesiyle gelişiyor olsa da, maddi kaynakların sınırlı olması, hemzemin geçitlerde mali planlama yapılmasının da önemini arttırmaktadır.

Bu çalışma karayolu-demiryolu geçitlerinin planlanmasına yönelik değişik ülkelerden örnekler sunmak ve ülkemizde, hemzemin geçitten alt/üst geçit çözümüne geçiş için bir karar yöntemi önermek amacıyla yapılmıştır. Çalışmalarım boyunca, bilgi ve tecrübesiyle bana sabırla yol gösteren, bu tezi hazırlamamda büyük destek sağlayan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Nevzat ERSELCAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ankara'daki saha araştırmam sırasında bana yardım eden ve destek olan Oğuz AKÇELİK'e ve İstanbul'da bulunduğum yıllar boyunca bana ailemi aratmayan YENİDOĞAN ailesine teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmamı, hayatım boyunca, maddi, manevi hiçbir desteklerini benden esirgemeyen aileme ithaf ediyorum.

Haziran 2010

Onur DENİZ

(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
KISALTMALAR ..... **vii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **ix**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xiii**
SUMMARY ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
2. HEMZEMİN GEÇİTLERİN BİLEŞENLERİ **3**
2.1 Hemzemin Geçitlerin Karayolu Bileşenleri 3
2.1.1 Taşıt sürücüsü 3
2.1.2 Araç 4
2.1.3 Yayalar 5
2.1.4 Karayolu geometrisi ve fiziki yapısı 6
2.2 Hemzemin Geçitlerin Demiryolu Bileşenleri 6
2.2.1 Demiryolu aracı 6
3. HEMZEMİN GEÇİTLERİN TASARIM İLKELERİNE GENEL BAKIŞ **9**
3.1 ABD'de Hemzemin Geçitlerin Tasarımı 9
3.1.1 Veri toplama süreci 10
3.1.2 Tehlike eşikleri ve kaza öngörü denklemi 10
3.1.3 Mühendislik çalışması 13
3.2 Kanada'da hemzemin geçit tasarımı 17
4. HEMZEMİN GEÇİTLERİN SINIFLANDIRILMASI, GÜVENLİĞİ VE PLANLANMASI **21**
4.1 Hemzemin Geçitlerin Sınıflandırılması 21
4.1.1 ABD'de hemzemin geçitlerin sınıflandırılması 21
4.1.2 ERA'nın hemzemin geçit sınıflandırması 22
4.1.3 İngiltere'de hemzemin geçitlerin sınıflandırılması 23
4.1.3.1 Demiryolu prensipleri ve kılavuzlarının içeriği 24
4.1.4 Türkiye'de hemzemin geçitlerin sınıflandırılması 25
4.2 Hemzemin Geçitlerde Güvenlik 26
4.2.1 Trafik işaretli hemzemin geçitler 26
4.2.2 Bariyerli hemzemin geçitler 31
4.2.2.1 ABD'de bariyerli hemzemin geçitler 31
4.2.2.2 Kanada'da bariyerli hemzemin geçitler 34
4.2.2.3 Karayolu ve demiryolu trafiğinin birbirinden ayrılması 36
4.3 Hemzemin Geçitlerin Planlanması ile İlgili Çalışmalar 38
4.3.1 ABD'de hemzemin geçitlerin planlanması 38
4.3.2 Avrupa'da hemzemin geçitlerin planlanması ile ilgili çalışmalar 45
4.3.2.1 Hemzemin geçitlerdeki engelleri tespit eden düzenek 49

4.3.2.2 Trafik kurallarına uymayanları tespit eden video kameralı sistem.…50
4.3.3 Türkiye demiryolu ağında hemzemin geçit planlaması için öneriler.....50
4.3.3.1 Trafik işaretli hemzemin geçitten bariyeri hemzemin geçide geçilmesi……51
4.3.3.2 Bariyerli hemzemin geçitten al veya üst geçide geçilmesi……51
5. HEMZEMİN GEÇİTTEN ALT/ÜST GEÇİDE GEÇİLMESİ.....53
5.1 ABD'de Alt/Üst Geçit Çözümü ile İlgili Çalışmalar.....53
5.2 Hemzemin Geçit Kuyruklanma Saha Çalışması.....53
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....63
KAYNAKLAR.....65
EKLER 67

KISALTMALAR

AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
ERA : European Railway Agency
EUAB : Equivalent Uniform Annual Benefit
EUAC : Equivalent Uniform Annual Cost
FHWA : Federal Highway Administration
FIFO : First in First Out
HSIP : Highway Safety Improvement Program
İGİHG : İlk Giren İlk Hizmet Görür
MUTCD : Manual on Traffic Control Devices
NHTSA : National Highway Traffic Safety Administration
NSC : National Safety Council
PWOB : Present Worh of Benefits
PWOC : Present Worh of Costs
RSPG : Railway Safety Principles & Guidance
TCDD : Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TL : Türk Lirası
USD : United States Dollar
YOGT : Yıllık Ortalama Günlük Trafik

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Japonya'da gerçekleşen kazalar ve sebepleri. 4
Çizelge 2.2 : Avustralya'da ölümlü hemzemin geçit kazalarında sürücü hataları. 4
Çizelge 2.3 :ABD'de 2004'te hemzemin geçit kazalarına karışan araçların türleri...5
Çizelge 3.1 : Genel kaza öngörü denklemi değerleri 11
Çizelge 3.2 : Genel kaza öngörü denkleminin diğer bileşenleri 12
Çizelge 3.3 : Proje hızına göre tanımlanan A ve B konisi uzunlukları. 14
Çizelge 3.4 : Tren hızı ile geçiş görüş uzaklığı arasındaki ilişki. 17
Çizelge 3.5 : Hızlara göre sürtünme katsayıları. 18
Çizelge 4.1 : ABD'de trafik işaretli hemzemin geçitler ve sayıları. 22
Çizelge 4.2 : ABD'de bariyerli hemzemin geçitler ve sayıları. 22
Çizelge 4.3 : İngiltere'de hemzemin geçitlerin işletilmesi ile ilgili kılavuzlar. 24
Çizelge 4.4 : Türkiye'deki hemzemin geçitlerin ERA'daki karşılığı.....28
Çizelge 4.5 : TCDD ağındaki hemzemin geçitlerin bölgelere göre dağılımı 28
Çizelge 4.6 : Güvenlik faydası.....42
Çizelge 4.7 : Kaza maliyetleri.....42
Çizelge 4.8 : Maliyet planlaması yöntemlerinin karşılaştırılması.....43
Çizelge 4.9 : Yenileme maliyet/etkinlik çizelgesi.....44
Çizelge 4.10 : Başlangıç riskleri 45
Çizelge 4.11 : Araç tiplerine göre kaza risklerinin dağılımı.....46
Çizelge 4.12 : Maliyet/fayda oranları ve değerlendirilmesi 47
Çizelge 4.13 : Diğer teknoloji maliyetleri 48
Çizelge 5.1 : 02.03.2010 günü 12:00-13:00 saatlerinde yapılan sayım değerleri....57
Çizelge 5.2 : 03.03.2010 günü 16:30-17:50 saatlerinde yapılan sayım değerleri....59
Çizelge A.1 : Hemzemin geçitlerin ERA sınıflandırmasındaki karşılığı. 68

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Hemzemin geçit yapılabilmesi için izin verilen tren hızları. 7
Şekil 3.1 : Hemzemin geçitlerin geometrik olarak değerlendirilmesi. 13
Şekil 3.2 : Hat görüş uzaklığı. 15
Şekil 3.3 : Hat geçiş görüş uzaklığı. 16
Şekil 3.4 : İşaretli hemzemin geçitler için geçiş görüş uzaklığı. 19
Şekil 3.5 : İşaretsiz hemzemin geçitler için geçiş görüş uzaklığı. 20
Şekil 4.1 : ERA hemzemin geçit sınıflandırması. 23
Şekil 4.2 : İngiltere'de hemzemin geçitlerin sınıflandırılması. 25
Şekil 4.3 : ABD'de hemzemin geçitlerde kullanılan trafik işaretleri. 27
Şekil 4.4 : Çapraz hemzemin geçit işareti 28
Şekil 4.5 : Karayolu kaplamasında uyarı işaretleri. 29
Şekil 4.6 : Maliyet – hizmet düzeyi grafiği. 52
Şekil 5.1 : Hemzemin geçidin uydudan çekilmiş görüntüsü. 54

KARAYOLU – DEMİRYOLU GEÇİTLERİNİN PLANLANMASI

ÖZET

TCDD demiryolu ağında 3854 tane hemzemin geçit bulunmaktadır. Bu hemzemin geçitlerin bir üst seviyedeki hemzemin geçit türüne çevrilmesi ya da hemzemin geçit fikrinin terk edilip, alt/üst geçit çözümüne geçilmesi işi çok önemli bir hemzemin geçit güvenliği problemidir. Bu problemin bütçe kısıtı altında çözümlenmesi ise bir planlama ve en iyileme sorunudur.

Bu çalışmada önce hemzemin geçitlerin güvenlik açısından genel geometrik tasarımı üzerinde durulmuş ve geniş bir şekilde hemzemin geçit güvenliği ve planlaması sorunu üzerinde çalışılmıştır. Giriş bölümünü takip eden ikinci bölümde hemzemin geçitlerin bileşenleri tanıtılmakta üçüncü bölümde ise ABD'deki ve Kanada'daki güvenlik açısından hemzemin geçit tasarımına ilişkin çalışmalar gözden geçirilmektedir. Dördüncü bölümde ABD ve Almanya'da yapılmış olan planlama çalışmalarına ilişkin örnekler incelenmiştir. Ancak TCDD ağına ilişkin bir takım sonuçlara varılabilmesi için gerekli veriler elde edilemediğinden TCDD ağı için doğrudan kullanılabilecek sonuçlara ulaşılamamıştır. Son bölümde TCDD ağı için ileride yapılabilecek kapsamlı bir planlama projesi için yararı olabilecek, alt/üst geçit karar ölçütü oluşturabilecek bir kuyruklanma saha çalışması yapılmıştır.

Sonuç değerlendirmesinde ise eldeki mevcut verilerle bariyersiz hemzemin geçit çözümünden, bariyerli hemzemin geçide geçişe karar vermeyi sağlayacak bir çözüm önerisi getirmenin olanaklı olmadığına değinilmiştir. Almanya ve ABD'de yapılmış olan çalışmalardan yararlanılıp, eldeki veriler de geliştirilerek, hemzemin geçitten, alt/üst geçit çözümüne geçiş için yapılacak çalışmalarda faydalı olabilecek bir çözümün olabileceği belirtilmiştir.

PLANNING OF HIGHWAY – RAILROAD CROSSINGS

SUMMARY

There are 3854 level crossings in TCDD network. Turning a level crossing to a level crossing which is an upper level level crossing or deciding overpas/underpass instead of level crossings, is a level crossing safety problem.

In this work, first, general geometric design of level crossings on safety perspective and planning and safety of level crossings are discussed. In the second chapter which follows the introduction chapter, components of level crossings are introduced, in the third chapter level crossing design studies from USA and Canada are analysed. In the fourth chapter the planning studies from USA and Germany are evaluated. But the data which are necessary for reaching some conclusions for TCDD network couldn't be obtained, so that, a general result which can be directly used for TCDD network, couldn't be reached. In the last chapter, queueing field work, which can be useful for possible further planning projects in TCDD network, is done.

In evaluation of results, it is mentioned that, it is unable to provide a solution for switching decision from a level crossing without barrier to a level crossing with barrier with datas present. It is also indicated that, by analysing the studies from USA and Germany and obtaining the data needed, it is possible to provide a solution for choosing overpass/underpass in order to a level crossing.

1. GİRİŞ

Hemzemin geçitlerin tasarımı ve planlanması son yıllarda birçok ülke demiryollarında oldukça önem kazanmış bir konudur. Hemzemin geçitlerde yeterli güvenliğin sağlanabilmesi adına yapılan çalışmalar, hemzemin geçitlerde gerçekleşen kazaları azaltmayı, insan kaybı ve yol hasarını azaltmayı amaçlamaktadır. Bunun yanında hemzemin geçitlerin verimli işletilebilmesi de bir yandan fayda maliyet analizini gerektirmektedir. En uygun hizmet düzeyindeki hemzemin geçidi en uygun maliyetle uygulamak uluslararası bir problem haline gelmektedir. Dünyada demiryollarında en gelişmiş olan ülkeler de, gelişmekte olan ülkeler de, hemzemin geçitlerin işletilmesi ile ilgili çeşitli problemler yaşamaktadır. Bunun sebeplerinden biri de hemzemin geçidi uygun hizmet düzeyinde uygun donanımla işletmemektir. Bunun yanı sıra güvenlik açısından kusursuz görünen, oldukça düşük kaza, yaralanma, ölüm ve hasarın gerçekleştiği hemzemin geçitlerin bazılarının mali açıdan oldukça başarısız bir işletmeye sahip oldukları görülmektedir. Hem uygun güvenlik derecesinde hem de uygun bir maliyetle işletilen hemzemin geçitler ancak, tasarım ve planlama da dahil olmak üzere, hemzemin geçit dinamiklerinin iyi anlaşılması ile sağlanabilir.

Bu çalışmasında önce genel hatlarıyla hemzemin geçitlerin tasarım ilkeleri üzerinde durulmuş ABD ve Kanada'da bu konu hakkında yapılan çalışmalardan örnekler verilmiştir. Hemzemin geçitlerin istenen verimle işletilmesinin ilk şartının uygun tasarım olduğu gösterilmiştir. Uygun biçimde tasarlanmamış bir hemzemin geçitten beklenen verimi almak oldukça güçtür. Daha sonra hemzemin geçitlerin sınıflandırılması anlatılmış, Türkiye, ABD ve Avrupa'dan sınıflandırmaya ilişkin örnekler verilmiştir. Sınıflandırma ile ilgili son yıllarda özellikle Avrupa'da yapılan standartlaşmaya yönelik çalışmalar, hemzemin geçitler konusundaki uluslararası bilgi ve tecrübe alışverişini arttırmıştır. Çalışmanın son kısmında ise mevcut hemzemin geçitlerin güvenliği ve mali planlaması hakkında bilgiler verilmiştir.

2. HEMZEMİN GEÇİTLERİN BİLEŞENLERİ

Hemzemin geçit, en basit haliyle, karayolu ve demiryolunun eş düzeyde kesişmesi olarak tanımlanabilir. Bu bakımdan hemzemin geçitlerin dinamiklerinin anlaşılabilmesi için, hemzemin geçitlerin hem karayolu hem de demiryolu bileşenlerinin iyice incelenmesi gerekmektedir.

2.1 Hemzemin Geçitlerin Karayolu Bileşenleri

Hemzemin geçitlerin karayolu açısından başlıca bileşenleri, taşıt sürücüsü, araç, yayalar, karayolu geometrisi ve fiziksel yapısıdır.

2.1.1 Taşıt sürücüsü

Normal bir hızla giden bir trenin fren uzunluğunun karayolu aracının fren uzunluğundan daha uzun olduğu ve demiryolu aracının durdurduktan sonra yeniden eski hızına kavuşturmak için harcanacak enerjinin büyük olduğu göz önüne alındığında, hemzemin geçitlerde beklemesi gereken trafiğin karayolu trafiği olduğu açıktır. Bu nedenle karayolu aracı sürücüsü hemzemin geçide yaklaşırken hızını düşürmek, işaret ve kurallara uymakla sorumludur [1]. Kurallara uyulmadığı takdirde ciddi kazalar oluşabilmektedir. Her ülkede sürücü davranışları farklı olduğundan, her ülkede hemzemin geçitleri tasarlayan mühendisler kendi sürücülerinin davranış özelliklerini iyi bilmelidir. Japonya Ulaştırma Bakanlığı'nın 1998 yılında yayınlamış olduğu istatistikler Çizelge 2.1'de gösterilmiştir. Çizelge 2.1'e göre Japonya'da 1998 yılında gerçekleşen kazaların büyük çoğunluğunun sebebi sürücü hatasıdır.

Araç sürücülerinin hemzemin geçit kurallarına uymamasının sebepleri ise çeşitlidir. Avustralya Ulaşım Güvenliği Bürosu'nun 1998-1999 yılları için hazırladığı yıllık raporda bu sebepler ortaya konmuştur. Çizelge 2.2 sürücü hatası nedeniyle gerçekleşen hemzemin geçit kazalarının bütün hemzemin geçit kazaları içindeki yüzdesini göstermektedir.

Çizelge 2.1 : Japonya'da gerçekleşen kazalar ve sebepleri [2]

Kaza Sebebi	Kaza sayısı	Yüzde
Trenle Aynı Zamanda Geçiş	295	61,8
Hat içinde kalan karayolu aracı	89	18,7
Hemzemin geçidin bekleme sınırlarının dışında bekleyen araçlar	63	13,2
Diğer Sebepler	30	6,3

Çizelge 2.2 : Avustralya'da ölümlü hemzemin geçit kazalarında sürücü hataları [3]

Sebep	Yüzde
Kötü hava ve yol koşulları	13
Alkol ve uyuşturucu	9
Yorgunluk	3
Kasıtsız Hata	46
Aşırı Hız	7
Diğer Risk Alma Durumları	3
Toplam	81

Çizelge 2.2'den de görüldüğü üzere Avustralya'da 1998-1999 yılları arasında olan ölümlü hemzemin geçit kazalarının %81'inde sürücü hataları önemli rol oynamaktadır. Bu sürücü hatalarının çeşitlerinin araştırılması ve doğru tespit edilmesiyle, hemzemin geçitlerin tasarımlarının iyileştirilmesi mümkün olmakta, böylelikle hemzemin geçitlerde ortaya çıkan kazalar azaltılabilmektedir.

2.1.2 Araç

Hemzemin geçitlerin karayolu bileşenlerinden bir diğeri de karayolu araçlarıdır. Hemzemin geçitler tasarlanırken bu hemzemin geçidi kullanacak olan karayolu araçlarının türü de dikkate alınmalıdır. Hemzemin geçitlerin bulunduğu bölgelere göre, o hemzemin geçidi kullanan araç türleri de değişmektedir. Sözgelimi, endüstriyel tesislere yakın bölgelerde, yanıcı veya tehlikeli madde taşıyan kamyon

sayısı diğer bölgelere göre artmaktadır. Okula yakın bölgelerde okul servisi sayısı, tarımsal araziye yakın bölümlerde ise traktör vb. tarım araçlarının sayısı artmaktadır. ABD'de 2007 yılında yayınlanan Karayolu-Demiryolu Hemzemin Geçitleri El Kitabı'nda yer alan araştırmada, hemzemin geçit kazalarına karışan karayolu araç türlerinin oranları, Çizelge 2.3'te görülmektedir.

Çizelge 2.3 : ABD'de 2004'te hemzemin geçit kazalarına karışan araçların türleri [4]

Bütün Kazalar					
	Otomobil	Otobüs	Kamyon	Motorsiklet	Toplam
Sayı	1828	7	587	9	2431
Yüzde	7519	0,29	24,15	0,37	100
Ölümlü Kazalar					
	Otomobil	Otobüs	Kamyon	Motorsiklet	Toplam
Sayı	204	0	35	2	241
Yüzde	84,65	0	14,52	0,83	100
Yaralanmalar					
	Otomobil	Otobüs	Kamyon	Motorsiklet	Toplam
Sayı	648	7	25	5	885
Yüzde	73,22	0,79	25,42	0,57	100

Hemzemin geçitlerdeki kazalara karışan araçların bilinmesi, hemzemin geçitlerin tasarımını etkilemektedir. Okul taşıtlarının veya tehlikeli madde taşıyan araçların sık geçtiği bölgeler diğer bölgelerden daha üst düzeyde güvenlikle tasarlanmalıdır.

Bunun yanında ağır vasıtalar daha rahat durabilmeleri için küçük araçlardan daha erken uyarılmalıdır. Ayrıca fren uzunluğu kadar hızlanma uzunluğu da hemzemin geçidin tasarımını etkilemektedir.

AASHTO *(*American Association of State Highway and Transportation Officials)'da hemzemin geçit tasarımında göz önünde bulundurulması için 20 araç tipi belirlenmiştir, bu araç tipleri de hemzemin geçitlerin geometrik tasarımında oldukça önemli bir yer tutmaktadır.

2.1.3 Yayalar

2004 yılında ABD'de gerçekleşen hemzemin geçit kazalarının %3,6'sına yayalar karışmıştır ve bu kazaların büyük çoğunluğu da ölümle sonuçlanmıştır [5].

Yayaların yapacağı hatalara karşı hemzemin geçitler çok iyi tasarlanmalı, bunun için de yaya davranışları iyi bilinmeli. Çünkü yayalar önlerindeki bariyerler kapalı olduğu halde yola tren yoluna çıkabilmektedirler [5].

Yayaların davranışları ülkeden ülkeye göre değişse de, genelde tren yolları gençlerin ilgisini çekmekte bu nedenle sıkça buralarda gençlerin başına kazalar gelmektedir.

2.1.4 Karayolu geometrisi ve fiziki yapısı

Hemzemin geçitlerdeki en önemli karayolu bileşeni, karayolunun kendisidir. Karayolunun geometrik özellikleri duruş görüş ve geçiş görüş uzaklığını etkilemektedir. Bunun yanında karayolunun kaplandığı malzeme, yakınlarda başka bir hemzemin geçidin bulunması, karayolunun ışıklandırması, karayolunun trafik hacmi de hemzemin geçidin planlanması açısından önemlidir.

2.2 Hemzemin Geçitlerin Demiryolu Bileşenleri

Hemzemin geçitlerin demiryolu bileşeni olarak demiryolu araçları göz önüne alınmıştır.

