



**T.C. ULAŖTIRMA BAKANLIĞI
DEMİRYOLLAR, LİMANLAR, HAVAMEYDANLARI
İNŖAATI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

DEMİRYOLLARI

PLANLAMA ve TASARIM TEKNİK ESASLARI



YÜKSEL PROJE

ANKARA, 2007

İÇİNDEKİLER

1. Planlama, Yer Seçimi Kriterleri ve Boyutlandırma	11
1.1. Güzergah tayini.....	11
1.1.1. Koridor Etüdünün Yapılması.....	11
1.1.2. Aday koridorların belirlenmesi	13
1.1.3. Aday güzergahların incelenmesi ve değerlendirilmesi.....	14
1.1.4. Güzergah tayini için verilecek dökümanlar.....	19
1.2. Köprü, Viyadük, Tünel, İstinat Yapıları Güzergah Seçim ve Boyutlandırma Kriterleri:	21
1.3. İstasyon tesisleri	21
1.3.1.Genel.....	21
1.3.2. Tanımlar	22
1.3.3. İstasyonlarda Tasarım Kuralları	23
1.3.3.1. Genel.....	23
1.3.3.2. Çevre Planlaması	23
1.3.3.3. Mekan Organizasyonu.....	24
1.3.3.4. Bilet Holü.....	25
1.3.3.5. Peron.....	25
1.3.3.5.1. Peron Tasarımı	29
1.3.3.6. Yatay Ve Düşey Dolaşım Alanları	29
1.3.3.7. Yardımcı Mekanlar.....	30
1.3.3.8. . İstasyon Güvenliği	30
1.3.4. İstasyon Boyutlandırması	33
1.3.4.1. Genel.....	33
1.3.4.2. Peron Kapasite Hesabı.....	33
1.3.4.3. Acil Durum Kapasite Hesabı.....	33
1.3.4.4. Merdivenler	34
1.3.4.5. Yürüyen Merdivenler.....	34
1.3.5. Yolcu Bilgilendirme Sistemi	37
1.3.6. Malzeme Seçimi.....	37
1.3.6.1. Malzeme Ve Kaplamalar	38
1.3.6.2. İstasyon Donanım Ve Mobilyaları.....	39
2. Yapıların Depremlı ve Depremsiz Durumlarda Tasarımı	43
2.1. Köprü, Viyadük ve sanat yapıları.....	43
2.2 Tünel	43
2.2.1. Tünel Kazı Destek Tip Projelerinin Oluşturulması	43
2.2.2. Portal Kesimlerinin Projelendirilmesi	51
2.2.3. Tünel Serbest Alan Hesabı.....	52
2.2.4. Tünel Tasarımında Güvenlik	54
2.2.4.1. Genel.....	54
2.2.4.2.Yeni Tüneller	54
2.2.4.3.Mevcut Tüneller	55
2.2.5. Tünellerin Deprem Tasarımı.....	55
2.2.5.1 Genel.....	55
2.2.5.2. Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi	55
2.2.5.2.1. Yapı Önem Derecesi	55
2.2.5.2.2. Deprem Yer Hareketi.....	56
2.2.5.2.3 Deprem Davranış Kriterleri.....	56
2.2.5.3. Genel Deprem Tasarımı Yaklaşım	57
2.2.5.4. Deprem Tasarımı	59
2.2.5.4.1 Boyuna Analiz.....	60
2.2.5.4.1.1 Basit Statik Yöntem	60

2.2.5.4.1.2. Yarı-dinamik Yöntem	62
2.2.5.4.2 Enine Analiz	64
2.2.5.4.2.1 Statik Deformasyon Analizi	65
2.2.5.4.2.2 Dinamik Deformasyon Analizi	67
2.3. İstinat Yapıları	67
2.4 Toprak İşleri	67
2.5 Üstyapı Poz İşleri	67
2.5.1. Genel.....	67
2.5.2. Altyapı Tasarımı.....	69
2.5.2.1 Balast – Alt Balast Minimum Kalınlık Hesabı	69
2.5.2.2. Hazırlanmış Taban Kalınlığının (ef) Belirlenmesi.....	71
2.6. Sinyalizasyon, elektrifikasyon ve telekomünikasyon.....	71

ÇİZİMLER

Çizim 1.1 Peron Planlaması	26
Çizim 1.2 . Yan Peron Kesiti	27
Çizim 1.3 . Orta Peron Kesiti	28
Çizim 1.4. Peron Kenar Planı	30
Çizim 1.5. Yığılma Alanları	32
Çizim 1.6. Yürüyen Merdivenlerin Boyutlandırılması	35
Çizim 1.7. Yürüyen Merdiven Dolaşma Alanları Boyutlandırılması	36
Çizim 2.1. Tren Alanı	53
Çizim 2.2. Tünel içi Serbest Alan Sınırı	53
Çizim 2.3. Tünel Deformasyonları	58
Çizim 2.4 Belirli bir geliş açısıyla yayılan harmonik deprem dalgasının sebep olduğu deplasmanlar	60
Çizim 2.5. İç deprem kuvvetleri	62
Çizim 2.6. Zemin ortamının üç boyutlu deprem davranışı	62
Çizim 2.7. Yarı-dinamik analiz yöntemi	64
Çizim 2.8. Zemin tünel ortamının iki boyutlu sonlu eleman modeli.....	66
Çizim 2.9. Raylı Sistem Altyapı Tabakaları	69

TABLÖLAR

Tablo 2.1.Kaya sınıflama sistemlerinin karşılaştırılması	44
Tablo 2.2. Zemin Kalite Sınıfları (UIC Code 719 R, 1994).....	68
Tablo 2.3. Taban taşıma gücünün tayini	71
Tablo 2.4. Sinyalizasyon Standartları	72

1. PLANLAMA, YER SEÇİMİ KRİTERLERİ ve BOYUTLANDIRMA

1. Planlama, Yer Seçimi Kriterleri ve Boyutlandırma

1.1. Güzergah tayini

Konu ile ilgili terimler aşağıda sıralanmıştır:

Yaklaşık Mahal: Planlanan bir yolun başladığı, bittiği veya uğradığı 10 x 10 km² veya buna benzer ya da eşdeğer büyüklükte, bir yerleşim yeri, mahalle, köy ya da ismi ile koordinatları ile belirlenebilen alan

Koridor: Planlanan bir yolun yaklaşık başlangıç ve bitim mahallerini kapsayan takriben 10 km genişliğinde ve uzunluğu genişliğinin en az 1.5-2 katı ve şu halde şeritsel olarak nitelenebilecek bir alan kastedilecektir.

Yaklaşık Geçki: Bir koridor içerisinde, 1/25000 ölçeği kapsamında belirli, yani ilerleyen planlama ve proje aşamalarında sağa ve sola yer yer, kesim kesim veya tüm koridor boyunca 2 km kadar oynayabilecek ve en azından üzerindeki doğrusal ve dairesel kesimlerin başlangıç-bitim koordinatları ve kurb yarıçapları ile tam olarak tanımlı yol eksen çizgileri anlamına gelecektir. Tam olarak bu şekilde tanımlanan bu eksen çizgileri, geçtikleri bağlamda başka türlü anlaşılma riski yoksa, zaman zaman, sadece **geçki** veya **güzergah** terimleri ile ifade edilir.

1.1.1. Koridor Etüdünün Yapılması

Madde1) Fonksiyonu ve yaklaşık başlangıç ve bitim mahalleri belirlenmiş planlanan bir yol:

- Belirlenen ulaşım fonksiyonunu karşılayabilme,
- Jeolojik-jeoteknik elverişlilik,
- Yapım maliyeti,
- Vasıta işletim giderleri,
- İklim, irtifa ve yapımından sonra geçerli olması beklenebilecek bakım ve işletim şartları,
- İşgal edilecek arazinin milli servet değeri,
- Doğal sosyo ekonomik ve tarihi çevreye etkileri,
- Stratejik önem ve değerleri bakımlarından

En uygun yani optimum koridorun ve bu koridor içerisinde yine yukarıda sıralanan bakımlardan en uygun yani optimum yaklaşık güzergahın belirlenmesi işlerini kapsar.

Madde 2) Bu tanıma göre, fonksiyonu ve yaklaşık başlangıç ve bitim mahalleri belirlenmiş planlanan bir demiryolunun geçebileceği birden fazla aday koridor söz konusudur. Teorik olarak pek çok sayıda ve pratikte de çoğunlukla birden fazla karşılaştırmaya değer yaklaşık geçki bulunacaktır. Söz konusu bu karşılaştırma, yukarıda sıralanan faktör ve hususlar bakımından yapılacaktır. Bu karşılaştırma bir koridor için geçerli olduğu gibi koridorlar arası karşılaştırmalarda da koridoru bu şekilde belirlenecek olan en

uygun güzergah temsil edecek, başka bir anlatımla koridorlar birbirleri ile en uygun güzergahları vasıtasıyla karşılaştırılacaktır.

Madde 3) Temelde iki güzergahın, yukarıda sıralanan hususlar bakımından karşılaştırılabilmesi için aşağıdaki maddelerde açıklanacak olan objektif ve şüphesiz ki sayısal bir yöntem gereklidir. Bununla beraber bazı geçkilerin diğerlerine göre daha az uygun olduğu ve daha az tercih edilir durumda oldukları, ayrıntılı sayısal incelemelere girmeden, daha, baştan sadece niteliksel(kalitatif) bir değerlendirmeye de açıkça ortaya çıkabilir. Bu “açıkça ortada” oluş sadece projeci için değil inceleyen herkes içinde geçerli olabilecek tabiatla olmalıdır. Bu şekilde bir nitelermeye tabii geçkiler “**aday güzergah**” özelliğine sahip olmayıp hiç belirtmeyebilirler veya, kendilerinden bahsedilse de, sayısal incelemelerine geçilmeyip, sadece,uygunsuzluklarının kalitatif olarak gösterilmesi yeterli ve bu tarzda incelemeye bir şekilde girmiş olmaları faydalı da olabilir. Şu halde, temelde sadece alternatif olmaya değer güzergahlar ayrıntılı bir şekilde incelenip karşılaştırılacaktır.

Madde 4) Objektif ve bunu en uygun şekilde sağlayabilmek için de sayısal olmaları gereği ifade edilen karşılaştırmalar için bu amaca yönelik uygun bir yöntem, madde 1 de sıralanan hususların herbirisinin, parayla satın alınabilir, yapılabilir, ya da sağlanabilir yani parasal olarak ifade edilebilir faktörler ve büyüklükler olarak düşünülüp bu parasal karşılıklarının belirlenmeye çalışılmasıdır. Bu yöntemin uygunluğu ve uygulanabilirliği ise söz konusu uygulamada gözönünde bulundurulacak esaslar ve bu şekilde söz konusu aday güzergahın nasıl tek bir maliyet kalemi ile ifade ve karakterize edilebileceği aşağıda madde 5 de irdelenecektir.

Madde 5) Yukarıda açıklandığı üzere sayısal olarak incelenip sonunda muhtemelen parasal maliyeti veya benzeri bir fena puanı veya bunun tersine yüzde cinsinden bir tercih edilirlilik oranı yani iyi puanı ifade eden sayısal bir karakteritiğe bağlanmış aday güzergahlar arasında en uygunu bu şekilde kendiliğinden belirlenmiş olacaktır. Gerçekten de bu tarzda belirlenmiş en düşük maliyete, ya da en küçük fena puana ya da en yüksek iyi puana sahip aday geçki, o koridor için ve onu temsilen, en uygun yani optimum **yaklaşık güzergah** olarak seçilmiş olacaktır. Bu şekilde belirlenmiş olan en düşük maliyet, veya en küçük fena puan ya da en yüksek puan aynı zamanda söz konusu optimum güzergahın içerisinde yer aldığı koridorun da maliyeti ya da puanını gösterecektir.

Madde 6) Buraya kadar açıklanan optimum **yaklaşık güzergahı** belirleme işleminin madde 2 de değinilen tüm aday koridorlarda gerçekleştirilmesi ile madde 1 deki tanımda bahsedilen en uygun optimum koridor da belirlenmiş, yani birim tarifi yapılmaya çalışılan koridor etüdü işi amacına ulaşmış olacaktır. Gerçekten de bu durumda aynen yukarıdaki gibi, en düşük maliyet, veya en düşük fena puan veya en yüksek puana sahip koridor, en uygun optimum koridor olarak seçilmiş olacaktır.

Madde 7) Koridorların da, geçkiler için, yukarıdaki madde 3 de açıklandığı gibi, alternatif ya da aday olmaya değer özellikte olup olmamaları söz konusu olup, başka bakımlardan incelenmeye değer gözükseler bile, bazı koridorların kullanılmayacağı daha ilk baştan kalitatif incelemelerle ortaya çıkabilir.

Örneğin bir koridorun, diğer özellikleri çok uygun olsa da, bir milli park alanından, ya da imzalanmış bir uluslararası çevre koruma konvansiyonunda yasaklanmış bir bölgeden geçmekte olduğu ve önerilmesinin doğru olmayacağı veya önerilse bile müsaade alınamayacağı daha baştan bilinebilir. Bunun gibi, birçok yönü ile uygun gözükken bir koridorun stratejik nedenlerle kullanılmayacağı önceden biliniyor olabilir.

Başka bir örnek olarak, hem güzergahı uzatan, ve hem de yüksek irtifalarda kötü jeolojik-jeoteknik koşullara sahip sarp ve dağlık araziden geçen bir koridorun ulaşım fonksiyonunu aynı etkinlikte hatta daha elverişli bir şekilde yerine getiren ve değinilen diğer özellikleri de hemen ilk bakışta belirgin şekilde daha iyi olan başka bir koridora karşı alternatif ve aday olamayacağı ayrıntılı bir incelemeye gerek kalmadan daha ilk baştan gösterilebilir.

Bu şekilde ciddi alternatif olabilme özelliği bulunmayan koridorların, kendilerinden bahsedilip değinilen bu hususiyetlerinin kalitatif olarak gösterilmesi incelemenin tamlığı bakımından faydalı olabilir. Ama “bahse değer” bulunup ayrıntılı bir incelemeye alınmamalıdır.

Madde 8) Koridor etütlerinin ilk aşaması yukarıda açıklandığı üzere, fonksiyonu ve yaklaşık başlangıç ve bitim mahalleri belirlenmiş planlanan bir yolun geçirilebileceği olası koridorları belirlemektir. Planlama ve tasarımlarının önemli bir bölümünde, düşünülen demiryolunun başlangıç ve bitim mahalleri ile önceden belirli fonksiyonu, söz konusu koridoru da tek ve alternatifsiz olarak belirlemiş olacaktır. Gerçekten karşılaşılabilecek durumların çoğunda, söz konusu ulaşım fonksiyonu, başlangıç ve bitim mahalleri ile birlikte, güzergah boyunca uğranılması ve hizmet götürülmesi gereken ara mucbir mahaller de verilmiş olacak ve bu şekilde kendiliğinden ortaya çıkan koridorun da genellikle bir seçeneği bulunmayacaktır. Koridoru tespit edici mahiyette böyle ara ve mucbir noktalar olmasa bile, bazen, örneğin tek bir fiziksel geçit bulunacak ve böylece yine seçeneksiz tek bir koridorla uğraşılacaktır.

Koridorlar için olduğu gibi ve tamamen benzer nedenlerle bir koridor içerisindeki mümkün en uygun güzergahın yine, Yolun öngörülen ulaşım fonksiyonu ile, tek ve seçeneksiz bir şekilde ortaya çıkması da, planlama ve tasarımında çok karşılaşılan bir durumdur. Böyle, hem koridoru, hem de bu koridor içerisindeki en uygun güzergahı, doğrudan doğruya, öngörülen ulaşım fonksiyonundan elde edilebilen yollar için koridor etüdü gerekmeyeceği bu etüdlerin tanımı gereği açıktır. Genel olarak, ***planlanan bir yol için koridor etüdü gereksinimi İdare tarafından belirlenip karşılaştırılacak bir husustur.***

1.1.2. Aday koridorların belirlenmesi

Madde 8 de değinildiği gibi, ancak tek bir koridor imkanının açıkça ortada olmadığı durumlarda aday koridor veya koridorlar araştırılacaktır. Bu şekildeki koridor arama çalışmaları için genel olarak elverişli tek yöntem, mevcut veya tercihen güncelleştirilmiş 1/25000 ve daha büyük ölçekli haritalardır. Bunlar arasında, son yıllarda, Harita Genel Komutanlığı tarafından hazırlanmaya başlanılmış olan topoğrafya ve fizyografyayı de yansıtan kabartma haritalar özellikle faydalı olup, elde edilebiliyorsa mutlaka kullanılmalıdır. Başka resmi veya özel kuruluşlarca, daha önceden aynı veya başka amaçlarla yaptırılmış benzer etütlerin de ÇED çalışmalarının önemli faydaları olabileceği açık olup, İdare bunlardan gözönüne alınıp yararlı bulduğu ve kendi elinde bulundurduklarını projeciye sağlayacak, kendisinde olmayanların da ilgili kuruluşlardan teminine yardımcı olacaktır.

Genel olarak bu tür harita ve dökümanlar üzerinden belirlenen olası koridorların yerine yapılacak gezilerle incelenip değerlendirilmesi hemen daima kaçınılmaz bir gereksinimdir. Tüm bunlara ilaveten, söz konusu koridorlarla ilgili olarak, Genel Kurmay Başkanlığı, Milli Savunma Bakanlığı, KGM, TCDD, DSİ, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Elektirik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Çevre Bakanlığı, BOTAŞ gibi kuruluşların daha önceki* çalışma ve geleceğe dönük plan ve düşüncelerinin anlaşılması ve gözönünde bulundurulması da ayrıca hayati öneme sahiptir. Bu amaca yönelik olarak bir taraftan şifahi görüşme ve diyalog imkanları araştırılırken, bir taraftan da İdarenin yardımıyla ve/veya doğrudan İdare kanalıyla gerekli yazışmalar yürütülmelidir. Bu bilgi ve veriler, yukarıdaki madde ve paragraflarda da değinildiği üzere, söz konusu koridor veya koridorların ön kalitatif incelenmelerinde zaten düşünülüp gözönüne alınmaları gereken hususlardan olup, bu şekilde uygulanabilirliği ve geçerliliği mümkün olmayan koridorların daha baştan ortaya konulması ve çalışmaların gereksiz yere uzatılarak zaman kaybına sebep olunması önlenmiş olacaktır.

Planlanan demiryolu ile ilgili olarak, önceden belirli ulaşım fonksiyonuna cevap verebilme durumundaki bütün olası koridorların, hemen yukarıda değinilen “bahse değer” fakat aday olma özelliğine sahip olmayanlar da dahil olmak üzere belirlenmesi ve bunların ilk kalitatif değerlendirmelerinin yapılması esastır.

1.1.3. Aday güzergahların incelenmesi ve değerlendirilmesi

i) Koridorlar içerisindeki olası güzergahlarda, “bahse değer” olanları da dahil olmak üzere, aynen yukarıda koridorlar için açıklandığı üzere ön incelemeye tabi tutulacaklar ve bunların içinden aday olma özelliğine sahip olmayanlar bahsedilmekle beraber takibeden daha ileri, inceleme aşamasına alınmayacaklardır. Bu güzergahların söz konusu özelliklerinin ortaya çıkabilmesi için söz konusu ön incelemelerin, bazen adı geçen güzergahları, aşağıda değinildiği üzere sayısal modellerde oluşturup, örneğin bunların uzunluğunu, toprak işleri hacimlerini ve/veya başka hususiyetlerini ortaya çıkarmak gerekebilir. Sonuç olarak, bu çalışmalarla, incelenen koridordaki olası tüm güzergahlar yeterince incelenip, bunlar arasında “aday olabileceklerin” hepsi belirlenmeli, bu özellikte olmayanlar da gerekçeleri ile bahsedilmelidir.

ii) Belirlenen aday koridorlardaki, en uygun aday güzergah etütleri, esas olarak 1/25000 ölçekli haritalar yardımıyla gerçekleştirilecektir. Bunun için bu haritaların koridor içerisinde kalan ve söz konusu aday güzergahların incelenebilmeleri için yeterli bir bölümünün sayısallaştırılması çok faydalı ve gereklidir. Söz konusu bu haritaların, koridor etüdü aşamasında güncelleştirilmeleri çoğunlukla mümkün olmayıp istenmeyecektir. Ancak sayısallaştırılmış modellerden belirlenip incelenmeye alınacak aday güzergahların, haritaların eski tarihli olmalarından dolayı, uygunluklarını zedeleyecek özellikler içermemeleri yeterli sayıda arazi gezileri ve bu gezi ve incelemelerde alınacak fotoğraflar, kroki ve notlar ile aşağıda irdelendiği üzere yürütülecek jeolojik- jeoteknik çalışmalarla sağlanmalıdır.

iii) Aday güzergahların objektif sayısal bir değerlendirmeye tabi tutulmaları gerekli olup yine orada açıklandığı üzere, parasal eşdeğerlerle ifade etme bunun muhtemelen en elverişli yoludur. Ancak, projeci, İdarenin de uygun bulacağı başka bir puanlama ve değerlendirme yöntemi de uygulayabilecek olup, herhalde bu değerlendirmeler sonucunda, söz konusu güzergah, karşılaştırmalarda diğer güzergahından daha büyük veya daha küçük olmasına bakılıp karar verilecek bir sayısal değerle ifade edilmelidir. Aşağıdaki açıklamalarda, madde 1 de sıralanan karşılaştırmalar esas faktörler, parasal değerlendirme yöntemi esas alınarak irdelenmekte olup, bu amaçla sunulan açıklamalar başka değerlendirme yöntemlerinde de gözönüne alınmalıdır.

iv) İnceleme konusu güzergahların, önceden öngörülmüş ulaşım fonksiyonunu sağlayabilmeleri daha çok içerisinde yer aldıkları koridorun bir özelliği olup, aynı koridor içerisindeki farklı güzergahların çoğunlukla, belirgin bir neden olmadıkça, bu bakımdan aynı konum ve pozisyonda oldukları söylenilebilir.

Öte yandan, koridor etütlerinin amacı ve önceki maddelerde açıklanan metodolojisi bakımından, ulaşım fonksiyonunun karşılanması veya karşılanabilme derecesinin uygun bir tarzda sayısal olarak ifade edilmesi gerekir. Bu, örneğin söz konusu fonksiyonun karşılanmasını planlanan demiryolu ile hedeflenen bir hizmet olarak yorumlayıp bu hizmetin büyüklüğü için uygun bir ölçü bulmak suretiyle yapılabilir. Eşdeğer bir anlatımla sözkonusu bu büyüklük, inceleme konusu yol ile, öngörülen işletim devresinde sağlanacak olan toplam servis hacmi olarak düşünülebilir.

Buna göre, madde 1 de sıralanan ve aşağıda irdelenmekte olan hususlardan diğerleri, yani

- Jeolojik, jeoteknik elverişlilik ve yapım maliyeti,
- İklim ve irtifa etkileri ile bakım ve işletim faaliyetleri,
- Doğal, sosyoekonomik ve tarihi çevre etkileri,
- İşgal edilecek arazinin milli servet değeri,
- Vasıta işletim giderleri,

Söz konusu servis hacminin üretilmesi için göze alınması, katlanması veya harcanması gereken ve, örneğin, bir sayısal incelemede parasal eşdeğerleri ile ifade edilebilecek girdileri ifade etmektedir.

v) Jeolojik-Jeoteknik elverişlilik, kendi başına parasal eşdeğeri aranmak yerine, daha çok yapım ve bir ölçüde de bakım, işletim ve çevresel etki parasal eşdeğerlerinin belirlenmesine tesir edecek indirekt bir faktör mahiyetindedir. Bu özellik ve etkisi yanında, jeolojik-jeoteknik elverişlilik koridor ve güzergah etütlerinde de dikkatle gözönünde bulundurulacak bir husus olup, bu nedenle incelenen koridorların herbirisi için 1/25000 ölçeğinde kapsamlı bir şekilde gerçekleştirilip raporlanması zorunludur.

