

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YERALTI YAPILARININ PROJELENDİRME İLKE VE ESASLARI İLE
PROJE YÖNETİM SÜREÇLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serdar TİRYAKİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Maden Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR

Mayıs, 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YERALTI YAPILARININ PROJELENDİRME İLKE VE ESASLARI İLE
PROJE YÖNETİM SÜREÇLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Serdar TİRYAKİ
505121010**

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Maden Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hakan Tunçdemir
Anabilim Dalı : Herhangi Mühendislik, Bilim
Programı : Herhangi Program**

Mayıs, 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505121010 numaralı Yüksek LisansÖğrencisi **SERDAR TİRYAKİ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YERALTI YAPILARININ PROJELENDİRME İLKE VE ESASLARI İLE PROJE YÖNETİM SÜREÇLERİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ümit ÖZER**
İstanbul Üniversitesi

Doç. Dr. Cüneyt Atilla ÖZTÜRK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **26 Mayıs 2015**

ÖNSÖZ

Bu tezin yazımı sırasında, desteklerini esirgemeyen çok değerli yöneticim, ağabeyim aynı zamanda tezimin de en büyük destekçisi sevgili Dr.Bülent KOÇAK'a, akademik anlamda yapmak istediğim her hayalimi sonuna kadar destekleyen, yardımcı olan, hiçbir ricamı kırmayan sevgili hocam, danışmanım, Doç. Dr. Hakan TUNÇDEMİR'e, hayatımdaki her başarıda şüphesiz en büyük katkıyı sağlayan fedakar aileme, tezimin ilgili kısımlarını yazarken yardımını esirgemeyen çalışma arkadaşım Furkan ATALAY'a, yine ilgili kısımlarını yazarken tavsiyeleriyle yorumlarıyla değer katan çalışma arkadaşlarım Serhat ACAR ve Eren AKDAŞ'a, hayatıma kazandırdığı vizyon ile bu çalışmanın ortaya çıkmasına en büyük katkılardan birini sağlayan, sevdiğim ve saydığım yol arkadaşım Merve Melek ŞENDİL'e teşekkür etmeden geçmek olmazdı.

Yazılan bu tez, maden mühendislerinin ya da genel anlamda mühendislerin, salt mühendislik nosyonunda araştırmalar değil, yöneticilik görevleri doğrultusunda da araştırmalar yapabileceğinin/yapması gerektiğinin ana fikri üzerine kurulmuştur. Bir büyüğümün vermiş olduğu nasihatte olduğu gibi, mühendislik, problemlere çözüm getirebilmektir ki bu da bir yöneticinin olmazsa olmazıdır, bu nedenle mühendislik eğitimi aynı zamanda bir yöneticilik eğitimidir. Meslektaşlarımın, yöneticilik alanında bilgi ve tecrübelerini bizimle paylaşmak adına daha fazla araştırma yapıp, paylaşımları temennisiyle...

Mayıs 2015

Serdar Tiryaki
Maden Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Araştırması	2
1.2.1 Proje	2
1.2.2 Proje yönetimi	2
1.2.3 Süreç.....	3
1.2.4 Süreç iyileştirme	4
1.2.5 Süreç iyileştirme yöntemleri	4
1.2.5.1 Altı sigma	5
1.2.5.2 Yalın üretim (lean)	6
1.2.5.3 Toplam kalite yönetimi (TQM-total quality management).....	7
1.2.5.4 İş süreçlerinin yeniden tasarımı (business process re-engineering-BPR).....	7
1.3 Süreç İyileştirme Yönteminin Seçimi	9
1.4 Süreç İyileştirme Yönteminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	10
1.5 Tez Akım Şeması	10
2. PROJE YÖNETİM SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI.....	13
2.1 Amaç	13
2.2 Organizasyon Yapısı	13
2.3 Proje Süreçleri	16
2.3.1 Proje planlaması.....	16
2.3.2 Güzergah projesi	16
2.3.3 Ön jeoloji çalışması.....	16
2.3.4 Saha jeolojisi araştırması	16
2.3.5 Mühendislik jeolojisi raporlarının hazırlanması	17
2.3.6 Kaya kalite değerlendirmesi.....	17
2.3.7 Stabilitate analizleri için verilerin belirlenmesi	18
2.3.8 Giriş-çıkış yapıları ve tüneller için destekleme sistemlerinin belirlenmesi	19
2.3.9 Portal kazı planlarının oluşturulması	20
2.3.10 Portal yapılarının oluşturulması	20
2.3.11 Stabilitate analizleri	20
2.3.12 Teknik çizim	21
2.3.13 Teknik çizim kontrolü.....	21
2.3.14 Sonuçlar	21