2.2.1 Demiryolu aracı

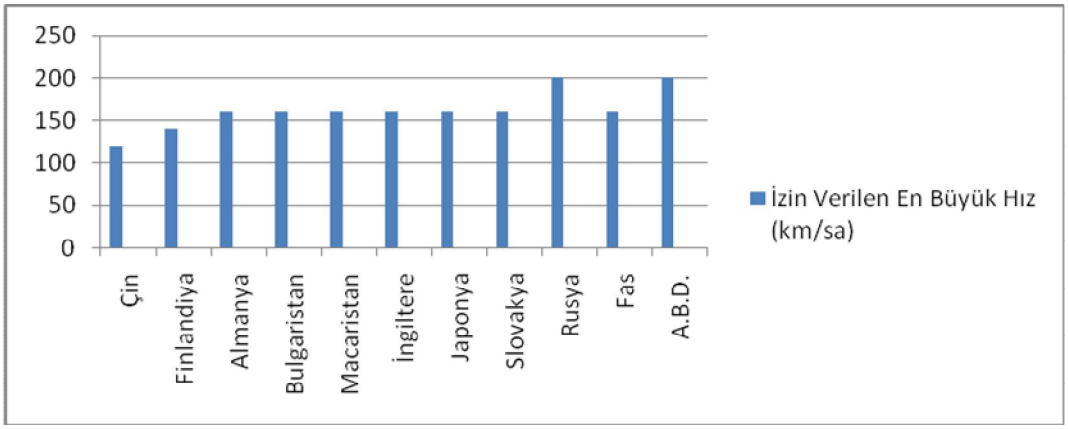
Hemzemin geçitlerin demiryolu açısından en önemli bileşeni trenlerdir. Trenlerin taşıdıkları yük türü, uzunlukları ve hızları gibi etkenler hemzemin geçidin tasarımında en önemli etkenlerdendir.

Trenlerin taşıdıkları yük türü, hemzemin geçitte gerçekleşebilecek kazanın şiddetini doğrudan etkileyeceğinden, hemzemin geçidi tasarlayan mühendislerin göz önünde bulundurulması gereken bir özelliktir. Tehlikeli madde taşıyan bir trenin kentsel alandaki bir hemzemin geçitten geçişi söz konusu olduğunda, diğer trenlere göre daha fazla güvenlik önlemi alınmalıdır.

Trenlerin uzunlukları, hemzemin geçitlerin karayolu trafiğine kapanma süresini etkileyeceğinden, hemzemin geçidi tasarlayan mühendisler tarafından göz önünde bulundurulmalıdır. Uzun trenlerin geçişi sırasında hemzemin geçidin karayolu kullanıcıları için açılmasını bekleyen karayolu sürücüleri zaman zaman sabırsız davranıp kurallara uymayabilmekte, hatta bazı durumlarda beklemeyi göze

almadıkları için hemzemin geçit kapalı olmasına karşın trenden önce kapalı hemzemin geçitten geçmeye çalışmaktadırlar. Bu tür davranışlar da göz önüne alınarak hemzemin geçidin tasarımı yapılmalıdır.

Trenlerin hızları da hemzemin geçidin tasarımını yapan mühendislerin göz önünde bulundurması gereken bir başka önemli özelliktir. Bazı ülkelerde hemzemin geçit yapılabilmesi için izin verilen en büyük tren hızları Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Hemzemin geçit yapılabilmesi için izin verilen tren hızları [6-7]

Şekil 2.1'den de açıkça görüldüğü üzere hemzemin geçidi kullanan trenlerin hızları hemzemin geçit tasarımını etkilemektedir. Rusya ve ABD'de hemzemin geçit için izin verilecek en büyük tren hızı olarak 200 km/sa iken, Çin'de 120 km/sa'dir.

3. HEMZEMİN GEÇİTLERİN TASARIM İLKELERİNE GENEL BAKIŞ

Hemzemin geçitlerin geometrik tasarımı, hemzemin geçitlerin etkin bir şekilde işletilebilmesini sağlayan en önemli etkenlerdendir. ABD ve Kanada bu amaçla çeşitli standartlar ve kılavuzlar hazırlamışlardır. Bu bölümde önce ABD'de daha sonra da Kanada'da hemzemin tasarımına ilişkin yapılmış çalışmalar özetlenmiştir.

3.1 ABD'de Hemzemin Geçitlerin Tasarımı

ABD'de hemzemin geçitlerin tasarımı ile ilgili standartlar ve çalışmalar Federal Highway Administration (FHWA) tarafından yayınlanmış olan Demiryolu- Karayolu Hemzemin Geçit El Kitabı (Railroad–Highway Grade Crossing Handbook) isimli çalışmada yer almaktadır. Bu kitaptaki çalışmalar değişik kuruluşların ortak çalışmasıdır [5].

ABD'de FHWA her eyaletten kendi 3 aşamalı (planlama, uygulama, değerlendirme) bir karayolu güvenliğini iyileştirme programını (Highway Safety Improvement Program-HSIP) geliştirmelerini beklemektedir ve demiryolu-karayolu hemzemin geçitleri de bunun içinde yer almaktadır [5]. Bu programın aşamaları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Karayolu ve demiryolu trafik verileri, hemzemin geçit verileri, kaza istatistiklerinin toplanması süreci.
- Önceki kaza tecrübelerine dayanarak, tehlikeli olarak tanımlanmış olan karayollarının, karayolu kesimlerinin, karayolu bileşenlerinin yerlerinin tanımlanması için eldeki verilerin analiz edilmesi süreci.
- Karayolunun güvenliğinin geliştirilmesi için tehlikeli karayolları, karayolu kesimi ve karayolu elemanları için mühendislik çalışmalarının yürütülmesi süreci.
- Karayolunun güvenliğinin arttırılması için önceliklerin belirlenmesi.

3.1.1 Veri toplanması süreci

FHWA bu süreci sorunlu bölgelerin tanımlanabilmesi için sistemli bir şekilde veri toplama olarak tanımlamaktadır ve bu süreçte iki tür veriye ihtiyaç duyulmaktadır [5].

1)Envanter Verisi: Hemzemin geçidin yeri, karayolu ve demiryolu tren trafiğinin hacimleri, hemzemin geçidin elemanları

2)Her bir hemzemin geçit için kaza verileri

3.1.2 Tehlike eşikleri ve kaza öngörü denklemi

Bir demiryolu ağında mevcut olan hemzemin geçitlerin değerlendirilmesi işlemi oldukça önemlidir. Hangi hemzemin geçitlerin ne gibi sorunları olduğu ve nasıl geliştirilmesi gerektiği toplanan veriler aracı ile bulunabilir. Fakat maddi kaynağın sınırsız olmadığı da göz önünde bulundurulmalı ve bir öncelik sıralaması yapılmalıdır (en iyileme). Hangi hemzemin geçitlerde öncelikli olarak iyileştirilme yapılacağı bu öncelik sırası ile belirlenebilir. Bu amaçla FHWA, tehlike indisi ve kaza öngörü denklemini geliştirmiştir. Bu öncelik listesinin hazırlanması için FHWA'nın dikkat ettiği özellikler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Kazaların sayısı ve şiddetindeki olası azalma miktarı.
- Projenin maliyeti ve mevcut kaynaklar.
- Tehlike denkleminin yardımıyla mevcut hemzemin geçitlerin tehlike durumları.
- Hemzemin geçitlerin arazide incelenmesi.
- Okul servisi, yolcu treni, yaya, bisiklet, yolcu otobüslerinin hemzemin geçidi kullanma sıklığına göre hemzemin geçidi kullanan insan sayısının fazla olma olasılığı [5].

Tehlike indisi olarak ABD'de "New Hampshire" tehlike indisi kullanılmaktadır. New Hampshire tehlike indisi yardımıyla hemzemin geçitler arasında bilgisayar tabanlı bir sıralama yapılabilmektedir. Sıralamayı etkileyen etkenler değiştiğinde, bilgisayara girilmiş olan veriler de değiştirilir, bu şekilde sıralamadaki değişiklikler anında görülmektedir.

Kaza öngörü modeli ise, belirli bir hemzemin geçitte belirli bir zaman aralığında kaza olma olasılığını anlayabilmek için kullanılmaktadır. Kaza öngörü hesabını yapmakta kullanılan denklemin genel hali aşağıda görülmektedir [5].

$$a = K \; x \; EI \; x \; MT \; x \; DT \; x \; HP \; x \; MS \; x \; HT \; x \; HL \qquad \textbf{(3.1)}$$

a :hemzemin geçitteki yıllık kaza sayısı

K : Denklem sabiti

EI : Karayolu ve demiryolu trafiğinin çarpımı sonucu elde edilen hemzemin geçidin trafiğe maruz kalma etkisi

MT : Ana hat trenlerinin sayısının etkisi

DT : Gündüz doğrudan geçen trenlerin sayısının etkisi

HP : Karayolu kaplamasının olup olmamasının etkisi (evet veya hayır)

MS : En yüksek hızın etkisi

HT : Karayolu tipinin etkisi

HL : Karayolu şerit sayısının etkisi

Pasif, Flaşörlü ve Kaplı/bariyerli olarak sınıflandırılmış olup her bir hemzemin geçit türü için ayrı ayrı denklemler ve katsayılar kullanılmaktadır. Genel kaza öngörü denkleminin bileşenlerinin değerleri Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de görülmektedir.

Çizelge 3.1 : Genel kaza öngörü denklemi değerleri [5]

Hemzemin Geçit Türü	K	EI	MT	DT
Trafik işaretli	0,002268	$\frac{c \; x \; t + 0{,}2^{0{,}3334}}{0{,}2}$	$e^{0{,}2094mt}$	$\frac{d + 0{,}2^{0{,}1116}}{0{,}2}$
Flaşörlü	0,003646	$\frac{c \; x \; t + 0{,}2^{0{,}2968}}{0{,}2}$	$e^{0{,}1088mt}$	$\frac{d + 0{,}2^{0{,}0470}}{0{,}2}$
Kapılı Bariyerli	0,001088	$\frac{c \; x \; t + 0{,}2^{0{,}3116}}{0{,}2}$	$e^{0{,}2912mt}$	1,0

Çizelge 3.2 : Genel kaza öngörü denkleminin diğer bileşenleri [5]

Hemzemin Geçit Türü	HP	MS	HT	HL
Trafik işaretli	$e^{-0,6160(hp-1)}$	$e^{0,077ms}$	$e^{-0,1(ht-1)}$	1,0
Flaşörlü	1,0	1,0	1,0	$e^{0,1380\,(hl-1)}$
Kapılı Bariyerli	1,0	1,0	1,0	$e^{0,1036\,(hl-1)}$

c: yıllık ortalama günlük karayolu trafiği (iki yönde)

t: günlük ortalama tren hareketi

mt: anahat trenlerinin sayısı

d: gündüz geçen ekspres trenlerin sayısının günlük ortalaması

hp: karayolunun kaplamasının olup olmaması (kaplamalı=1 kaplamasız=0)

ms: ağdaki en büyük hız

ht: karayolu tipi etkisi

hl: karayolu şerit sayısı

Kaza öngörü denklemi aşağıdaki şekilde de görülebilmektedir [5] :

$$B = \frac{T_0}{T_0+T}(a) + \frac{T_0}{T_0+T}\left(\frac{N}{T}\right) \qquad \textbf{(3.2)}$$

Bu denklemde;

B: ikinci kaza öngörüsü

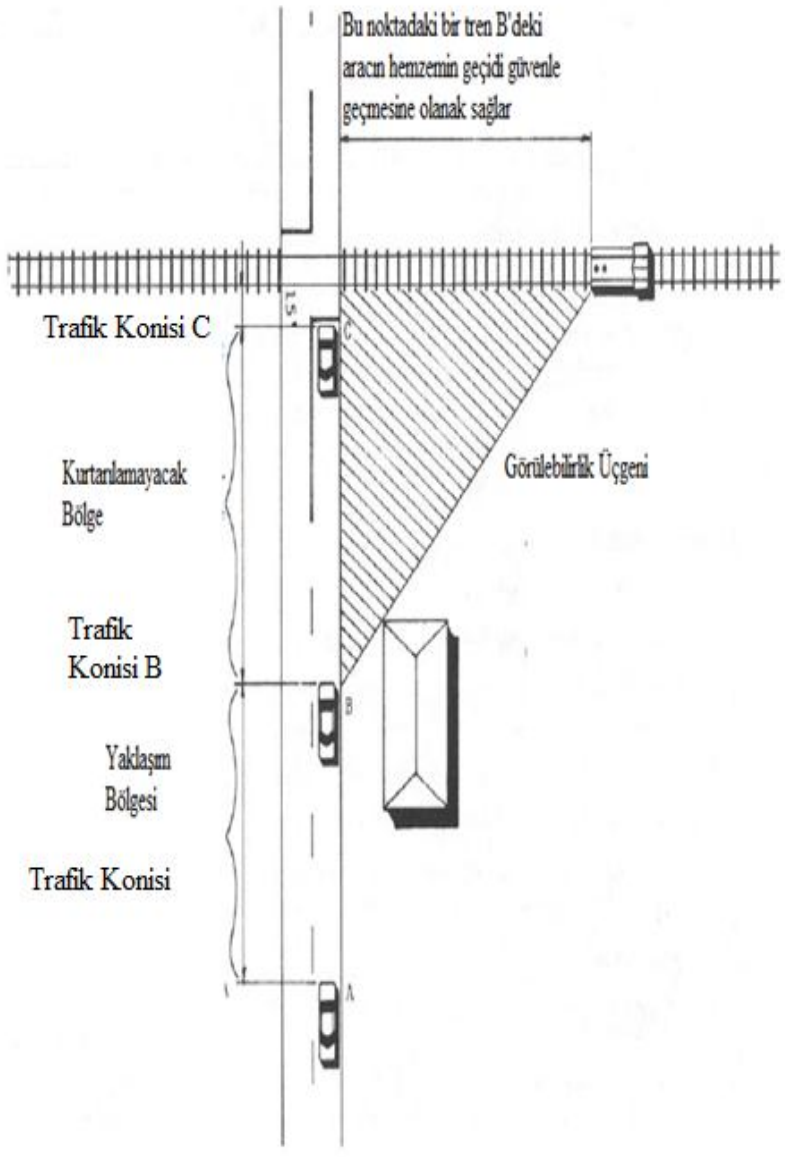
a : hemzemin geçitteki yıllık kaza sayısı

$\frac{N}{T}$: kaza tarihçesi öngörüsü, yıllık kaza sayısı, N, T yıl boyunca gözlenmiş kaza sayısıdır.

Bölüm 3.1.2'de verilen bilgiler yalnızca kaza istatistiklerini değerlendiren bilgiler olup, karar verme sürecinde başvurulan bilgilerden birini oluşturmaktadır. Karar vermede etkili olan diğer önemli bilgiler ise, karayolu ve demiryolu trafik değerleri, karayolunu ve demiryolunu kullanan araçların türleridir.

3.1.3 Mühendislik çalışması

ABD'deki hemzemin geçit planlama aşamalarından üçüncüsü mühendislik çalışmasıdır. Bu aşamada yeni hemzemin geçit yapılırken, geometrik standartlara uygun olması sağlanır, mevcut hemzemin geçitlerin de zamanla değişen geometrik şartlardan ne derece etkilendiği incelenir [5]. Şekil 3.1 hemzemin geçitlerin geometrik standartlara uygunluğunu kontrol etmede kullanılan yöntemi göstermektedir.



Şekil 3.1 : Hemzemin geçitlerin geometrik olarak değerlendirilmesi [5]

Şekil 3.1'de de ABD'deki tipik bir hemzemin geçit görülmektedir. Şekil 3.1'de görünen hemzemin geçit üzerinden geometrik tasarımla ilgili önemli noktaları açıklamak mümkündür.

- Güvenli duruş uzaklığı

B konisi karayolu sürücüsünün yaklaşmakta olan treni fark edip, güvenli bir duruş gerçekleştirebileceği son noktaya konmuştur. Bu koni tam olarak kurtarılamayacak bölge (güvenli duruşun sağlanamayacağı bölge)'nin sonu ile yaklaşım noktansın sonuna konmuştur [5].

- Duruş çizgisi

C konisi duruş çizgisinin sonuna konmuştur. Bu da en yakın raydan 4,6 m uzakta ya da eğer bariyer varsa bariyerden 2,4 m uzakta demektir [5]. Proje hızlarına göre A ve B konilerinin uzunlukları Çizelge 3.3'te görülmektedir.

Çizelge 3.3: Proje hızına göre tanımlanan A ve B konisi uzunlukları [8]

Proje Hızı (Karayolu) (km/sa)	Durma Noktası ile A arası Uzaklık (m)	Durma Noktası ile B arası Uzaklık (m)
48,2	149,8	67,0
64,3	210,3	100,5
80,5	277,4	141,7
88,5	314,0	163,0
96,5	350,5	186,0
112 ,0	429,8	237,7

Bunun dışında Karayolu-Demiryolu Hemzemin Geçitleri El Kitabı'nda çeşitli görüş uzaklıkları ve görüş üçgenleri tanımlanmıştır. Şekil 3.2 hemzemin geçide yaklaşmakta olan bir karayolu aracının sürücüsü için çeşitli görüş üçgenlerini göstermektedir.

Şekil 3.2'de d_T ile gösterilen ve hat görüş uzaklığı olarak tanımlanan değer trenin hemzemin geçide olan uzaklığıdır ve hemzemin geçitlerin tasarlanmasında önemli rol oynamaktadır.

Bu değer (3.3) nolu denklemle SI birim sisteminde hesaplanabilir [5].

$$d_T = \frac{V_T}{V_v}(A)V_v t + \frac{BV_v^2}{a} + 2D + L + W \qquad \textbf{(3.3)}$$

Denklemde;

d_T: Karayolu aracın hemzemin geçidi, trenin gelişinden önce geçip uzaklaşabileceği, hat görüş uzaklığı (m)

A: denklem sabiti: 0,278

B: denklem sabiti: 0,039

V_y: Karayolu aracı hızı (km/sa)

V_T: Hattaki en yüksek tren hızı (km/sa)

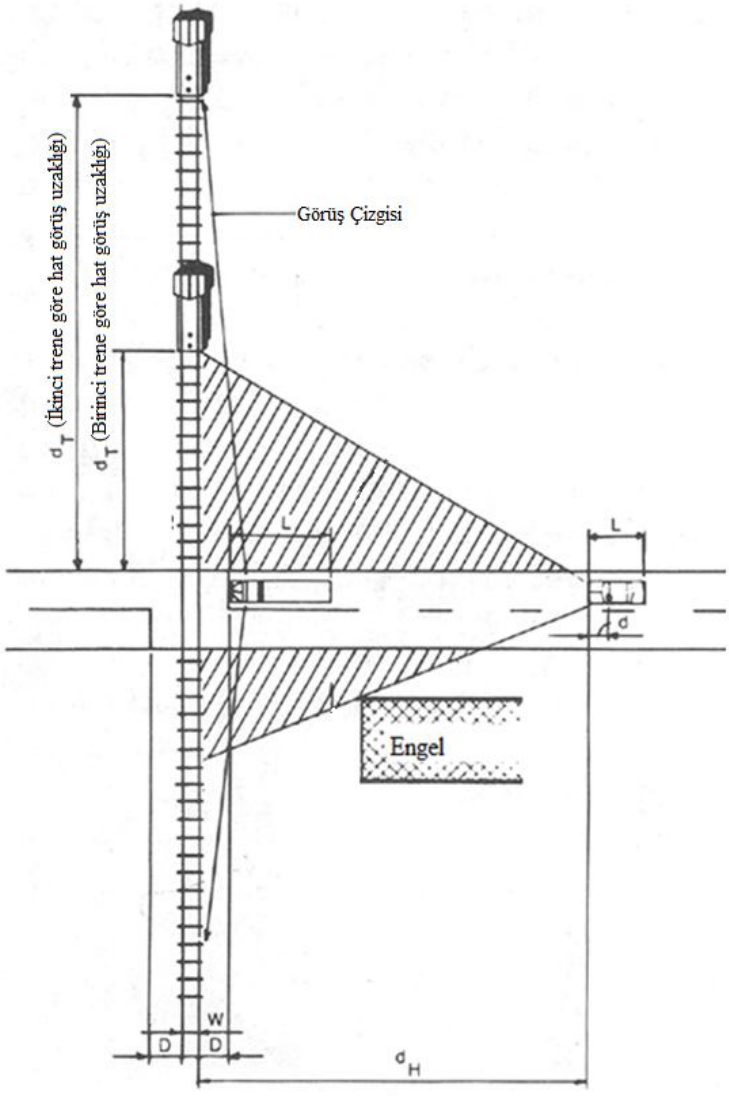
T: algılama-reaksiyon zamanı, 2,5 sn olarak alınır

a: karayolu aracının yavaşlama ivmesi, 3,4m/sn^2 olarak alınır

D: dur çizgisi veya en yakın ray ile karayolu aracı arasındaki uzaklık, 4,5 m olarak alınır

L: araç boyu, 20 m alınır

W: raylar arasındaki dıştan dışa uzaklık, 1.5 m olarak alınır.



Şekil 3.2 : Hat görüş uzaklığı [5]

- Hat geçiş görüş uzaklığı

Hemzemin geçit tasarımını etkileyen diğer bir önemli etken de hat geçiş görüş uzaklığıdır. Karayolu aracı hemzemin geçitte durduğunda, sürücünün demiryolu hattının iki tarafını da görüp, yaklaşan trenin hızına göre karşıya geçip geçemeyeceğine karar vermesi gerekir. Sürücünün hızlanıp tamamen karşıya geçiş yapabilmesi için yeterli zaman tanıyacak bir görüş uzaklığına sahip olması gerekmektedir. Bu uzaklık hat geçiş görüş olarak adlandırılmaktadır. Hat geçiş görüş uzaklığı Şekil 3.3'te yer almaktadır [5].