Söz konusu etüt, sondajlar, jeofizik incelemeler, araştırma çukurları ve benzeri genellikle pahalı arazi ölçümlerini içermeyecek ancak, dikkatli ve yeterli bir uzmanlığa dayalı, kapsamlı bir genel jeolojik modelleme üzerine bina edilecektir. Söz konusu modelleme; mevcut jeolojik yapı ve morfolojinin oluşumunda etkili tektonik sistemi ve diğer jeolojik faktörleri açıklamalı ve koridorun stratigrafisi yeterli kapsamda verilmelidir. Yeraltı suyu potansiyeli yanında yapısal jeoloji, gerekli yüzeysel eklem ölçümleri ile birlikte sunulmalı, büyük ölçekli kitlesel hareketler ve yapım aşamasında karşılaşılabilecek çeşitli jeoteknik problemler ve bunların önlemleri tahmin edilmeye çalışılmalıdır. Bu jeoteknik önlemlerin tahmini bedeli aşağıda irdeleneceği üzere, yapım maliyetlerine katılacak ve büyük ölçüde jeoloji- jeoteknik karşılaştırma faktörünün parasal eşdeğerini belirleyecektir.

Koridor etütleri kapsamında sunulacak jeolojik- jeoteknik çalışmalar, yukarıda açıklanan tüm hususları içeren bir rapor ile birlikte, koridor ve incelenen güzergahın 1/25000 ölçekli harita ve boykesitini kapsamalıdır. Çalışmalarda KGM, MTA, DSİ ve benzer kuruluşların aynı koridor ve/veya yöresinde gerçekleştirdiği benzer ve/veya genel jeoloji çalışmaları ve haritalarından yararlanmak, karşılaştırma ve gerektiğinde düzeltmeler yapmak faydalıdır.

vi) Yapım maliyetleri, planlanan demiryolu hattında önemli harcama kalemlerinden birisi olup, doğru karşılaştırmalar yapabilmek için yeterli sıhhatle tahmin edilmeleri gereklidir. Bu amaçla, planlanan demiryolunun, işleme alma aşamasına getirebilmek için gerekli olan

- Toprak işleri ve jeoteknik önlemler,
- Taşımalar,
- Köprüler, alt ve üstgeçitler, hidrolik menfezler,
- Tüneller,
- Üstyapı ve drenaj sistemi,
- Peyzaj, tel çit, işaretleme, güvenlik ve benzeri işler,
- Diğer müteferrik işlerin hacimleri

uygun birimlerde hesaplanıp, uygun birim bedellerle çarpılmak suretiyle toplam yapım bedelleri belirlenmeye çalışılmalıdır. Koridor etütleri aşamasından bu miktarlar ve bedellerin ön veya kesin proje metraj ve keşif ayrıntısında hesaplamalarının mümkün olmadığı açık olup, yapım bedelleri, bir defaya mahsus böyle ayrıntılı hesaplamalardan çıkartılmış veya daha önceki yapım örneklerinden alınarak güncelleştirilmiş daha kapsamlı birimlerin kullanılması uygun ve yeterlidir.

Örneğin, çeşitli ayak yükseklikleri ve kazıklı veya yüzeysel temellere oturma durumları ayrı ayrı ele alınmak şartıyla Köprü maliyetleri, birim boylarının bedellerinden hareketle belirlenebilir. Menfez ve sanat

yapıları için de, herbir enkesit ebadı için, yapı boyunu parametre olarak bulunduran lineer maliyet formülleri kullanılabilir.

Benzer şekilde, tünel yapım maliyetlerini, çeşitli jeoteknik şartlar altında ayrı ayrı olmak üzere tünel boyundan hareketle belirlemek yeterli sıhhati sağlayabilir. Veya bu formüller, örneğin RMR, Q gibi çeşitli zemin puanlama sistemlerini parametre olarak kullanacak ve tünel boyuna bağlı olarak havalandırma, yangın söndürme gibi bileşenlerin bulunup bulunmamasını ayrı ayrı gözönüne alacak şekilde rafine edilebilir.

Üstyapı maliyetleri, hemen her zaman oluşturulan güzergah boylarından hareketle yeterli doğrulukta hesaplanabilirler. Peyzaj, tel çift, işaretleme, güvenlik ve benzeri işler için aynı şeyi söylemek genellikle mümkün değilse de, bu faaliyetlerin maliyetlerini de yine yol boyundan faydalanarak belirlemek çoğunlukla başvurulacak bazen de alternatifi bulunmayan bir yöntemdir. Bu işlerin yapım maliyetini diğer birçok müteferrik faaliyetler için sıkça yapıldığı gibi, toprak işleri ve jeoteknik önlemler ve buraya kadar sıralanıp açıklanan ana yapım kalemlerinin bir yüzdesi olarak hesaba katmak da uygulanabilecek diğer bir yöntemdir.

Uygun bir şekilde sayısallaştırılmış 1/25000 ölçekli haritalar ile bilgisayar ortamında oluşturulmuş bir modelden, kazı ve dolgu hacimlerini bu aşamadaki maksat için tamamen yeterli bir hassasiyette belirlemek mümkündür. Bu şekilde belirlenen kazı hacimlerine jeoteknik çalışmalar sonucu ulaşılan çalışmalara göre uygun klaslar vererek, birim kazı bedellerini mevcut birim fiyatlar ve geçmiş veya devam eden uygulamalardan yeterli doğrulukta belirlemek mümkün ve yeterlidir. Taşımalar ise, yine jeoteknik çalışmalarla belirlenen tahmini ocak yerleri de gözönüne alınarak yaklaşık olarak veya bilgisayar ortamında brükner hesaplamaları ile daha sıhhatli bir şekilde belirlenebilir.

Bilgisayar ortamında sayısal modeller kullanarak çalışmak yukarıda açıklandığı üzere kübaj ve taşıma hesaplarında fayda ve hassasiyet saplamanın yanında, esas olarak oluşturulan güzergahın yapılabilirliğini enkesitlerden izlemek ve gerekli jeoteknik önlemleri belirlemek bakımından önemli ve gereklidir. Ancak bu şekilde pekçok güzergah denemek ve bunların uygulanabilir ve önerilebilir olanlarını seçmek mümkün olabilecektir.

Bu çalışmalarla belirlenen jeoteknik önlem mahiyetindeki duvar, gabion, püskürtme betonu, zemin ankrajı, bulonlama ve benzeri elemanların bedelleri, ayrı ayrı ampirik formüllerle veya geçmiş ya da devam eden yapım uygulamalarından hareketle tahminen hesaba katılmalıdır.

Sonuç olarak açıklanmaya çalışılan koridor etüdleri için, yapım maliyetlerini, bir çok fizibilite ve benzeri etüdlere yapıldığı gibi, birim yol boyu için belirli bir bedel kabul ederek hesabetmek, kaba bir hesap şekli olup, bu maliyetler, yukarıdaki esaslar dahilinde veya başka yöntemlerle yeterli doğrulukta belirlenmeye çalışılmalıdır. Buna göre ve yukarıdaki açıklamaların da ortaya koyduğu üzere, incelenen aday geçkinin yatay ve düşey geometrisi ile birlikte

- Yolun uygulanabilir enkesitleri, kazı dolgu hacimleri ve tahmini jeoteknik önlemler,
- Köprü, altgeçit ve üstgeçitlerin, uzunlukları, tahmini ayak yükseklikleri ve temel tipleri,
- Tünel uzunlukları,
- Menfez ve benzeri sanat yapılarının yerleri ve yaklaşık uzunlukları,

1/25000 ölçekte belirlenmiş olmalıdır.

vii) Planlamakta olan demiryolunun yapılabilmesi için işgal edilecek arazinin bedelinin, yukarıda paragraf iv) de açıklanan servis hacminin sağlanabilmesi için göze alınan ve gerçekleştirilecek bir gider kalemi olduğu açıktır. Bu arazinin bir daha başka bir amaçla kullanılamayacak bir şekilde yol için tahsis edilmesinin uygun bedelinin nasıl tespit edileceği amaca yönelik olarak değişik yaklaşım ve yöntemler gerektirebilir. Genel olarak, kamulaştırma harcamalarının bu maliyet kalemini her zaman yeterli doğrulukta yansıttığı söylenemez. Gerçekten bu yöntemde hazineye ait değerli bir arazinin veya bir orman alanının bedelsiz olarak yol yapımına tahsisi mümkün olabilir ki bunun da anlamı, halen üreten ve katma değer yaratan veya böyle bir potansiyeli bulunan bir kaynağın bedelinin bir gider kalemi olarak hesaba girmemesidir. Bunun gibi, mevcut kamulaştırma uygulamalarında, yarattıkları veya yaratma potansiyelinde oldukları gerçek ve katmadeğerin gerektirdiği bedelin altında veya spekülâtif olarak çok üzerinde fiyatlandırılıp söz konusu gider kaleminin olması gerektiğinden daha az veya büyük bir bölümü milli ekonomi içerisinde transfer harcaması mahiyetinde olacak şekilde fazla gösterilmesi durumları sıkça ortaya çıkabilir.

Anlatılan nedenlerle ve genel bir yaklaşım olarak, işgal edilen arazinin gider kalemi olarak bedeli için, çeşitli geçki kalemlerinde kullanılan arazinin hazırlanacak tarımsal arazi haritalarından belirlenecek sınıfı ve diğer özellik ve parametreleri gözönüne alınarak belirlenecek gerçek ekonomik değeri, yani milli servet değerinin gözönüne alınması en doğru bir yöntem olmakla beraber bu konuda İdarenin görüş ve önerilerine de uyulmalıdır. Belirlenecek arazi birim fiyatları, bu birim fiyatların uygulanacağı ve kesim kesim hesaplanacak gerekli alanlarla çarpılarak toplam gider en doğru bir şekilde hesaplanmaya çalışılmalıdır.

viii) Planlanan yolun, doğal, sosyoekonomik ve tarihi çevre üzerindeki, çoğunlukla olumsuz etkileri de, yine bu şekilde hedeflenen servis hacmi üretimi için katlanılması gereken bedellerden olup bu bedelin objektif ve doğru bir şekilde belirlenmesi, incelenmekte olan gider kalemleri içerisinde muhtemelen en zor olanıdır. Bu değerlendirmelerde, bir taraftan abartılı subjektif yargılamalara düşmek riski mevcut iken, diğer taraftan da çevre bilincinin yeni yeni gelişmeye başladığı günümüze kadar hem planlayıcılar ve hem de, örneğin otoyolu gibi bir yapı durumunda, ondan fonksiyonuna aykırı ve gerçekleşme ihtimali düşük büyük servisler ve yararlar bekleyen bizzat yolun geçmekte olan yörenin sakinlerinin sıkça yaptığı gibi, söz konusu olumsuz etkileri yok saymak veya küçümsemek tehlikesi mevcuttur. Bunlardan başka, örneğin tarımsal arazi kullanımı gibi, bazı olumsuz etkileri iki defa hesaba katmak da söz konusu değerlendirmelerde kaçınılması gereken yanlışlıklardandır.

Açıklanan bu güçlük karşısında, söz konusu olumsuz etkilerin parasal bir değerlendirmesi yerine, örneğin fena puan tahsis etme şeklindeki sayısal yöntemler daha kolay uygulanabilir gibi gözükmeyle beraber bu kolaylık genellikle yukarıda değinilen elverişsizlik ve riskleri zımnen kabul etmekten kaynaklanan ve dikkatli olunması gereken bir durumdur.

Koridor etüdleri için yeterli olabilecek bir hassasiyet, söz konusu olumsuz etkilerin, varsa, belirgin ve parasal bedeli göreceli olarak kolay hesaplanabilecek bazılarını bu bedelleri ile hesaba katarken, daha az belirgin veya hesabı daha zor diğerlerini de, topluca incelenen yol yapısı ile etkilenen tüm yöre halkının, örneğin işletim devresi boyunca geçerli, tahmini toplam milli gelirlerinin bir yüzdesi olarak ifade etmek suretiyle sağlanabilir. Gerçekten, hem adı geçen olumsuz etkilerin ve hem de, yöre halkının bu etkilerden kurtulmak için yapmaya hazır olduğu fedakarlığın hacim ve büyüklüklerinin sözkonusu toplam milli gelir ile orantılı olduğu geniş ölçüde doğru olup, yukarıdaki gibi bir yaklaşımın uygun bir temele oturduğu varsayılabilir.

Bazı durumlarda, daha hassas bir değerlendirmeye ulaşabilmek için, pekçok çevre faktörünü parametre olarak kullanarak bileşke tesiri sayısal ya da parasal olarak ifade etmeye yönelik hazır model ve/veya yazılımlardan yararlanılabilir. Ne varki her halde, uygun yöntem belirleme ve söz konusu değerlendirmelerde İdarenin de görüş ve talimatlarına uymaya azami gayret sarfedilmelidir.

Ancak söz konusu değerlendirmeler ve bunların hassasiyeti ve yöntemlerine yönelik düşünce ve taleplerde, bir koridor etüdünden, doğal çevre etkileri ve sosyoekonomik tesirlerin belirlenmelerinin bir ÇED ve/veya fizibilite etüdü kapsam ve ayrıntısında beklenemeyeceği ve bir gider kalemi olarak, yukarıdaki mülhaza ve açıklamalara göre gerçekleştirilecek hesaplamaların, açıklanmaya çalışılan etüdlere maksadı için çoğunlukla yeterli olacağı gözönünde bulundurulmalıdır. Gözönünde tutulması uygun olacak diğer bir husus da aynı koridor içerisindeki geçkiler için bu olumsuz etkilerin büyüklük ve mertebelerinin genellikle birbirlerine yakın olacağı ve bunların önem ve tesirlerinin daha çok koridorlar arası karşılaştırmalarda hissedilecek olmakla beraber, bu anlamda da, diğer mukayese faktörlerine göre daha tali mahiyette kalacak olmalarıdır.

ix) Demiryolunun yapımı tamamlanıp işletme alınması ile birlikte, hedeflenen hizmet üretimi imkanı sağlanmış olmakla birlikte, bunun korunup devam ettirilebilmesi için, işletim süresi boyunca, yapının tünel, köprü, sanat yapısı, üstyapı, drenaj sistemi ve diğer tüm bileşenleri ile birlikte bakım altında tutulması, aydınlatılması, tünellerin havalandırılması hasılı herbiri ayrı ayrı gider kalemleri teşkil eden bir dizi işletim faaliyetlerinin yürütülmesi gerekli olup bunlar şüphesiz ki üretilen hizmetin birim maliyetini arttıracak cinstendir. Öte yandan söz konusu harcamaların, aynı koridor içerisindeki aday güzergahlar arasında olduğu gibi, koridordan koridora değişmesi de beklenemez ve oldukça sık karşılaşılan bir durum olup bu haliyle bunlar arasında bir karşılaştırma ve en uygun ulaşım kanalının seçimini etkileme faktörü olacakları açıktır.

Söz konusu, bakım ve işletim giderlerinin belirlenmesi ve hesaplanması da yine karmaşık ve güç bir iş olup normal olarak demiryolu işletmecilerinin, bu harcamaların tahmini için geliştirip kullandıkları ve sürekli güncelleştirdikleri bir modellerin bulunması beklenir ve arzu edilir bir durumdur. Böyle olmasa bile, bu giderlerin tahmininde İdarenin yaptığı veya yaptırdığı çalışmalardan ve sağlanacağı verilerden yararlanmak ve onun görüş ve talimatları doğrultusunda hareket etmek, faydalı, gerekli ve zorunludur.

Bunların da yokluğunda dahi, belirli esas ve prensiplerden hareketle söz konusu giderler, seçenekler arasında, bakım ve işletim faktörü bakımından doğru karşılaştırmayı yapmaya imkan verecek sıhhatte kabul edilebilir ve/veya belirlenebilir.

Üst yapıların bakımı ve tamiri, kafa ve dolgu hendekleri, yol kenar hendekleri, düşüm olukları, menfezler ve diğer elemanlarla birlikte drenaj sisteminin bakım ve tamiri, Tünel aydınlatma, havalandırma ve diğer bileşenleri ile toplam tünel bakım ve tamiri, Altgeçit, üstgeçit, köprü gibi sanat yapılarının bakım ve tamir giderleri, ve bunlara ek olarak, ağırlıklı olarak jeoteknik tasarım ve koruma elemanları ile toprak satırlarının sebep olduğu bakım giderleri toplanarak her alternatif için farklı birim kilometre başına bir bakım ve işletim gideri belirlemek gereklidir.

x) vasıta işletim giderleri, yolun fiziki şartları ile uzunluğu ve geometrik standartlara doğrudan bağlıdır. Geometrik standartlara bağlılık en belirleyici faktör durumundadır. Yani, ufak yatay kurplara, dik eğimlere ve görece daha uzun bir hatta sahip alternatif bir diğerinden daha büyük vasıta işletim giderlerine sahip olacaktır. Buna göre seçenekler arasında sözkonusu olabilecek geometrik farklılık ve yol boyu farkları, servis birim maliyetlerini ciddi şekilde değiştirirken, prensip olarak aynı çıkış ve varış noktaları arasındaki seyahat boyu ne olursa olsun üretilen hizmet miktarı aynı kalacak ve şu halde, daha kısa seyir ve seyahat boyu imkanı sağlayan seçenekler servis birim maliyetleri cinsinden belirgin şekilde daha avantajlı olacaktır. Aslında koridor etüdü hassasiyetindeki bir çalışmada gözönüne alınmayan zaman faktörü nedeni ile aynı varış ve çıkış noktaları için üretilen hizmet miktarı seyahat boyu ile bir miktar azalmakta veya servis miktarı sabit tutulursa, bu şekilde maliyeti artmakta, yani kısa seyahat boyunun sağladığı avantaj daha da artmaktadır.

Bu açıklamalara göre vasıta işletim giderlerinin yeterli bir sıhhatle belirlenmeleri hayati bir öneme sahiptir.

xi) Madde 1 de sayısal bir karşılaştırma unsuru olarak yer verilen stratejik önem, sayısal bir puanlama faktörü veya parasal eşdeğer olarak ifade edilecek bir gider kalemi olmaktan çok, önceki madde ve paragraflarda açıklandığı üzere kalitatif değerlendirmelerde gözönüne alınacak bir husus olup orada açıklanan esas ve amaçlarla irdelenmeli ve kullanılmalıdır.

Yukarıda paragraf v) den paragraf xi) e kadar irdelenen ve nasıl belirlenecekleri açıklanmaya çalışılan giderlerin toplamı, incelenen geçki ile hedeflenen toplam hizmetleri sağlayabilmek için göze alınması gereken maliyeti oluşturacaktır. Ancak bu maliyetlerle, herbir geçkide bu şekilde gerçekleştirilebilecek hizmet miktarı yani servis hacimleri farklı olabileceğinden tek başlarına anlamlı ve karşılaştırmalar için uygun olmayabilirler. Halbuki, toplam maliyetlerin paragraf iv) ye göre hesaplanıp, gerekiyorsa paragraf x) da açıklanan nedenlerle tashih edilecek toplam servis hacmine bölünmesi ile bulunacak olan servis birim maliyeti, açıktır ki, incelenen geçki ile sağlanmakta olan çözümün ekonomikliği ve etkinliğinin daha uygun bir göstergesi olup karşılaştırmalarda söz konusu güzergahı temsil edecek nihai sayısal parametre olarak kullanılabilir. Bu parametrenin açıklanan bu haliyle küçük bir değer almasının avantaj sayılacağı bir fena puan mahiyetinde olduğu açıktır.

Buraya kadar, bir örnek olarak, ancak incelemelerde gözönünde bulundurulması gerekli esasları ve yerine göre de ayrıntıları göstermek amacıyla irdelenen bu yöntem yerine İdarenin de uygun bulacağı başka sayısal inceleme ve puanlama yöntemleri de uygulanabilir ki, bu durumda da aynı esaslara uyulmalı ve gerekli ayrıntılar gözönünde bulundurulmalıdır.

Geçkilerin bu şekilde nihai sayısal değerlerle ifade edilmelerinden sonra, en uygun güzergah ve en uygun koridorun belirlenmesi, madde 2 ve madde 3 e göre rutin bir şekilde gerçekleştirilecektir.

1.1.4. Güzergah tayini için verilecek dökümanlar

Önceki madde ve paragraflarda, ayrıntılı açıklanan hususlar ve esaslara göre yürütülecek çalışmalar sonucunda aşağıdaki dökümanlar oluşturulup idareye sunulacaktır.

- i) Herbir aday koridor ve güzergah için ayrı ayrı olmak üzere geçki eksenleri ile profillerini gösteren 1/25000 ölçekli plan profil paftaları çizilecektir. Bu paftalar üzerinde, koridor ve seçenek adı belirtilecek ve sunulmakta olan geçki dışında paftaya giren diğer alternatif geçkiler de farklı çizim modunda gösterilecektir. Söz konusu pafta ile incelenen geçkinin kilometrajı ve geçkiyi tanımlamaya yetecek minimum sayıda koordinat ve kurb yarıçapı değerleri belirtilecektir. Koridor etüdü aşamasında oluşturulan geçkilerde klotoid kullanılması gerekli değildir. Profillerde, eğimler, some kilometreleri, düşey kurb yarıçapları yazılacak, tüneller, köprüler ve sanat yapıları tahmini konumlarında uygun sembollerle gösterilecektir. Bunların, tahmini ayak yükseklikleri, uzunluk ve ilgili diğer ebatlarının gösterilmesi de uygun olacaktır. Söz konusu paftaların plan bölümündeki geçkilerin 1/25000 ölçekli sayısallaştırılmış harita altlığı ile birlikte gösterilmesi gereklidir.
- ii) Aday güzergahların incelenmesi ve değerlendirilmesi ndeki esaslara göre gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda oluşturulacak olan, ve yukarıdaki paragrafta plan-profil paftaları ile aynı sayıdaki 1/25000 ölçekli jeolojik plan ve kesitler jeoloji mühendisliği kuralları, şartnameler ve

ilgili DLH normlarına göre oluşturulup sunulacaklardır. Plan ve profillerde birim ve formasyonlar, tabakalar, fay, kırılma, heyelan ve kayma çizgileri ve alanları, uygun semboller ve logoları ile gösterilecek ve paftalar gerektiğinde renklendirilecektir.

iii) Tarım ve Köy Hizmetleri Bakanlığınca hazırlanan haritalar ve verilerden hareketle yine 1/25000 ölçeğinde tarım arazisi kullanım haritaları oluşturulacaktır. Bu haritalarda, adı geçen bakanlıkça belirlenen ve kullanılan toprak sınıfları aynen yeralacak ve aynı renk ve sembollerle sunulacaktır. Bakanlıkça hazırlanmış olan haritaların eski ve güncelleşmemiş olmaları nedeniyle, yapılan arazi gezi ve gözlemlerine de dayalı olarak tashihi gerekli ise bu tür değişiklik ve düzeltmeler gerekçeleri ile birlikte gösterilecektir. Bu çalışmalar kapsamında oluşturulan bilgiler işgal edilecek arazinin milli servet değerinin belirlenmesi ve doğal ve sosyoekonomik çevre etkilerinin değerlendirilmesi çalışmalarında temel veriler olarak kullanılacaktır.

iv) Aday güzergahların incelenmesi ve değerlendirilmesi ndeki esaslar dahilinde yürütülen jeolojik-jeoteknik çalışmalar sonucunda oluşturulan tüm bulgu ve veriler bir "Koridor Jeolojik Jeoteknik Raporu" ile eksiksiz olarak sunulacaktır. Raporda yapılan çalışmalar ve uygulanan yöntemlerle birlikte kaynak olarak faydalanılan önceki çalışmalar özetlenecek ve ulaşım sonuçlarına göre koridor veya koridorlar için oluşturulan jeolojik model veya modeller çerçevesinde

- Genel jeoloji ve hakim tektonizma,
- Stratigrafi,
- Yapısal jeoloji, faylar, kırıklıklar, tabakalanma ve süreksizlikler,
- Aktif, pasif ve/veya potansiyel heyelan ve kayma alanları,
- Ve yeraltısuyu

jeolojik bir bütünlük içerisinde açıklanacak ve yapım aşamasında karşılaşılabilecek jeoteknik güçlükler ve uygulanacak önlemler tahmin edilmeye çalışacaktır.