2.3.15 Proje teslimi.....	21
2.3.16 Proje takibi	21
2.4 Proje Süreç Haritası	22
2.5 Proje Yetki-Sorumluluk Matrisi	22
2.6 Paydaş Toplantıları.....	24
2.7 Revizyon Gerekçe Analizleri	26
2.8 Destekleme Standartları.....	30
2.9 Risk Analizi	37
2.10 İş Formları	42
3. SÜREÇLERİN İYİLEŞTİRİLMESİ.....	45
3.1 Amaç.....	45
3.2 Süreçlerin İyileştirilmesi	45
3.2.1 Proje planlaması	45
3.2.2 Güzergah projesi	46
3.2.3 Ön çalışmalar.....	46
3.2.4 Saha çalışmaları.....	47
3.2.5 Jeolojik ve jeoteknik raporların yazılması	49
3.2.6 Kaya kalite değerlendirmesinin yapılması	56
3.2.7 Stabilite analizleri için verilerin belirlenmesi	65
3.2.8 Portaller ve tüneller için destekleme sistemlerinin belirlenmesi.....	72
3.2.9 Portal kazı planları	75
3.2.10 Portal yapıları	75
3.2.11 Stabilite analizleri.....	76
3.2.12 Teknik çizim.....	78
3.2.13 Teknik çizim kontrolü	79
3.2.14 Sonuçların değerlendirilmesi.....	79
3.2.15 Projenin teslim edilmesi	80
3.2.16 Proje takibi	80
4. SONUÇLAR	81
KAYNAKLAR.....	83
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ	107