Hat geçiş görüş uzaklığı SI birim sisteminde (3.4) nolu denklemle hesaplanır [5].

$$d_{hT} = 0.28V_T\left(\frac{V_G}{a_1} + \frac{L+2D+W-d_a}{V_G} + J\right) \quad \textbf{(3.4)}$$

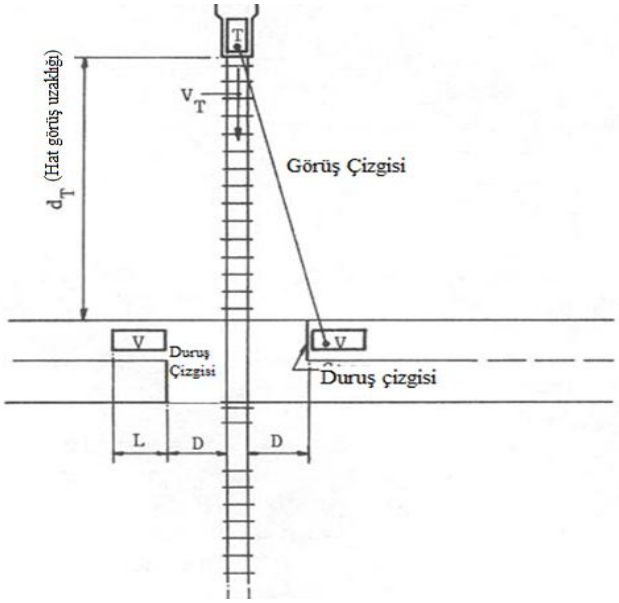
V_G: 1. viteste kalkış sırasında karayolu aracının en büyük hızı, 2,7 m/sn olarak kabul edilir

a_1: 1. viteste karayolu aracının ivmesi, 0,45 m/sn^2 kabul edilir

J: algılama zamanı ve debriyaja basma süresinin (ya da otomatik vitesin devreye girme süresinin) toplamı, 2 sn olarak kabul edilir.

d_a: 1. viteste karayolu aracı en büyük hıza ulaşmaya çalışırken aldığı yol;

$$d_a = \frac{V_G^2}{2a_1} = \frac{2{,}7^2}{2(0{,}45)} = 8{,}1\ m$$



Şekil 3.3 : Hat geçiş görüş uzaklığı [9]

Hat geçiş görüş uzaklığı olarak adlandırılan bu uzaklığın, değişik karayolu araçları için tren hızına göre değişimini bir çizelgeyle ortaya koymuştur [8]. Çizelge 3.4 bu ilişkiyi göstermektedir.

Çizelge 3.4: Tren hızı ile geçiş görüş uzaklığı arasındaki ilişki [8]

Tren Hızı (km/sa)	Araba (m)	Kamyonet (m)	Otobüs (m)	Kamyon (m)	20 Metrelik Çift Parçalı Tır (m)	Yaya (m)
16	32	56	61	69	74	55
32	63	111	122	137	148	108
40	78	138	152	171	184	134
48	95	168	182	206	221	162
64	125	223	242	273	294	215
80	157	277	303	341	367	268
96	188	334	364	408	440	323
112	218	389	425	479	512	377
128	250	445	484	546	587	430
145	281	500	546	614	660	483

3.2 Kanada'da Hemzemin Geçit Tasarımı

Hemzemin geçidin ve yaklaşım yolunun motorlu araçlar için tasarımında belirleyici olan özellikler, aracın fren, hızlanma özellikleri ve araç uzunluğunun olduğu bilinmektedir [9]. Bunun yanı sıra, ABD'deki gibi görüş uzaklıkları tanımlanmıştır. Bu görüş uzaklıklarından ilki duruş görüş uzaklığıdır. Bu uzaklık Karayolu/demiryolu Hemzemin Geçitleri Teknik Standartları ve İncelemeleri, Bakım İhtiyaçları isimli çalışmada, algılama, tepki verme ve frenleme sırasında alınan toplam uzaklık olarak tanımlanmıştır. Fren uzunluğu ise sürücünün frene bastıktan sonra aracın durana kadar aldığı yol olarak belirtilmiştir [10]. Bu uzaklık ise küçük karayolu araçları ile kamyon, otobüs gibi büyük karayolu araçları için ayrı iki denklem yardımıyla hesaplanmaktadır. Küçük karayolu için fren uzunluğu hesaplanırken yol eğimi denklemde kullanılmazken, büyük araçlar için fren uzunluğu hesaplanırken yol eğimi değeri de denklemde kullanılmaktadır. (3.5) nolu denklem yardımıyla küçük karayolu araçları için fren uzunluğu hesaplanmaktadır [10].

$$d = \frac{V^2}{2gf} = \frac{V^2}{2(9{,}81)f} \; x \; \frac{1000^2}{3600^2} = \frac{V^2}{254f} \qquad \textbf{(3.5)}$$

d: fren uzunluğu (m)

V: karayolunda izin verilen en büyük hız (km/saat)

f: tekerlek ile kaplama arasındaki sürtünme katsayısı

g: yer çekimi ivmesi (9,81m/sn^2)

(3.5)'nolu denklem fren uzuznluğunun bulunmasını sağlamaktadır. Bu değere algılama ve tepki süresi de eklendiğinde duruş görüş uzaklığı hesaplanmış olur. Denklem (3.6) duruş görüş uzaklığını vermektedir [10].

$$S = 0{,}278tV + d \qquad \textbf{(3.6)}$$

S: Duruş görüş uzaklığı

t: 2,5 sn'lik algılama ve tepki süresi

Fren uzunluğunun hesaplanışında kullanılan sürtünme katsayıları karayolundaki hıza göre ayrı değerler almaktadır. Sürtünme katsayısı ile karayolunda izin verilen en büyük hız arasındaki ilişki Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

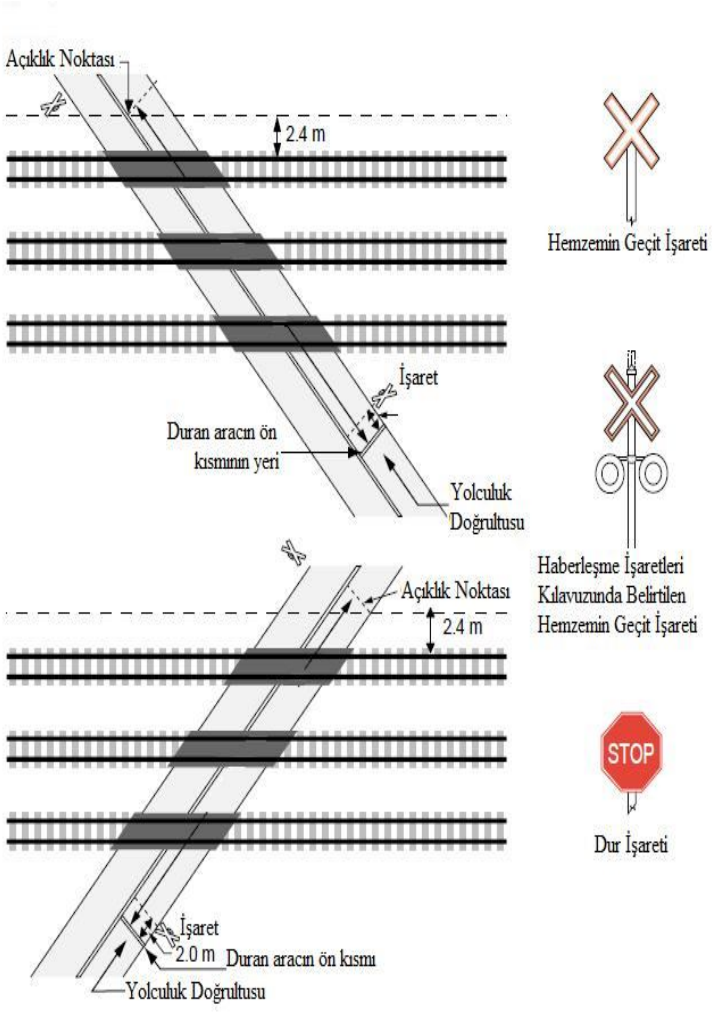
Çizelge 3.5: Hızlara göre sürtünme katsayıları [10]

Karayolunda İzin Verilen En Büyük Hız (km/sa)	Sürtünme Katsayısı (f)
30	0,40
40	0,38
47-50	0,35
55-60	0,33
63-70	0,31
70-80	0,30
77-90	0,30
85-100	0,29
91-110	0,28
98-120	0,28

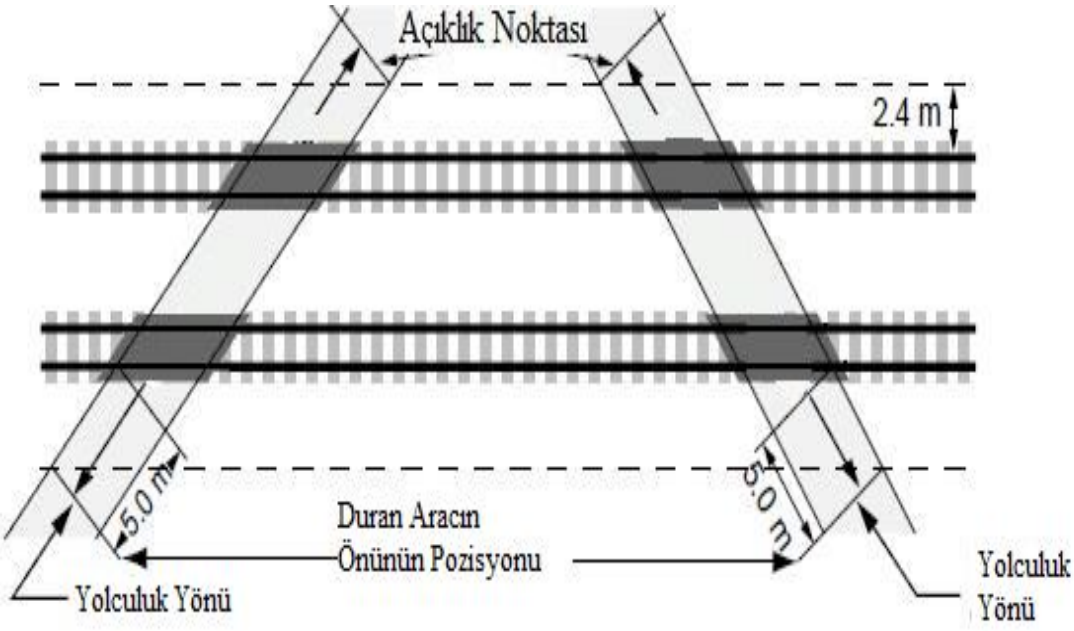
Kanada'da "Transport Canada" tarafından hemzemin geçitlerin tasarımı için dikkat edilen bir başka görüş uzaklığı da geçiş görüş uzaklığıdır. Geçiş görüş uzaklığı, demiryolundaki en yakın rayın 5 m önünde olan nokta ile demiryolundaki en uzak rayın 2,4 m gerisindeki nokta arasında kalan uzaklık olarak tanımlanmaktadır [10]. Bu uzaklığı etkileyen etken ise aşağıdaki şekildedir:

- Geçidin açısının 90° 'den büyük veya küçük olması
- Birden fazla hat bulunması
- Hatlar arasında büyük boşluklar olması
- Çapraz işaretin, dur işaretinin vb. yerleşimi

Karayolu sürücülerinden araçlarını en yakın raya 5 m kala ya da dur işaretinden, bariyer ya da kapı kolundan 2 m önce durdurmaları beklenmektedir. Normalde hemzemin geçit açısının 90° olduğu durumlarda, dur işareti vb. işaretlerle en yakın ray arasındaki dikmenin uzunluğu 3 metredir ve aracın duruş pozisyonun da en yakın raya uzaklığı 5 m. Açısı 90° büyük veya küçük olan hemzemin geçitlerde en yakın ray ile yukarıda belirtilen aygıtlar arasındaki uzaklık 3 m, duruş pozisyonundaki aracın uzaklığı da 5 metreden daha büyük olmaktadır. Şekil 3.4'te ve Şekil 3.5'te geçiş görüş uzaklıkları şematik olarak gösterilmektedir. Geçiş görüş uzaklığının hesaplanması ise (3.8) no'lu denklem ile yapılmaktadır [10].



Şekil 3.4 : İşaretli hemzemin geçitler için geçiş görüş uzaklığı [10]



Şekil 3.5 : İşaretsiz geçitler için geçiş görüş uzaklığı [10]

$$s = cd + L \quad \textbf{(3.8)}$$

S: aracın hemzemin geçidi tamamen geçmesi için alması gereken uzaklığı (m)

cd: geçiş görüş uzaklığı (m)

L: aracın uzunluğu (m)

4. HEMZEMİN GEÇİTLERİN SINIFLANDIRILMASI, GÜVENLİĞİ VE PLANLANMASI

Günümüzde hemzemin geçitlerle ilgili sıkıntıların başında güvenlik sorunu gelmektedir. Hemzemin geçitlerde birçok kaza gerçekleşmekte, bu kazalar da yaralanmalara, ölümlere ve yol hasarına yol açmaktadır. Bu bölümde geçitler güvenlik ve mali planlama yönünden incelenmiş ayrıca hemzemin geçitler sınıflandırılmıştır. Her ülke demiryolları kendine ait hemzemin geçit sınıflandırmasını kullansa da bu sınıflandırmalar birbirlerine oldukça benzerdir. Bu bölümde hemzemin geçitlerin güvenliği ve maliyet planlaması üç farklı durum için incelenecektir. Bunlar sırasıyla, trafik işaretli hemzemin geçit durumu (bariyersiz), bariyerli hemzemin geçit durumu ve karayolu trafiği ile demiryolu trafiğinin alt/üst geçitle ayrılması durumudur.

Çalışmanın 4.1 numaralı bölümünde hemzemin geçitlerin sınıflandırılması anlatılmış, 4.2'te hemzemin geçitlerde güvenlik konusuna değinilmiştir. 4.3 numaralı bölümde ise hemzemin geçitlerin planlanmasına ilişkin bilgiler vermektedir.

4.1 Hemzemin Geçitlerin Sınıflandırılması

4.1.1 ABD'de hemzemin geçitlerin sınıflandırılması

ABD'de hemzemin geçitlerin sınıflandırılmasıyla ilgili bütün çalışmalar, Karayolu-Demiryolu Hemzemin Geçit El Kitabı'nda yer almaktadır. ABD'de yer alan hemzemin geçit türleri, sayıları ve oranları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de görülmektedir. ABD'deki hemzemin geçitler aktif ve pasif diye adlandırılmış iki gruba ayrılmıştır [4]. Pasif hemzemin geçit türü yalnızca karayolu trafik işaretlerini içermektedir ve bariyersizdir, aktif hemzemin geçit türü ise, bariyer, çan, flaşör, karayolu işaretlerinden biri ya da birkaçını içermektedir.

Çizelge 4.1 : ABD'de trafik işaretli (pasif) hemzemin geçitler ve sayıları [5]

Trafik işaretli (pasif) hemzemin geçitler		
Hemzemin geçit türü	Sayısı	Hemzemin geçitler içindeki yüzdesi
Çapraz işaretli	66.463	44,97
Dur işaretli	10.189	6,89
Diğer işaretler	687	0,47
Toplam pasif	77.339	52,33
Hiç işaret bulunmayan	4.496	3,04

Çizelge 4.2 : ABD'de bariyerli hemzemin geçitler ve sayıları [5]

Bariyerli (aktif) Hemzemin Geçitler		
Hemzemin geçit türü	Sayısı	Hemzemin geçitler içindeki yüzdesi
Kapılı/ bariyerli hemzemin geçit	36.760	24,87
Flaşörlü	25.081	16,7
Trafik işaretli, flamalı ya da çanlı	1.217	0,82
Özel	2.912	1,97
Toplam bariyerli (aktif)	65.970	44,63

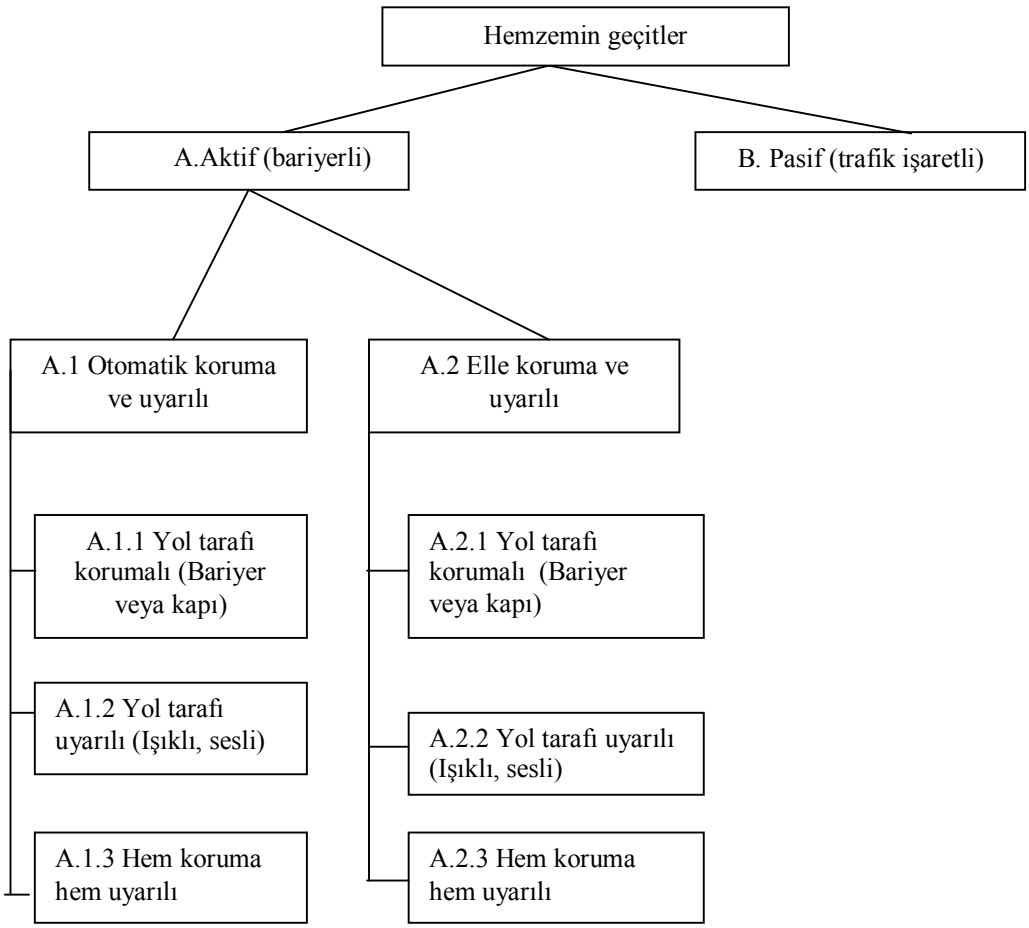
Çizelgelerden de görüldüğü üzere ABD'deki hemzemin geçitlerin %52,33'ü pasif düzenekli (trafik işaretli), %44,63'ü aktif düzenekli olarak düzenlenmiştir. %3,04'ü ise herhangi bir uyarı işareti veya düzeneği içermemektedir.

4.1.2 ERA'nın hemzemin geçit sınıflandırılması

Avrupa'da hemzemin geçitlerle ilişkili sorunlara, ortak çözüm getirebilmek, bilgi ve tecrübe alışverişinde bulunabilmek için, hemzemin geçitlerin ortak şekilde sınıflandırılmasının faydalı olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla ERA (European Railway Agency) Şekil 4.1'de görülen sınıflandırmayı getirmiştir.

ERA, hemzemin geçitleri aktif hemzemin geçitler (A) ve pasif hemzemin geçitler (B) olmak üzere iki ana gruba ayırmaktadır. Aktif hemzemin geçitler, otomatik koruma ve uyarılı (A.1) ve elle koruma ve uyarılı (A.2) olmak üzere ayrılmaktadır. Bu sınıflandırmanın dışında A.1 ve B.1 tipi hemzemin geçitlerin sahip oldukları ekipman tipine göre alt isimlendirmeler yapılmıştır. ERA her ne kadar üye ülkeler için bir standartlaşma getirmek istemiş olsa da, yukarıdaki sınıflandırma pratikte çok fayda sağlamamaktadır. Pratikte A.1.1 hemzemin geçidi, yani yalnızca bariyer veya kapı gibi koruma aygıtlarını barındıran bulmak olanaksızdır. Çünkü Uyarı ekipmanları (tabela, çan, flaşör) bulunmayan yalnızca bariyer bulunan bir hemzemin geçit uygulaması yoktur [6]. Bunun yerine her ülkenin kendi isimlendirdiği hemzemin geçit türünün ERA'nın sınıflandırmasındaki karşılığını gösteren bir

çizelge yapmak daha kullanışlıdır. ERA bu amaçla Hemzemin Geçitler için İstatistikler, Veri tabanı, Analiz ve Düzenlemeler isimli raporda değişik ülkelerdeki hemzemin geçitlerin yerel isimlendirmesinin ERA sınıflandırmasındaki karşılığını gösteren çizelge Ek.A'da yer almaktadır.