Rapor, sunumu açıklayıcı ve araziye tanıtıcı, harita, şekil ve fotoğraflarla tamamlanacaktır.

v) Buraya kadar sunulan tüm esas ve ayrıntılara göre gerçekleştirilecek olan koridor etüdü çalışmaları, bir "Koridor Etüdü Raporu" ile anlatılıp sonuçlandırılacaktır. Rapor, esas olarak önceki madde ve paragraflarda detaylı olarak açıklanan ve irdelenen hususları kapsamakla beraber

- Çalışmanın konusu ve amacı,
- Bu birim fiyat tarifindeki istek ve prensipler çerçevesinde uygulanmış olan yöntem, yararlanılan kaynak ve önceki çalışmalar,
- İnceleme konusu yolun ulaşım fonksiyonu ve gerçekleştirilmiş ulaşım etüdları ve sonuçları hakkında bilgiler,
- İncelenen koridorların konumsal tanıtımı,
- Her bir koridorun
 - i. Ulaşım fonksiyonunu karşılayabilme,
 - ii. Stratejik önem,
 - iii. Fizyografi ve iklim,

- iv. Doğal, sosyoekonomik ve tarihi çevre ve bunlarla etkileşim,
 - v. Jeolojik-jeoteknik elverişlik,
 - vi. Ve diğer hususlar
- bakımından genel ve kalitatif bir irdelemesi
- Kalitatif inceleme ve değerlendirme sonucunda belirlenen aday koridor veya koridorların herbirisi ile ilgili olarak:
 - i. Güzergah belirleme çalışmaları ve belirlenen güzergahlarla ilgili olarak koridorlar için olduğu gibi bir kalitatif irdeleme ve değerlendirme,
 - ii. Ön değerlendirme sonucunda belirlenen aday güzergahlarla ilgili olarak, madde 2.1.2 ve 2.1.5 te ayrıntılı olarak açıklandığı üzere gerçekleştirilecek sayısal inceleme ve/veya gider kalemleri, toplam giderler ve servis birim maliyetlerinin belirlenmesi,
 - iii. Karşılaştırmalar ve en uygun seçeneğin belirlenmesi,
 - Karşılaştırmalar ve en uygun seçeneğin belirlenmesi,
 - Gerekliyse ulaşım fonksiyonun karşılanması ve/veya revize edilmesi ihtiyacı,
 - Sonuç ve öneriler
- lojik bir bütünlükte, olabildiğince eksiksiz ve gerekli ayrıntıda sunulacaktır.

1.2. Köprü, Viyadük, Tünel, İstinat Yapıları Güzergah Seçim ve Boyutlandırma Kriterleri:

Köprü, viyadük, tünel ve istinat yapıları gibi sanat yapılarının gerekliliği güzergah tayini sırasında belirir. Yine planlanan sanat yapısı uzunluğu güzergahda geometrik zorunlulukların öngördüğü miktarda olacaktır. Köprü Viyadük veya tünel gibi platform genişliğine sahip olan yapılarda, platform genişliği hat sayısı, üzerinde seyredecek, araç tipi ve proje hızına bağlı olarak tesbit edilecek dinamik gabariye göre belirlenecektir.

Köprü, Viyadük, tünel ve istinat yapılarında, tüm alternatif tipler

- ilk yapım maliyeti
- yıllık bakım onarım gideri
- inşaat süresi

göz önünde tutularak değerlendirilecek ve idarenin onayına sunulacaktır.

1.3. İstasyon tesisleri

1.3.1.Genel

Bu bölümde, istasyon tesislerine ait yer seçimi kriterleri ve boyutlandırma prensipleri yer alacaktır. Aynı zamanda, yapılacak istasyonun güvenlik, kalite ve ekonomik kriterleri de belirtilecektir.

İstasyonların şehirler üzerinde kalıcı etkisi ve altyapının önemli bir parçası olması nedeniyle, istasyon prensipleri önem kazanmaktadır. Temel olarak, ekonomik, estetik, çevreyle uyumlu, bakımı kolay

olmalıdır. İstasyon çevresinde yapılacak park alanı, istasyon geçiş alanları, giriş yapıları, platformu, güvenliği, çevreye estetik olarak katkıda bulunmalıdır.

1.3.2. Tanımlar

TS 12127'nin Bölüm 0.2'de yer alan tariflere ilave olarak istasyonların muhtelif elemanlarını tanımlamak için kullanılan açıklamalar ve terimler aşağıda verilmiştir:

A.F.C.	Otomatik Ücret Toplama Düzeni
Acil Kaçış	İstasyon ve trende bulunan yolcuların, acil durumda, güvenli bir noktaya çıkartılması
Ara Bölmeler	Bir mekanı bölümlere ayırmak üzere, konstrüksiyonu basit, hafif malzemeden yapılmış düşey bölmeler.
Asma Tavanlar	Mekanik teçhizat ve servisleri gizleyen, dekoratif görünüşü sağlayan, akustik özellikleri olan, tavan döşemesine askılarla monte edilmiş elemanlar
Bilet Gişesi	Yolcuların bilet satın alabilmesi için yapılmış mekanlar
Bilet Holü Katı	Biletsiz ve biletli yolcu alanları ile genel hacimlerin, idari ve teknik hacimleri bulunan, giriş ile peron arasında kalan kat.
Bilgi Panosu	İstasyon ya da çevresel bilgileri içeren panolar.
CCTV	Kapalı devre televizyon
Altgeçit-Üstgeçit	İki alan arasında yolcu geçişini sağlayan bağlantı koridoru
Girişler	Cadde seviyesinde doğrudan ve/veya ara katlar vasıtasıyla istasyon gişe katına ulaştıran noktalar
Genel Yapılar	Müracaat, genel telefonlar, yiyecek satış yerleri, banka, postane, bilet satış makineleri, wc ve büfelerin olduğu yapılar
İstasyon Binası	Platform ve gişe katlarından oluşan yapı
İstasyon Güvenlik Görevlisi	İstasyonda kamu güvenliğınden sorumlu kontrol personeli
İstasyon Telefon Odası	Gişe katında istasyon haberleşme teçhizatının bulunduğu oda ya da kabin
Kayıp Eşya Odası	Yolcuların ya da bekleyen kişilerin unuttukları eşyaların depolandığı oda
Kanopi	İstasyon girişleri üzerinde yer alan, aynı zamanda hemzemin ya da viyadük tipindeki istasyon peronlarının üzerinde yer alan çatı örtüsü.
Para İşlem Ofisi	Bilet satışlarından elde edilen gelirin muhafazası ve sayılması için, Bilet Gişesi yanında ayrılan güvenlikli oda

Peron Kati	Trene inen/binen yolcuların toplandıkları alan
Personel Odası	Raylı sistem görevlileri tarafından kullanılmak üzere ayrılmış oda.
Personel Tuvaleti	Sadece raylı sistem personeline hizmet eden tuvaletler.
Platform Sonu	Kapısı Yolcuların kontrollü alan dışına geçişini engellemek için platform sonuna konulan kapılar
Rampa	İki kot arasındaki meyilli kısım.
R.Ü.K.	Ray üst kotunu ifade eder
Reklam Panosu	Ticari amaçlı konulan panolar
Temizlik Odası	Temizlik personelinin araçları, lavabo ve temizlik teknesinin bulunduğu oda.
Yanmaz Malzeme	Oturma, duvar kaplamaları vs. mahalli standartlara uygun, yangın ihbar vs. ise NFPA ve TS standartlarına uygun herhangi bir malzeme
Yürüyen Merdiven	Yolcuların aşağı/yukarı yönde taşınması için sensörlü merdiven tertibatı.
Yürüyen Merdiven Makine Dairesi	Yürüyen merdiveni işleten makinelerin yer aldığı ve bakım için girilebilen

1.3.3. İstasyonlarda Tasarım Kuralları

1.3.3.1. Genel

Genel olarak, mevcut sisteme dahil olan istasyonlar, mevcut istasyon tasarım kriterleri ile aynı prensipte olmalıdır. İstasyon tasarımında, öncelikle Türk Standart Enstitüsü tarafından yazılmış, “**Şehir İçi Yollar-Raylı Taşıma Sistemleri Bölüm 1: Yeraltı İstasyon Tesisleri Tasarım Kuralları TS 12127/Şubat 1997**” ve “**Şehir İçi Yollar-Raylı Taşıma Sistemleri Bölüm 2: Yerüstü İstasyon Tesisleri Tasarım Kuralları TS 12186/Nisan 1997**” dikkate alınmalıdır.

1.3.3.2. Çevre Planlaması

İstasyon yapısının çevresi, yolcu sirkülasyonunun yoğun yaşandığı yerler olması nedeniyle, araç parkları ve yolcu yaklaşımlarının önemli olduğu yerlerdir. Buna göre:

İstasyona ulaşım, tarifli, kolay ulaşılabilir, yaya sirkülasyonu ve girişleri çevre ile uyumlu olmalı

Tasarlanan istasyonların, kalıcı, fonksiyonel, uyumlu ve kendine özgü kimliği olmalı,

İstasyona gelen yolcuların ulaşımını kolaylaştırma amaçlı, kısa ve uzun süreli otoparklar sağlanmalı, otobüsle ulaşım için yaklaşım cepleri konulmalı,

Yapılacak otoparkların, istasyon-otopark ilişkisi sağlanmalıdır

Gelecek özürlü yolcular için, istasyona ulaşımı kolaylaştırıcı, asansör, yürüyen merdiven, rampa/rampalar yapılmalı ve son basım Türk Standartları Enstitüsünce hazırlanan ve kabul edilen standartlara uyulmalı,

İstasyonlarda, yolcuları hava şartlarından koruma amaçlı kanopi yapılmalı, konulacak oturma grupları bunların altına yerleştirilmelidir. Peron alanının en az %50'si saçakla kapatılmalıdır(Şehir İçi Yollar-Raylı Taşıma Sistemleri Bölüm 2: Yerüstü İstasyon Tesisleri Tasarım Kuralları TS 12186/Nisan 1997)

Ayrıca, istasyon yapılması planlanan alanda dikkat edilmesi gereken tipik şartlar şunlardır:

- Genel yaya sirkülasyonu ve girişleri,
- Dış hava koşulları (karlı, yağmurlu, güneşli mevsimlerin yıla oranı)
- Topoğrafya,
- Mevcut altyapı ve bina gelişimi,
- Arazi kullanımı,
- Drenaj,
- Trafik durumu.

1.3.3.3. Mekan Organizasyonu

İstasyon yapıları 2 başlık altında incelenebilir:

Şehirlerarası hat istasyonları; yolcular, uzak mesafelere seyahat edecekleri için, bavul, el bagajı taşımaları nedeniyle kapladıkları alan, normal metro sisteminde kabul edilen kişi başına düşen alandan fazla olmalıdır. Gelen yolcu ya da yakınları, tren kalkıncaya ya da gelinceye kadar bekleyecekleri için, oturma, yemek ve tuvalet ihtiyaçlarını giderme amaçlı mekanlar yapılmalıdır. Metro istasyonları; kısa süreli ve yakın mesafe seyahatler söz konusudur. Yolcular, çok kısa sürede istasyon yapısını terk ettikleri için, az sayıda oturma yer almalıdır. Yiyecek gibi ihtiyaçlarını giderecek mahaller yer almamalıdır.

Her iki tip için de, istasyon yapısında, işletme ve bakım için ekipman ve ofis hacimleri sağlanmalıdır.

Şehirlerarası istasyonun ana fonksiyonel elemanları temel olarak aşağıdakilerden oluşmalıdır:

- İstasyon Girişleri
- Bilet Holü
- Yatay Dolaşım
- Düşey Dolaşım
- Peron
- Yardımcı Mekanlar
- Halka açık mekanlar

Mekanların dolaşım alanı ve aktiviteler arasındaki ilişki, öncelik sıralamasına göre aşağıdaki gibi olmalıdır:

- Giriş
- Bekleme Salonu
- Postane ve/veya banka/ATM
- Bilet alış/bileti geçerli kılma
- Yatay hareket
- Perona iniş/çıkış

- Tren bekleme
- Binme/inme
- İstasyondan çıkış
- İstasyon ve işletme için gerekli hizmetler

Yolcuların dolaşımını girişten trene binilecek noktaya ve ters yönde yapılacak hareketi tanımlayacak şekilde, dolaşım alanları ve mekanları düzenlenmeli, herhangi bir noktada yolcuları kararsız bırakmamalıdır. Köşe dönüşlerinden mümkün olduğunca kaçınılmalı, zorunlu ise yönlendirme yapılmalı ve sağdan gidiş sağlanmalıdır.

1.3.3.4. Bilet Holü

Yolcuların girişten sonra ulaştığı mekanlar bütün olarak bilet holü katı olarak tanımlanır. Bilet holü katında, bilet gişeleri, satış mekanları, danışmalar, banka, merdiven/yürüyen merdiven/asansör önü birikme alanı bulunmalıdır. Ayrıca, bu katta donanım ve personel için mekanlar yer almalıdır.

Halka açık alanlarda, aktarma, ilk ya da son istasyon olmasına göre, yolcu danışma, turist danışma bankoları yer almalıdır. Gelen ve giden yolcu yüküne göre bekleme salonu büyüklüğü belirlenmelidir. İstasyonun konumuna göre, alış-veriş dükkanları, büfe, postane, banka, kafeterya, fast-food türü mahaller yerleştirilmelidir.

Bilet gişesi ile birlikte bilet makinaları için ulaşılabilirliği kolay yerler ayrılmalıdır. Bilet gişesi istasyona girince kolay algılanabilir, yeterli sirkülasyon alanı bırakacak şekilde olmalıdır. Bu katta, istasyon işletmesine ilişkin fonksiyonları karşılayacak personel odaları, depolar, elektrik servis odaları, havalandırma odaları gibi teknik odalar yer almalıdır.

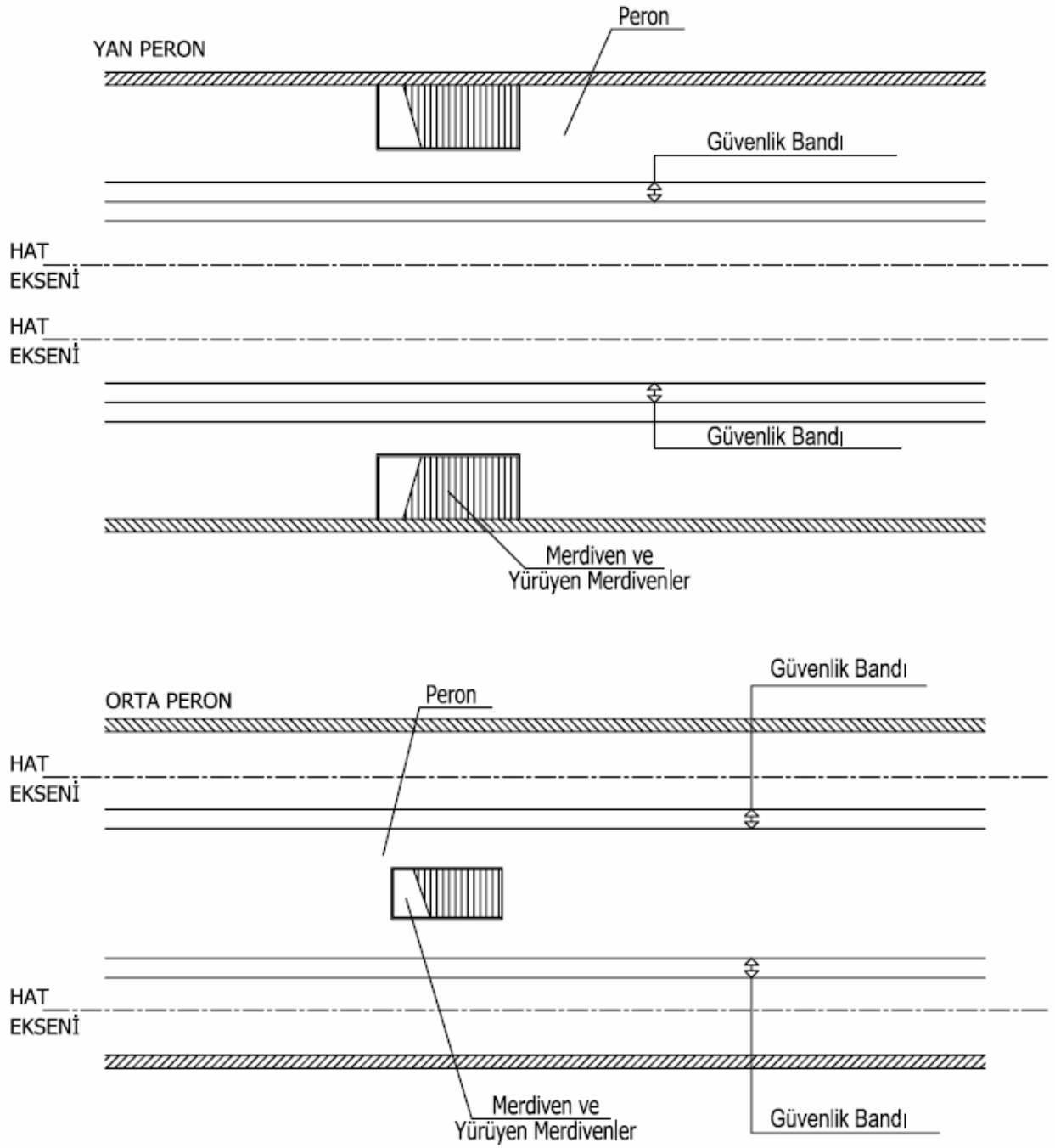
Bilet Holü katının en az temiz yüksekliği 3.50 m., tavana tutturulmuş cihaz ve diğer askılı elemanlarla bitmiş döşeme arasında en az 2.50 metre açıklık mutlaka sağlanmalıdır.

Bilet holü katında, hem kontrollü hem de kontrolsüz alanda halkın kullanımına açık, yeterli genel telefonlar bulunmalıdır. Telefon sayısı belirlenirken, istasyon yolcu sayısı, istasyonun aktarma, ilk ya da son istasyon olması ve dışarıdan gelebilecek yolcu trafiği de göz önüne alınarak, tesbit edilmelidir. Bu sayı içerisinde, özürliüler için duyulan telefon ihtiyacı da eklenmelidir. Ayrıca, ulaşım ile ilgili bilgi alınacak danışma, itfaiye, polis, ilk yardım odası ve acil çağrılar için ücretsiz telefonlar ayrılmalıdır. Bunların gereksiz ve yanlış kullanımını engellemek için gerekli tedbirler alınmalıdır.

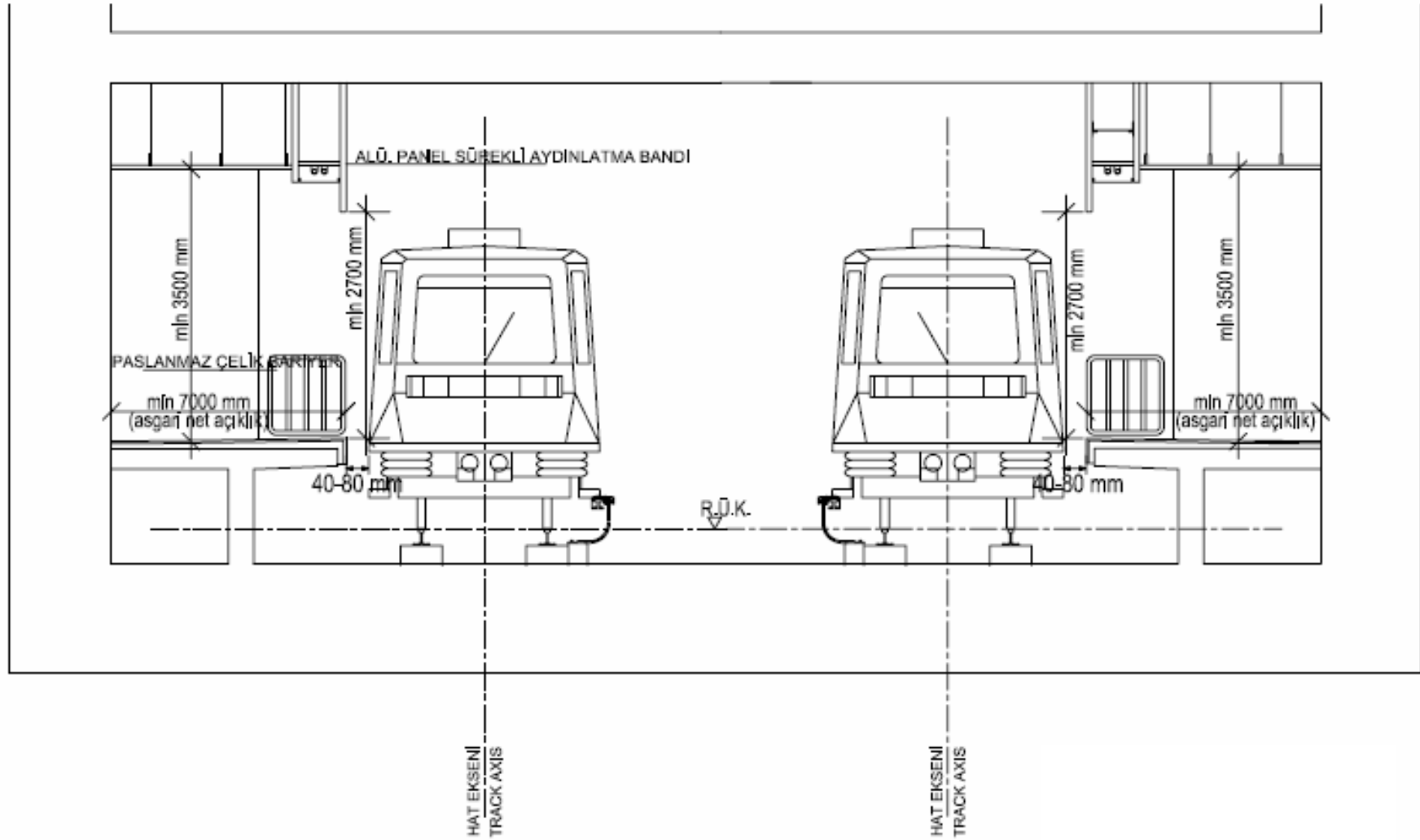
1.3.3.5. Peron

İstasyon planlamasında 2 tip peron vardır:

- Yan peron – Peronlar karşılıklı yerleştirilir, hatlar ortadır ve her ana hatta bir peron vardır.
- Orta peron – tek peron vardır, hatlar peronun her iki yanından geçer. (Çizim 1)
- Orta peron, sirkülasyon ve tefriş yerleşimi (oturma grupları, yönlendirme levhaları, merdivenler v.b.) açısından yan perona göre daha avantajlıdır. (Çizim 2 ve 3)



Çizim 1.1 Peron Planlaması



Çizim 1.2 . Yan Peron Kesiti

1.3.3.5.1. Peron Tasarımı

Peronlar, yolcunun kolaylıkla anlayacağı ve kullanacağı şekilde tasarlanmalıdır. Yolcular, giriş-çıkışları kolaylıkla bulmalı, kuytu köşelerden güvenlik açısından kaçınılmalıdır.