KISALTMALAR

ACI	:Amerika Beton Enstitüsü
BPR	: İş Süreçlerinin Yeniden Tasarımı
DMAIC	:Tanımla, Ölçme, Analiz, Gelişme, Kontrol
GSI	: Jeolojik Dayanım İndeksi
IPN	:Avrupa Standart I Profil Kirişi
ITRF	: Uluslararası Yersel Koordinat Sistemi
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
KGM	:Karayolları Genel Müdürlüğü
KTŞ	:Karayolları Teknik Şartnamesi
MTA	:Maden Teknik Arama
ÖNORM	:Avusturya Normları
Q	:Tünel Kaya Kalite İndeksi
RMR	:Kaya Kütle Değeri
RQD	: Kaya Kalite Değeri
TQM	:Toplam Kalite Yönetimi
UCS	:Tek Eksenli Basınç Dayanımı
USGS	:Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Yenilme kriterlerinde kullanılan parametreler.	18
Çizelge 2.2 : Yetki ve sorumluluk matrisi.	23
Çizelge 2.3 : Projedeki revizyon sebepleri ve yüzdeleri.	27
Çizelge 2.4 : Projedeki destekleme sistemlerinin dağılımı.	30
Çizelge 2.5 : Risk durumu olasılık sınıflaması.	38
Çizelge 2.6 : Risk durumu etki sınıflaması.	38
Çizelge 2.7 : Revizyon sebepleri olasılık sınıflaması.	39
Çizelge 2.8 : Revizyon sebepleri etki sınıflaması.	40
Çizelge 2.9 : Risk değeri tanımlaması.	41
Çizelge 2.10 : Risk değeri sınıflaması.	41
Çizelge 2.11 : Projedeki revizyon sebepleri ve yüzdeleri.	42
Çizelge 3.12 : Homojen bölgelendirme örnek özet tablosu.	53
Çizelge 3.13 : Laboratuvar deney sonuçları için örnek özet tablo.	55
Çizelge 3.14 : RMR kaya sınıflaması için özet tablo.	61
Çizelge 3.15 : Q sınıflaması için örnek tablo.	62
Çizelge 3.16 : GSI-Q-RMR sınıfları için örnek özet tablosu.	63
Çizelge 3.17 : RMR-Q-ÖNORM (KTŞ) karşılığını gösteren örnek tablo.	64
Çizelge 3.18 : Püskürtme beton mukavemet özellikleri (TS 500).	65
Çizelge 3.19 : Çelik iksa özellikleri.	66
Çizelge 3.20 : Kaya bulonu özellikleri.	66
Çizelge 3.21 : Yerinde dayanımlar için kullanılan formül özet tablosu.	67
Çizelge 3.22 : Yerinde dayanımlar için kullanılan formül özet tablosu (UCS).	68
Çizelge 3.23 : Yatay-düşey gerilmeleri belirlemede kullanılan katsayı özet tablosu.	68
Çizelge 3.24 : Yerinde dayanımlar için kısaltılmış parametre özet tablosu.	70
Çizelge 3.25 : Stabilitate analizlerinde kullanılacak veri özet tablosu.	71
Çizelge 3.26 : Tünel destekleme sistemleri örnek özet tablosu.	73
Çizelge 3.27 : Destekleme sistemleri örnek özet tablosu.	74

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Altı sigma yöntem özeti	5
Şekil 1.2 : Süreçlerin Yeniden Tasarlanması'nın Etkileri.....	8
Şekil 1.3 : Tez Akım Şeması	11
Şekil 2.4 : Proje temelli organizasyon yapısı.....	15
Şekil 2.5 : Proje süreç algoritması.	22
Şekil 2.6 : Projelerde yapılan hata dağılımları.....	28
Şekil 2.7 : Projelerde yapılan hata yüzdeleri.	29
Şekil 2.8 : Projelerdeki p. betonun kalınlık dağılımları.	31
Şekil 2.9 : Projelerdeki p. betonun kalite dağılımları	31
Şekil 2.10 : Projelerdeki iksaların boyut dağılımları.	32
Şekil 2.11 : Projelerdeki kafes iksaların dağılımları.....	32
Şekil 2.12 : Projelerdeki bulon cinslerinin dağılımları.	33
Şekil 2.13 : Projelerdeki bulon uzunluklarının dağılımları.	33
Şekil 2.14 : Projelerdeki bulon aralıklarının dağılımları.	34
Şekil 2.15 : Projelerdeki hasır çelik cinslerinin dağılımları.	34
Şekil 2.16 : Projelerdeki hasır çelik adetlerinin dağılımları	35
Şekil 2.17 : Projelerdeki süren çaplarının dağılımları.	35
Şekil 2.18 : Projelerdeki süren uzunluklarının dağılımları.....	36
Şekil 2.19 : Projelerdeki ilerleme adımlarının dağılımları	36
Şekil 2.20 : Projelerdeki deformasyon toleranslarının dağılımları	37
Şekil 3.21 : Portal ve sondaj bölgelerini gösteren örnek plan	54
Şekil 3.22 : RMR Sınıflaması (Bieniawski, 1989).	58
Şekil 3.23 : Q sınıflamasında kullanılan abak ve parametreler (Barton, 1993).....	59
Şekil 3.24 : GSI sınıflamasında kullanılan abak (Sönmez ve Ulusay, 2002).	60
Şekil 3.25 : RMR-Q-ÖNORM (KTŞ) karşılığını gösteren abak	63
Şekil 3.26 : RocLab programı çıktısı.	69
Şekil 3.27 : Sonlu elemanlarda oluşturulan portal jeolojik modeli.	76
Şekil 3.28 : Sonlu elemanlarda oluşturulan tünel jeolojik modeli.....	77