Şekil 4.1 : ERA hemzemin geçit sınıflandırması [6]

4.1.3 İngiltere'de hemzemin geçitlerin sınıflandırılması

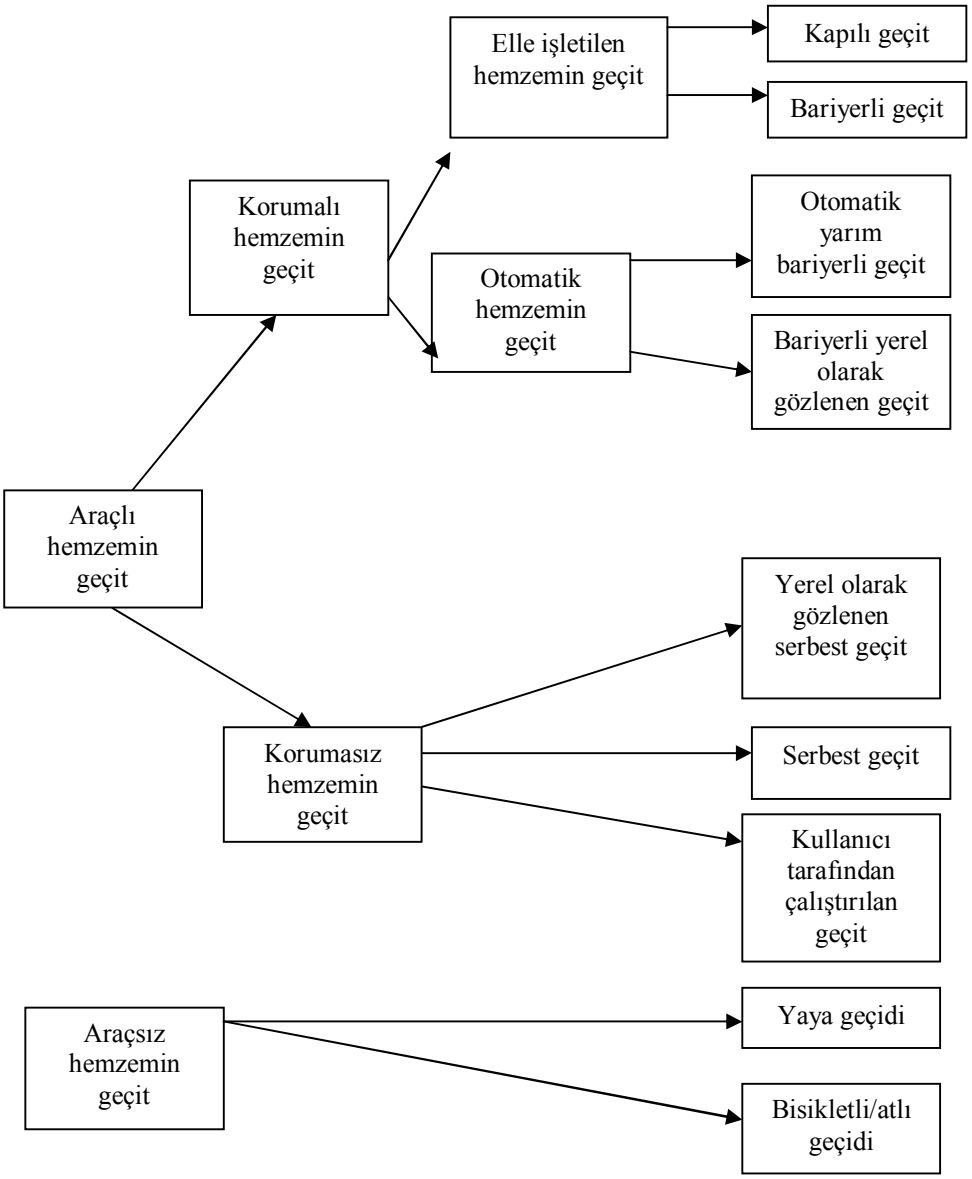
İngiltere'de kullanılan hemzemin geçitlerin kurulumu ve işletilmesiyle ilgili kılavuzlar ve bu kılavuzların içerikleri Çizelge 4.3'te görülmektedir. İngiltere'de Network Rail isimli şirket demiryolu üstyapısının sahibi ve işletmecisi konumundadır. Network Rail'in uyması gereken kurallar ise Office of Railway Regulations (Demiryolu Düzenlemeleri Ofisi) tarafından Railway Safety Principles & Guidance (RSPG) adlı kılavuzda belirlenmiştir. Bu kılavuzun 2. Kısmının E bölümü hemzemin geçitlerin inşası ve işletilmesi ile ilgili kuralları içermektedir.

Çizelge 4.3 : İngiltere'de hemzemin geçitlerin işletilmesi ile ilgili kılavuzlar [6]

Kılavuzun Adı	Kılavuzun Açıklaması
Hemzemin Geçitler İçin Gerekenler - Railway Group Standart GI/RT7012	Demiryolu Güvenliği ve Standartları Kurumu tarafından hazırlanmıştır. Hemzemin geçitlerin tasarımı, inşası, denetimi, bakımı, işletilmesi ve hizmetten çıkarılması ile ilgili yönetmelikleri içerir.
Öngörü, Risk Değerlendirmesi ve Hemzemin Geçitlerin Gözden Geçirilmesi - Network Rail Company Specification NR/SP/OPS/100	Bu kılavuz, İngiltere'deki demiryolu üstyapısından sorumlu olan Network Rail'in yeni hemzemin geçitler için tutarlı ve güçlü bir risk incelemesi ve işletme yapabilmesi için gerekli şartları içermektedir.
Hemzemin Geçit Üstyapı El Kitabı - Network Rail Company Specification NR/SP/SIG/19608	Bu kılavuz, üstyapının kullanımı sırasında izlenmesi gereken bakım işletmesi yöntemini, hemzemin geçidin güvenli, yasalara uygun olduğunun denetlenmesi için izlenmesi gereken yolu belirler.
Network Rail NR/SP/OPS/100	Bu kılavuz hemzemin geçidin hangi durumlarda, hangi düzeyde korunacağını Railway Safety Principles & Guidance (RSPG) 'a uyumlu olacak şekilde belirler.

4.1.3.1 Demiryolu güvenlik prensipleri ve kılavuzları'nın içeriği

RSPG'de hangi hemzemin geçit türünün hangi durumlarda uygun olduğu belirtilmektedir. Hangi zemin geçit türünün uygun olup olmadığının, hangi değişkenler yardımıyla değerlendirileceğine ilişkin standartlar da bu bölümde yer almaktadır. İngiltere'de hemzemin geçitlerin sınıflandırması da bu bölümde yapılmaktadır. Karayolundaki motorlu araçlar tarafından kullanılan hemzemin geçit türleri araçlı hemzemin geçitler, bisiklet, atlı, yaya gibi kullanıcılar tarafından kullanılan hemzemin geçitler ise araçsız hemzemin geçitler altında toplanmıştır. Araçsız hemzemin geçitler yaya hemzemin geçidi ve atlı, bisikletli hemzemin geçidi olarak, araçlı hemzemin geçitler ise korumalı hemzemin geçitler ve korumasız hemzemin geçitler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Korumalı hemzemin geçitler kendi içinde elle işletilen hemzemin geçit, otomatik hemzemin geçit olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Elle işletilen hemzemin geçitler kapılı ve bariyerli olarak iki gruba ayrılırken otomatik hemzemin geçitler otomatik yarım bariyerli ve bariyerli yerel olarak gözlenen geçit olmak üzere ikiye ayrılır. Şekil 4.2 İngiltere'de hemzemin geçitlerin sınıflandırılmasını göstermektedir.



Şekil 4.2 : İngiltere'de hemzemin geçitlerin sınıflandırılması [6]

4.1.4 Türkiye'de hemzemin geçitlerin sınıflandırılması

Türkiye'de hemzemin geçitler, TCDD (Türkiye Cumhuriyet Devlet Demiryolları) tarafından 5 grupta sınıflandırılmışlardır. Türkiye'deki sınıflandırma ve bunun ERA sınıflandırılmasındaki karşılığı Çizelge 4.4'te verilmiştir. TCDD ağındaki hemzemin geçitlerin bölgelere göre dağılımı ise Çizelge 4.5'te görülmektedir.

TCDD ağındaki işletme bölgeleri [10]

1.Bölge: Haydarpaşa

2.Bölge: Ankara

3.Bölge: İzmir

4.Bölge: Sivas

5.Bölge: Malatya

6.Bölge: Adana

7.Bölge: Afyon

Çizelge 4.4 : Türkiye'deki hemzemin geçitlerin ERA'daki karşılığı

Hemzemin geçidin TCDD sınıflandırması	ERA sınıflandırmasındaki karşılığı
Serbest(çapraz işaretli)	A.1.2
Flaşerli çanlı bariyersiz	A.1.2
Bekçili bariyerli	A.2.3
Otomatik bariyerli	A.1.3
Diğer	-

Çizelge 4.5 : TCDD ağındaki hemzemin geçitlerin bölgelere göre dağılımı [10]

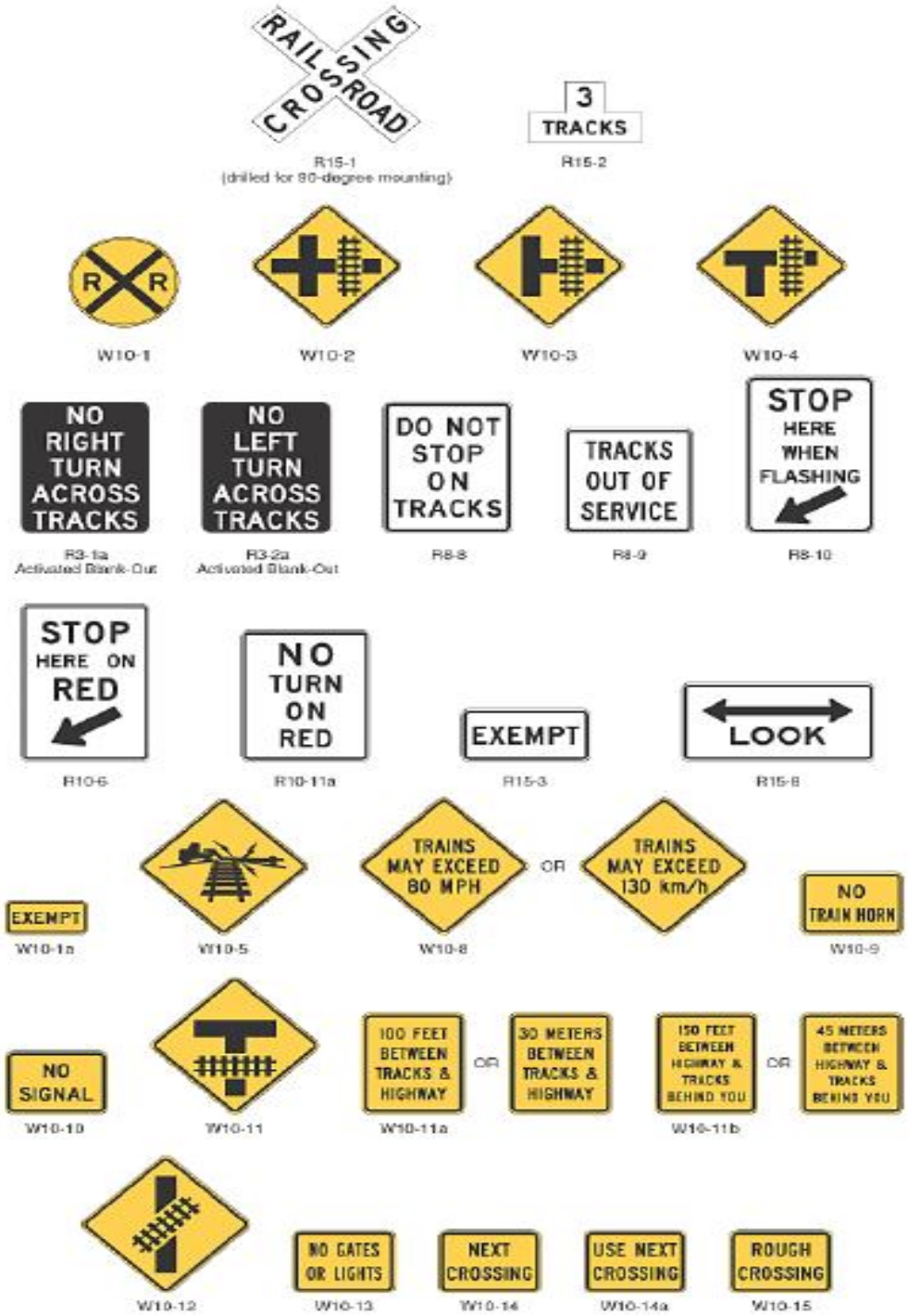
Geçit Tipi	Bölgeler							Toplam
	1	2	3	4	5	6	7	
Bekçili Bariyerli	12	32	111	29	7	50	27	268
Otomatik Bariyerli	53	30	77	42	19	52	40	313
Flaşerli + Çanlı + Bariyersiz	77	45	37	55	21	27	3	265
Serbest(Çapraz İşaretli)	77	283	475	505	356	422	890	3008
Diğer	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam	219	390	700	631	403	551	960	3854

Çizelge 4.5'te de görüldüğü üzere, 2008 yılı itibariyle Türkiye'deki 3854 hemzemin geçidin 3008'i korumasız hemzemin geçittir. Bu da toplam hemzemin geçitlerin %78'i demektir.

4.2 Hemzemin Geçitlerde Güvenlik

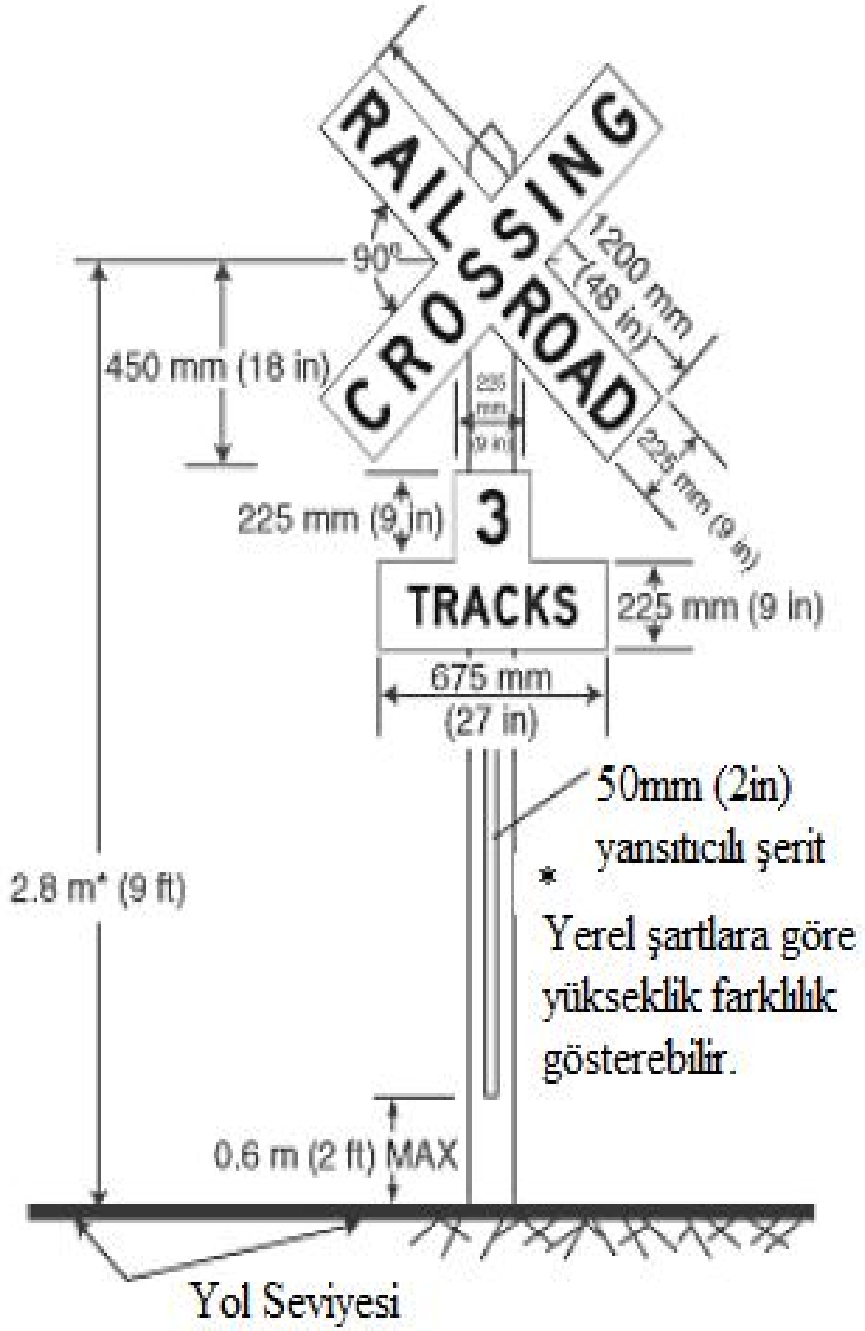
4.2.1 Trafik işaretli hemzemin geçitler

Şekil 4.3 ABD'de hemzemin geçitlerde kullanılan trafik levhalarını göstermektedir.



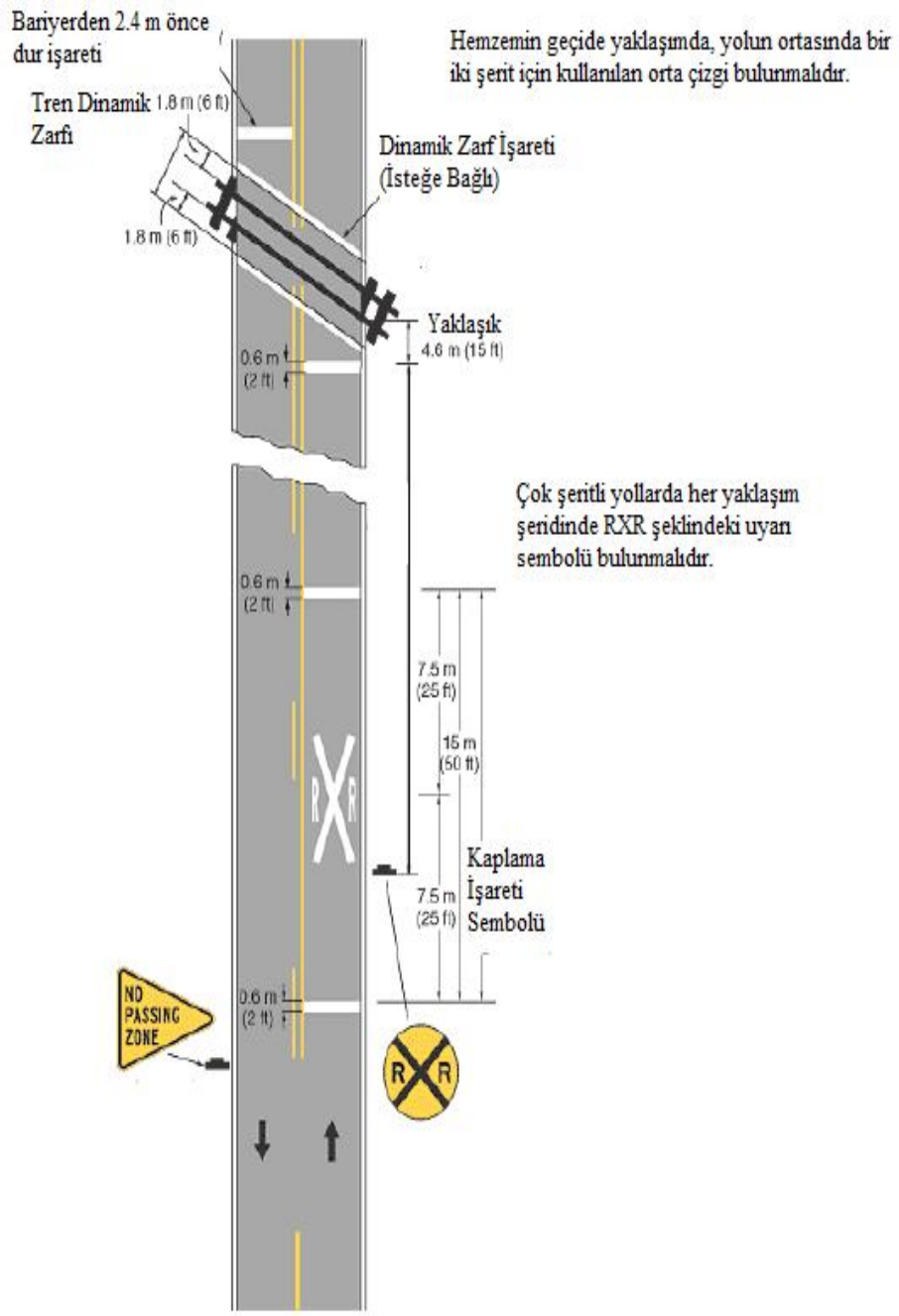
Şekil 4.3 : ABD'de hemzemin geçitlerde kullanılan trafik işaretleri [11]

Trafik, hemzemin geçit uyarı işaretleri, kılavuz işaretler ve kaplama işaretleri gibi trafik çeşitli işaretlerleriyle düzenlenir. Bu işaretlerle ilgili standartlar Trafik kontrol Aygıtları Kılavuzu (Manual on Uniform Traffic Control Devives-MUTCD) isimli çalışmada bir araya getirilmiştir. Çok sık kullanılan çapraz trafik işareti Şekil 4.4'te görülmektedir.



Şekil 4.4 : Çapraz hemzemin geçit işareti [12]

Karayolu kullanıcıları için trafik levhalarının yanı sıra pasif düzenekli hemzemin geçitlerde karayolu kaplamasına da uyarı işaretleri kullanılabilmektedir. Kaplama üzerindeki işaretler, karayolu işaret levhalarına destek amacıyla kullanılır. Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) kaplamaya yapılan işaretler için de standartları ortaya koymuştur. Şekil 4.5 MUTCD'de yer alan, karayolu kaplamasında kullanılan uyarı işaretlerini göstermektedir [12].