Bütün peronlar, özürlü yolcuların kullanımına yönelik tasarlanmalıdır (peron kenar uyarı bantları dahil)

Peron boyu tren boyuna göre belirlenmelidir,

Herbir peronda en az iki adet çıkış yer almalıdır,

Trenlerden ve platformdan çıkışlar, hem normal hem de acil durum için güvenli olacak şekilde tasarlanmalıdır. Acil durumda, peronlar ve çıkışlar, yolcuların tamamıyla peronu terketmesine olanak sağlayacak genişlikte olmalıdır.

Perondaki acil durum çıkışları hem yönlendirme hem de planlama olarak net olmalıdır.

Peron tavan temiz yüksekliği en az 3.50m. olmalıdır. Bu yükseklik, yapılacak planlamaya göre artırılabilir.

Tavana asılacak elektronik levha, CCTV, saat gibi elemanların en alt kotu ile bitmiş döşeme arasında en az 2.50m. mesafe bırakılmalıdır. Yolcu bilgilendirme panoları, yolcular tarafından rahatlıkla görülebilecek boyutta olmalı ve görüşü engellemeyecek şekilde yerleştirilmelidir.

Peron kenarından en yakın engele olan mesafe en az 2.50m. olmalıdır. Bu mesafe, yolcu konforuna göre artırılmalıdır.

Orta peronda, 0.50m.lik emniyet bandı hariç, en az net peron genişliği 5.00m., yan peronda ise en az 3.00m. olmalıdır.

Peron çıkışları, genişlikleri, yer ve adetleri, trenin boşalmasında ve acil durumlarda, emniyetli, karışıklığa meydan vermeyecek, peronu yeterli zamanda boşaltabilecek kapasitede olmalıdır.

Peron ucundan, en yakın çıkışa olan mesafe en fazla 60.0m. olmalıdır.

Peron kenarlarında en az 0.60m. derinliğinde, 0.90m. yüksekliğinde sığınma nişleri yapılmalıdır (Şekil 4)

Peron genişliği; ortalama 2.00 m²/kişi hesaplanarak, en az net peron genişliğinden daha az olmayacak şekilde, peron alanı bulunmalıdır. (Transit Capacity and Quality of Service Manual- Part 4 Terminal Capacity)

1.3.3.6. Yatay Ve Düşey Dolaşım Alanları

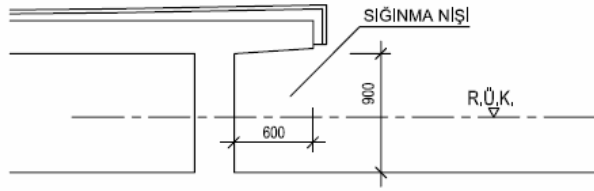
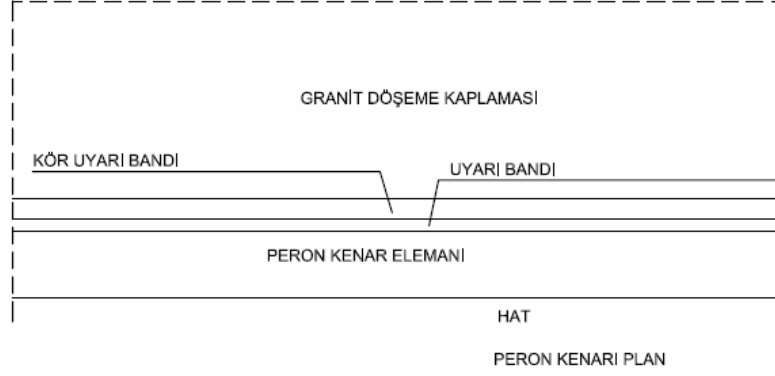
İstasyon girişleri, yolcuların, yaya ve diğer ulaşım sistemlerini kullanarak rahatlıkla ulaşabilecekleri şekilde olmalıdır. Yeterli sayıda giriş-çıkış merdivenleri, yeterli sayıda giriş-çıkış kapıları yapılmalıdır.

İstasyon içerisinde, mümkün olduğunca gereksiz kot değişikliklerine gidilmemeli, net sirkülasyon alanları sağlanmalıdır. Bilet holünde, gişe önünde oluşabilecek kuyruklar için yeterli alan bırakılmalıdır. Mekan tasarımında, kuytu köşeler oluşturulmamalı ve yeterli aydınlatma seviyesi sağlanmalıdır.

İstasyona giriş ve iç dolaşımda, özürlü yolcular için gerekli rampalar, asansörler ve yürüyen merdivenler konulmalıdır. Yürüyen merdiven başlangıç ve bitişlerinde, yolcu sirkülasyonunu aksatmamak için, en az

6m.lik yığılma alanları oluşturulmalıdır (Şekil 5). Yapılacak özürlü yaya rampalarının eğimi %5'i geçmemelidir. Bilet holü ile peron arasında kot farkı olacaksa, merdiven ve yürüyen merdivenler, girişten perona kadar algılanması kolay, düz bir hat üzerine yerleştirilmelidir.

Merdiven yapılamayacak kadar dar olan alanlarda, düşey dolaşım asansörle sağlanmalıdır.



Çizim 1.4. Peron Kenar Planı

1.3.3.7. Yardımcı Mekanlar

İstasyonlarda, elektro-mekanik tesisat odaları, kontrol, depolama ve personelin ihtiyaç duyduğu odalarla birlikte, yolcuların durumuna göre değişiklik gösteren yardımcı mekanların, yerleşimi, büyüklüğü ve dağılımı istasyonların özelliklerine göre dikkatle seçilmelidir.

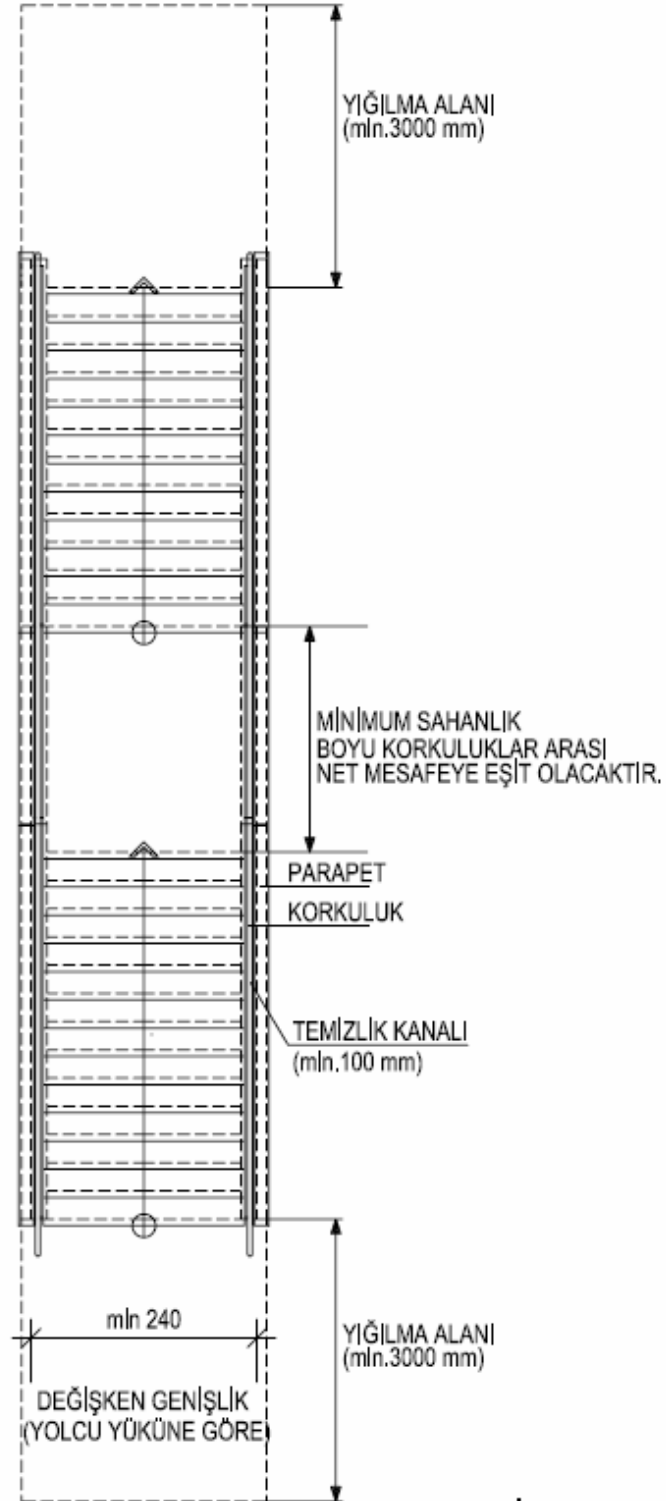
Yardımcı mekanların yerleşim gereksinimleri, işlevlerinin sistemle veya yolcu ve personelle ilgili olmasına düzenlenmelidir.

Sistem teknolojisi ile bağlantılı tüm yardımcı mekanlar bir arada toplanmalıdır. Bu yerlere giriş, her durumda güvenlik altına alınmalı ve korunmalıdır. Yardımcı mekanlara, istasyon içerisinde yer alan genel mekanlardan ya da emniyet ve kontrollü olarak dışarıdan da erişilebilmelidir.

1.3.3.8. İstasyon Güvenliği

İstasyon binası, işletim saatleri dışında, güvenlik ve kontrolü sağlama amaçlı ya da tamirat gibi sebeplerle sistemin çalışmadığı süre içinde, istasyonu yolcuya ve tahribata kapatan, kapı sistemi yapılmalıdır.

Kapılar, sağlam, güvenilir, estetik, kolay kapanıp-açılabilen, tamir edilebilir olmalıdır. Kapı, yaya altgeçit , merdiven gibi genel kullanım mekanlarının trafiğine engel olmamalıdır. İstasyonda genel kullanıma açık geçit yapılacaksa, kapıların kapalı olduğu zaman içerisinde, umuma açık yaya sirkülasyonu devam etmelidir.



Çizim 1.5. Yığılma Alanları

Acil durumda müdahale için, kapılardan birinin dışına acil durum müdahale kumandası konulmalıdır.

Bunu yanısıra, kontrollü alanların noktalarının elektronik ve kapalı devre tv ile gözetimi, işaretler, anons sistemi, telefon veya telsiz ve otomatik alarm kullanarak uyarı ve direktiflerde bulunacak tedbirler alınmalıdır.

1.3.4. İstasyon Boyutlandırması

1.3.4.1. Genel

İstasyon boyutlandırmasında yolculuk sayıları temel teşkil eder.

Raylı sistem istasyonları, hafif raylı sistemler (metro), banliyo hattı, şehirlerarası trenler ve hızlı tren istasyonları olarak kendi içerisinde ayrılır. Hafif raylı sistemler ve banliyo hatları için yapılan istasyonlarda, TS Raylı Sistemler ve NFPA 130 el kitaplarındaki kriterler kabul edilir. Hızlı tren ve şehirlerarasında sefer yapan istasyonlarında ise yolcular, şehirlerarası seyahat ettikleri için, trenin kalkış saatinden az önce perondaki yerlerini alırlar. Boyutlandırma, bu ihtiyaçlara cevap verecek fonksiyonları içeren büyüklükte olmalıdır.

1.3.4.2. Peron Kapasite Hesabı

Peronu kullanacak, trene inecek, binecek yolculuk sayısı hesaplanmalıdır. Peron genişliği, ortalama 2.00m²/kişi hesaplanarak peron alanı bulunmalıdır. Elde edilen sonuç, net peron alanı olup, brüt peron alanını bulmak için, net peron alanına, peron kenarı güvenlik bandı (0.50m.), merdivenler, asansör, taşıyıcı düşey elemanlar ve diğer engellerin işgal ettiği alanlar eklenmelidir.

1.3.4.3. Acil Durum Kapasite Hesabı

Şehirlerarası trenlerde ve hızlı tren istasyonlarında, peronlar daha uzun olduğu için, planlamada, çıkış merdivenleri arasındaki yürüme mesafesi uzamaktadır. NFPA130'da yer alan, yapılması gereken 4 dakikalık Test-1'de perondaki yürüş mesafesini katmadığı için, gerçek sonucu vermeyecektir. Bu tip istasyon yapılarında, TS Raylı Sistemler ve NFPA130 kriterleri kullanılamaz.

İstasyonda ya da trende meydana gelebilecek herhangi bir acil durumda, peronda bekleyen ve/veya tren içinde bulunan yolcuların, perondan tahliye edilip, güvenli bir alana çıkartılması gerekmektedir. Bu nedenle, perondan çıkış kapıları yeterli sayıda ve genişlikte olmalıdır. Acil durum, yanan trenin tek bir perona (yan peronda, peronlar tek tek ele alınır) gireceği düşünülerek, kabul edilmelidir.

Peronda, trenin üzerinde, yangın anında dumanı kesici ya da dumanı perona yönlendirici herhangi bir örtü yapılmamalıdır. Kanopy ya da çatı örtüsü sadece yolculu alanların üzerinde yer almalıdır.

Bu tip istasyonlarda (şehirlerarası), gidecek yolcular, gidecek yolcuları ve gelecek yolcuları bekleyenler, bekleme salonu gibi geniş mahallerde toplanırlar. Bu nedenle, bu tip istasyonlarda, binen yolcu yükü olarak, sadece yolcuların binmek üzere gittikleri peron yükü alınmalıdır. Acil kaçış tahliyesinde, bekleme salonlarında bulunan kişiler, varsa kafeterya, fast-food gibi kapalı yerlerdeki müşteriler, NFPA130 (Ver. 2003) kriterlerine göre hesap edilip, uygun genişlikte kapılar, merdivenler ve çıkışlar sağlanmalıdır.

1.3.4.4. Merdivenler

Merdivenler, temel olarak istasyonlarda giriş-çıkış ve sirkülasyonu sağlama amaçlı, tren yolcu ve acil durum yolcu yükünü karşılayacak şekilde hesaplanmalıdır. Merdiven önlerinde, olağandışı artışlarda yığılmayı azaltacak uzunlukta yeterli alanlar bırakılmalıdır.

Yolcuların yararlanacağı merdivenlerde en az genişlik ölçüleri:

- | | |
|---|-------------------------|
| • Yolcuların kullandığı iniş-çıkış merdiveni | min. 1.80m |
| • Yolcuların kullandığı sadece iniş ya da sadece çıkış merdiveni | min. 1.20m. |
| • Personel merdiveni | min.1.20m. |
| • Sadece iniş veya sadece çıkış merdiveninde sahanlık | min.1.35m. |
| • İniş ve çıkışa hizmet veren merdivenlerde sahanlık kadar olmalıdır. | min. merdiven genişliği |

Merdivenlerde basamak rıht ve genişlik hesabı ile kabul edilecek merdiven kapasitesi TS Raylı Taşıma Sistemleri'nde bölüm 1.2.6.2' de ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

Sahanlıklar kot farkı 2700 mm'yi aşmayacak şekilde konulmalıdır. Merdiven ara sahanlıklarının minimum derinliği trabzanlar arasındaki merdiven genişliğine eşit olmalıdır. Halka açık tüm merdivenlerin (acil kaçış merdivenleri hariç) iki yanında, temizleme oluğu yapılmalı ve bu olukların genişliği 100 mm'den az olmamalıdır. (Şekil 6)

Merdiven iniş-çıkış başlangıçlarında, bitmiş döşemeden tavana olan mesafe en az 2.50m. olmalıdır. Merdiven iniş ve çıkışında, normal dolaşım alanı veya geçiş koridoru arasında en az, 3.00 m.lik yığılma alanı bırakılmalı, aynı yöne hizmet eden iki merdiven arasında en az 9.00m. mesafe olmalıdır.

Merdiven korkulukları

Bütün merdivenlerin her iki kenarında ve merdiven genişliğinin 3.00 m'yi geçtiği yerlerde ortada el tutamakları bulunmalıdır. Korkuluk, merdiven başlangıç ve bitişlerinde en az bir basamak genişliği kadar ilertilmelidir. El tutamakları, minimum merdiven genişliğinin daralmasını önlemek için öngörülen minimum temiz açıklığı 100 mm'den fazla girmemelidir.

Korkuluk yükseklikleri, sahanlıklardaki düz kısımlarda 0.90 cm, eğimli kısımlarda ise basamak uçlarını birleştiren hattan ölçmek üzere 0.90 cm olmalıdır. (TS Raylı Taşıma Sistemleri Tasarım Kurallarında ayrıntılı olarak anlatılmıştır).

1.3.4.5. Yürüyen Merdivenler

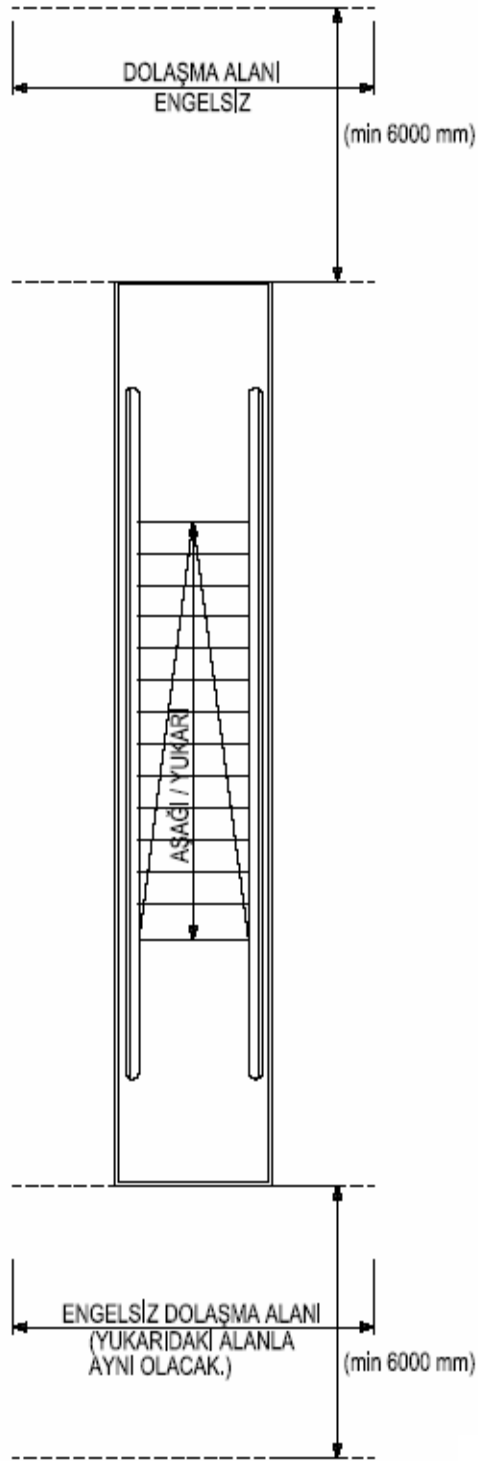
Sabit merdivenlerin yeterli olmadığı ya da konforu artırma amaçlı, sabit merdiven yanına veya tek olarak yürüyen merdiven kullanılmalıdır. Yüzeydeki yürüyen merdivenlerde, dış hava koşullarına dayanıklı, harici tipleri seçilmelidir. Yürüyen merdivenler, her iki yöne hizmet verecek şekilde olmalıdır.

Sabit merdiven yanına yapılacak yürüyen merdiven, tasarıma göre 30° ya da 35° eğimli olmalıdır.

Basamak genişliği en az 1.00m. olmalıdır. Yürüyen merdiven kapasitesi ,133 kişi/dakika olmalıdır. Düz basamak sayısı en az 3 olmalıdır. (Şekil 6)

Yürüyen merdivenler, yolcu akışına uygun, kolaylıkla algılanabilecek şekilde yerleştirilmelidir. Genel olarak, sağdan biniş-iniş izin verecek şekilde konumlandırılmalıdır.

Merdiven ile geçiş koridorları arasında en az 4.50m., merdiven bitişinden diğer merdivene ya da duvara ve/veya en yakın engele olan mesafe 9.00m. olmalıdır. (Şekil 7) Yürüyen merdiven adetleri kat



Çizim 1.7. Yürüyen Merdiven Dolaşma Alanları Boyutlandırılması

yüksekliğine göre değişiklik göstermelidir. TS Raylı Sistemler el kitabına göre kabul edilen yükseklik ve yürüyen merdiven adetleri aşağıdaki gibidir:

0-3.50m. arası	1adet Yürüyen merdiven-1 adet sabit merdiven
3.50 m.- 7.20m. arası	2 adet yürüyen merdiven (biri aşağı diğeri yukarı kota hizmet vermelidir) – 1 adet sabit merdiven
7.20m.-12.00m arası en az	2 adet yürüyen merdiven (yolcu akışı, yerleşime göre değerlendirilmelidir) - 1 adet sabit merdiven
12.00m.- üzeri en az	2 adet yürüyen merdiven (yolcu akışı, yerleşime göre, aşağı ve yukarı kota çıkan olarak değerlendirilmelidir) ve en az 1 adet sabit merdiven

1.3.5. Yolcu Bilgilendirme Sistemi

Her istasyonda, inen-binen yolcuların giriş-çıkışları, peronu, acil kaçışları ve düşey sirkülasyon elemanlarını kolaylıkla bulabilecekleri yardımcı işaretler olmalıdır. Bu işaretler, yolculara sistemi kullanmak için gerekli tüm bilgi ve talimatı sağlamalıdır. Aktarma istasyonlarında ya da büyük istasyonlarda, danışma bürosu, yolcuları aydınlatıcı anons sistemi yapılmalıdır.

Yönlendirme levhalarında kullanılan grafik anlatım uluslararası semboller olmalıdır. Işıklı levhadaki mesajlar, bütün yolcuların anlaması için kısa ve sade olmalıdır.

İşaret ve semboller sağlam, hava şartlarına dayanıklı, en az bakım gerektiren, yıkanabilen, rengi solmayan ve korozyona dayanıklı malzemeden seçilmelidir.

Sesli işaretlerde, ses seviyesine göre tasarım türleri için Türk Standardları'nın ilgili bölümlerine uyulmalıdır.

1.3.6. Malzeme Seçimi

İstasyon yapısında seçilecek malzemeler, darbeye, kırılmaya dayanıklı, yedeği kolay temin edilebilir, estetik, yanmaz ve kokusuz, ekonomik, uygulanması kolay, hava şartlarına dayanıklı, kaymaz, kir tutmaz özellikte olmalıdır.

Döşeme, duvar ve tavan kaplaması, merdiven aksamı (korkuluk, parmaklık, küpeşte v.b.) gibi kaplamalar veya malzemelerin dayanım ömrü en az 25 yıllık olmalıdır.

Altgeçitler, pasajlar ve girişler gibi esas yapı elemanları en az 50 yıllık ekonomik ömre göre seçilmelidir.

Merdivenlerde ve peron kenarlarında, kaymaz malzeme kullanılmalıdır. Bütün geçit, yürüme alanları ve merdivenlerde, zemin sürtünme katsayısı 0.5'den az olmamalıdır. Malzemeler, merdiven ve yürüyen merdiven yaklaşımlarında ve peron eşiklerinde kontrast yapacak şekilde seçilmelidir. Kamaşmanın görüntüyü ve kapalı devre televizyon kameralarını etkilediği giriş bölgelerinde ve istasyonların içinde yansıması oldukça yüksek satırlar kullanılmamalıdır.

1.3.6.1. Malzeme Ve Kaplamalar

Döşemeler

Döşeme kaplamasında kullanılacak malzeme, yolculu alanlarda kaymaz olmalıdır.

Betonun esas döşeme kaplaması olarak kullanıldığı yerlerde, kayma direncini sağlayacak tedbirler alınmalıdır. Aşınma katsayısı TSE standartlarının en son yayınına uygun olmalıdır.

Toz ve kir kontrolünün gerekli olduğu elektronik ekipman odası, kumanda ve kontrol sistemleri için gerekli ekipmanın bulunduğu oda ve cer gücü trafo merkezi ve akü odaları gibi mekanlarda sistemin ihtiyacına uygun kaplama malzemesi seçilmelidir.

Keskin ve sivri topuk gibi nesnelerin, aletlerin, eşyaların ve ayakkabı darbelerinin tesirlerine karşı mukavemeti yüksek malzeme seçilmelidir.

Duvar kenarlarında, zeminde, temizlik suyunu toplayıp tahliye edecek kanallar yapılmalıdır.

Duvarlar

Genel kriterlere ilaveten aşağıdaki kriterlere de uyulacaktır:

Yoğun kullanım altında, özellikle temasa maruz kısımlarda belirli bir yüksekliğe kadar aşınmaya karşı dayanıklı malzeme,

Yanma, ateşe dayanıklılık ve yangında izolasyon gibi konularda TSE ve NFPA standardlarına cevap verecek malzeme,

Akustik ve gürültü” altında kaydedilen özel odalar ve yerler için ayrılmış akustik kriterlere uyulmalıdır.

Tavanlar

Her durumda tavanın kendisine ilişkin veya içinde bulunan tesisat, elektrik, ışıklandırma, işaretleme, haberleşme ve diğer herhangi bir sistemle uyumlu olmalıdır. Tavan panoları yangına dayanımlı, akustik özeliği olan malzemeden seçilmelidir.

Tavanlar, hava şartlarına dirençli, bozulma, deformasyon özeliği olmayan, hasarlara, darbelere dayanıklı özellikte olmalıdır.

Yaya Geçitleri

Otobüs durakları ve diğer yapılara yakın girişi sağlayan yükseltilmiş kaldırımlar için malzeme ve kaplama seçiminde aşağıdaki faktörler göz önüne alınmalıdır:

- Kalabalık ve acele eden yolcu akışı,
- Oldukça yüksek dayanıklılık ve aşınma direnci,
- Yolcu ve kamu güvenliği,
- Emniyet ve kasıtlı tahribin engellenmesi.

1.3.6.2. İstasyon Donanım Ve Mobilyaları

Halka açık alanlardaki tüm istasyon mefruşatı ve ekipmanı, dış etkenlere karşı dayanıklı olmalıdır.

Peronlarda, bekleme için oturma birimleri yer almalıdır. Peronda en az bir adet saat bulunmalıdır. Bu, kolayca görülebilen konumda ve kontrol merkezine bağlı olmalıdır.

Acil durumda istasyona müdahale için, bilet holü ve peron katında yangın dolapları yer almalıdır. Yapılacak yerleşimde yangın yönetmeliğinin en son baskısına uyulmalıdır. Acil durum ve yangın dolapları, itfaiyenin ve ilgili standartların gereklerini sağlamalıdır.

Yangın İhbar Panoları, İtfaiye Müdürlüğü'nün gereklerine uygun olarak yerleştirilecektir.

Peronda butonla çalışan, kontrol merkezine direk bağlı, duvara gömülü yolcu yardım isteme telefonu yapılmalıdır.

2. YAPILARIN DEPREMLİ ve DEPREMSİZ DURUMDA TASARIMI

2. Yapıların Depremlı ve Depremsız Durumlarda Tasarımı

2.1. Köprü, Viyadük ve sanat yapıları

Bakınız köprü eki

2.2 Tünel

2.2.1. Tünel Kazı Destek Tip Projelerinin Oluşturulması

Genel olarak delme tüneller Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (New Australian Tunnelling Method – NATM) ile inşaa edilmektedir. NATM hem emniyetli hem de ekonomik bir şekilde tünel açılmasına imkan veren bazı prensipleri içermektedir. Daha önce dengede bulunan kaya kütlesindeki gerilmeler tünel açılması sırasında yeni bir denge konumuna gelirken tünel çevresine paralel yönde artmakta ve tünel içine doğru deformasyonlar ortaya çıkmaktadır. Kayadaki deformasyon rijit bir destekleme ile önlenirse desteğe gelen yük çok fazla olacak, desteklemenin bir miktar deformasyona izin verecek şekilde sünek olması halinde ise azalacaktır. Bu durumda sadece kaya kütlesinin stabilitesini sağlamaya yönelik, hasır çelik ile donatılmış püskürtme betonu ve kaya bulonlarından oluşan sünek ve ince bir destekleme yeterli olmaktadır. NATM’da desteklemenin zamanlamasına büyük önem verilmektedir. Destekleme kazıdan hemen sonra tatbik edilirse üzerine çok yük geleceği için yetersiz kalabilir. Destekleme tatbikinde çok geç kalınması halinde ise aşırı gevşeme yüzünden göçükler ortaya çıkabilir. Desteklemenin tam zamanında yerleştirilmesini sağlayabilmek için tünel kazısına paralel bir şekilde düzenli deplasman ve gerilme ölçümleri yapılmalı ve bunlar tecrübeli bir ekip tarafından değerlendirilmelidir. Bu ölçümler aynı zamanda desteklemenin tasarımda öngörülenden daha zayıf ya da daha kuvvetli seçilmesine karar vermek için gereklidir. Tünelde kullanılan destekleme sistem elemanlarının başlıcaları aşağıda sıralanmıştır:

- Püskürtme beton
- Hasır çelik
- Kafes kiriş iksa veya çelik profiller
- Kaya bulonları
- Süren boruları

Tünel kazı-destek sistemi uluslararası kabul görmüş Avusturya standardı ÖNORM B2203’e göre yapılmış kaya sınıflandırma sistemine göre oluşturulacaktır. Bu sınıflandırma sistemi Tablo 1 de verilen kaya destek sınıfları (Q) ve (RMR) değerlerine göre bulunur.

	BARTON KAYA KÜTLESİ NİTELİĞİ (Q)	BIENIAWSKI KAYA KÜTLESİ DEĞERİ (RMR)	ÖNORM B 2203 Ekim 1994 Öncesi	ÖNORM B 2203 Ekim 1994 Sonrası
1000	SON DERECE İYİ	101		
400	PEK ÇOK İYİ	94	A 1 STABİL	A 1 SAĞLAM
100	ÇOK İYİ	82.7 80		
40	İYİ	76	A 2 AŞIRI SÖKÜLEN	A 2 SONRADAN AZ SÖKÜLEN
10	ORTA	60		B 1 GEVREK
4	ZAYIF	58	B 1 GEVREK	B 2 ÇOK GEVREK
1	ÇOK ZAYIF	47		B 3 TANELİ
0.1	ÇOK FAZLA ZAYIF	29	C 1 BASKILI	C 1 DAĞ ATMA
0.01	SON DERECE ZAYIF	20	C 2 ÇOK BASKILI	C 2 BASKILI
0.001		5	L 1 GEVŞEK ZEMİN YÜKSEK KOHEZYON	C 3 ÇOK BASKILI
		2.5	L 2 GEVŞEK ZEMİN DÜŞÜK KOHEZYON	C 4 AKICI
				C 5 ŞİŞEN

Tablo 2.1.Kaya sınıflama sistemlerinin karşılaştırılması

ÖNORM B2203'te tanımlanan kaya sınıfları ve özellikleri aşağıda özetlenmiştir :

“A” Kaya Sınıfı : A kaya sınıfı “Stabil-Hafif Aşırı Sökülen kaya Kütleleri” olarak tanımlanmaktadır. Bu cins kaya kütleleri genellikle stabil olup elastik davranış gösterirler. Yerel destek uygulanmaması halinde, yerçekimi nedeniyle, yer yer sığ göçükler meydana gelebilir. Göçükler genellikle izole olmuş, önemsiz eklem yapıları nedeniyle oluşur. Elastik deformasyonlar hızla azalır. A kaya sınıfı kendi içinde A1 (Stabil) ve A2 (Sonradan az sökülen) olmak üzere iki tipe ayrılır.

A1 Destek Sınıfı : “Stabil” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Kaya kütlesi elastik davranış gösterir. Deformasyonlar küçük olup, çok hızlı azalır. Serbest kaya parçaları temizlendikten sonra sökülme eğilimi yoktur. Suyun kaya stabilitesine olumsuz bir etkisi yoktur.

Tünel kazısı teorik olarak “tam ayna” olarak yapılabilir. Kazı profilinin büyük olması halinde, kazı genellikle üstyarı ve altyarı kazısı şeklinde sürdürülür. Delme-patlatma kazı için gerekecektir. İlerleme adımı uzunluğu yumuşak patlatma şartları ve yapım tekniğine bağlı olarak seçilir.

Destekleme sistemi projelerde detaylı olarak gösterilecektir.

A2 Destek Sınıfı : “Sonradan Az Sökülen” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalır. Kaya kütlesi elastik davranış gösterir. Tünel tavanında ve yan duvarların üst kısmında süreksizlikler ve kaya kütlesi zati ağırlığından dolayı sığ sökülmelerin olma eğilimi vardır. Suyun kaya stabilitesine etkisi gözardı edilebilecek durumdadır.

Tünel kazısı teorik olarak “tam ayna” olarak yapılabilir. Kazı profilinin büyük olması halinde, kazı genellikle üstyarı ve altyarı kazısı şeklinde sürdürülür. Delme-patlatma kazı için gerekecektir. İlerleme adımı uzunluğu yumuşak patlatma şartları ve yapım tekniğine bağlı olarak seçilir. Üstyarı kazısında 2.5-3.5 m, altyarda 4 m ile sınırlandırılmaktadır.

Bu tip destek sınıfında sadece bölgesel olarak tünel tavanında/yan duvarlarda yersel blokların stabil hale getirilmesi amacıyla kaya bulonları kullanılabilir. Bu durumda kullanılacak kaya bulonları, aynadan itibaren en çok bir ilerleme adımı geriden uygulanacaktır. Kaya bulonlama yönü süreksizliklerin yönelimlerine göre seçilecektir. Bulonlama ve diğer destekler projelerde detaylı olarak gösterilecektir.

“B” Kaya Sınıfı : B kaya sınıfı “Gevrek Kaya Kütleleri” olarak tanımlanmaktadır. “B” olarak gösterilen kaya kütlelerinin davranışı, yapısal kenetlenme ve/veya çekme mukavemeti azlığından ötürü hızlı gevşeme ve ayrışmaya yatkındır. Hemen hemen tüm çevrede, boşluk civarındaki ikincil gerilmeler, kaya kütlelerinin mukavemetini biraz aşmakta, bununla beraber bu zafiyet mekanizması içerilere ulaşmamaktadır. Destek yapımının gecikmesi halinde artan çökmeler meydana gelir. B kaya sınıfı kendi içinde B1 (Gevrek), B2 (Çok Gevrek) ve B3 (Taneli) olmak üzere üç tipe ayrılır.

B1 Destek Sınıfı : “Gevrek” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalır. Patlatmadan kaynaklanan kayadaki gevşemeler ve kaya kütlelerinin düşük dayanımı tünel tavanında ve yan duvarların üst kısmında

sökülmelere neden olur. Suyun kaya stabilitesine etkisi genelde önemsiz olarak nitelenebilir.

Tünel kazısı üstyarı ve altyarı olmak üzere iki kademededir yapılır. İlerleme adımı uzunluğu üstyarı kazısında 2.0-3.0 m arasında, alt yarıda ise 4.0 m olacaktır. İlerleme adımı uzunluğu zeminin desteksiz durma süresine, desteksiz açıklığa, destekleme elemanı yerleştirme süresine bağlı olarak ayarlanmalıdır. Kazı için delme patlatma gereklidir.

Sınırlı bölgelerde sistematik destekleme gereklidir. Lokal olarak ön destekleme gerekebilir. Destekleme aynadan en fazla bir ilerleme adımı geriden monte edilecektir. Tehlikeli alanlar derhal desteklenecektir. Destekleme sistemi projelerde detaylı olarak gösterilecektir.

B2 Destek Sınıfı : “Çok gevrek” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Tünel desteklemesinin zamanında yapılması halinde deformasyonlar hızla azalır. Zamanında destekleme yapılmaması veya destekleme elemanlarının yetersiz olması halinde derinlere ulaşan gevşemeler ve buna bağlı olarak kopmalar meydana gelir. Bozmuş veya ayrılmış kaya kütlesi içerisine fazla su akışının kaya kütlesinin mukavemeti üzerinde etkisi bulunmaktadır.

Kazı tünel kesitine bağlı olarak bölünür. İlerleme adımı uzunluğu, desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklığına bağlı olarak belirlenir. İlerleme adımı üstyarı kazısında 1.5-2.0 m altyarıda ise 3.0- 3.5 m’den fazla olmayacaktır. Kazı genellikle yumuşak patlatma ile yapılır. Tünel tavanı ve yan duvarlarda sistematik destekleme gereklidir.

Gerektiğinde tavanda süren kullanılacaktır. Süren için delme ve benzeri işlemlerin aynadaki veya tavandaki kaya kütlesi üzerindeki olumsuz etkileri önlenmelidir. Destekleme sistemi projelerde detaylı olarak gösterilecektir.

B3 Destek Sınıfı : “Taneli” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Bölünmüş kazıda bile kaya kütlesinde dökülmeler meydana gelir. Kohezyonun az olması ve az çimentolaşma kazının stabilitesinde yetersizliğe neden olur. Bozmuş veya ayrılmış kaya kütlesi içerisine fazla su akışının kaya kütlesinin dayanımı üzerinde etkisi bulunmaktadır.

Bölünmüş kazı ile ilerleyebilmek için kaya kütlesini iyileştirici, desteksiz durma süresini artırıcı önlemler alınmalıdır. İlerleme adımı uzunluğu üstyarı kazısında 1.25-1.50 m, altyarıda ise 3 m’den fazla olmayacaktır. Kazı genellikle yumuşak patlatma ile yapılır, titreşime hassas kaya kütlelerinde mekanik kazı metotları kullanılacaktır. Taban kazısı ve bir taban beton kemeri yapılması gerekli olabilir.

Tünel tavanı ve yan duvarlarda, aynada ve aynanın ilerletilmesinden önce monte edilecek sistematik destekleme gerekmektedir. Süren kullanımı yerel olarak gerekebilir. Sistematik çelik iksa kullanılacaktır. Jeolojik şartlara göre, üstyarı aynasından 75-100 metreden daha geride olmamak üzere, yerinde dökme bir taban kemer betonu yapılması gerekebilir. Destekleme sistemi projelerde detaylı olarak gösterilecektir.

“C” Kaya Sınıfı :

C kaya sınıfı “Baskılı Kaya Kütelleri” olarak tanımlanmaktadır. “C” olarak gösterilen kaya kütellerinin davranışı genellikle, kaya basıncının yeniden dağılımı süreci ve/veya deplasman sınırlamaları sonunda oluşan gerilmelerin kaya dayanımından daha büyük olduğunu göstermektedir. Kaya kütlesinin aşırı gerilmelere maruz kalması ile kabuk atma, burkulma, kesme ve boşluğa doğru plastik hareket gibi zafiyet mekanizmaları oluşur. Kaya kütlesinin plastisite ve viskozitesi, zamana bağlı belirgin deformasyon davranış göstermesine ve sonuçta büyük deformasyonlara yol açar. Kaya zati ağırlık yüklerinin aktif hale geçmesi ve önemli miktarda gevşeme basıncı, sadece büyük deformasyonlara izin verildiğinde meydana gelir. Bu durum kaya kütlesine zarar verecek derecedeki gevşeme ve ayrışma, kaya dayanımında büyük miktarda azalmaya yol açar. Açılan boşluktaki büyük deformasyonlar ve uzun dönemde zamana bağlı deplasman davranışı, zeminin elastik olmayan, plastik ve viskoz davranışına bağlıdır. Çatlamaya veya dökülmeye eğilimli kaya kütelleri ve şişme özelliği gösteren bileşenleri olan kaya kütelleri bu gruba girer. Bu grup, aynı zamanda ayrılmış veya bozuşmuş kayalar, gevşek zemin ve organik zeminler gibi kaya kütellerini kapsamaktadır. Kaya kütlesinin düşük özellikleri nedeniyle kohezyon miktarına ve/veya gevşeme basıncını takiben aşırı gerilmelere bağlı olarak, elastik veya plastik aşırı gerilme oluşur. C kaya sınıfı kendi içinde C1 (Dağ Atma), B2 (Baskılı), C3 (Çok Baskılı), C4 (Akıcı) ve C5 (Şişen) olmak üzere beş tipe ayrılır.

C1 Destek Sınıfı : Yüksek örtü kalınlığı altında masif kayada yüksek ön gerilmeler kırılğan kaya kütlesinde elastik enerji depolanmasına neden olur. Bu enerjinin aniden yer değiştirmesiyle kayada kesme ve kaya yapısının ezilmesi ile birlikte kırılmalar olur. Desteksiz bırakılan kısımlarda fırlayan kayalar parçalanmaya müsaittir. Kaya kütlesindeki kırılmalar derinlere ulaşır. Bozuşmuş veya ayrılmış kaya kütlesi içerisinde fazla su akışının kaya kütlesinin dayanımı üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır.

Bölünmüş kazı ile ilerlenmelidir. Taban kazısı gereklidir. İlerleme adımı uzunluğu üstyarıda 1.5-2.0 m altyarıda 3 m’den fazla olmayacaktır. Kazı düzgün patlatma veya mekanik kazı metotları ile yapılabilir.

Destekleme elemanları olarak kısa ama sık yerleştirilmiş kaya bulonları, çelik hasır gereklidir. Ek tedbir olarak kaya kütlesindeki basıncı azaltıcı delikler açılabilir. Bu yöntemle dağ atmaları da önlenabilir. Jeolojik şartlara göre üstyarı aynasından 50-75 m’den daha geride olmamak üzere yerinde dökme bir taban kemeri betonu yapmak gerekebilir. Destekleme sistemi projelerde detaylı olarak gösterilecektir.

C2 Destek Sınıfı : “Baskılı” kaya kütlesi olarak adlandırılmaktadır. C2, çevreleyen kaya kütlesi içerisinde derine uzanan plastik zonlar ve basınç veren davranışı ile karakterize edilir. Bu kaya kütlesinde orta derecede fakat belirgin olarak uzun süren ve yavaş son bulan deformasyonlar gözlenir. Kazı çevresindeki deformasyonların mertebe ve hızları orta derecededir. Plastik davranışlı yüksek kohezyonlu kaya kütlelerinde gerilme gözlenir. Su sızıntıları ve konsantre su akışının kaya kütlesi üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır.

Tünel kazısının, üstyarı, altyarı ve taban kazısı olarak bölünmesi zorunludur. Portal bölgelerindeki özel durumlar hariç, üstyarı kazısı kendi içerisinde bölümlere ayrılacaktır. Üstyarı kazısı aynasında bir destekleme gövdesi gerekecektir. İlerleme adımı uzunluğu üstyarıda 0.75-1.25 m, altyarıda 2 m’den fazla olmayacaktır. Kazı

düzgün patlatma ve mekanik kazı metotlarıyla yapılabilir. Traşlamadan hemen sonra püskürtme beton kaplaması gerekmektedir.

Genellikle tünel aynası stabildir. Tüm kesit çevresinde sistematik destekleme gereklidir. Her ilerleme adımında destekleme sistemi tamamlandıktan sonra bir sonraki ilerleme adımına geçilecektir. Tünel tavanında süren uygulaması gerekecektir. Süren uygulaması için delgi sırası ve sonrasında imalatın ayna ve tavandaki kaya kütlelerinin olumsuz etkilenmesi önlenmelidir. Destekleme elemanlarının görevi derin plastik kırılmaları sınırlamaktır. Jeolojik şartlara uygun olarak üstyarı aynasından 50 m'den daha geride olmamak üzere taban kemeri gereklidir. Destekleme sistemi projelerde detaylı olarak gösterilecektir.

C3 Destek Sınıfı : “Çok baskılı” kaya kütlesi olarak adlandırılır. C3, derin zayıflık zonlarının oluşması, başlangıçta yüksek ve hızlı deformasyonlar ile karakterize edilir. Deformasyonlar uzun sürer ve yavaş son bulur. Derine inen kırılma ve plastik bölgeler gözlenir. Su sızıntıları ve konsantre su akışının kaya kütlelerinin davranışı üzerinde önemli etkisi olmaktadır.

Tünel kazısının üst yarı kazısı, alt yarı ve taban kazısı olarak bölünmesi zorunludur. Genellikle üst yarı kazısı aynasında bir destekleme gövdesi gerekecektir. Aynada sistematik destekleme gerekebilecektir. İlerleme adımı uzunluğu, üst yarı kazısında 1.2 metreden, alt yarıda ise 2.0 metreden fazla olmayacaktır. Kazı genellikle yumuşak patlatma veya mekanik kazı metotlarıyla yapılacaktır. Traşlamadan hemen sonra püskürtme beton kaplaması gerekmektedir. Yoğun bir destekleme paterni tüm kazı aynalarında gerekecektir. Deformasyon mertebeleri, deformasyon boşlukları ve/veya büyük deformasyonlara cevap verebilecek destek elemanlarının kullanımı gibi özel bir tertibat gerektirecektir. Destekleme elemanları, kaya kütlelerinin üç eksenli gerilme durumunu idame ettireceklerdir. İlerleme adımı uzunluğunun kısaltılması, süren boyunun uzatılması ve üstyarı kazısı aynasında büyük bir merkez destekleme gövdesinin bırakılmasının yeterli olmaması halinde ayna kazısının ayrıca alt kısımlara bölünmesi gerekebilir. Muhtemel çözümler, üstyarı kazısının yarı taraf kazılar veya yan galeriler halinde yapılması olabilir. Komple kazı bölümünün aşırı düşey hareketleri olması halinde, kaplama temelinin genişletilmesi, püskürtme beton kabuğunun temel bölgesinin bulonlanması ve enjeksiyonlanması veya geçici taban kemerleri gerekli olabilir.