Şekil 4.5 : Karayolu kaplamasında uyarı işaretleri [12]

Değişik hemzemin geçit türleri ile ilgili diğer standartlar ise Karayolu Demiryolu Hemzemin Geçitleri El Kitabı'nda "Teknik Çalışma Grubu Kılavuzu" başlığı altında aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

Pasif – trafik işaretli hemzemin geçitlerle ilgili standartlar aşağıdaki şekildedir:

a. MUTCD'de aksi belirtilmiş durumlar hariç her hemzemin geçitte demiryolu için dairesel uyarı işareti (W10-1) kullanılmalıdır.

b. Hemzemin geçide bir acil durum telefonu, ABD Ulaştırma Bakanlığı hemzemin geçit tanımlama numarası, karayolu veya sokak numarası ya da ismi, demiryolu mil taşı, ve diğer alakalı bilgilerle birlikte konulmalıdır.

c. Kaplamalı karayolunun hemzemin geçide yaklaşan kısmında MUTCD'de belirtildiği üzere karayolu kaplaması uyarı işaretleri yapılmalıdır.

d. Uygun olduğu yerlerde, " Hat Servis Dışıdır" işareti kullanılmalıdır.

e. Yansıtıcılı çapraz işaret her hemzemin geçit yaklaşımında kullanılmalıdır

i. 2 veya daha fazla hattın olması durumunda, bu durum çapraz işaretin altına yerleştirilmiş olan ters T şeklindeki işaretle (R15-2) bildirilmelidir.

ii. Kalınlığı 2 inç (yaklaşık 5.1 cm)'den az olmayan beyaz yansıtıcılı şerit çapraz işaretin her bir yaprağı boyunca, çapraz işaretler arka arkaya perçinlenmemişse konulmalıdır.

iii. Çapraz işaretin destek ayağı boyunca, kalınlığı 2 inç'ten (yaklaşık 5.1cm) kısa olmamak kaydıyla, beyaz, yansıtıcılı şerit yer seviyesine kadar kullanılmalıdır.

f. Trafik işaretli hemzemin geçitlerde destekleyici trafik kontrol uygulamaları:

i. Yeterli duruş görüş uzaklığının olmaması durumunda yapılabilecekler:

1.Yol geometrisini iyileştirmek
2.Uygun uyarı işaretini kullanmak
3.Hemzemin geçit yakınında, hesapta kullanılan hızı azaltmak
4.Tavsiye levhası kullanmak
5.Eğer etkin olarak kullanılabilirse düzenleyici hız limiti kullanmak
6.Hemzemin geçidi kapatmak
7.Hemzemin geçidin biçimini veya yerini değiştirmek
8.Demiryolu ile karayolunu ayırmak

ii. Yetersiz yaklaşım görüş uzaklığı varsa:

1. Görüş engelleyen engelleri kaldır
2. Uygun uyarı işaretini kullan
3. Hemzemin geçit yakınında, hesapta kullanılan hızı azalt
4. Tavsiye levhası
5. Eğer etkin olarak kullanılabilirse düzenleyici hız sınırı

6. MUTCD tarafından belirtilen yerlerde "Yol Ver"(R1-2) işareti ve yardımcı uyarı işareti (W3-2a) kullan (görülebilirliğin sınırlı olduğu bazı durumlar, güvenli yaklaşım hızını 16-24 km/sa aşağı çeker).
7. MUTCD tarafından belirtilmiş yerlerde "Dur" (R1-1) işareti kullan (görülebilirliğin sınırlı olduğu bazı durumlar, karayolu sürücülerinin durmasını gerektirir).
8. Aktif aygıtları kullan.
9. Hemzemin geçidi kapat.
10. Hemzemin geçidin biçimini veya yerini değiştir.
11. Demiryolu ile karayolunu ayır.

iii. Yetersiz hat geçiş görüş uzaklığı varsa (bir veya daha fazla araç sınıfı için)

1. Görüşü engelleyen engelleri kaldır
2. Kalıcı olarak, görüşü engelleyecek sınıftaki araçların o karayolunu kullanmasını sınırla.
3. Kapılı aktif düzenek kullan
4. Hemzemin geçidi kapat
5. Hemzemin geçidin biçimini veya yerini değiştir.
6. Demiryolu ile karayolunu ayır

4.2.2 Bariyerli hemzemin geçitler

4.2.2.1 ABD'de bariyerli hemzemin geçitler

Bariyerli hemzemin geçitler ile ilgili standartlar ve bu hemzemin geçitlerin seçim ölçütleri aşağıdaki şekildedir:

Eğer bariyerli hemzemin geçit seçilmişse, aşağıdaki aygıtlar göz önünde bulundurulmalıdır:

a. Mühendislik çalışması sonucu aşağıdaki durumlardan bir veya daha fazlasının bulunduğu görüldüğünde, otomatik bariyer tercih edilmelidir.

i. “US (United States)” işaretli ana arterler ve otoyol bağlantıları eğer kesişiyorsa (karayolu ve demiryolu trafiği üst veya alt geçitle ayrılmamışsa)

ii. Yeterli görüş uzaklığının bulunmadığı ve aşağıdaki şartların sağlandığı durumlarda

1. Eğer görüş engelini ortadan kaldırmak, ekonomik veya fiziksel olarak uygulanabilir değilse.
2. Geçide kabul edilebilir bir başka erişim seçeneği yoksa.
3. Karayolu ile demiryolunu birbirinden alt geçit veya üst geçitle ayırma işleminin maliyetinin, hemzemin geçide bariyerli sistem kurmanın maliyetini ömür döngü maliyeti bakımından geçmesi durumunda.

iii. Düzenli olarak işletilen trenlerin, taş ocağı, çimento fabrikası, kimyasal tesisler gibi endüstriyel tesislerin yakınından geçiyor olması durumunda.

iv. Okul, endüstriyel tesisler gibi, normalin üzerinde okul servisi, ağır taşıt, tehlikeli malzeme taşıyan araçların normalin sayının üstünde rastlandığı yerlerde.

v. Yolcu treni sayısı ve/veya ağır kamyon sayısı ve tipine bakarak, mühendislik ekibinin, olası kazalarda normalin üstünde insan ölümü ve yaralanması gerçekleşebileceğini öngördüğü durumlarda.

vi. Birden çok hattın yer aldığı hemzemin geçitlerde.

vii. Bariyersiz aktif düzenekli hemzemin geçit için “Kaza Öngörü Denklemi“ yardımıyla hesaplanan kaza frekansının 0,1’i geçtiği durumlarda.

viii. Otoyol bağlantı noktasına veya başka bir karayolu – demiryolu hemzemin geçidine yakın noktalarda, kuyruklanmaya yol açabilecek durumlarda.

ix. Mühendislik ekibinin raporuyla önerilen diğer durumlarda.

b. Aktif geçitlerde otomatik bariyerler ömür döngü maliyetinin uygun olması ve aşağıdaki şartların oluşması durumunda bir seçenek olarak düşünülmelidir.

i. Birden fazla hattın olduğu yerlerde, mevcut hemzemin geçitte, hatlardan birinde hareket eden veya durmakta olan trenin görüş uzaklığını, izin verilen en küçük görüş uzaklığının altına indirmesi durumunda.

ii. Ortalama 20 veya daha fazla trenin olması durumunda.

iii. İzin verilen karayolu hızının şehir içi için 64km/sa, kırsal kesim için 88 km/sa'nın üstünde olduğu durumlarda.

iv. Yıllık ortalama günlük trafiğin (YOGT) şehir içinde 2000 kırsal kesimde 500'ü geçtiği durumlarda.

v. Aynı yönde birden çok trafik şeridinin olması durumunda.

vi. Günlük tren sayısı ile YOGT'nin çarpımının şehir içinde 5000 kırsal kesimde 4000'i geçtiği durumlarda.

vii. "Kaza öngörü denklemi" yardımıyla hesaplanan kaza frekansının 0,075'i geçtiği durumlarda.

viii. Mühendislik çalışması raporlarının, aktif düzeneklerin olmaması halinde, karayolunun C seviyesinin de altında işletileceğini ortaya koyduğu durumlarda.

ix. Yeni bir projenin veya aktif düzeneğin, eski bariyersiz aktif sistem üzerinde belirgin iyileşme veya değişiklik yapacağı durumlarda. Burada yapılacak olan değişikliğin belirgin olması kavramı önemlidir. Eski sistemin maliyetinin yeni sistemin kurulmasının maliyetinin yarısını geçtiği, durumlarda belirgin bir faydadan söz edilebilir.

x. Mühendislik ekibinin raporuyla önerilen diğer durumlarda.

c. Uyarı/bariyer sistemleri aşağıdaki durumlarda destekleyici olarak düşünülmelidir:

i. Yolcu trenlerinin kullandığı hemzemin geçitlerde
ii. Yüksek hızlı trenlerin kullandığı hemzemin geçitlerde

iii. Sessiz bölgelerde veya

iv. Mühendislik ekibinin raporuyla önerilen diğer durumlarda.

d. Yaya trafiği için iyileştirmeler

i. Yayaların hatlar arasında durmasının önüne geçecek tasarım

ii. Mühendislik çalışmasına dayanarak sesli uyarı sistemlerinin kurulması

iii. Küpeşte kapılar dikkatle ele alınmalıdır, küpeşte kapının işletimi Engelli Amerikalılar Kitabı'na uygun olmalıdır, kapının güvenliğinin en düşük işletme sınırları içerisinde olup olmadığı değerlendirilmelidir.

iv. Tren istasyonunun hemzemin geçide yakın olduğu durumlarda, yayalar için hemzemin geçitte kontrolün sağlandığından emin olunmalıdır.

v. İstasyonun olduğu alanlarda trafikteki gecikmeleri önlemek için, Tren-Yol kenarı kontrolü uygulanır

vi. Hemzemin geçitte, bariyer, flaşör, çan vb. aletlerin etkinleştirilmesi kısa bir süre için geciktirilir.

4.2.2.2 Kanada'da bariyerli hemzemin geçitler

Aşağıdaki şartların oluşması durumunda, karayolu araçları tarafından kullanılan serbest (trafik işaretli) hemzemin geçitler, uyarı sistemleriyle (sesli, ışıklı) donatılmalıdır.

i. Öngörülen YOGT ile hemzemin geçidi kullanan günlük tren sayısının çarpımı 1000'i geçerse

ii. Hemzemin geçidin yürüyüş yolu yoksa ve hemzemin geçidi kullanan trenlerin işletme hızı 128 km/sa'dan fazlaysa

iii. Hemzemin geçidin yürüyüş yolu varsa ve hemzemin geçidi kullanan trenlerin işletme hızı 96,5 km/sa'dan fazlaysa

iv. Hemzemin geçitte birden fazla hat varsa ve trenin bu hatların birinden diğerine geçmesi durumu söz konusuysa

v. Yayalar, karayolu aracı sürücüleri, tren sürücüsü için gerekli görüş uzaklığı sağlanamıyorsa

vi. Diğer bir seçenek olarak, eğer tren hemzemin geçide gelmeden önce istasyon vb. bir sebepten dolayı duruyorsa trenin hemzemin geçitteki hareketi elle kontrol edilerek sağlanabilir ya da, koruma düzenekleri yerine trafik işaretleri kullanılabilir.

vii. Hemzemin geçitteki en büyük tren işletme hızı 24 km/sa'yı geçtiği, karayolunun hemzemin geçitten sonraki kısmında, karayolu trafiğinin kontrolü dur işareti veya trafik ışıkları ile sağlandığı durumda dur işareti veya trafik ışıklarında ilk durma pozisyonundaki aracın ön kısmı ile hemzemin geçitteki ray arasındaki uzaklık:

- Dur işareti için 30 m altında
- Trafik etüdü, kuyruklanmanın hemzemin geçitteki en yakın raya 2,4 m'den fazla yaklaşmayacağını göstermiyorsa, 30 m veya daha fazla
- Trafik ışıkları için 60 m'nin altında veya
- Trafik etüdü, kuyruklanmanın hemzemin geçitteki en yakın raya 2,4 m'den fazla yaklaşmayacağını göstermiyorsa, 60 m veya daha fazla

Hemzemin geçitte uyarı sistemleri ile donatılmışsa, aşağıdaki durumlarda bariyer gerekmektedir:

a. Öngörülen YOGT ile hemzemin geçidi kullanan günlük tren sayısının çarpımı 50000'i geçmesi durumu

b. Hemzemin geçidin yürüyüş yolu yoksa ve hemzemin geçidi kullanan trenlerin işletme hızı 80 km/sa'dan fazla olduğu durum

c. Hemzemin geçitte birden fazla hattın olduğu ve trenin bu hatların birinden diğerine geçmesi durumu söz konusu olduğu durum.

d. Yeterli görüş uzaklığının sağlanamadığı durumlar

e. Hemzemin geçitteki en büyük tren işletme hızı 24 km/sa'yı (geçtiği, karayolunun hemzemin geçitten sonraki kısmında, karayolu trafiğinin kontrolü dur işareti veya trafik ışıkları ile sağlandığı durumda dur işareti veya trafik ışıklarında ilk durma durumundaki aracın ön kısmı ile hemzemin geçitteki ray arasındaki uzaklık:

   i. Dur işareti için 30 m'den trafik ışıkları için 60 m'den az

   ii. Dur işareti için 30 m veya daha fazla, trafik ışıkları içn 60 m veya daya fazla, eğer trafik etüdü, kuyruklanmanın hemzemin geçitteki en yakın raya 2,4 m'den fazla yaklaşmayacağını göstermiyorsa

4.2.2.3 ABD'de karayolu ve demiryolu trafiğinin birbirinden ayrılması

Karayolu ve demiryolu trafiğinin birbirinden alt geçit veya üst geçit yardımıyla ayrılmasıyla ilgili standartlar aşağıdaki şekildedir:

a. Aşağıdaki durumlardan bir veya daha fazlası söz konusu olduğunda, karayolu trafiği demiryolu trafiğinden ayrılmalı veya demiryolu arazisi boyunca kullanım dışı bırakılmalıdır.

   i. Karayolunun eyaletler arası otoyol sisteminin bir parçası olarak belirlenmiş olması durumu.

   ii. Karayolunun tamamen erişim kontrollü olarak tasarlanmış olması durumu.

   iii. Karayolu hız sınırının 113km/sa'nın üstünde olması durumu.

   iv. Şehir içinde YOGT'nin 100.000 kırsal kesimde 50.000'i geçmesi durumunda.

   v. İzin verilen en yüksek tren hızının 177 km/sa'yı geçmesi durumunda.

   vi. Demiryolu trafiğinin günlük ortalama 150 treni geçmesi veya yıllık 300 milyon gross ton'un üzerinde yük taşınması durumu.

   vii. Şehir içinde günde 75 yolcu treninin, kırsal kesimde ise günde 30 yolcu treninin aşılması durumu.

   viii. YOGT ile günlük tren sayısının çarpımının şehir içinde 1.000.000 kırsal kesimde 250.000'i geçmesi durumu.

   ix. Günlük yolcu treni sayısı ile YOGT'nin çarpımının şehir içinde 300.000 kırsal kesimde 200.000'i geçmesi durumu.

   x. Kaza öngörü denklemi ile hesaplanmış olan olası kaza sıklığının 0,5'i geçmesi durumu.

   xi. Araç gecikmesinin günde 40 aracın üstüne çıkması durumu.

b. Karayolu trafiğinin demiryolu trafiğinden alt geçit veya üst geçit yardımıyla ayrılması, ömür döngü maliyeti bakımından ekonomik olması veya aşağıdaki durumlardan bir veya daha fazlasının mevcut olması durumunda düşünülmesi gerekmektedir.

i. Karayolunun eyaletler arası otoyol sisteminin bir parçası olarak belirlenmesi durumu.

ii. Karayolunun tamamen erişim kontrollü olarak tasarlanmış olması durumu.

iii. Karayolu hız sınırının 88km/sa'nın üstünde olması durumu.

iv. YOGT'nin şehir içinde 50.000 kırsal kesimde 25.000'in üstünde olması durumu.

v. İzin verilen en yüksek tren hızının 161 km/sa'nın üstünde olması durumu.

vi. Demiryolu trafiğinin günlük ortalama 75 treni veya yıllık ortalama 150 milyon gross ton yükü geçmesi durumu.

vii. Günlük yolcu treni sayısının şehir içinde 50'yi, kırsal kesimde 12'yi geçmesi durumu.

viii. YOGT ile günlük tren sayısının (yolcu ve yük treni sayısının toplamının) çarpımının şehir içinde 500.000'i kırsal kesimde 400.000'i geçmesi durumu.

ix. Günlük yolcu treni sayısı ile YOGT'nin çarpımının şehir içinde 400.000'i kırsal kesimde 100.000'i geçmesi durumu.

x. Bariyerli aktif düzenekli hemzemin geçitler için kaza öngörü denklemi yardımıyla hesaplanan beklenen kaza frekansının 0,2'yi geçmesi durumu.

xi. Araç gecikmesinin günde 30 aracı geçmesi durumu.

xii. Mühendislik çalışmasının, karayolu ile demiryolu trafiğinin alt geçit veya üst geçit ile ayrılmaması halinde, karayolunun, çoğu zaman, hizmet seviyesinin hesaplanan değerinin %10 altında hizmet vereceğini göstermesi durumu.

c. Yeni bir karayolu-demiryolu alt veya üst geçidi yapıldığında, eskiden mevcut olan hemzemin geçitlerin kapatılabilmesine olanak tanıyıp tanımadığı değerlendirilmelidir.

4.3 Hemzemin Geçitlerin Planlanması ile İlgili Çalışmalar

Hemzemin geçitlerde planlama çalışmaları fayda/maliyet analizi yapılarak gerçekleştirilmelidir. Ancak, trafik işaretli hemzemin geçitten bariyerli hemzemin geçit durumuna geçip geçmeme konusunda karar değişkeni güvenlik ağırlıklı (kazalar) iken bariyerli durumdan alt veya üst geçit yapımı ile karayolu ve demiryolu trafiğinin birbirinden yarılması durumuna geçiş için karar değişkeni kazaların yanı sıra trafik işletme maliyetleri olmaktadır.

Bu bölümde ABD ve Almanya'daki hemzemin geçit planlamasına ilişkin örnekler yer almaktadır.

4.3.1 ABD'de hemzemin geçitlerin planlanması

ABD'de hemzemin geçitler için yapılan fayda/maliyet araştırmaları Karayolu Güvenliği Geliştirme Programı Kullanıcı Kitabı'ndan uyarlanmıştır [4]. Fayda/maliyet araştırmalarının yapılabilmesi için ABD'de hemzemin geçitlerle ilgi aşağıdaki konulardaki bilgiler önemlidir:

- Kaza maliyeti
- Faiz oranları
- Hizmet ömrü
- Başlangıç, yenileme maliyeti
- Bakım - onarım maliyeti
- Hurda değeri
- Trafiğin büyüme oranı

FHWA fayda/maliyet analizinde kaza maliyetini hesaplarken Ulusal Güvenlik Kurulu (National Safety Council–NSC) ve Ulusal Karayolları Trafik Güvenliği Kurumu (National Highway Traffic Safety Administration–NHTSA) ile işbirliği içindedir. Faiz oranlarının doğru seçilmesi proje maliyeti ve faydalarının doğru belirlenmesini sağlayacağından önemlidir. Servis ömrü Karayolu Güvenliği Geliştirme Programı Kullanıcı Kitabı'nda hemzemin geçitte yapılacak olan bir düzeltmenin servis ömrünün, düzeltmenin, kazaları etkin olarak azaltmaya yardımcı olduğu süre olarak tanımlanmıştır. Proje maliyeti; inşaat maliyeti, yenileme maliyeti ve bakım maliyetlerinin hepsini içerir. İnşaat maliyeti ise, başlangıçtaki mühendislik

çalışmaları, iş, malzeme, donanım kiralama ve diğer maliyetleri içerir. Hurda değeri ise karayolunun yer değiştirmesi vb. sebeplerden ötürü kapatılacak olmasından ötürü servis ömrünün sonuna gelmiş olan hemzemin geçidin değeridir. Bütün bu girdilerin değerlendirilmesi ile birlikte FHWA hemzemin geçitlerde alınacak önlemler için bir maliyet/etkinlik analizi yapmıştır [5].

ABD'de hemzemin geçitlerin mali planlaması için kabul edilmiş, birçok analiz yöntemi vardır. Aşağıda maliyet – etkinlik analizi, fayda / maliyet oranı, yıllık net fayda yöntemleri incelenmiştir [5].

Maliyet-etkinlik analizi

Bu analiz yöntemi birim etkiyi sağlamak için yapılması gereken harcamayı hesaplama üzerine kurulmuştur. Bu yöntemin belirgin yönleri ölüm / yaralanma maliyetlerine gerek duyulmaması ve yöntemin basit olmasıdır [5].

Maliyet-etkinlik analizi aşağıdaki işlemleri içerir

1. Projenin başlangıçtaki yatırım maliyeti

2. Projenin yıllık işletme ve bakım maliyetleri

3. Hesaplamada kullanılacak olan etkinlik birimleri

Önlenmiş olan toplam kaza sayısı

Kaza tipine göre önlenmiş kaza sayısı

Önlenmiş olan ölüm ve ölümlü kaza sayısı

Önlenmiş olan yaralanma ve yaralanmalı kaza sayısı

Önlenmiş olan maddi hasarlı kaza sayısı

4. Seçilen etkinlik birimlerine göre, projenin yıllık etkinliği (bir yılda önlenen toplam kaza sayısı v.b.)

5. Hizmet ömrü

6. Net hurda değeri öngörülür.

7. Faiz oranı

8. Eşdeğer yıllık üniform maliyet (EUAC) veya maliyetin mevcut değeri

9. Ortalama yıllık fayda (B), seçilen etkinlik birimleri için hesaplanması

Maliyet-etkinlik değeri (C/E) (4.1) nolu denklem yardımıyla hesaplanır [5].

$$C/_E = EUAC/_B \text{ veya, } C/_E = PWOC\ (CRF_n^i)/_B \qquad \textbf{(4.1)}$$

Burada;

EUAC: Eşdeğer yıllık üniform maliyet

PWOC: Maliyetlerin güncel değeri

CRF_n^i: n yıllık i kadarlık faiz için kapital geri kazanım çarpanı [5].