Tüm tünel desteklemesi sistematik olarak, üst yarı ve alt yarı kazı aynasının daha fazla ilerletilmesinden önce tatbik edilir. Tüm tavan kesimi üzerinde süren boru kullanımı gerekecektir. Süren için delme veya benzeri işlemlerin aynadaki veya tavandaki kaya kütlesi üzerindeki olumsuz etkileri önlenecektir. Üst yarı kazısında alt bölümlere ayrılmış enkesit ve geçici ring yapıları gerekli olabilir. Üst yarı kazısı aynasından 25-50 metre geride taban kemerinin ring kapaması gerekebilecektir. Destekleme sistemi projelerde detaylı olarak gösterilecektir.

C4 Destek Sınıfı : “Akıcı” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Çok az kohezyon ve sürtünme, kaya kütlelerinin az plastik davranışı kısa süre desteksiz bırakılan bölünmüş kazıda bile tünel içine malzeme akışına sebep olur. Düşük kohezyon kazıda birçok alt bölünmeyi gerektirmektedir. Önceden süren montajı yapılmadan veya süren ve kazı ile birlikte püskürtme betonu kaplaması yapılmadan zeminin kendini tutma süresi yoktur. Su sızıntıları ve konsantre su akışlarının açığa çıkan zeminin davranış ve özelliklerinde önemli etkisi olabilecektir. Bu nedenle kayanın ortamının dayanımını iyileştirici önlemlerin alınması düşünülebilir. Aynada stabilite

problemlerini önlemek için yan galeriler şeklinde bir alt bölünme gerekecektir. İlâveten üstyarı kazısı aynaları destekleme gövdeleri gereklidir. Önden yapılan desteklemeler veya özel destekleme önlemleri ile tünel aynasının destek etkisi sayesinde sınırlı kazı yapılmasına olanak verilmesi mümkündür. İlerleme adımı uzunluğu üstyarı kazısında 1.5 m altyarıda ise 2.0 m'den fazla olmayacaktır. Kazı tünel ekskavatörü ile yapılacaktır. Kazı ile birlikte püskürtme beton kaplaması gerekmektedir.

Tünel desteklemesi, üstyarıda ve altyarıda her bir ilerleme adımında tamamlanmalıdır. Süren boru veya çelik levha süren tabiki, tavan kesiminin büyük kısmında gerekecektir. Kazı aynasında, püskürtme beton, hasır çelik, kaya bulonu, drenaj elemanlarından oluşan destekleme sisteminin, kazı sırasında veya hemen sonrasında kullanılması gerekebilecektir. Alt bölümlere ayrılmış kesitin kazısı ile birlikte püskürtme beton kaplaması yapılması gerekli olacaktır. Süren uygulanması zorunludur. Üst yarı kazısının alt bölümlere ayrılmış kesimlerinde geçici ring kapama gerekebilir. Taban kemerinde ring kapaması, üstyarı kazı aynası gerisinde 25 ile 50 metre arasındaki kısa mesafelerde gerekli olabilir. Destekleme sistemi projelerde detaylı olarak gösterilecektir.

C5 Destek Sınıfı : “Çok kohezyonlu, kısa süreli stabil” kaya kütlesi olarak adlandırılır. Şişme potansiyelli kil minerali, tuz, anhidrit içeren kaya kütlelerinde su alımıyla meydana gelen hacim artışı sebebiyle gevşemeler olur. Kemer ve aynada serbest açıklıkların sınırlandırılmasıyla kaya kütlesi sınırlı bir sürede stabil kalabilir. Sızıntı ve konsantre su akışının, kazılan zeminin davranışı ve özelliklerinde büyük etkisi vardır. Şişme başlatılmış olabilir.

Üst yarı, alt yarı ve taban kazısı olarak bölünmesi zorunludur. Pek çok halde üst yarı kazısı aynası için bir destekleme gövdesi gerekecektir. İlerleme adımı uzunlukları üst yarı kazısında 1.5 metreyi, alt yarı kazısında 3.0 metreyi geçmeyecektir. Kazı tünel ekskavatörü ile yapılabilir. Büyük kayaların veya mevzii olarak sert kaya kısımlarının kazısında patlatma gerekebilir.

Tünel desteklemesi, üstyarıda ve altyarıda her ilerleme adımında tamamlanmalıdır. Süren boru veya çelik levha süren uygulaması, tavan kesiminin büyük kısmında gerekecektir. Alt bölümlere ayrılmış kesitin kazısı ile birlikte püskürtme beton kaplaması yapılması gerekli olacaktır. Geoteknik ihtiyaçlara uygun olarak üstyarı aynasından 25 metreden daha geride olmamak üzere taban kemeri gereklidir. Destekleme sistemi projelerde detaylı olarak gösterilecektir.

Tünel güzergahı üzerinde yapılan sondajlar ve sondaj numuneleri üzerinde yerinde ve laboratuvarında yapılan testler sonucunda elde edilen verilerin ışığında ÖNORM B 2203'e göre tünel yukarıda tanımlı yapılan çeşitli kaya sınıflarına ayrılır. Her bir kaya sınıfı için kazı sistemi birincil destekleme elemanlarının (püskürtme beton, çelik hasır, çelik iksa, süren, bulon vb.) ve ikincil destekleme elemanlarının (kaplama betonu) tasarımı gerçekleştirilecektir.

Tüneli boyunca tünel yapımı sırasında karşılaşılabilecek kaya/zemini tünelin kazı ve desteklemesine yönelik olarak sınıflandırılması ve kazı/destek tip projelerinin hazırlanmasında aşağıdaki sıra izlenecektir.

- 1) Jeolojik-jeoteknik raporda farklı kaya sınıflarına göre tanımlanmış kaya/zeminin dayanım ve fiziki parametrelerini, kullanılacak destek tiplerini (püskürtme beton, çelik iksa, bulon vb.) malzeme parametrelerini, kazı geometrisi ve kazıdan etkilenecek kazı çevresi, örtü yükü gibi temel bilgileri esas alan her bir kaya sınıfı için ayrı hesaplama modeli oluşturulacaktır.

- 2) Tünel desteklerinin ve kazı aşamalarının projelendirilmesi nümerik (Finite Elements, Finite Difference, Boundary Elements) (sonlu elemanlar, sonlu farklar, sınır elemanlar) ve *analitik hesaplamalarla (Hoek and Brown)* kesinlik kazanacaktır. Bu hesaplamalarda tünel yapımı sırasında kaya sınıfına bağlı olarak gerektiğinde desteksiz, destekli kazı aşamaları, tünelin geometrisi ve farklı malzeme kompozisyonları (bulon, püskürtme betonu vb.) modellenmelidir. Hesaplamalarda aşağıdaki koşullar gözönünde bulundurulmalıdır.
- i- *İlkel gerilmeler durumu (tünel kazısı yapılacak ortamın, kazı öncesinde kendi ağırlığından oluşan gerilmelerin verilmesi)*
 - ii- Kazı sonu hali (kazı sonrası desteklenmeden önceki durum veya aşamalı kazı durumunda bir önceki aşamada kazının yapılmış ve desteklenmiş durumu gözönüne alınarak her kazı aşaması için)
 - iii- Birincil destekleme sonu hali (Tünel kesiti boyunca tüm desteklerin yapıldığı son durum için)
 - iv- Kazı destekleme aşamaları ile birlikte iki tünel tüpü için yürütülecek kazı ve desteklemenin etkileşimi gözönünde bulundurulacaktır. Tünel tüplerinde sürdürülecek kazının aynı düzlemde ve boyuna yönde birbiriyle olan etkileşimi hesaplamalarda incelenmelidir.
 - v- İnşaat sonu hali (Kaplama betonunun yapıldığı ve varsa yeraltı suyunun etkisinin gözönüne alındığı son durum)
 - vi- *Kaplama betonu, 30 cm.'den küçük olmayacak şekilde geçirimsiz betondan oluşacak ve aksi gerekmedikçe (yeraltı suyu, tünel üzeri sıg örtü kalınlığı, olası heyelan bölgesi, yumuşak zemin, şehir içinde yapılaşmanın olduğu bölgeler gibi etkenlerden dolayı daha farklı yaklaşımlar gerekebilir) kesit alanının en az % 0.15'i kadar donatı içerecektir. Donatı kesite göre simetrik yerleştirilecektir. Örnek verilecek olur ise ; kaplamanın 40 cm, paspayının 5 cm olduğu bir kesitte kesitin her iki yüzüne $35 \times 100 \times 0.15 / 100 = 5.25 \text{ cm}^2$ donatı yerleştirilmesi gerekecektir. Minimum donatı, donatıda çatlak oluşumunun yarattığı gerilmeleri sınırlamaya ve çatlak genişliğinin azalmasına yardımcı olur (çatlak genişliği 0.2 mm.den büyük olmamalıdır). Kaplama betonunda basınç bölgesi 15 cm.den daha küçük olmamalıdır. Ayrıca kaplama betonu arkasındaki kontak enjeksiyonu basıncı ve yapım sırasında kalıbın alınması için gerekli minimum dayanım hesaplanmalıdır.*
 - vii- Hesap raporları, gerekli olan bütün hesap kriterlerini, hesapları ve tasarımda kullanılan değerleri gösteren program çıktılarını içermelidir.
- 3) Hesaplamalar sonucu ortaya çıkan kazı ve destekleme sistemine (bulon patemi, uzunluğu, püskürtme beton kalınlığı vb.) göre tip destekleme projeleri ile tip kazı ve destekleme sırasını gösteren projeler hazırlanacaktır.
- 4) *İki tüp arasındaki yaya ve araç geçişlerinin bulunduğu kesimlerle ilgili olarak yukarıda belirtilen hesaplamalar yapılacak ve kaya/zemin koşullarının uygun bulunduğu kesimlerin seçilmesine dikkat edilecektir. Bu tür geçişler için tip destekleme ve kazı projeleri verilecektir.*
- 5) *Tünellerde su taşıyıcı zemin/kaya tabakalarıyla karşılaşılması beklenen kesimler için özel kazı ve destekleme projeleri hazırlanmalıdır.*
- 6) *Tünelde yapım çalışmalarında kullanılacak kazı yöntemi ve ekipmanı her kaya sınıfı için belirlenecektir. Yine patlatmalı kazı önerilen kaya sınıfları için patlatma paterni projelendirilecektir.*

- 7) Yapım sırasında projelendirmede gözönüne alınan deformasyon, oturmalar, gerilme artışlarının kontrol edilebilmesi için geoteknik ölçüm programı ve tipik ölçüm kesitleri proje aşamasında hazırlanacaktır. Tipik ölçüm kesitleri, kaya sınıflarına bağlı olarak gereken sayıda ve noktada ölçüm işlemlerini belirtecek gerekli detaylar verilecektir. Herbir kaya sınıfı için yapılan kazı ve destekleme projesi sonucunda belirlenen deformasyon miktarları, yapım ve kaçınılmaz kazı toleransları tünel kazı geometrilerindeki değişiklikleri içerecek şekilde tablo halinde ayrı bir paftada gösterilecektir.

2.2.2. Portal Kesimlerinin Projelendirilmesi

Tünellerin portal kesimlerinin projelendirilmesi ; alın (ayna) ve yan portal şevlerinin tasarımı ve tünellerin düşük örtü kalınlığı altında yer alan portal kazı bölümlerinde tünel kazısına emniyetli bir şekilde başlamak için uygun kazı koşullarının yaratılması ile ilgili tasarım çalışmalarını kapsayacaktır. Aşağıda sırasıyla verilen çalışmalar yapılacak ve raporlar hazırlanacaktır.

- 1) Tünel portal tasarımının yapılabilmesi için, portal bölgelerinde tasarımın önünü açacak gerekli araştırma çalışmaları yapılmış olmalıdır. Bu çalışmalardan elde edilecek mühendislik parametreleri ile alın ve yan portal şevlerinin stabilite analizleri ve tasarımı yapılacaktır.

Bu amaçla portal kesimlerine özel jeolojik-jeoteknik rapor hazırlanacaktır. Bu rapor yapılan tüm portal araştırma çalışmalarını gösteren plan ve veri paketini kapsayacaktır. Bu raporlarda alın ve yan şevlerinin jeolojik-jeoteknik yapılarını gösteren plan, profil ve enkesitler yer alacaktır. Raporda yeralan jeolojik ve jeoteknik araştırma çalışmaları değerlendirilecek, şev stabilite hesaplamalarına ilişkin zemin/kaya parametreleri ve diğer öngörüler (kinematik analiz sonuçları vb.) verilecektir. Raporlarda ayrıca şev tasarımında gözönüne alınan tüm veriler (zemin/kaya dayanım parametreleri, şev yüksekliği, yükleme koşulları vb.) ile şevlerin geometrisini belirlemek için yapılacak tüm analizler (düzlemsel, dairesel ve kama tipi kayma vb. stabilite analizleri) verilecektir. *Portal bölümlerinde tünel kazısının başlatılacağı kesimde stabil kaya koşullarının varlığı, stabil kaya kalınlığı, şaşırtmalı giriş koşulları ve alınması gerekli tedbirler özel olarak değerlendirilerek portal şevlerinin tasarımı alternatifli çalışılacaktır.* Şevlerin desteklenmesi gerekliliği durumunda destekleme hesapları (püskürtme betonu, ankraj, kazıklı duvar vb.) detaylı bir şekilde bu raporda yer alacaktır. Şevlerin tasarımı kısa ve uzun dönem statik durum ve sismik durum için yapılacaktır. *Güvenlik katsayıları uzun dönem statik durumda pik parametreler için 1.5, reziduel parametreler için 1.3, kısa dönem stabilitede pik değerler için 1.3, deprem durumunda 1.1 olarak gözönüne alınacaktır.*

- 2) *Tünellerin portal kesimlerinde trafik emniyeti için portal yapıları projelendirilecektir. Portal yapılarının tasarımında bu bölgelerin genel topoğrafik durumu, şevlerin konumu ve çevresel faktörler (şehir içi, şehir dışı vb.) gözönüne alınmalıdır. Portal yapılarının statik ve betonarme hesapları ile gerekli çizimler verilecektir.*
- 3) Tünellerin portal bölümlerinde aç-kapa ve fülüt yapısı gibi portal yapılarının gerekmesi halinde bu yapılar ile ilgili hesaplamaları aynı rapor kapsamında verilecektir. Yapıların hesapları farklı yük durumları (ölü yük, hareketli yük, deprem yükü ve toprak basınçları) için yapılacaktır.
- 4) Portal bölümlerinde tünel kazısına başlamak için oluşturulan ilk tünel aynasında alınacak destekleme önlemleri yukarıda belirtilen çalışmaların sonucuna göre tasarlanacaktır. Bu bölümlerde yapım sırasındaki güvenliği sağlamak için geçici koruyucu kemer (kanopi) yapıları projelendirilecektir.

Portal projeleri kapsamında;

- portal kazıları plan, enkesit, boykesit ve görünüşleri,

- portal ayna ve yan şevlerinin destekleme detayları,
- portal yapılarının enkesit, kalıp ve donatı detayları,
- kanopi yapısına ait detayları ve
- portal bölgesinin özelliklerinden kaynaklanabilecek başka yapılara ait detayları

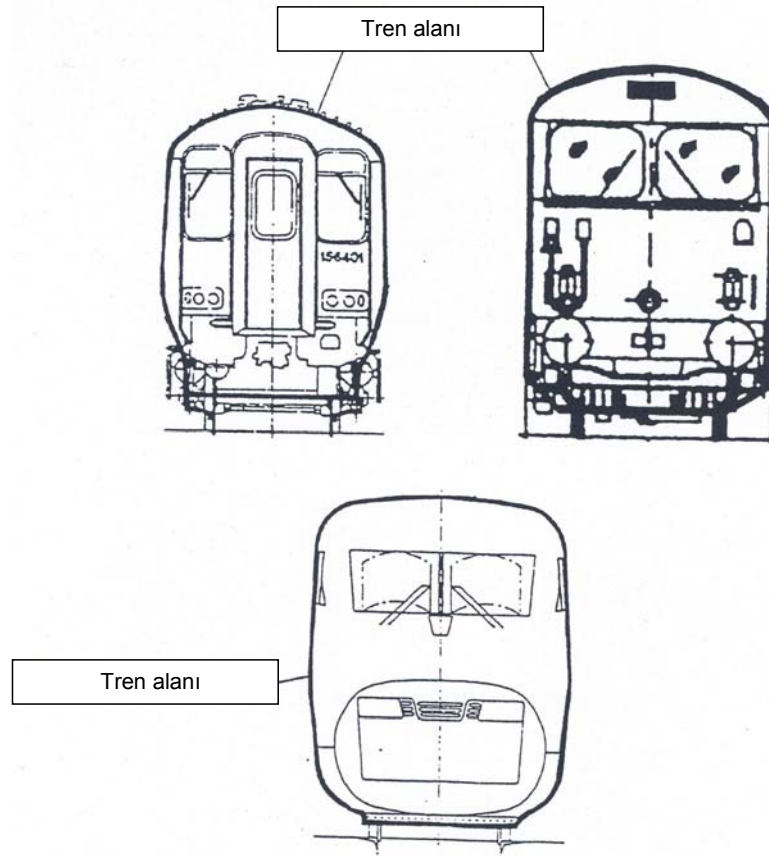
gösteren paftalar hazırlanacaktır

2.2.3. Tünel Serbest Alan Hesabı

Yeni yapılacak tünellerin minimum kesit alanı, basınca karşı koruması olmayan trenlerin, herhangi bir basınç emen havalandırma shaftı, yuvası veya birleşim içermeyen tünel içinden geçerken yarattıkları geçici basınçlardan dolayı tren içindeki yolcuların konforunun bozulmamasını sağlamalıdır. Bu durumda oluşacak basınçlar sınırlandırılmış olacaktır.

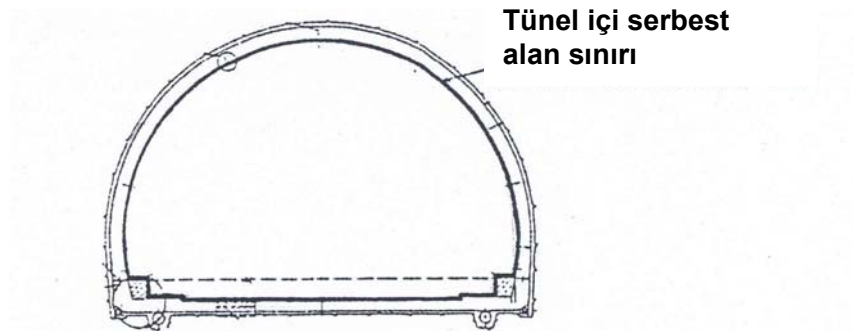
Tünel içi serbest alan hesabı "International Union of Railways-UIC Code / 779 -11 : Determination of railway tunnel cross-sectional areas on the basis of aerodynamic considerations - Aerodinamik etkilere göre demiryolu kesit alanının belirlenmesi" adlı kitapta verilen yöntemler baz alınarak yapılmaktadır. Hesapta kullanılan girdiler aşağıda verilmiştir :

1. Tünel içinde izin verilen maksimum hız
2. Tünel boyu
3. Tren boyu
4. Tren alanı : Tren alanı 10-12 m² arasında değişmektedir. Tren alanı, tren kesiti alındığında treni sınırlayan dış çizgilerin arasında kalan alan olarak tanımlanabilir. Bu tanım aşağıdaki çizimlerde gösterilmiştir :



Çizim 2.1. Tren Alanı

5. İzin verilen maksimum basınç değişimi : Trenin, tünel içinde izin verilen maksimum hızda giderken yaratacağı maksimum basınç değişiminin (pozitif ve negatif basınçların farkı olarak tanımlanır) 10 kPa değerini aşmaması gerekir. Bu değer, 12.09.2002 tarihli Avrupa Birliği Resmi Gazetesi'nde "23.06.1996 tarihli Avrupa ülkeleri arası hızlı tren ağı işletmesi konsey yönergesine" atıfta bulunan 30.05.2002 tarihli konsey kararları içinde verilmiştir.
6. Tünel içi serbest alan : Tanımı aşağıdaki çizimde verilmiştir



Çizim 2.2. Tünel içi Serbest Alan Sınırı

7. B : Tren alanı ile tünel içi serbest alan arasındaki orandır. Tünel içinde izin verilen maksimum hız ile "İzin verilen maksimum basınç değişimi" arasındaki ilişkiyi gösteren grafiklerden bulunur. Grafikler UIC Code / 779 -11'in arkasında verilmektedir.

8. Tünel içi trafik tipi

Tren kesit alanını bulmak için UIC Code / 779 -11'in arkasında verilen grafiklerden uygun trafik tipine, araç cinsine ve tünel içinde izin verilen maksimum hıza uygun olan grafik seçildikten sonra (Tünel boyu)/(Tren boyu) oranı ile tünel içinde izin verilen maksimum basınç değişimi'nin grafik üzerinde kesiştiği noktaya göre "B : Tren alanı ile tünel içi serbest alan arasındaki oran" bulunur. Bu değer hesaplandıktan sonra tünel içinde kullanılacak olan trenin kesit alanı, bu değere bölünerek "tünel içi serbest alan" hesaplanmış olur. Eğer (Tünel boyu)/(Tren boyu) oranı grafiklerde belirtilen değerlerin dışına çıkıyor ise kimi özel bilgisayar programları ile tünel içi serbest alanın hesaplanması gerekir.

2.2.4. Tünel Tasarımında Güvenlik

2.2.4.1. Genel

Demiryolu tünellerinde alınması gereken güvenlik önlemleri öncelik sırasına göre aşağıda verilmiştir:

- Kazaların önlenmesi
- Kaza sonucu ortaya çıkan zararların azaltılması
- Kaçışın kolaylaştırılması
- Kurtarmanın kolaylaştırılması

Aşağıdaki bölümlerde belirtilen güvenlik önlemleri 1000 metreden kısa tünellerden başlayıp, 15 kilometre uzunluğundaki tünellere kadar uygulanabilir. Ancak 15 kilometreden uzun tüneller için özel güvenlik önlemlerinin alınması gerekebilir.

Alınması gereken bütün güvenlik önlemleri "UIC 779-9 / Demiryolları Tünellerinde Güvenlik" ve Birleşmiş Milletler'in Ekonomik ve Sosyal Konseyi'ne bağlı Avrupa Ekonomik Konseyi Ulaştırma Komitesi'nin 1 Aralık 2003 tarihli "TRANS/AC.9/9" no.lu yayınında kapsamlı olarak açıklanmaktadır.

2.2.4.2.Yeni Tüneller

Aşağıda maddeler halinde verilen güvenlik önlemleri yeni yapılacak olan tünellerde alınması gereken minimum önlemleri tanımlamaktadır :

1. Hız kontrol,izleme ve sinyalizasyon sistemi
2. Tünellerin periyodik olarak kontrol edilmesi
3. Yangından korunma önlemleri
4. Raydan çıkma kontrol önlemleri
5. Yapıların yangından korunma gereksinimleri
6. Tren radyosu
7. Acil durum freninin iptali ve hareketin devamının sağlanması
8. Trenin tünel dışına çıkarılması
9. Tünel içinde bir olay halinde, tünele başka trenlerin girmesinin engellenmesi ve içerideki trenlerin kontrollü olarak dışarı çıkarılması
10. Acil kaçış yürüme yolları
11. Tünellerde duvarlara uygun yükseklikte tutamakların yerleştirilmesi
12. Tünel işaretlemeleri
13. Tünel acil durum aydınlatması
14. Demiryolu personelinin eğitimi
15. Yangınla mücadele ve kurtarma hizmetleri için su temini

16. Kurtarma hizmetleri için radyo sisteminin kurulması
17. Elektrik sisteminin güvenilirliği
18. Acil durum ve kurtarma planları
19. Kurtarma hizmetleri için tatbikatlar
20. Tehlikeli madde taşınması ile ilgili bilgilendirme

Yukarıda listelenen minimum güvenlik önlemlerinden birinin gerçekleştirilememesine, sadece başka önlemlerin bir kombinasyonunun alınması durumunda tünel içinde istenilen güvenlik seviyesine ulaşılabilir ise izin verilebilir.

2.2.4.3.Mevcut Tüneller

Yeni yapılacak olan tünellerde uyulması gerekli görülen güvenlik önlemlerinin hepsinin mevcut tünellere de uygulanmasının istenmesi makul ve uygun olmayabilir. Bu nedenle mevcut tünellerin bakımı sırasında, bu güvenlik önlemlerinin ne kadarı yapılabiliyorsa, bunlara uygun işlemler gerçekleştirilmelidir. Yapısal veya imalat özellikleri bakımından bir değişikliğin gerekmediği mevcut tünellerde, yenileme ve büyük yapısal değişikliklere bakmaksızın, eğer yapılması mümkünse mevcut tüneller için altyapı ile ilgili aşağıda sıralanan önlemler alınmalıdır:

1. Hız kontrol, izleme ve sinyalizasyon sistemi
2. Tünele girmeden önce tren durumunun izlenmesi
3. Tünellerin periyodik olarak kontrol edilmesi
4. Tünel işaretlemeleri
5. Tünel acil durum aydınlatması
6. Çekme akımının kesilmesi ve topraklanması
7. Kurtarma ekipmanlarının sağlanması

Mevcut tünellerde, yukarıda veya bahsi geçen yayınlarda belirtilen güvenlik önlemleri alınacağı zaman, yapısal herhangi bir değişikliğe gidilmesine gerek duyulmaması açısından, önceliğin araçlar ile işletme konusunda alınması gereken önlemlere verilmesi önerilir.

2.2.5. Tünellerin Deprem Tasarımı

2.2.5.1 Genel

Tüm tünel tipi uzun yeraltı yapıların ve yeraltında tamamen gömülü olarak bulunan binaların (metro istasyonu gibi) deprem davranış analizleri ve depreme karşı tasarımları bu kapsamda yapılacaktır.

Genel esaslar kapsamı içerisinde yer almayan konular için “Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” hükümlerinden faydalanılabilir.

2.2.5.2. Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi

2.2.5.2.1. Yapı Önem Derecesi

İdare (mal sahibi) tarafından yeraltı yapısının önem derecesi belirlenmelidir.

Ö1 - Önemli Yeraltı Yapıları

Ö2 – Normal (Ordinary) Yeraltı Yapıları

2.2.5.2.2. Deprem Yer Hareketi

S1- Tasarım Esaslı Deprem Yer Hareketi: Mühendislik taban kayası mostrasında 50 yıl içerisinde %10 aşılma olasılığı ile meydana gelecek yatay deprem yer hareketinin %5 sönümlü davranış spektrumu veya zaman tanım alanında belirlenmiş üç adet ivme verisi.

S2- Tasarım Esaslı Deprem Yer Hareketi: Mühendislik taban kayası mostrasında 50 yıl içerisinde %2 aşılma olasılığı ile meydana gelecek yatay deprem yer hareketinin %5 sönümlü davranış spektrumu veya zaman tanım alanında belirlenmiş üç adet ivme verisi.

Ana fay hattına 20km den daha yakın konumlarda fay yırtılmasından kaynaklanacak direktivite etkileri özel etüdler yardımı ile göz önüne alınmalıdır.

2.2.5.2.3 Deprem Davranış Kriterleri

Yeraltı yapılarında kullanılan güncel deprem tasarımı metodları iki aşamalı bir depremde beklenecek davranış seviyelerine göre uygulanmalıdır.

Ö1 tipi yapılar S1 depreminin etkisi altında serviste kalacak, S2 depreminin etkisi altında ise oluşabilecek hasar tamir edilebilir düzeyde olacak ve can kaybına yol açmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Ö2 tipi yapılar S1 depreminin etkisi altında oluşabilecek hasar tamir edilebilir düzeyde olacak ve can kaybına yol açmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

<u>Deprem Seviyesi</u>	<u>Normal Yapı (Ö2)</u>		<u>Önemli Yapı (Ö1)</u>	
	<u>Servis</u>	<u>Hasar</u>	<u>Servis</u>	<u>Hasar</u>
S1	Sınırlı	Tamir Edilebilir	Devamlı	Minimum
S2	-	-	Sınırlı	Tamir Edilebilir

Serviste kalma davranış kriterinin sağlanması için yeraltı yapısında meydana gelecek gerilmelerin elastik-doğrusal davranış sınırları içinde kalmaları ve izin verilen maksimum deplasmanların ver birim şekil değiştirmelerin aşılmaması gerekmektedir. Bu kapsamda yeraltındaki bina tipi yapılarda relatif kat deplasmanı oranının %0.5 değerinin altında kalması önerilir.

Tamir edilebilir hasarlar kapsamında sınırlı çatlamlar ve dikdörtgen kesitli yapılar için köşelerde ve diğer birleşim noktalarında sınırlı plastik dönmeler kabul edilebilir. Ancak plastik deformasyon gösterecek bu noktaların can emniyetini sağlayacak şekilde özel tasarımları gereklidir.

2.2.5.3. Genel Deprem Tasarımı Yaklaşım

Yeraltı yapılarının deprem etkilerine karşı koyabilecek şekilde projelendirilmeleri ve inşaları için aşağıdaki ana hususların sağlanması gerekmektedir.

Yapı içerisinde ve çevresinde can emniyeti sağlanmalıdır

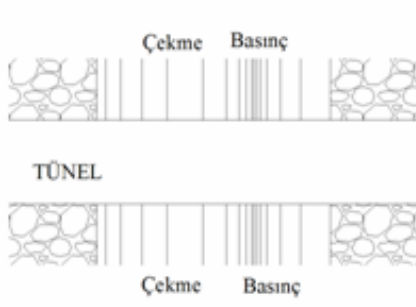
İdare tarafından belirlenecek ölçüde yapının işlevi devam etmelidir

Yapı deprem sonrasında sadece yapısal bütünlüğü bozulmayacak şekilde hasar görebilmeli; makul bir süre ve harcama ile eski durumuna getirilebilmelidir

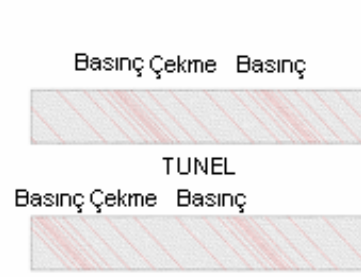
Yeraltı yapılarına etkiyen yükler; toprak ve su basıncı, zati yükler, sürşarj yükleri, hareketli yükler, deprem yükleri ve araç yükleridir (yapı içinden geçen araçlarla ilgili yükler).

Deprem sırasında tünel gibi uzun yeraltı yapıları boyuna yönde çekme, basınç ve eğilmeden kaynaklanan deformasyonlara maruz kalırlar (Çizim 2.3). Boyuna yöndeki deformasyonlar aynı yönde yayılan deprem dalgalarının yayılım etkisinden ve özellikle değişik zemin ortamlarından geçerken meydana gelen asenkron (eş-zamansız) etkilerden kaynaklanır. Enine yönde ise kesitte, özellikle düşey yönde yayılan SH dalgalarından kaynaklandığı kabul edilen, enkesit deformasyonları (dairesel kesitte ovalleşme ve dikdörtgen kesitte ise yamulmalar) meydana gelir (Çizim 2.3).

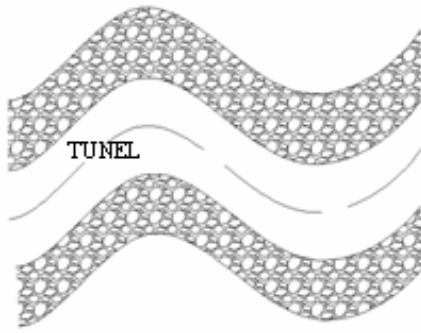
Yeraltı yapıları içinde bulundukları zemin ortamında bir deprem sırasında veya başka nedenle meydana gelen deplasmanlara uymaya çalışırlar. Bu kapsamda, yer altı yapıları üzerindeki deprem etkileri, yapıların çevrel zemin ortamı ile birlikte hareket ettiği kabulüne dayalı olarak, serbest (içinde yeraltı yapısı bulunmayan) zemin ortamında oluşacak deprem deformasyonlarının yapıya tatbik edilmesi ile belirlenmelidir. Yeraltı yapılarının tasarımı ise deprem dışı diğer etkilerle beraber bu serbest zemin deformasyonlarının emniyetle taşınmasının sağlanmasına göre yapılmalıdır. Ancak, özellikle yumuşak zemin ortamlarında yer alan tünellerin deprem davranışlarında yapı-zemin etkileşimi önemli rol oynar ve deprem tasarımlarında göz önüne alınmalıdır.



(a) Boyuna Deprem Dalgaları



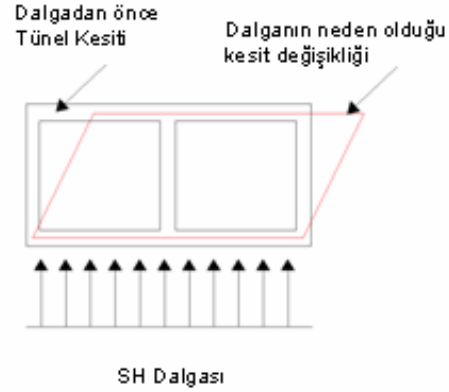
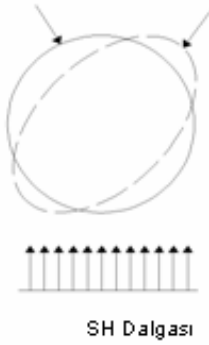
(b) Açılmal Deprem Dalgaları



(c) Boyuna Deprem Dalgalarından Dolayı Eğilme



Dalgadan önce Tünel Kesiti Dalganın neden olduğu kesit değişikliği



Çizim 2.3. Tünel Deformasyonları

Yeraltı yapılarının tasarımında zeminde oluşabilecek dayanım kayıpları gözönüne alınmalıdır. Yeraltı yapılarının sismik stabilitesi genellikle içinde oturduğu zemin tabakalarının deprem sırasında göstereceği davranışa bağlıdır. Zemin içerisinde zayıf zemin tabakaları olması durumunda zeminin kaymaya ve çökmeye karşı kararlılığı kontrol edilmelidir. Zayıf kumlu zeminlerde deprem sırasında sıvılaşma riski ve sıvılaşmadan dolayı zeminde çökmelerin oluşması riski vardır. Bu tür zeminlerde yeraltı yapısı inşaa edilmesi durumunda deprem sırasında zeminin sıvılaşmaya karşı yeterli ölçüde kararlı olduğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Zemin sıvılaşmaya karşı zemin sıkılaştırma metodu ya da başka etkili yöntemlerle

güçlendirilmelidir. Zeminin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi ve sıvılaşmaya karşı zemin güçlendirilmesinde uygulanacak yöntemler için “Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Zemin-Temel Etüdları ve Zemin İyileştirme İşleri Hakkında Yönetmelik Taslağı 2005” yararlanılabilir.

Tünellerin istasyonlara bağlandığı konumlarda boyuna deplasmanların, enine deplasmanlardan daha büyük olduğu görülmüştür. Yapısal süreklilik kabulüne dayalı tasarımda bu bağlantı konumlarında büyük kuvvet ve momentler oluşabileceği için, tünel ve istasyon yapıları arasında farklı hareketlere izin verebilecek bir esnek bölge oluşturulması hususu göz önünde bulundurulmalıdır.

Boyuna yönde basınç, çekme, eğilme, enine yönde ovalleşme vb. tip etkiler genellikle değişik zemin ortamlarından geçişlerde, tünel-istasyon birleşimlerinde yoğunlaşabilir. Bu gibi deprem etkilerinin yoğunlaşma gösterdiği konumlarda çoğu zaman esnek derzler oluşturulur. Aktif fay hatlarını kesen tüp tünellerde depremde büyük deformasyon ve süreksizliklerden kaynaklanan hasarlar görülebilir. Tüp tünel güzergahlarının aktif (veya aktif faylarla mekanik ilişkisi olan) fayları kesmeyecek şekilde seçilmesi esastır. Yeraltı yapılarının oturduğu ve çevresindeki zemin ortamında meydana gelecek oturma, sıvılaşma ve heyelan problemleri büyük deformasyonlara ve hasara yol açabilir. Oturma ve sıvılaşma olasılığı olan zeminlerde özel etüdlar ve iyileştirilme yapılması gereklidir.

2.2.5.4. Deprem Tasarımı

Yeraltı yapılarının deprem davranışlarını ve tasarımlarını belirleyen esas unsur yapının gömülü bulunduğu zemin ortamında oluşan deformasyonlar ve yapı zemin etkileşimidir. Gerek deprem davranışı analizi ve gerekse tasarımı için:

Deprem tehlikesinin ve tasarım esaslı deprem yer hareketlerinin belirlenmesi

Serbest saha (yeraltı yapısı göz önüne alınmadan) zemin davranışının (geçici titreşimler ve kalıcı deformasyonlar) belirlenmesi

Yeraltı yapısı deprem davranışının belirlenmesi gerekir.

Deprem etkisi altında yeraltı yapılarında boyuna yönde basınç, çekme, eğilme ve kesme, enine yönde ise kesitte ovalleşme veya yamulma etkileri meydana gelebilir. İç kuvvetlerin belirlenmesinde kullanılacak yük kombinasyonları için zati (ölü), hareketli, zemin ve su basıncı ve deprem yükleri göz önüne alınmalıdır. Zemin basıncının belirlenmesinde Mononobe-Okabe Metodu kullanılabilir.

Tünel gibi uzun yeraltı yapılarının deprem tasarımında boyuna ve enine analizler yapılmalıdır. Bina tipi yeraltı yapılarında enine analiz yeterlidir. Kalıcı iksalı derin kazı yöntemi ile yapılacak olan yeraltı yapılarında gömülü yapı ile zemin arasında (taban hariç) bir etkileşimin olmayacağı hususunun temin ve tesbiti durumunda, bu şartnamede belirlenmiş tasarım esaslı deprem yer hareketi ve ilgili performans kriterleri dışında, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik esas alınmalıdır. Serviste kalma kriterinin sağlanması için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R \leq 2$ olarak seçilmelidir. Açık kazı, kalıcı diyafram perde duvar ile yukarıdan aşağıya yapım yöntemine göre yapılan yer altı yapılarında zeminle yer altı yapısı arasında doğrudan etkileşim olduğu kabul edilmelidir.

Tasarım için yapısal taşıyıcı elemanların moment, normal kuvvet ve kesme kapasiteleri belirlenmelidir. Yapıya gelmesi tahmin edilen toplam deprem yükü, deprem dışı etkilerden kaynaklanan diğer yüklerle beraber yapıya uygulanacak ve yapılan doğrusal elastik analiz sonucunda yapısal elemanlarda kapasite aşımı olup olmadığı ilgili davranış kriterleri kapsamında kontrol edilmelidir.

$$\varepsilon = V / C \quad (1)$$

Burada

ε : Boyuna en büyük şekil değiştirme

V: En büyük yer hızı (m/s)

C: Ortamdaki ortalama kayma dalgası yayılma hızı (m/s)

Benzer kabuller kapsamında tünel ekseninde oluşacak minimum eğilme yarı çapı (r) aşağıdaki ifade ile verilir:

$$r = C^2 / A \quad (2)$$

Burada

r : minimum eğilme yarı çapı (m)

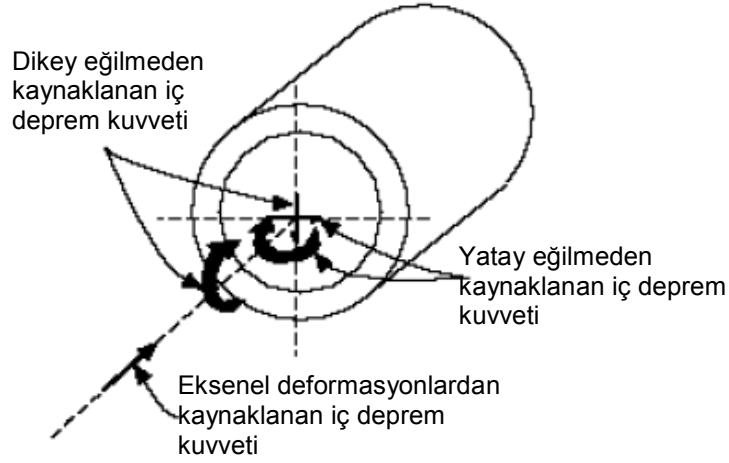
A: En büyük yer ivmesi (m/s^2)

C: Ortamdaki ortalama kayma dalgası yayılma hızı (m/s)

En büyük yer hızı, V (m/s), ve ivmesi, A (m/s^2), Bölüm 2.2. Deprem Tehlikesi Raporu 6. Bölümde verilen bilgiler dahilinde buluncaktır.

Daha rasyonel ve ayrıntılı birim yer değiştirme hesabı için bir tünel yapısında oluşacak en büyük boyuna birim şekil değiştirme ve eğilmeler harmonik deprem hareketinin genliği ve dalga boyu, zemin ortamındaki boyuna ve enine yöndeki elastik yatak katsayısı ve tünel yapısal parametrelerinin (kesit alanı, atalet momenti, esneklik modülü) bir fonksiyonu olarak verilebilir (Hashash et al. 2001). Bu birim yer değiştirmeye dayalı olarak bulunacak boyuna kuvvetler, tünel ve zemin arasındaki sürtünme kuvvetleriyle sınırlandırılır.

Belirlenen birim yer değiştirme ve eğriliklerin uygulandığı uzun yeraltı yapılarındaki (Tünel) gerilme ve iç kuvvetler elastisite teorisine dayalı olarak bulunabilir (**Çizim 2.5**). Eğilme deformasyonlarından kaynaklanan iç kuvvetler genellikle küçüktür. Eksenel deformasyonlardan ve eğilmeden kaynaklanan iç deprem kuvvetleri sırasıyla en büyük yer hızı ve ivmesinin arasındaki faz farkı ile oluştuğundan bu kuvvetlerin Toplam Karalerin Karakökü Yöntemi (Root Mean Square metodu) ile birleştirilmesi uygundur.

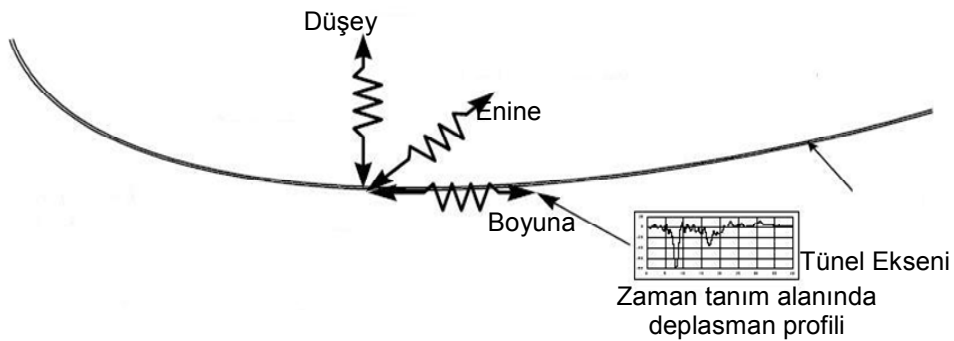


Çizim 2.5. İç deprem kuvvetleri

2.2.5.4.1.2. Yarı-dinamik Yöntem

Önemli tünellerin deprem davranışının boyuna analizlerinde aşağıda açıklanmış yarı-dinamik yöntem kullanılabilir. Bu yaklaşım zemin ortamındaki radyasyon ve atalet etkilerini ihmal eden yaklaşık bir dinamik etkileşim analizidir.

Zemin ortamının deprem davranışı tünel eksenini boyunca değişik noktalarda belirlenir. Bu incelemelerde ortamda tünelin bulunmadığı (serbest saha) kabul edilir. Eşdeğer doğrusal bir ve iki boyutlu analiz metodları kullanılarak serbest saha her üç yöndeki deplasman profili tünel eksenini boyunca zaman tanım alanında bulunur. Bu belirlemelerde dalga yayılımından kaynaklanan eşzamansızlık zahiri dalga yayılma hızı veya uyum (coherency) göz önüne alınarak değerlendirilir. Serbest zemin ortamı davranışının hesabında düşey SH-dalgası yayılımına dayalı eşdeğer doğrusal-olamayan yöntemlerin kullanılması uygundur. Bu hususta iki aşamalı tasarım esaslı deprem yer hareketi (S1 ve S2 seviyesi) olarak belirlenmiş üç adet deprem ivme verisi kullanılmalı ve en büyük tesirler göz önüne alınmalıdır.



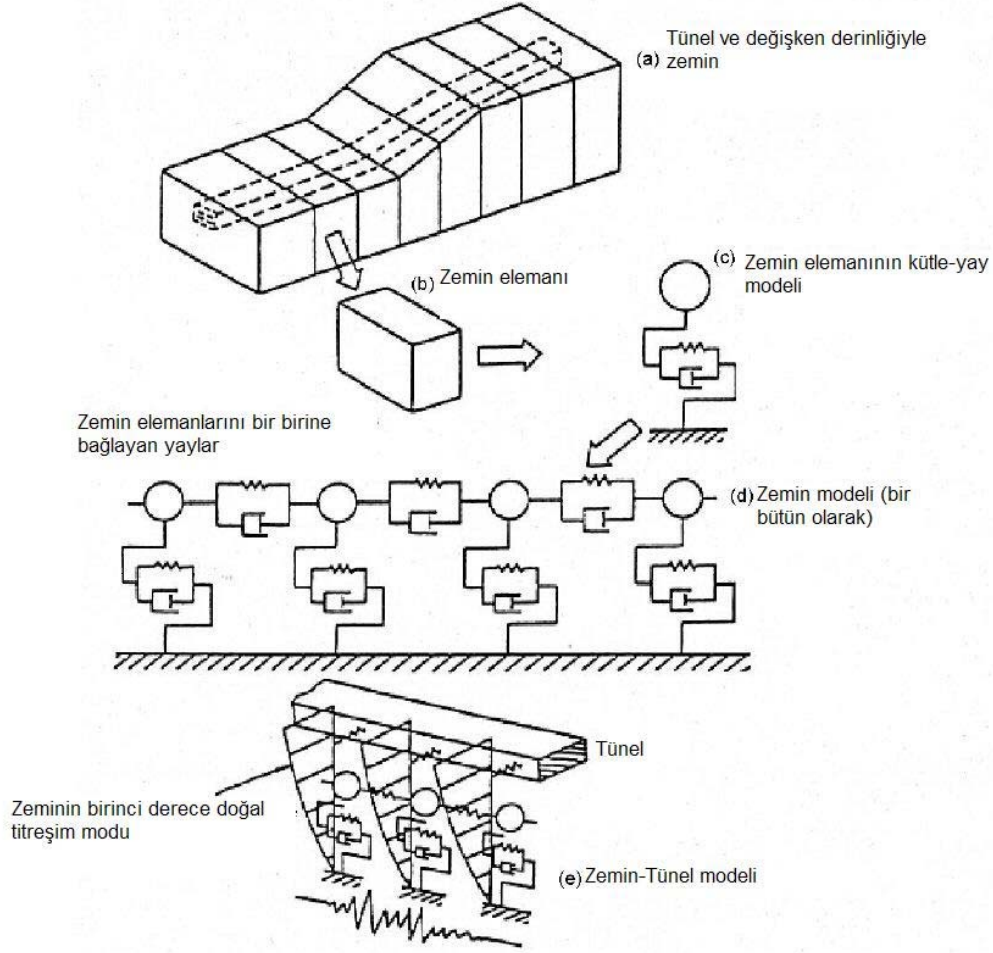
Çizim 2.6. Zemin ortamının üç boyutlu deprem davranışı

Tünelin toplanmış kütle ve yaylardan, zemin ortamının ise enine, boyuna ve düşey yaylara (zemin yatak katsayılarına dayalı) temsil edildiği bir yapı-zemin etkileşim modeli oluşturulur. Zemin ortamının modellendiği yaylar 1. adımda zemin deprem davranışının incelendiği modelde kullanılan eşdeğer doğrusal zemin rijitlik parametreleri ile uyumlu olmalıdır. Zeminin modellenmesinde kullanılan yaylarda oluşacak kuvvetlerin ilgili yönlerdeki zemin-tünel arasındaki sürtünme kuvvetleri tarafından sınırlanacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

1. adımda belirlenmiş olan zemin deplasmanları zaman tanım alanında zemin ortamını modelleyen yayların ucuna tatbik edilerek tünelin modellenmesinde kullanılan yaylardaki gerilmeler ve dolayısıyla tünel kesitindeki iç gerilmeler belirlenir.