Sayısal örnek

1.Başlangıç Yatırım Maliyeti: 100.000 USD

2.Projenin uygulanmasından önce yıllık bakım ve işletme giderleri: 100 USD

3.Projenin uygulanmasından sonra yıllık bakım ve işletme giderleri: 1000 USD

4.Net yıllık bakım ve işletme giderleri: 900 USD

5.Yıllık güvenlik faydası (önlenen yaralanmalı kaza sayısı), B=2

B'nin hesaplanışı:

Yaralanmalı kaza sayısı (projede önce) : 4

Beklenen yaralanmalı kaza sayısı: 2

B= 4 – 2 = 2

6.Hizmet ömrü: n= 20 yıl

7.Hurda değeri: T= 5000 USD

8.Faiz oranı: %10

9.EUAC'nin hesaplanışı;

Kapital geri kazanım çarpanı: CR= 0,1175

Amorti edilen para miktarı çarpanı, SF= 0,0175

$$EUAC = I\ (CR) + K - T\ (SF)$$

= 100000 (0,0175) + 900 – 5000 (0,0175) = 12.562 USD

10.Yıllık fayda: B = 2

11.$C/_E = EUAC/_B = \frac{12562}{2} = 6.281\ USD/_{önlenen\ kaza}$

Fayda/maliyet yöntemi

Fayda/maliyet yöntemi aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır [5].

1. Fayda maliyet oranını, yapılan iyileştirmeler sayesinde, dolar cinsinden kazalardan sağlanan kazançlar olarak tanımlamaktadır. Fayda/maliyet oranı yöntemi aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilir:
2. Etüd edilmekte olan hemzemin geçidin yenilenmesi projesinin başlangıç maliyetine karar verilir.
3. Net yıllık bakım ve işletme giderlerine karar verilir.
4. Proje ile sağlanacak yıllık güvenlik faydası belirlenir.
5. Her fayda kalemi için dolar cinsinden değer belirlenir (NSC, NTSHA, vb.).
6. Projenin hizmet ömrü geçmiş benzer projelerin yıpranmalarına bakılarak belirlenir.
7. Projenin veya hemzemin geçit geliştirilmesinin hurda değeri belirlenir.
8. Paranın zaman değeri de dikkate alınarak faiz oranı belirlenir.
9. Fayda maliyet oranı (B/C), eşdeğer uniform yıllık fayda (EUAB) ve EUAC kullanılarak hesaplanır.
10. Fayda maliyet oranı (B/C), PWOC ve faydanın mevcut değeri (PWOB) kullanılarak hesaplanır.

Sayısal örnek [5]

Aşağıda fayda maliyet oranına ilişkin sayısal bir örnek yer almaktadır. Kaza sayıları varsayımla alınmıştır.

1. Başlangıç yatırım maliyeti: 100.000 USD
2. Yıllık bakım ve işletme giderleri: 100 USD
3. Projenin uygulanmasından sonra yıllık bakım ve işletme giderleri: 1.000 USD
4. Net yıllık bakım ve işletme giderleri: 900 USD
5. Yıllık güvenlik faydası (önlenen yaralanmalı kaza sayısı) Çizelge 4.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.6: Güvenlik faydası

Kaza şiddeti	Gerçekleşen	Beklenen	Yıllık fayda
(a)Ölümlü	0	0	0
(b)Yaralanmalı	4	2	2
(c)Maddi Zararlı	5	3	2

6.Ölüm yaralanma ve maddi zararların parasal karşılığı Çizelge 4.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7: Kaza maliyetleri

Kaza şiddeti	Değer (USD)
(a)Ölümlü	500.000
(b)Yaralanmalı	50.000
(c)Maddi zararlı	2.000

7.Kurtarılan para cinsinden yıllık fayda, B:

500000 x 0 = 0

50000 x 2 = 100000 USD

2000 x 2 = 4000 USD

Toplam: 104000 USD

8.Hizmet ömrü: n=20 yıl

9.Hurda değeri, T: 5.000 USD

10.Faiz oranı: %10

11.EUAC:

Yatırım geri kazanım çarpanı, CR = 0,1175

Amorti edilen para miktarı çarpanı, SF= 0,0175

$$EUAC = I\ (CR) + K - T\ (SF)$$

= 100.000 (0,0175) + 900 – 5.000 (0,0175) = 12.562 USD

12.EUAB = B = 104.000 USD

13.B/C = EUAB/EUAC = 104.000/12.562 =8,3

14.PWOC:

Mevcut değer çarpanı, PW: 8,5136

Tek ödeme mevcut değer çarpanı, SPW: 0,1436

$$PWOC = I + K(SPW) - T(PW)$$

= 100.000 + 900 (8,5136) – 5.000 (0,1436) = 106.919 USD

15.PWOB:

PWOB = B (SPW) = 104.000 (8,5136) = 885.414

16.B/C = PWOB/PWOC = 885.414/106.919 = 8,3

Yıllık net fayda yöntemi

Bu yöntem bir hemzemin geçidin geliştirilmesi için olası projeler arasından en çok fayda sağlayacak olanı seçmeye yarar [4].

Yıllık net fayda = (EUAB) – (EUAC)

Yıllık net fayda değeri pozitif çıkıyorsa bu, projenin uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Fayda/maliyet oranı yönteminin sayısal örneğinden yararlanarak yıllık net fayda hesaplanabilir.

Yıllık net fayda = (EUAB) – (EUAC)

= 104.000 – 12.562 = 91.438 USD

Çizelge 4.8 maliyet planlaması için kullanılan 3 yöntemin, değişik başlangıç maliyet değerleri için karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4.8: Maliyet planlaması yöntemlerinin karşılaştırılması [5]

Başlangıç Maliyeti	Maliyet–Etkinlik değeri (USD/kaza)	Fayda Maliyet oranı	Net fayda
1.000.000	106.000	2,0	200.000
100.000	6.281	8,3	91.438
20.000	5.100	5,0	70.000

ABD'de bu yöntemlerden genelde ikisi birlikte kullanılarak yapılacak projeye hakkında mali planlama yapılır. Hemzemin geçide yapılacak her bir yatırım için istatistiksel olarak bir etkinlik değeri belirlenmiştir ve bu yatırımın ne kadar kazayı önlemede başarılı olacağı belirlenmiştir. Her bir yatırım için yatırım maliyetleri de bellidir. Bu verilerden yola çıkılarak, mevcut hemzemin geçidin geliştirilmesinin mali açıdan faydalı olup olmayacağını kestirmek mümkündür. Böylelikle bir hemzemin geçitte iyileştirme yapılacağında, elde edilecek fayda ve iyileştirilmenin yapılabilmesi için gereken maliyet önceden belirlenebilmiş olur. Hemzemin geçitte yapılabilecek olan iyileştirmelerin etkinliği ve maliyetleri Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9: Yenileme maliyet/etkinlik çizelgesi [5]

Önlem	Etkinlik	Maliyet (USD)
Pasif geçitte DUR işareti	Bilinmiyor	1200-2000
Geçit ışıklandırması	Işıksız duruma göre gece kazalarında %52 azalma	Bilinmiyor
Flaşör	Yalnızca çapraz işaretli duruma göre kazalarda %64 azalma, yaralanmalarda %84 azalma, ölümlerde %83 azalma.	20.000-30.000
Işıklandırma, çift kollu bariyer, flaşör	Yalnız çapraz işaretin kullanıldığı duruma göre kaza sayısında %88 azalma, yaralanmalarda %93 azalma, ölümlerde %100 azalma, yalnız flaşörlü geçide göre kazalarda %44 azalma	150.000
Tam bariyer	Çift kollu bariyerli sistemdeki kurala uymama oranında %80 azalma	10.000
Yolun ¾'ü genişliğindeki tek kollu bariyer	Çift bariyerli sitemdeki kurala uymama oranında %67 - %84	Bilinmiyor
Hemzemin geçidin hizmetten kaldırılması	Ölüm, yaralanma, kurala uymama oranında %100 azalma	15.000
Fotoğraf/video kaydı ile yaptırım	Kurala uymama oranında %34-%94 azalma	40.000-70.000 (hemzemin geçit başına)
Araç içi hemzemin geçit uyarı tavsiyesi sitemi	Bilinmiyor	Hemzemin geçit için 5.000 – 10.000, araç için 50 -250

4.3.2 Avrupa'da Hemzemin Geçitlerin Planlanması ile İlgili Çalışmalar

Avrupa'da 2006–2008 yılları arasında hemzemin geçit planlaması ile ilgili, SELCAT tarafından çalışmalar yapılmış ve bu çalışmaların sonuçları Hemzemin Geçitler için Maliyet Fayda Analizi Yöntemleri isimli raporda sunulmuştur [13].

Yapılan çalışma, mevcut bir hemzemin geçitte yapılabilecek potansiyel iyileştirmeler arasından en iyisini seçebilmek için karar vericilere yol gösterme amacı taşımaktadır. Bir diğer amaç da yapılması düşünülen iyileştirme projesinin maliyet/fayda yönünden bekleneni sağlayıp sağlayamayacağının görülmesidir. Hemzemin Geçitler

için Maliyet Fayda Analizi isimli çalışmada bu konuyla ilgili iki çalışma yapılmıştır. Birinci çalışma, mevcut hemzemin geçitlerde, geçitte tehlikeli bölgedeki engelleri (bozulan veya duran arabalar gibi) tespit eden bir düzeneğin eklenmesi ile ilgili, ikinci çalışma ise hemzemin geçitteki trafik kurallarına uymayanları tespit edecek bir düzeneğin kurulması ile ilgilidir.

4.3.2.1 Hemzemin geçitlerdeki engelleri tespit eden düzenek

Birinci çalışma üç aşamalı olarak yapılmıştır. Birinci aşamada toplam risklerin analizi, ikinci aşamada ekonomik analiz, üçüncü aşamada ise sosyal analiz yapılmıştır.

Toplam risklerin analizinin amacı, projenin uygulanması ile riskte sağlanacak azalmanın tespit edilmesidir. Bu amaçla önce başlangıç riskleri, sonrasında değişebilir riskler, ardından da risklerdeki azalma değerlendirilir.

Almanya'daki LzH tipi (teknolojik uyarı ve işaretler içeren hemzemin geçit) hemzemin geçitler kullanıldığı için başlangıç riskleri de Alman Demiryolları'ndan alınan verilerle elde edilmiştir. Çizelge 4.10 hemzemin geçitteki başlangıç risklerini göstermektedir.

Çizelge 4.10: Başlangıç riskleri [13]

Almanyada LzH tipi 4000 hemzemin geçitteki kaza türleri	Başlangıç riski	Kazalar içindeki yüzde
Toplam kaza sayısı	48	100
Ölümlü kaza	7	14,58
Ciddi yaralanmalı kaza	15	31,25
Hafif yaralanmalı kaza	25	52,08

Bu örnekte, tehlikeli bölgelerdeki engelleri görüntüleyen düzenekler söz konusu olduğu için, değiştirilebilir risk, karayolu kullanıcılarının sebep olduğu hemzemin geçit kazalarıdır. Sağlanacak faydanın belirlenebilmesi için, bu örnekte uygulanacak teknolojik düzenek sayesinde önlenebilecek kazaların iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Çizelge 4.11 karayolu aracı tiplerine göre çeşitli kaza sebepleri ve bunların risk dağılımını göstermektedir.

Çizelge 4.11: Araç tipine göre kaza risklerinin dağılımı [13]

Karayolu Aracı tipi	Kaza sebebi	Risk dağılımı	Araç tipinin toplam risk dağılımı
Tip 1	Zig Zag yapmak	33,5	67,0
	Görünürlük	17,0	
	İkinci tren	16,0	
	Güneşin göz alması	0,5	
Tip 2	Hareket edememe	3,5	29,5
	Taşıtlar arası etkileşim	8,5	
	Arkada trafiğin sıkışması	7,5	
Tip 3	İntihar veya şiddet	3,5	3,5

Tip 1: Bu tip araçların sürücüleri trafik kurallarını bilerek veya bilmeyerek kurallara uymamak. Zig zag yaparak, ya da trafik işaretini görmeyerek, trafik işaretlerinde belirtilen kurallara uymamak bu tipe dahildir.

Tip 2: Bu tip araçların sürücüleri, tehlikeli bölgeye girdiklerinde uyarı işaretleri tarafından bir yasak söz konusu değildir ama trafik sıkışıklığı veya arabanın bozulması gibi sebeplerden dolayı güvenli bölgeyi terk edememişlerdir.

Tip 3: Bu tür araçların sürücüleri, trafik işaretleri tehlikeli bölgeye girmesini yasakladığı halde bilerek tehlike bölgesine girmişlerdir. Bu tür araç sürücüleri genellikle intihar amacıyla hemzemin geçitte araçlarıyla beklerler.

Demiryolu trafiği incelenirken bu modelde her trenin hemzemin geçide 160 km/sa hızla yaklaştığı kabulü yapılmıştır. Acil durum fren ivmesinin 0,7 m/sn^2 olduğu düşünülürse treni hemzemin geçide gelmeden önce durması için fren uzunluğunun 1411 m olduğu belirlenmiştir. Tren makinisti hemzemin geçitte bir engel olduğu bilgisini aldığında tepki vermesi için 2 sn intikal süresi gerekmektedir. Engelin ortadan kalktığı bilgisini aldıktan sonra da model yeniden hızlanma için gereken süreyi hesap eder.

Ekonomik analiz

Ekonomik analizin amacı yapılan harcamalara karşı elde edilen faydaların parasal değerinin belirlenebilmesidir [13].

Maliyet fayda oranlarını değerlerinin değerlendirilmesi Çizelge 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12: Maliyet/fayda oranları ve değerlendirilmesi [13]

Maliyet/fayda ($\Delta C/\Delta R$)	Değerlendirme
<0,1	Çok tercih edilir
0,1 – 0,5	Tercih edilir
0,5 – 2	Dengeli
2 - 5	Tercih edilmez
>5	Hiç tercih edilmez

ΔR = fayda

ΔC= maliyet

$\Delta C/\Delta R$ = maliyet fayda oranı

Mevcut riskleri azaltma konusunda uygulanacak sistemler arasında çok belirgin farklar olmadığından maliyet/fayda analizi için maliyet açısından en ucuz olan sistem seçilmiştir.

Alman ve İngiltere demiryollarındaki geleneksel engel tespit aygıtların maliyetleri farklılık göstermektedir. Alman demiryollarındaki aygıt maliyeti 56.000 Avro iken İngiltere demiryollarındaki aygıtın maliyeti 250.000 Avro'dur.

Bu düzeneğin kurulması için gereken bir başka aygıt da, hemzemin geçitten 1500 m önce hemzemin geçitteki engelin varlığını haber veren sinyal aygıtıdır. Bu aygıtın fiyatı ise Alman demiryollarındaki maliyeti 180.000 Avro iken İngiltere demiryollarındaki maliyeti 880.000 Avro'dur.

Alman demiryollarının düzeneğinin fiyatı daha düşük olduğu için 56.000 Avro'luk sistem tercih edilmiştir.

Çizelge 4.13 bu sistemle ilgili diğer teknoloji maliyetlerini göstermektedir.

Fayda

Kullanılan sistemin faydasını belirleyebilmek için, yaralanma ve ölümün maliyetinin bilinmesi gerekir. Almanya'da ölüm maliyeti 1.661.000 Avro, ciddi yaralanmaların maliyeti 229.400 Avro, hafif yaralanma maliyeti ise 18.600 Avro'dur.

Çizelge 4.13: Diğer teknoloji maliyetleri [12]

Ekipman	Maliyet (Avro)
1 Engel tespit aygıtı	56.000
2 Hemzemin geçit uyarı sinyalleri	180.000
Bir hemzemin geçit için toplam maliyet	236.000
4000 hemzemin geçit için maliyet	944.000.000

Uygulanacak olan bu engel tespit sisteminin faydası, oluşumuna engel olduğu kaza sayısı üzerinden hesaplanır. Toplam 4000 otomatik, yarım bariyerli hemzemin geçitte ortaya çıkacak olan 48 kazadan 13 tanesi bu sistemle önlenebilecektir. Önlenen bu kazalarda ölüm oranı %14,58, ciddi yaralanma oranı %31,25, hafif yaralanma oranı ise %52,08'dir. Bu durumda 13 kaza için ölüm sayısı yaklaşık olarak 1,89, yaralanma sayısı 4,06, hafif yaralanma sayısı ise 6,77 olmaktadır. Bu durumda 25 yıllık ömür döngüsü boyunca kurtarılacak para miktarı ve maliyet/fayda oranı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

ΔR= [(13 x 250.000) + (1,89 x 1.661.000) + (4,06 x 229.400) + (6,77 x 18.600)] x 25 = 186.421.354 Avro

$\Delta C/\Delta R$ = 944.000.000/186.421.354 = 5,06 > 5 (Hiç tercih edilmez)

4000 hemzemin geçit için yapılan maliyet/fayda analizi göstermiştir ki bu sistemin 4000 hemzemin geçidin hepsine birden uygulanması ekonomik olarak faydasızdır. Bunun yerine başlangıç risklerinin %80'inin gerçekleştiği 500 hemzemin geçit tespit edilse ve bu 500 hemzemin geçit için bu sistemin maliyet/fayda araştırması yapılsa sonuç farklı çıkacaktır. Kazaların %80'inin gerçekleştiği 500 hemzemin geçit için kazalarda gerçekleşen ölüm sayısı, 1,46, ciddi yaralanma sayısı 3,13, hafif yaralanma sayısı ise 5,21 olmaktadır. Bu durumda 25 yıllık ömür döngüsü boyunca sağlanacak fayda ve maliyet/fayda oranı şu şekilde hesaplanır:

ΔR= [(10 x 250.000) + (1,46 x 1.661.000) + (3,13 x 229.400) + (5,21 x 18.600)] x 25 = 143.401.042 Avro

$\Delta C/\Delta R = 118.000.000 / 143.401.042 = 0,83$ (dengeli)

500 hemzemin geçit için bu sistemin uygulanması ekonomik açıdan daha verimli görünmektedir.

Sosyal analiz

Sosyal analiz, paraya dökülemeyen faydaların tespiti için kullanılmaktadır. Sosyal analiz, karar verme aşamasında çok önemli rol oynamamaktadır. Sosyal analiz daha çok parasal anlam taşımayan olumlu ve olumsuz durumları ortaya koymak amacını gütmektedir.

Bu teknolojik donanımın bir hemzemin geçitte bulunması, karayolu sürücülerinde güvenlik hissi yarattığından kuralları daha çok göz ardı etmelerine yol açmaktadır. Bu da engel tespiti yapmaya yarayan teknolojik donanımların maliyet/fayda değerlerinde değişikliğe neden olabilir.

4.3.2.2 Trafik kurallarına uymayanları tespit eden video kameralı sistem

İkinci olayda Almanya demiryolu ağındaki AHB tipi yarım bariyerli hemzemin geçitlere, kurallara uymayanları tespit etmek için video kameralı düzeneğin kurulması incelenmektedir.

Toplam risklerin analizinde, bu sistemin kullanılmasına ilişkin çok tecrübe olmaması nedeniyle, sistemin etkinliği konusunda da bir ölçüm yapılmamıştır. Buna karşın hemzemin geçitlerle ilgili tecrübelerden yararlanarak otomatik yarım bariyerlerdeki kurallara uymama oranında %50 azalma sağlanacağı beklenmektedir.

4000 tane AHB tipi hemzemin geçide bu düzeneği kurmak yerine kazaların %80'inin gerçekleştiği 500 tane hemzemin geçidin belirlenip bu hemzemin geçitlere bu düzeneğin kurulması uygun görülmüştür. Bu durumda AHB tipi hemzemin geçitlerde önlenebilecek kaza sayısı (%80 için) 23 olmaktadır [13].

Öncelikle kameralı sistemlerin maliyetleri karşılaştırılmalı ve bunlardan en ucuz olanı seçilmelidir. Almanya'da kurallara uymayanları tespit etmeye yarayan kameralı sistemin fiyatı 40.000 Avro iken, İngiltere'de bu sistemin fiyatı 190.000 Avro'dur [13]. Almanya'daki sitemin maliyeti daha düşük olduğundan bu sistem seçilmiştir.

Bu donanımın 500 hemzemin geçitte kullanılacağı düşünülürse toplam maliyet (ΔC) 20.000.000 Avro olacaktır. Bu hemzemin gerçekleşen kaza sayısı 23'tür. Bu

kazalarda ölüm oranı %14,58, ciddi yaralanma oranı %31,25, hafif yaralanma oranı %52,08'dir. Bu durumda kazalarda meydana gelen ölüm sayısı yaklaşık olarak 3,35, ciddi yaralanma sayısı 7,19, hafif yaralanma sayısı ise 11,98 olmaktadır. Bu teknolojik donanımın kaza sayısını %50 oranında azaltacağı öngörülmektedir (dolayısıyla ölüm ve yaralanma sayıları da %50 oranında azalacaktır) [13]. Bu durumda 25 yıllık ömür döngüsü boyunca sağlanacak fayda ve maliyet/fayda oranı şu şekilde hesaplanır:

ΔR= [(23 x 250.000) + (3,35 x 1.661.000) + (7,19 x 229.400) + (11,98 x 18.600)] x (25) x (50/100) = 164.911.198 Avro

$\Delta C/\Delta R$ = 20.000.000/164.911.198 = 0,12 (tercih edilebilir)

Sosyal analiz

Sosyal analiz açısından, bu tür kameralı tespit sistemlerinin kullanılması sürücülerin hemzemin geçitlerde daha az hata yapmasını sağlayabilir. Bu sistemin olumsuz etkisi ise, bu kameralar bazı sürücülerin, özel hayatlarına saldırı olduğunu düşünmesine yol açmaktadır ve bu nedenle bazı sürücüler bu kameraları parçalamaktadır

4.3.3 Türkiye demiryolu ağında hemzemin geçit planlanması için öneriler

Türkiye'de hemzemin geçitlerde tasarım ve planlama işleri TCDD işletmesi tarafından yürütülmektedir. TCDD ağı üzerinde, 268 tanesi bekçili bariyerli, 313 tanesi otomatik bariyerli, 265 tanesi flaşörlü/çanlı/bariyersiz, 3008 tanesi serbest (çapraz işaretli) olmak üzere toplam 3854 hemzemin geçit bulunmaktadır. Ağ üzerindeki hemzemin geçitlerde 139 kaza gerçekleşmiştir.