Tünel gibi uzun yeraltı yapılarında deprem hareketinin yapının her yerine aynı zamanda aynı şekilde etki etmemesi durumu (Asenkronize yer hareketi) meydana gelmektedir.

Bu durum gerek deprem hareketindeki uyumsuzluktan (incoherency) gerekse deprem hareketindeki yayılım özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Yayılım etkilerinin göz önüne alınması için deprem dalgasının tünel eksenine üzerindeki iki ayrı noktaya ulaşması için gerekli geçikme süresinin hesabı gerekir. Gecikme süresi bu iki ayrı nokta arasındaki uzaklığın dalga zahiri yayılma hızına (yayılma hızının tünel eksenine üzerindeki projeksiyonu) bölünmesi ile elde edilir. S-dalgaları için zahiri yayılma hızının en küçük değeri mühendislik kayası için 2 km/s alınabilir.



Çizim 2.7. Yarı-dinamik analiz yöntemi

2.2.5.4.2 Enine Analiz

Tünel kesitlerinin enine (yanal) yöndeki analizleri ve düzlem-birim şekil değiştirme kabulü ile yeraltı istasyonu gibi gömülü yapıların yanal deprem davranış analizleri normal yeraltı yapıları (Ö2) için “Statik Deformasyon Analizi” ve önemli yeraltı yapıları (Ö1) için “Dinamik Deformasyon Analizi” yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilir.

2.2.5.4.2.1 Statik Deformasyon Analizi

Statik deformasyon analizi metodunun ana adımları aşağıda belirtilmiştir.

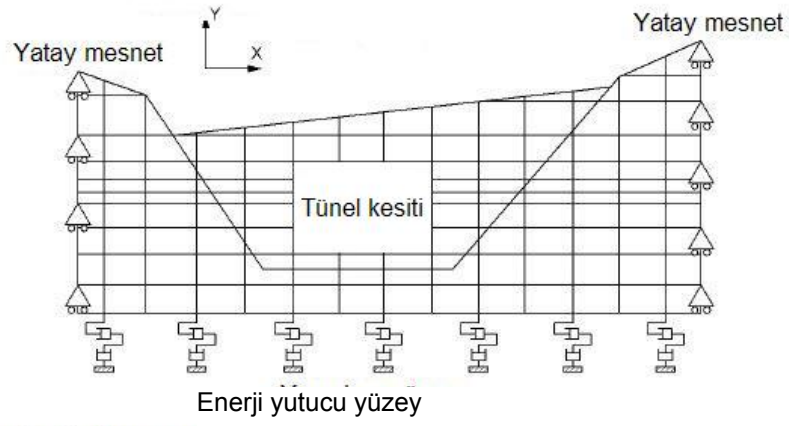
Zemin ortamının deprem davranışı ortamda tünelin olmadığı (serbest saha) kabul edilerek belirlenir. Eşdeğer doğrusal bir boyutlu analiz metodu kullanılabilir.

Serbest saha zemin kayma deformasyonlarının derinlikle değişimi (düşey profili) belirlenir. Bu maksatla düşey SH-dalgası yayılımına dayalı eşdeğer doğrusal-olamayan yöntemlerin kullanılması uygundur. İki aşamalı tasarım esaslı deprem yer hareketi (S1 ve S2 seviyesi) olarak belirlenmiş üç adet deprem ivmesi (kayıtları) kullanılmalı ve en büyük tesirler göz önüne alınmalıdır.

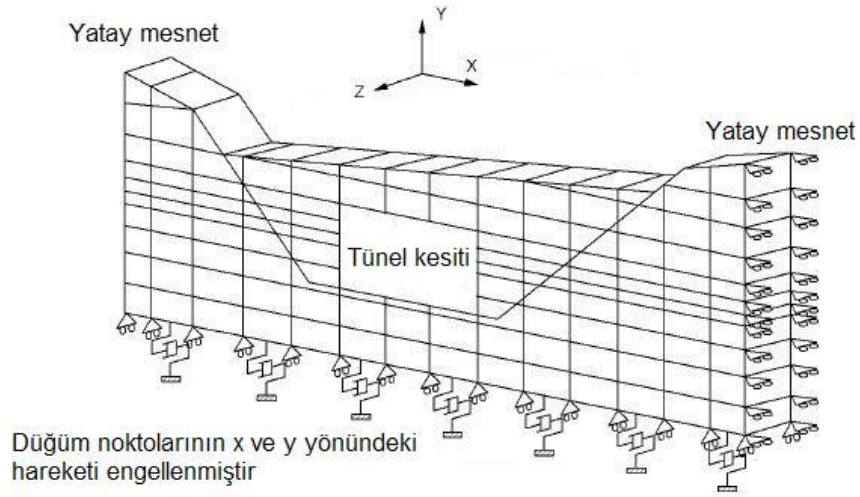
İçinde tünel (gömülü yapı) kesiti yer almayan (kazı öncesi) zemin ortamının düzlem-birim şekil değiştirme kabulü ile 2 boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulur (**Çizim 2.8**). Zemin ortamı modelinin fiziksel özellikleri 1. adımda zemin deprem davranışının incelendiği modelde kullanılan parametrelerle uyumlu olmalıdır.

3. adımdaki sonlu elemanlar modeli sınırlarına uygun deplasmanlar statik olarak uygulanarak 2. adımdaki kayma deformasyon modeli oluşturulur.

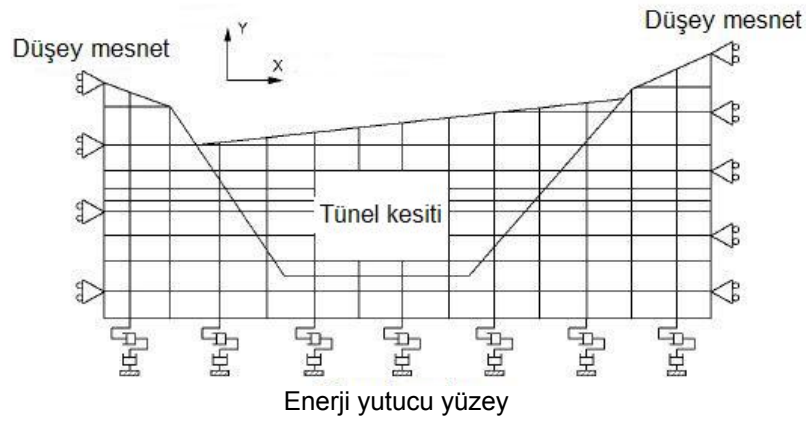
Zemin ortamı sonlu eleman modelinde kazılan zemin kısmı boşaltılarak yerine tünel kesitinin modeli yerleştirilir (3. Adım) ve model sınırlarına 4. adımda belirlenmiş deplasmanlar uygulanır. Tünel (gömülü yapı) kesitinde oluşan kuvvet ve momentler belirlenir.



(a) Boyuna Zemin Davranış Analizi



(b) Enine Zemin Davranış Analizi



(c) Düşey Zemin Davranış Analizi

Çizim 2.8. Zemin tünel ortamının iki boyutlu sonlu eleman modeli

2.2.5.4.2.2 Dinamik Deformasyon Analizi

Dinamik deformasyon analizi metodunun ana adımları aşağıda belirtilmiştir.

Tünel (gömülü yapı) kesiti ve etrafındaki zemin ortamının düzlem-birim şekil değiştirme kabulü ile 2 boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulur (Statik Deformasyon Analizi yönteminin 5. Adımı, Çizim 15). Zemin ortamı mühendislik taban kayasını içermeli ve sonlu eleman modelinin sınırlarında uygun (enerji yutucu) sınır elemanları kullanılmalıdır.

Dinamik deprem davranışının incelenmesi için tasarım esaslı deprem hareketi sonlu eleman modeline mühendislik kayası arabiriminde uygulanmalıdır. Bu maksatla İki aşamalı tasarım esaslı deprem yer hareketi (S1 ve S2 seviyesi) olarak belirlenmiş üç adet deprem ivme verisi kullanılmalı ve en büyük tesirler göz önüne alınmalıdır.

2.3. İstinat Yapıları

Bakınız Geoteknik Tasarım Esasları

2.4 Toprak İşleri

Bakınız Geoteknik Tasarım Esasları

2.5 Üstyapı Poz İşleri

2.5.1. Genel

Raylı sistem altyapısı traverslerin altında teşkil edilecek balast, alt balast, hazırlanmış taban katmanları ile temsil edilir. Öngörülen altyapı katmanlarının oturacağı taban; yarma ve hemzemin geçişlerde doğal zemin veya dolgu kesimlerinde dolgu malzemelerinden oluşur.

Ülkemizde demiryolları alt yapı tasarımı ile ilgili kapsamlı bir şartname bulunmamaktadır. Bu nedenle alt yapı tasarımında Avrupa Raylı Sistem Mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan “UIC - 719 R: Earthworks and Trackbed Layers for Railway Lines 1994 by International Union of Railways” şartnamesinin kullanılması önerilmektedir. UIC şartnamesinde dolgu malzemeleri 4 ayrı grupta verilmektedir:

- QS0 : çok zayıf, problemli, hiçbir amaca uygun olmayan zeminler
- QS1: göreceli olarak zayıf zeminler
- QS2 : ortalama özellikte zeminler
- QS3 : iyi zeminler

Bu zemin gruplarının özellikleri şartnamede tanımlandığı şekliyle Tablo-1 de verilmektedir.

Taban (subgrade) zemininin taşıma gücü esas olarak,

- Dolgu malzemesinin niteliği veya yarmalarda doğal zeminin özellikleri

- Hazırlanmış taban malzemesinin kalitesi ve kalınlığı (kullanılması halinde)

ile doğrudan ilintilidir. UIC şartnamesinde taşıma gücü dikkate alınarak hazırlanmış taban zemini üç ayrı gruba ayrılmıştır:

- P1: zayıf taban
P2: averaj taban
P3: iyi taban

Tablo 2.2. Zemin Kalite Sınıfları (UIC Code 719 R, 1994)

Zemin Türü (Jeoteknik Sınıflama)	Zemin Kalite Sınıfı
01 Organik zeminler 02 Yumuşak zeminler (I) (yüksek nem oranına sahip olup %15 den fazla ince malzeme içerir. Bu nedenle kompaksiyon için uygun değildir). 03 Tikotropik Zeminler (II) (örneğin akıcı kil) 04 Eriyebilir malzeme içeren zeminler (örneğin tuz ve jips) 05 Kirlenmiş zeminler (endüstriyel atıklar) 06 Karışık malzeme/organik zeminler (II)	QS0
1.1 %40 dan fazla ince malzeme içeren zeminler (I) (02 de tanımlanan zeminler hariç) 1.2 Ayrışmaya çok hassas kayaçlar <u>Örnek:</u> -Çok dağılgan ve $\gamma_d < 1.7 \text{ t/m}^3$ olan tebeşir -Marn -Ayrışmış şeyl	QS1
1.3 %15-40 arasında ince malzeme içeren zeminler (I) (02 de tanımlanan zeminler hariç) 1.2 Ayrışmaya orta derecede hassas kayaçlar <u>Örnek:</u> -Az dağılgan ve $\gamma_d < 1.7 \text{ t/m}^3$ olan tebeşir -Ayrışmamış şeyl 1.5 Yumuşak kaya <u>Örnek:</u> -Yaş Mikrodeval (MDE)>40 ve Los Angeles (LA)>40	QS1 (III)
2.1 %5-15 arasında ince malzeme içeren zeminler (I) 2.2 %5 den daha az ince malzeme içeren üniform zeminler ($C_u < 6$) 1.5 Orta derecede sert kaya <u>Örnek:</u> -(MDE)<25 ve Los Angeles (LA)<30	QS2 (IV)
3.1 %5 den daha az ince malzeme içeren iyi derecelenmiş zeminler (I) 3.2 Sert kaya <u>Örnek:</u> -(MDE)<25 ve Los Angeles (LA)<30	QS3

Notlar:

(I) Bu yüzdelere 60 mm elekten geçen malzeme üzerinde yapılan tane boyu dağılımı analizlerinden hesaplanmıştır. Burada gösterilen yüzdelere tam sayıya yuvarlanmıştır (uygulamalar bir demiryolundan diğerine az miktarda değişebilir); yeterli sayıda temsili numune alınması halinde bu yüzdelere %5 oranına kadar artış yapılabilir.

(II) Bazı demiryolları bu tür zeminleri QS1 kalite sınıfına dahil etmektedir.

(III) Hidrojeolojik ve hidrolojik koşulların iyi olması durumunda bu zeminler QS2 sınıfına dahil edilebilir.

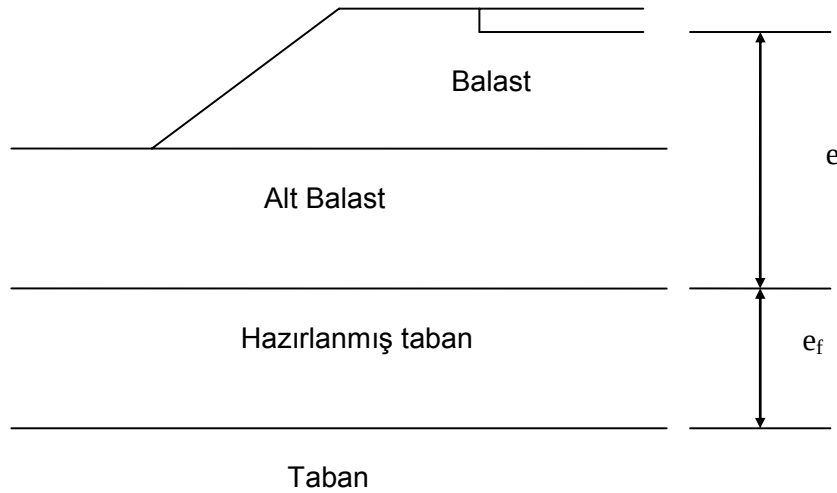
(IV) Hidrojeolojik ve hidrolojik koşulların iyi olması durumunda bu zeminler QS3 sınıfına dahil edilebilir.

2.5.2. Altyapı Tasarımı

Demiryollarında kullanılacak üstyapı kalınlıklarının belirlenmesi ile ilgili olarak Uluslararası Demiryolları Birliği tarafından hazırlanmış bulunan "UIC Code 719 R" dan yararlanılması öngörülmektedir. Aşağıda açıklanan parametrelerin birlikte değerlendirilmesi ile balast, alt-balast ve hazırlanmış taban kalınlıkları hesaplanmaktadır.

2.5.2.1 Balast – Alt Balast Minimum Kalınlık Hesabı

Altyapı tasarımının özünü oluşturan "balast" ve "alt-balast" kalınlıklarının (e) hesaplanmasında; taban zemininin taşıma gücü (E), UIC grupları (a), travers uzunluğu (b), çalışma koşulları ile birlikte UIC grupları (c), dingil yükü (d), tren hızı-taban taşıma gücü (f) ve jeotekstil (g) parametreleri dikkate alınmaktadır. Aşağıda UIC şartnamesinde yer alan balast- alt balast kalınlık hesabı verilmektedir.



Çizim 2.9. Raylı Sistem Altyapı Tabakaları

$$e = E + a + b + c + d + f + g$$

("e" metre)

*	E = 0.70 m	P1 : zayıf taban (1)
	E = 0.55 m	P2 : averaj taban (1)
	E = 0.45 m	P3 : iyi taban (1)
*	a = 0.00	UIC 1. ve 2. Grup veya hızı 160 km/saat'den büyük olan
	a = - 0,05 m	UIC 3. ve 4. Grup
	a = - 0,10 m	UIC 5, 6 ve 7, 8, 9 grupları "yolculu" (2)
	a = -0.15 m	UIC 7,8,9 grupları "yolcusuz" (2)
*	b = 0	ahşap travers L = 2.60 m
	b = (2.50 – L) / 2	beton travers (L, b m cinsinden)
		L > 2,50 m olursa b değeri negatif çıkacak
*	c = 0.00	normal boyutlar
	c = - 0,10 m	mevcut hatlarda ağır çalışma koşulları altında, Grup 7,8,9 (yolcusuz) dışındaki UIC grupları için
	c = - 0,15 m	mevcut hatlarda ağır çalışma koşulları altında, Grup 7,8,9 (yolcusuz)
*	d = 0.00	yüklü taşıt maksimum dingil yükü < 200 kN
	d = + 0,05	yüklü taşıt maksimum dingil yükü < 225 kN
	d = + 0,12	yüklü taşıt maksimum dingil yükü < 250 kN
*	f = 0	V ≤160 km / saat veya taban zemini P3 olan hızlı trenler
	f = + 0,05	Taban zemini P2 olan hızlı trenler
	f = +0,10	Taban zemini P1 olan hızlı trenler

*	$g = +$	Hazırlanmış taban malzemesi QS1 veya QS2 ise üstyapıda jeotekstil kullanılacaktır.
	$g = 0$	Hazırlanmış taban QS3 ise jeotekstil gerekmez

Notlar:

- (1) Taşıma gücü sınıfları **Tablo 2.1** de açıklanmaktadır.
- (2) UIC grupları UIC 714 (A.A.72) kitapçığında tanımlanmaktadır.

2.5.2.2. Hazırlanmış Taban Kalınlığının (ef) Belirlenmesi

UIC şartnamesinde tanımlanan taban sınıfları ile dolgu malzemesinden oluşan taban zemininin istenilen taşıma gücüne kavuşabilmesi için seçme malzeme tabakası ile desteklenmesi gereklidir. Bu bağlamda; taban zemin, seçme malzemenin niteliği ve taban zemin için istenen taşıma gücü sınıfı faktörlerinin birlikte değerlendirilmesi ile “hazırlanmış taban” nın minimum kalınlığı bulunmaktadır. Tasarım ile ilgili alternatif kombinasyonlar **Tablo 3** de verilmektedir.

Tablo 2.3. Taban taşıma gücünün tayini

Taban Zemin	Taban zemin için istenen taşıma gücü sınıfı	Hazırlanmış Taban Özelliği	
		Malzeme Sınıfı	Minimum Kalınlık (ef)
QS1	P1 P2 P2 P3	QS1 QS2 QS3 QS3	- 0.50 0.35 0.50
QS2	P2 P3	QS2 QS3	- 0,35
QS3	P3	QS3	-

2.6. Sinyalizasyon, elektrifikasyon ve telekomünikasyon

Sinyalizasyon, Elektrifikasyon ve telekomünikasyon projeleri UIC, CENELEC, IEC, TS, Kuvvetli Akım Tesisleri yönetmeliğinin ilgili kısım ve hükümlerine göre yazılacaktır. Belirli yönetmelik ve şartname detayları aşağıda cıkartılmıştır. İlgili yönetmelik ve şartnamelerin en son versiyonları kullanılmalıdır.

Tablo 2.4. Sinyalizasyon Standartları

Standart Referansı	Başlık
EN 50121	Demiryolu Uygulamaları-Elektromanyetik Uyumluluk (bölümler 1-5)
EN 50122	Demiryolu Uygulamaları-Elektriksel Güvenlik ve Topraklama ile ilgili Koruyucu Tedbirler (Bölüm1)
EN 50125	Demiryolu Uygulamaları-Sinyalizasyon ve Telekomünikasyon için Çevresel Koşullar
EN 50126	Demiryolu Uygulamaları-Güvenilirlik, kullanılabilirlik, bakım kolaylığı ve güvenlikle ilgili şartnameler ve demonstrasyon (RAMS)
EN 50128	Demiryolu Uygulamaları-Demiryolu kontrol ve koruma sistemleri için yazılım.
EN 50129	Demiryolu Uygulamaları-Güvenlikle ilgili elektronik sistemler.
EN 50140	Işınımlı radyo frekansı, elektromanyetik alan bağışıklık testi.
EN 50155	Demiryolu Uygulamaları-demiryolu araçlarında kullanılan elektronik ekipman ve donanımlar.
EN 50159	Demiryolu Uygulamaları-İletişim, sinyalizasyon ve veri işleme sistemleri- açık/kapalı iletim sistemlerinde güvenlikle ilgili iletişim.
EN 50261	Demiryolu Uygulamaları-elektronik ekipmanların montajı.
EN 50310	Bilgi teknolojisi ekipmanları ile donatılmış binalarda eşit potansiyelli bağlama ve topraklama uygulaması.
EN 50713	Bilgi teknolojisi - Genel kablaj sistemleri.
EN 50714	Bilgi teknolojisi - Kablaj sistemi tesisatı.
EN 60529	Muhafaza kutuları ile sağlanan koruma düzeyleri ile ilgili şartname (IP kodu)
EN 60950	Bilgi teknolojisi donanımlarının elektriksel güvenliği.
EN 61508	Elektrikli/ elektronik/programlanabilir elektronik güvenlikle ilgili sistemlerin işlevsel güvenliği.
ETSI EN 300761	Elektromanyetik Uyumluluk ve Telsiz Spektrumu Konuları; Demiryolları için Otomatik Araç Tanımlama Ünitesi
IEC 60571	Demiryolu araçlarında kullanılan elektronik ekipman ve donanımlar.
IEC 60794	Kablo teknik değerleri.
IEC 61508	Elektrikli/Elektronik/Programlanabilir Elektronik Güvenlikle ilgili Sistemlerin İşlevsel Güvenliği-Bölümler 1-7.
UIC 7801	Sinyalizasyon teçhizatlarının uzaktan kontrolü.
UIC 7811	İletim sistemleri ve sinyalizasyon teçhizatları için uzaktan kontrol ve kumanda yöntemleri.
UIC 760, 761	Hemzemin geçit koruma sistemleri.