Bütçe kısıtı çerçevesinde, bariyersiz hemzemin geçitleri bariyerli ya da alt/üst geçit haline ya da doğrudan alt/üst geçit olarak iyileştirmek gerekmektedir. Bariyersiz (ışıklı/ışıksız, sesli/sessiz, uyarılı, yalnız trafik işaretli) hemzemin geçitlerden hangi esaslara veya kıstaslara göre bariyerli hemzemin geçit çözümüne geçileceği planlamanın birinci çözümünü oluşturduğu göz önüne alınırsa, bariyerli hemzemin geçitten alt/üst geçit ya da hemzemin geçidin iptali çözümlerine geçiş kıstaslarının belirlenmesi planlamanın ikinci çözümünü oluşturduğu söylenebilir. Birinci sorun kaza sayısı en fazla olan hemzemin geçitlerin belirlenmesi ve buna göre bir öncelik sırlamasının planlanması "bütçe kısıtı" altında bir optimizasyon sorunudur. Bariyerli hemzemin geçitten alt/üst geçit çözümüne geçiş sorunu işletme optimizasyonu

sorunudur. 4.3.3.1 numaralı bölümde bariyersiz hemzemin geçitten bariyerli hemzemin geçide geçişe ilişkin çalışmalar, 4.3.3.2 numaralı bölümde ise bariyerli hemzemin geçitten alt / üst geçide geçişe ilişkin çalışmalar yer almaktadır.

4.3.3.1 Trafik işaretli hemzemin geçitten bariyerli hemzemin geçide geçilmesi

Trafik işaretli hemzemin geçitten bariyerli hemzemin geçide geçmek için temel neden güvenliktir. Kaza sayısının dolayısıyla ölümler, yaralanmalar ve maddi hasarların azaltılması amacıyla bariyersiz olan hemzemin geçitlerin bariyerli olarak yeniden düzenlenmesi tercih edilebilir. Bu durumda yapılacak olan çalışmanın maliyet fayda oranı, çalışmanın ne derece uygulanabilir olduğunu gösterecektir. Güvenlik sorunu olmayan, dolayısıyla ölüm ve yaralanmaların az olduğu trafik işaretli hemzemin geçitlerin bariyerli hemzemin geçit olarak düzenlenmesi ile güvenlik sorununun ciddi boyutlara ulaştığı trafik işaretli hemzemin geçitlerin bariyerli olarak düzenlenmesi arasında maliyet fayda oranı açısından ciddi farklar bulunacaktır. Maliyet her iki durumda da eşit olsa da, ölümlü kaza maliyeti, yaralanma maliyeti, hasarlı araç ve kamu malı maliyetinin azalmasından kaynaklanan faydalar birbirinden farklı olacaktır. Bu tür bir çalışmanın yapılabilmesi için aşağıdaki verilerin bilinmesi gerekmektedir.

- Hemzemin geçitte gerçekleşen kazaların tipi ve sayısı
- Hemzemin geçitte gerçekleşen ölüm sayısı
- Hemzemin geçitte gerçekleşen yaralanma sayısı
- Ölüm ve yaralanmanın parasal maliyeti
- Kullanılacak olan bariyerli sistemin kurulum maliyeti
- Yeni sistemin bakım ve işletme maliyeti

Fakat TCDD'nin ve KGM'nin resmi belgelerine ulaşılıp ilgili kaza istatistikleri elde edilmeden bu tür bir maliyet/fayda analizi yapmak mümkün değildir. İstatistiksel bir çalışmanın yapılabilmesi için son 10 yılın kaza istatistikleri, ölüm ve yaralanma sayılarıyla birlikte, elde edilebilmelidir.

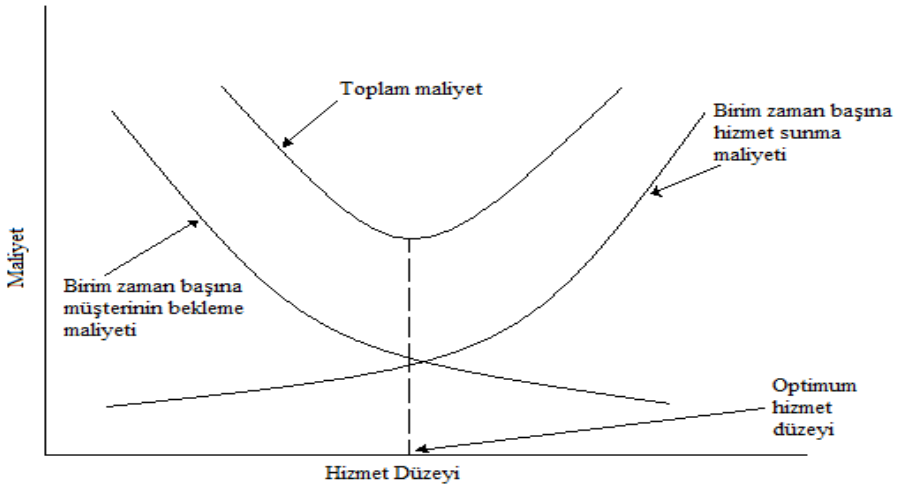
4.3.3.2 Bariyerli hemzemin geçitten alt veya üst geçide geçilmesi

Karayolu ve/veya demiryolu trafiği arttıkça bariyerli hemzemin geçitte karayolu araçları için kuyruklanma sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu sorunun karayolu işletme

maliyetini arttırdığı açıktır. İyileştirme planlamasında yöneylem araştırması çerçevesinde kuyruklanma sorunu, kuyruk karar modeli adı altında incelenebilmektedir.

Bariyerli hemzemin geçit yerine alt veya üst geçitle karayolu ve demiryolu trafiğinin birbirinden ayrılması kuyruklanma problemiyle ilgili bir seçimdir. Bariyerli hemzemin geçitte bekleyen araçların bekleme dolayısıyla maddi kayıplara yol açması nedeniyle bu sistem terk edilip alt veya üst geçit tercih edilebilir. Böylelikle karayolu trafiğinde bekleme sorununun ortadan kalkması sağlanabilir. Bu durumun analizi için kuyruk karar modellerinden, maliyet yönteminin kullanılması uygun olabilir.

Kısaca, maliyet yönteminde hizmet sunma maliyeti ve hizmet sunumundaki gecikmenin maliyetinin karşılaştırılmasını esas alınmaktadır. Şekil 4.6 bu karşılaştırmayı göstermektedir.



Şekil 4.6 : Maliyet – hizmet düzeyi grafiği [14]

5. HEMZEMİN GEÇİTTEN ALT/ÜST GEÇİDE GEÇİLMESİ

5.1 ABD'de Alt/Üst Geçit Çözümü ile İlgili Çalışmalar

Kuzey Karolina Ulaşım Müdürlüğü (NCDOT), ABD Ulaşım Bakanlığı (USDOT), Federal Demiryolu İdaresi (FRA) karayolu-demiryolu hemzemin geçitlerinin alt/üst geçit şeklinde yeniden düzenlenerek, karayolu demiryolu trafiğinin birbirinden ayrılması ile ilgili çalışmalar yapmıştır.

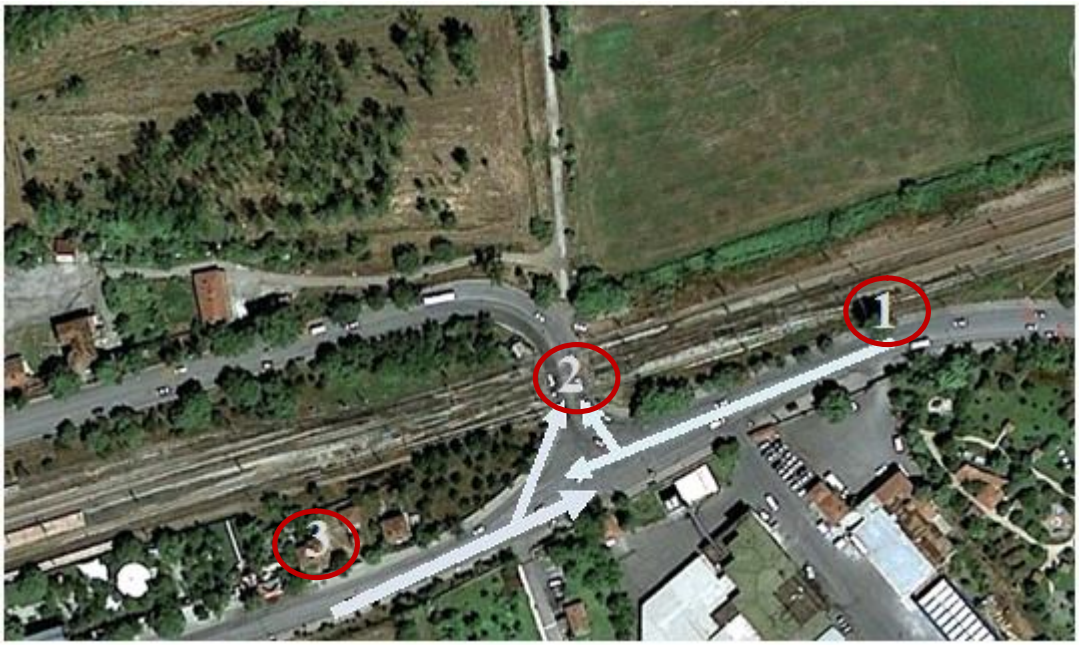
Kuzey Karolina'da hemzemin geçit çözümünden alt/üst geçit çözümüne geçilmesi için mevcut hemzemin geçitler için aşağıdakiler incelenmiştir [17].

- Kaza geçmişi
- Geçmiş ve gelecek için öngörülen karayolu ve demiryolu trafiği değerleri
- Hemzemin geçidin yer aldığı mülkün özellikleri
- Acil durum yolları
- Okul taşıtlarının yolları
- Mevcut uyarı aygıtlarının türleri
- İyileştirmenin uygulanabilirliği
- Hemzemin geçidin kapanmasının çevreye ekonomik etkisi
- Tehlikeli madde taşıyan ağır araçların geçiş yolları

Yukarıdaki değerlerin incelenmesi alt/üst geçit çözümü için seçim ölçütü oluşturulmasını sağlar. Bu değerler Bölüm 4.2.2.3'teki değerlerle karşılaştırılarak alt/üst geçit çözümünün seçimine karar verilir.

5.2 Hemzemin Geçit Kuyruklanma Saha Çalışması

Araştırma için Ankara'da Atatürk Orman Çiftliği'nin yakınındaki bekçili bariyerli hemzemin geçit tercih edilmiştir. Şekil 5.1 bu hemzemin geçidin uydudan çekilmiş görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 5.1 : Hemzemin geçidin uydudan çekilmiş görüntüsü

Şekil 5.1'de de görüldüğü gibi bu hemzemin geçide karayolu araçları 1 ve 2 nolu yönlerden gelmektedir. 2 nolu yönden, karşıdan gelen trafik yoktur. Trafik yoğunluğu nedeniyle kuyruklanma ortaya çıkarken ayrıca bekçi tarafından bariyerlerin düzensiz süreler boyunca açılıp kapatılması nedeniyle de kuyruklanmada olumsuzluklar tespit edilmiştir. Araştırma sırasında hemzemin geçide gelen iki ayrı kol ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Şekil 5.1'de görülen batıdan hemzemine yaklaşan akım birinci akım kolu, doğudan hemzemin geçide yaklaşan akım kolu ikinci akım kolu olarak isimlendirilmiştir.

Şekil 5.1'den de görüldüğü üzere karayolu kullanıcılarının bir kısmı 3 nolu yönden gelip 1 nolu yöne doğru devam etmek isterken bazı kullanıcılar 2 nolu yöne doğru devam edip hemzemin geçidi geçmek istemektedirler.

Şekil 5.1'den de görüldüğü üzere karayolu sürücülerinin bir kısmı 1 nolu yönden gelip 3 nolu yöne doğru devam etmek isterken bir kısmı da 2 nolu yöne doğru devam edip hemzemin geçidi geçmek istemektedir.

Kuyruk modellerinin gösterilişi de aşağıdaki gibidir

(a/b/c) : (d/e/f)

a: geliş dağılımlarının tanımlanması

b: Gidiş (hizmet süresi) dağılımlarının tanımlanması

c: paralel hizmet verenlerin sayısı

d: Kuyruk disiplini

e: sistemde izin verilen en büyük sayı

f: istek kaynağının büyüklüğü

Bu çalışmada yapılan araştırmadaki sistemin gösterimi ise aşağıdaki gibidir;

a:b= M (Markov veya Poisson geliş ve gidiş dağılımları)

c=1=1 tane hizmet veren

d=İGİHG (İlk giren ilk hizmet görür – FIFO)

e=∞

f=∞

Bu durumda bu çalışmada incelenen sistemin gösterimi (M/M/1) : (İGİHG/∞/∞) şeklindedir.

Bu hemzemin geçitte bariyerler kapatıldıktan sonra oluşan kuyruklanma trafik yoğunluğuna bağlı olarak yalnızca hemzemin geçidi kullanmak isteyenlerin değil doğu-batı doğrultusunda yola devam etmek isteyenlerin de trafikte beklemek zorunda kalmasına yol açmaktadır.

Yapılan saha araştırması sırasında, bariyerlerin kapalı kalma süresinin, art arda geçen tren sayısına bağlı olarak 45 sn ile 4 dk arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Seçilen hemzemin geçidin demiryolu trafiği oldukça yoğun olduğunda karayolu trafiği sık sık kesilmekte bu da karayolu trafiğinin hizmet düzeyini oldukça düşürmektedir.

Karayolu trafiğindeki beklemeler hizmet seviyesinin düşmesine ve ekonomik ve sosyal kayıplara yol açmaktadır.

Hemzemin geçitlerde bekleme (kuyruklanma) nedeniyle oluşacak maliyetler; alt / üst geçit ya da geçidin iptal edilip yeniden trafik planlamasını gerektiren çözümlerin araştırılmasını gerektirecektir.

Benzer projelerden yararlanılarak yaklaşık proje maliyetini hesaplamak mümkündür. Bu şekilde maliyet/fayda analizi için gerekli olan, maliyet (ΔC) değeri hesaplanmış olur. Benzer bir kesişmede alt geçit inşaatı projesine harcanan para 14.245.000 USD

olduğu bilinmektedir [15]. Bu durumda trafikte bekleme sebebiyle kaybedilen paranın, bu değerle karşılaştırılması gerekmektedir.

ΔR toplam fayda değeridir. Toplam fayda ise, hemzemin geçitteki duraklamalar ortadan kalkacağı için, önlenecek olan, fazladan taşıt işletim maliyeti, yolculuk zamanı kaybı, hava kirliliği maliyeti değerlerinin toplamı ile bulunabilir.

Bariyerli hemzemin geçidin kapalı olduğu süre boyunca, buna ek olarak karayolu trafiğinin yoğun olduğu saatlerde hemzemin geçidin açık olduğu saatlerde bile, hemzemin geçitte bekleyen araçlar kuyruklanmaya yol açmaktadır. Kuyrukta bekleyen karayolu araçlarının bekleme dolayısıyla sebep oldukları kayıplar alt veya üst geçit çözümüyle önlenecektir ve bu kayıplar fayda olarak hesapta yer alacaktır.

Saha araştırmasında iki farklı gün ve saatte hemzemin geçitte sayım yapılmıştır. 1 ve 2 ile gösterilen yönlerde, her iki tarafta yapılan bu sayımlarda 1 dakikalık sürelerde hemzemin geçide gelen araçlar Şekil 5.1'de gösterilmiş olan iki farklı kol için sayılmıştır. Birinci sayım 02.03.2010 Salı günü 12:00-12:50 saatleri arasında yapılmış olup karayolu trafiğinin yoğun olmadığı gözlemlenmiştir. Birinci gündeki sayıma göre hemzemin geçide dakikada yaklaşık olarak ortalama 8 araç geldiği belirlenmiştir. İkinci gün yapılan sayım ise karayolu trafiğinin yoğun olduğu akşam iş çıkışı saatlerinde alınmıştır. İkinci sayımda dakikada yaklaşık olarak ortalama 10 araç gelmiştir.

Hemzemin geçidi geçen araç sayısının tek bir şerit için dakikada 12 araç olduğu tespit edilmiştir.

Saha araştırması sırasında elde edilmiş olan bu veriler, kuyruk analizi yönteminde değerlendirilip yaklaşık bir maliyet/fayda analizi yapılmıştır.

Saha araştırmasının kuyruk analizi

Kuyruk analizinde kullanılacak olan terimlerin açıklaması aşağıda verilmiştir [14]

λ : ortalama müşteri geliş oranı (taşıt/dk)

μ : ortalama hizmet oranı (taşıt/dk)

ρ : ortalama hizmet süresi için beklenen geliş sayısı

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \qquad \textbf{(5.1)}$$

$\rho < 1$ olduğu durumlarda sistemde dengeli/durağan durum sağlanabilir. Bu durumda müşterilerin sisteme gelişler arası süresi, hizmet süresinin altındadır. $\rho > 1$ ve $\rho = 1$ durumlarında ise hizmet süresi müşterilerin gelişler arası süresinden büyük olacağından sistemde sabit durum sağlanması söz konusu değildir.

W_q : bir müşterinin kuyrukta harcadığı ortalama süre

$$W_q = \frac{\rho}{\mu - \lambda} \qquad \textbf{(5.2)}$$

Saha araştırmasının ilk sayımı 02.03.2010 Salı günü 12:00–12:50 saatleri arasında söz konusu hemzemin geçitte yapılmıştır. Sayımda elde edilen değerler Çizelge 5.1'de görülmektedir.

Çizelge 5.1: 02.03.2010 günü 12:00-13:00 saatlerinde yapılan sayım değerleri

Zaman	Hemzemin geçidin her bir kapanması sırasında kuyruktaki taşıt sayısı
12:02:15-12:03:15	5
12:03:15-12:04:30	17
12:29:11-12:30:11	6
12:30:11-12:40:18	15
12:48:03-12:49:03	7
12:49:03-12:50:03	17

Saha araştırmasının ilk gününde elde edilen değerler ise şu şekildedir

$\lambda = 8$ taşıt/dk (tek akım kolu için)

$\mu = 12$ taşıt/dk

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{8}{12} = \frac{2}{3}$$

Bu araştırma sırasında bariyer 2 dakika kapalı kaldığı için sistemde her bir koldan gelip biriken araç sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

2 x 8 = 16 taşıt

Kuyrukta bir aracın ortalama bekleme süresi ise (5.2) nolu denklem yardımıyla hesaplanabilir

$$W_q = \frac{\rho}{\mu - \lambda} = \frac{\frac{2}{3}}{12-8} = 0{,}17 \text{ dk/taşıt}$$

Her bir kol için sistemde 16 araç bulunduğu göz önüne alınırsa, her bir koldaki toplam bekleme süresi

16 x 0,17 = 2,7 dk olarak hesaplanabilir.

Toplamda iki akım kolu olduğu düşünülürse, sistemdeki toplam bekleme süresi

2,7 x 2 = 5,4 dk olmaktadır.

Madrid'de yapılmış olan bir çalışma göstermiştir ki bir aracın trafikte beklemesiyle kaybedilen ortalama para miktarı 9 USD/sa'dır [17]. Bu da dakikada 0,15 USD etmektedir.

5,4 dakikalık bekleme değerinin parasal karşılığı ise, bekleme süresi ile bir dakikalık beklemenin neden olduğu parasal kaybın (0,15 USD/dk) çarpımı ile bulunabilir.

5,4 x 0,15 = 0,81 USD (hemzemin geçidin 1 defa kapatılmasıyla kaybedilen para)

Saha araştırmasının ikinci sayımı ise 03.03.2010 Çarşamba günü 16:30–17:50 saatleri arasında yapılmıştır. Sayım yapılırken bariyerler ortalama olarak 3 dk boyunca kapalı kalmıştır. Bu sayımda elde edilen değerler Çizelge 5.2'de görülmektedir.

$\lambda =$ 10 taşıt/dk

$\mu =$ 12 taşıt/dk

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{10}{12} = \frac{5}{6}$$

Kuyrukta bir aracın ortalama bekleme süresi ise (5.2)'nolu denklem yardımıyla hesaplanabilir.

$$W_q = \frac{\rho}{\mu - \lambda} = \frac{\frac{5}{6}}{12-10} = 0{,}42 \text{ dk/taşıt}$$

Bu araştırma sırasında bariyer 3 dakika kapalı kaldığı için sistemde her bir koldan gelip biriken araç sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

3 x 10 = 30 taşıt

Her bir kol için sistemde 30 taşıt bulunduğu göz önüne alınırsa, her bir koldaki toplam bekleme süresi

30 x 0,42 = 12,6 dk olarak hesaplanabilir.

Çizelge 5.2: 03.03.2010 günü 16:30-17:50 saatlerinde yapılan sayım değerleri

Zaman	Hemzemin geçidin her bir kapanması sırasında kuyruktaki taşıt sayısı
16:30:05-16:31:05	6
16:31:05-16:32:05	13
16:32:05-16:33:05	30
16:35:14-16:36:14	8
16:36:14-16:37:14	16
16:37:14-16:38:14	30
16:42:17-16:43:17	9
16:43:17-16:44:17	17
16:44:17-16:45:20	34
16:49:01-16:50:01	11
16:50:01-16:51:01	20
16:51:01-16:52:02	30
16:54:04-16:55:04	11
16:55:04-16:56:04	17
16:56:04-16:57:13	31
17:09:08-17:10:08	11
17:10:08-17:11:08	17
17:11:08-17:12:08	27
17:19:27-17:20:27	12
17:20:27-17:21:27	23
17:21:27-17:22:33	33
17:27:06-16:28:06	11
17:28:06-17:29:06	21
17:29:06-17:30:07	31
17:32:14-17:33:14	9
17:33:14-17:34:14	15
17:35:14-17:36:18	29
17:38:18-17:39:18	9
17:39:18-17:40:18	19
17:40:18-17:41:20	29
17:43:01-16:44:01	10
17:44:01-17:45:01	18
17:45:01-17:46:05	32
17:47:19-16:48:19	12
17:48:19-17:49:19	18
17:49:19-17:50:20	31

Toplamda iki akım kolu olduğu düşünülürse, sistemdeki toplam bekleme süresi

12,6 x 2 = 25,2 dk olmaktadır.

25,2 dakikalık bekleme değerinin parasal karşılığı ise, bekleme süresi ile bir dakikalık beklemenin neden olduğu parasal kaybın çarpımı ile bulunabilir.

25,2 x 0,15 = 3,78 USD (hemzemin geçidin 1 defa kapatılmasıyla kaybedilen para)

Hemzemin geçitte trafik hacmi düşükken, karayolu araçlarının işletilmesi nedeniyle gerçekleşen para kaybı 0,81 USD iken trafiğin yoğun olduğu durumda 3,78 USD olmaktadır. Karayolu trafiğinin yoğun olduğu saatlerde işletilen banliyö trenlerinin sayısının da fazla olması nedeniyle bariyerler günün diğer saatlerine oranla daha sık kapanmaktadır. Öğlen saatlerinde yapılan saha araştırmasında bariyerlerin saatte ortalama 3 defa kapandığı gözlemlenirken akşam iş çıkışı saatlerinde bu değerin ortalama 12 olduğu gözlemlenmiştir. Günün 7:30–8:30 saatleri arası ve 16:30–18:30 saatleri arası trafiğin yoğun olduğu saatler, geri kalan 8:30–16:30 ve 18:30–00:00 saatleri arası ise trafik yoğunluğunun düşük olduğu saatler olarak gözlemlenmiştir. Bu durumda, 7:30 – 00:00 saatleri arasında, hemzemin geçitler 3 saat boyunca yoğun trafikte ve 13.5 saat ise düşük yoğunluklu trafikte işletilmektedir. Bu durumda 07:30–00:00 saatleri arası toplam para kaybı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

3 x 12 x 3,78 + 13,5 x 3 x 0,81 = 168,9 USD

Bir yıldaki toplam kayıp ise

168,9 x 365 = 61.650 USD olmaktadır.

Alt/üst geçidin hizmet ömrü 30 yıl olarak alınırsa hizmet ömrü boyunca sağlanacak fayda (ΔR)

30 x 61.650 = 1.849.509 USD olmaktadır.

ΔC/ΔR oranının değeri ile de alt veya üst geçit uygulanmasının, hemzemin geçidin bariyerli olarak uygulanmasından daha iyi bir tercih olup olmadığına karar verilebilir.

ΔC/ ΔR = 14.245.000/1.849.509 = 7,7

ΔC/ΔR > 5 olduğunda alt/üst geçit çözümü olabilir değildir.

Bu hesaplama yönteminde yalnızca karayolu araçlarının hemzemin geçitte beklemeleri nedeniyle kaybedilen para miktarı hesaplanmıştır. Projenin diğer ekonomik verileri (ölüm, yaralanma ve mal hasarı maliyeti vb.) ve sosyal verileri de hesaplamaya dahil edilirse daha gerçekçi bir maliyet/fayda analizi yapılabilir.

İnceleme yapılan hemzemin geçitte son 10 yıllık dönem içerisinde 10 adet kaza olduğu (sürücü ve/veya bariyer işletmesi hatası ile) kabulü ile yukarıdaki

hesaplamaya ek olarak oluşan kaza maliyetleri aşağıdadır. Söz konusu kazalarda 5 ölüm, 10 yaralanma gerçekleştiği, ortalama karayolu hasar maliyetinin 10.000 USD/araç, demiryolu hasar maliyetlerinin ortalama 3.000 USD/kaza olduğu kabul edilmiştir. Karayolları Motorlu Araçlar Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortası 2010 yılı trafik sigortası teminatlarına göre ölüm bedeli de yaralanma bedeli de 175.000 TL'dir [18].

1 USD'nin 1,45 TL olduğu bilindiğinden, 175.000 TL değerlerinin yaklaşık olarak 120.690 USD'ye karşılık geldiği hesaplanabilir.

10 yıllık süre için ölüm maliyeti

120.690 x 5 = 603.450 USD olmaktadır.

10 yıllık süre için yaralanma maliyeti

120.690 x 10 = 1.206.900 USD olmaktadır.

10 yıllık süre için toplam hasar maliyeti

10 x (10.000 + 3.000) = 130.000 USD olmaktadır.

10 yıllık sürede toplam kaza maliyeti yukarıda hesaplanan değerlerin toplamıdır.

10 yıl için toplam kaza maliyeti = 603.450 + 1.206.900 + 130.000 = 1.940.350 USD

30 yıllık hizmet ömrü için toplam kaza maliyeti aşağıda hesaplanmıştır.

3 x 1.940.350 = 5.821.050 USD

Daha önce toplam işletme faydası 1.849.509 USD olarak bulunmuştu. Kaza maliyetleri ve işletme maliyetlerinin toplamı, toplam faydanın (ΔR) hesaplanmasını sağlayacaktır.

ΔR = 1.849.509 + 5.821.050 = 7.670.559 USD

Toplam maliyetin (ΔC), 14.245.000 USD olduğu bilindiğine göre maliyet/fayda oranı aşağıdaki şekilde gerçekleştirilir.

$\Delta C / \Delta R$ = 14.245.000/7.670.559 = 1,86

$\Delta C / \Delta R$ değeri 0,5 ile 2 arasında çıktığı için alt/üst geçit çözümü, dengeli olarak değerlendirilir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Söz konusu çalışmanın birinci bölümünü izleyen ikinci bölümünde hemzemin geçitlere ait tasarım bileşenleri tanımlanmıştır. Üçüncü bölümde hemzemin geçitlerin tasarımına ilişkin ABD, Kanada, İngiltere standartları incelenmiştir. Dördüncü bölümde planlama kavramı sorunları incelenmiştir. Bu amaçla, ABD ve Almanya'dan planlama karar ölçütleri verilmiştir. Söz konusu ölçütlerin Türkiye demiryolu ağı için belirlenmesi sorununa bir yaklaşım sağlanması konusunda çalışmanın üçüncü kısmında değinilmiştir. Bu amaçla, bariyersiz–korumasız–trafik işaretli hemzemin geçitlerde bütçe kısıtı altında bariyerli hemzemin geçide geçiş (olabilirlik–iyileştirme) yöntemi için yeterli veriler olmadığı için yeterli bir çalışma yapılamamıştır. Ancak böyle bir çalışma için bir çalışma yöntemi önerisi sunulmuştur. Bariyerli korumalı hemzemin geçitten alt/üst geçit ya da yeniden bir karayolu trafiği düzenlenmesi çözümlerine geçiş için en iyileme çözümüne dair bilgi verilmiş, söz konusu çözüm yöntemi bir kuyruklanma problemini içerdiği için Ankara – Atatürk Orman Çiftliği yakınlarındaki hemzemin geçitten saha çalışması veri toplaması yapılmış ve ortalama maliyetle bir maliyet / fayda analizi yapılmıştır.

Söz konusu çalışmanın aşağıdaki iki çalışma ile geliştirilmesi gerekmektedir. Çalışmanın temel amacı mevcut hemzemin geçitlerin planlanması sorunudur. Sorunun ana nedeni " bütçe kısıtıdır". Bu sorun bu nedenle bir en iyileme – fizibilite sorunu olup işletme ve yatırım maliyetlerini en aza indiren çözümün bulunması, sorunu olduğuna göre yapılacak çalışmaların olaydaki parametrelerin araştırılması ve bileşenlerin fizik büyüklüklerinin belirlenmesi konuları çalışılması gereken konulardır.

Korumasız- bariyersiz hemzemin geçit, bariyerli hemzemin geçit, alt / üst geçit ya da yeni trafik planlanması çözümleri yatırım ve işletme maliyetleri açısından küçükten büyüğe bir sıralama gösterdiği bilinmektedir. Bu çözümlerin geçiş sınırlarının ve başka deyişle en iyi eşiklerin belirlenmesi konusunda söz konusu çalışma yalnızca bir ön çalışma olup bir fikir düzeyi oluşturulduğunda söz konusu " hemzemin geçit

planlama" problemi daha ileri düzeyde belki birçok çalışmayı ülke düzeyinde gerektirmektedir.

Yapılan saha çalışmasında önce maliyet fayda analizinde kaza maliyetleri (ölüm, yaralanma, maddi hasar) kullanılmamış ve, maliyet fayda oranı 7,7 olarak bulunmuştur. Bu değer hemzemin geçitten alt/üst geçide geçiş çözümünün uygulanabilir olmadığını göstermektedir. Fakat yaklaşık kaza sayıları yardımıyla, kaza maliyetleri de maliyet fayda oranı hesabına katıldığında maliyet fayda oranı değeri 1,86 bulunmuş olup dengeli olarak adlandırılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] **Karayolları Trafik Kanunu,** 1983, madde 76 a/b

[2] **United Nations**, 2000, *Economic and Social Commision for Asia and the Pacific-Evaluation of Cost–Effectiveness Systems for Railway Level–Crossing Protection.*

[3] **Australian Transport Safety Bureau**,1999, Annual Report 1998 -1999, 22-24

[4] **Bureau of Transport Statistics**, 2004, Railroad Safety Statistics Annual Report, 10-12

[5] **U.S. Department of Transportation**, 2007, *Railroad – Highway Grade Crossing Handbook Revised Second Edition,* Federal Highway Administration, 55-65

[6] **SELCAT**, 2008, D1 *Report about Statistics, Database Analysis and Regulations for Level Crossing,* 64-88

[7] **U.S. Department of Transportation,** 2002, *Tracks Safety Standarts and Manual*, Federal Railroad Administration, 48-62

[8] **AASHTO**, 2004, *A Policy on Geometric Design of Highway and Streets 5th Edition.*

[9] **Transport Canada,** 2002, *Road/Railway Grade Crossings Technical Standards and Inspection, Testing and Maintenance Requirements.*

[10] **TCDD**, 2008, *Devlet Demiryolları İstatistik yıllığı 2004 -2008,* 41-65

[11] **U.S. Department of Transportation**, 2002, Federal Highway Administration, *Highway/Rail Grade Crossing, Technical Working Group, Guidance on Traffic Control Devices at Highway Rail Grade Crossing.*

[12] **U.S. Department of Transportation**, 2003, Federal Highway Administration, *Manual on Traffic Control Devices.*

[13] **SELCAT**, 2008, *D4 Report on Cost Benefit Analysis Methods for Level Crossings.*

[14] **Taha H. A.,** 1987, *Operations Resarch an Introduction*, MacMillan Publications, 597-660.

[15] < http*://www.heltas.com.tr/biten.html*>, alındığı tarih, 11.04.2010.

[16] **PTRC**, A.M.Caceres and J.V. Gredilla,1994, "Assesement of Congestion Costs in Madrid", The 22nd European Transport Forum, Transport Policy and it Implementation: Volume 1, 12-16 September.

[17] **U.S. Department of Transportation,** 2004, Federal Railroad Administration, Office of Research and Development, Washington, *North Carolina DOT Traffic Separation Studies Volume I – Assessment*.

[18] <*http://www.guvencehesabi.org.tr/source/2010_trafiklimit.html*>, alındığı tarih, 01.05.2010.

EKLER

Ek-A: Hemzemin geçitlerin ERA sınıflandırmasındaki karşılığı

Ek-A

Çizelge A.1 : Hemzemin geçitlerin ERA sınıflandırmasındaki karşılığı [6]

	Hemzemin Geçidin Ulusal İsmi	ERA Sınıflandırmasındaki karşılığı
Bulgaristan	APB – Otomatik Yarım Bariyerli Hemzemin Geçit (Automatic Half Barrier Level Crossing)	A.1.3
	APS- Demiryolu ve Karayolu İşaretli Otomatik Açık Hemzemin Geçit (Automatic Open Level Crossing with road and railway signals)	A.1.2
	APB (Bekçili) – Bekçi tarafından korunan Otomatik yarım bariyerli hemzemin geçit (with LC keeper - Automatic Half Barrier Level Crossing guarded by LC keper)	A.1.3
	RB- Elle kontrol edilen tam bariyer Hemzemin Geçit (Manually controlled full barrier LC)	A.2.1
	UP/BG – Korumasız Hemzemin Geçit (Unprotected LC)	B
Finlandiya	FIN Type 1 - Otomatik Yarım bariyerli hemzemin geçit (Automatic half barrier)	A.1.3
	FIN Type 2 – Otomatik tam bariyerli hemzemin geçit (Automatic full barrier LC)	A.1.3
	FIN Type 3 – Otomatik görsel ve işitsel uyarılı hemzemin geçit (LC with automatic audible and visual warning device)	A.1.2
	FIN Type 4 – Yaya ve bisiklet trafiği için otomatik tam bariyerli hemzemin geçit (Automatic full barriers for bicycle andpedestrian traffic)	A.1.3
	FIN Type 5 – Hemzemin geçit uyarı aygıtlı trafik ışıkları (Traffic lights with LC warning device)	A.1.2
	FIN Type 6 – Işıklı uyarı aygıtlı hemzemin geçit (LC with light warning device)	A.1.2
	FIN Type 7 – Korumasız Hemzemin Geçit (Unprotected LC)	B
Fransa	SAL2 – Otomatik aydınlatmalı 2 yarım bariyerli hemzemin geçit (Signalisation automatique lumineuse 2 demi Barriers)	A.1.3
Almanya	BÜ – Teknik uyarı ve korumasız hemzemin geçit (LC without Technical warning and protection)	B
	LC - Bli – Teknik uyarı ve koruma içeren hemzemin geçit (LC with technical warning and protection)	A.1.2

Çizelge A.1: (devam) Hemzemin geçitlerin ERA sınıflandırmasındaki karşılığı [6]

Almanya	LC – Blih Teknik uyarı ve koruma içeren hemzemin geçit (LC with technical warning and protection)	A.1.3
	LC-Lz Teknik uyarı ve koruma içeren hemzemin geçit (LC with technical warning and protection)	A.1.2
	LC-LzH Teknik uyarı ve koruma içeren hemzemin geçit (LC with technical warning and protection)	A.1.3
	LC- LzV Teknik uyarı ve koruma içeren hemzemin geçit (LC with technical warning and protection)	A.1.3
	LC-V- Teknik uyarı ve koruma içeren hemzemin geçit (LC with technical warning and protection)	A.2.1
Macaristan	Sr – Tam Bariyerli (Full barrier)	A.2.3
	As – Otomatik hemzemin geçit (Automatic Level Crossing)	A.1.3
	NB – Korumasız hemzemin geçit (Unprotected LC)	B
	PB – Yalnızca yaya ve bisiklet trafiği için hemzemin geçit (Level Crossing only for bicyclist and pedestrian traffic.)	B
İtalya	PL 1 – Tam bariyerli hemzemin geçit (Full barrier Level Crossing)	A.1.3
	PL 2 – Tam bariyerli hemzemin geçit (Full Barrier level crossing)	A.1.3
	PLA – Yarım bariyerli hemzemin geçit (Half barrier Level Crossing)	A.1.3
	PLA 2 – PLA'nın bariyersiz türü (PLA without barrier)	A.1.2
Polonya	A Category – Bariyerli veya bariyersiz, elle kontrol edilen, yerel kontrollü ya da uzaktan kontrollü bariyerli hemzemin geçit (LC with or without barriers, controlled manually, either locally or from a distance.)	A.2.3
	B Category – Yarım bariyerli, karayolu için uyarı ışıklı otomatik hemzemin geçit (Automatic LC with half-barriers and with road user warning lights.)	A.1.3

Çizelge A.1: (devam) Hemzemin geçitlerin ERA sınıflandırmasındaki karşılığı [6]

Polonya	D Category – Bariyersiz ve otomatik ışıksız hemzemin geçit (LC without barriers and without automatic light signalling.)	B
	E Category – Yalnızca yaya trafiği için hemzemin geçit (LC only for pedestrian traffic)	A.2.1
	F Category – Herkese açık açık olmayan hemzemin geçit (Non-public LC.)	B
	Other –A-F arasında sınıflandırılamayan, özel veya herkese açık yollardaki ve iletişimsiz demiryolu hatlarındaki hemzemin geçitler (LC on public or private road and noncommunication	B
Slovakya	Slovak mechanical LC – Elle yönetilen tam bariyerli hemzemin geçit (Manually operated with fullbarrier)	A.2.1
	Slovak unprotected LC – Hemzemin geçit aygıtı olmayan korumasız hemzemin geçit (Level crossing without any LC İnstallation)	B
	Slovak automatic LC with barriers (full or half) – Otomatik tam ya da yarım bariyerli hemzemin geçit (Group of automatic level crossings with barriers)	A.1.3
Slovakya	Slovak automatic LC without barriers – Bariyersiz otomatik hemzemin geçit (Group ofautomatic level crossings without barrier)	A.1.2
İngiltere	ABCL – Yerel gözlemlenen otomatic bariyerli hemzemin geçit (Automatic barrier crossing locally monitored)	A.1.3
	AHB – Otomatik yarım bariyerli hemzemin geçit (Automatic half barrier crossing)	A.1.3
	AOCL – Yerel gözlenen otomatik hemzemin geçit (Automatic open crossing locally monitored)	A.1.2
	MCB – Elle kontrol edilen bariyerli hemzemin geçit (Manually controlled barriers)	A.2.3
	MCB with CCTV – Kapalı devre kamera sistemiyle izlenen ve demiryolu elemanı tarafından işletilen bariyerli hemzemin geçit (Barrier crossing operated by railway staff via closed circuit television cameras)	A.2.3
	MG – İnsanlı, kapılı hemzemin geçit (Manned crossing with Gates)	A.2.3
	FP – Yaya veya bisiklet yolu geçidi (Footpath or bridleway crossing.)	A.1.3/A.2.3

Çizelge A.1: (devam) Hemzemin geçitlerin ERA sınıflandırmasındaki karşılığı [6]

İngiltere	OC – Açık hemzemin geçit (Open Crossing)	B
	S&BC – İstasyon veya tepe geçitleri (Station and barrow crossing)	B
	UWC – Kullanıcı tarafından çalıştırılan hemzemin geçit (User worked crossing)	A.2.1
	UWC (MWL) – Kullanıcı tarafından çalıştırılan minyatür uyarı ışıklı hemzemin geçit (User worked crossing with miniaturewarning lights)	A.1.2/A.2.2
	UWC(T) – Kullanıcı tarafından çalıştırılan, telefonlu hemzemin geçitler (User worked crossing with telephones)	A.2.1
Çin	Guarded Driveway-Railway LC – Karayolu araçları, yaya ve bisikletler için korumalı hemzemin geçit (Guarded level crossing for motorcars, pedestrian and cyclist)	A.2.1/A.2.2/A.2.3
	Non-guarded Driveway-Railway LC – Hiçbir demiryolu elemanı atanmamış hemzemin geçit (Level crossing which no watchman assigned by authority and for	B
	Pedestrian Crosswalk LC – yalnızca yaya ve bisikletliler için hemzemin geçit (The level crossing which only for Pedestrian, cyclist or livestock)	B
Japonya	Category-1 – Otomatik tam bariyer ve uyarı sinyali (Automatic full barrier and warning signal)	A.1.3
	Category-3 – Bariyersizz otomatik uyarı sinyalli hemzemin geçit (Automatic warning signal without barrier)	A.1.2
	Category-4 – Otomatik Olmayan koruma(Non automatic protection)	B
Fas	1st Category – Elle yönetilen tam bariyerli hemzemin geçit (LC with a full barrier manually operated)	A.2.1
	2nd Category – Korumasız hemzemin geçit (LC without any protection)	B
	Pedestrians LC – Yalnızca yayalar için hemzemin geçit (LC for pedestrians only.)	B

Çizelge A.1: (devam) Hemzemin geçitlerin ERA sınıflandırmasındaki karşılığı [6]

Rusya	Type 1 – İnsanlı hemzemin geçit (Manned LC)	-
	type 1.1. – Otomatik ışık sinyalli, otomatik veya yarı otomatik yarım bariyerli hemzemin geçit (Automatic and semi-automatic half-barriers with automatic light signal system)	A.1.3
	type 1.2. – Elecktirkli ve mekanik yarım bariyerli hemzemin geçit (Electric half-barriers and mechanized halfbarriers)	A.2.3
	type 2. – İnsansız hemzemin geçit (Unmanned LC)	-
	type 2.1. – Otomatik ışık sinyali sistemli hemzemin geçit (LC with automatic light signal system)	A.1.2
	type 2.2. – Uyarı sistemsiz hemzemin geçit (LC without warning signal system)	B

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Onur DENİZ

Doğum Yeri ve Tarihi: Antakya 11/03/1985

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi (2008)