YERALTI YAPILARININ İLKE VE ESASLARI İLE PROJE YÖNETİM SÜREÇLERİ

ÖZET

Türkiye'de tünelcilik faaliyetleri artan bir hızda devam etmektedir. Gün geçtikçe tünelcilik alanında yeni şirketler, yeni projeler, yeni planlar ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin lojistik ve ulaşım alanındaki vizyonu ile bağlantılı olarak tünelcilik faaliyetlerinde Karayolları Genel Müdürlüğü de en büyük payı almaktadır. Bu çalışma, Türkiye'de tünelcilik faaliyetlerinin doğru, kaliteli ve güvenli bir şekilde yapılmasının en önemli adımı olan "tünellerde projelendirme" konusunu ele almıştır. Hızla büyüyen sektörün artan iş yükünü karşılayacak proje ve danışmanlık firmaları, etkin bir proje yönetimi sağlayarak, tünel projeleri gibi zahmetli ve disiplinler arası bir konuda daha etkili bir strateji belirlemesine olanak sağlayabileceklerdir. Yapılan bu araştırma yenilikçi proje yönetim sistemlerini inceleyerek, son 2 yıl içerisinde 50'den fazla projeden elde edilen sonuçlar doğrultusunda etkin bir sistem ortaya koymayı ve bu sistemin süreçlerini doğru ve anlaşılır bir şekilde ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu amaçla, proje yönetim süreçleri konusunda literatür araştırması yapılmış olup tünelcilik proje süreçlerine uygun olabilecek süreç iyileştirme yöntemleri belirlenmiştir. Projelendirme ve danışmanlık yapan bir mühendislik şirketinin, tünel departmanına ait organizasyon şeması belirlenmiş, süreçlerin taslakları hazırlanmış ve olması gereken süreç haritası çıkarılmıştır. Yapılan süreç haritası için yetki-onay matrisi oluşturulmuştur. 50'den fazla projede yapılan 500'e yakın revizyonun sebepleri incelenmiştir. Revizyonların hangi süreçlerin çıktısı olarak oluştuğu incelenmiş, önlemler sıralanmış ve irdelenmiştir. Yapılan projelerdeki tüm destekleme sistemleri incelenmiş olup, tüm kazı ve destekleme sınıfları için destekleme sistemleri grafiklere dökülerek standartlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Sağlam formasyonlar da önerilen destekleme sistemleri birbirine çok yakın olup standartlaştırılmaya daha uygunken, daha zorlu koşullarda birbirinden farklı destekleme sistemleriyle çözüm aranmaktadır. Bu durum, zayıf formasyonlarda seçilmesi gereken destekleme sistemlerinin derinlemesine incelenmesini gerektirmektedir. Proje paydaşlarıyla toplantılar düzenlenmiş olup, projelerdeki beklentileri ve sorunları masaya yatırılmıştır. Yapılan toplantılar sonucunda, herkesin hem fikir olduğu tek konunun projenin güvenliği olduğu ortaya çıkmıştır. İşveren şartnamelere bağlılık açısından daha tutucu davranılmasını beklerken, proje teslim sürelerinin kısalığı projeyi teslim edecek mühendislik şirketinin en büyük sorunu olmuştur. Uygulamada gerçekleştirilmesi zor detaylarla boğuşmak istemeyen yükleniciler bu konunun gözetilmeden proje hazırlanmasını istememektedir. Bu durum, proje paydaşlarının bağlı oldukları grup ve kurumun bakış açısını yansıtmaması açısından önemlidir. Süreç haritasında belirtilen süreçlerin tamamı ilerleyen bölümlerde tüm ayrıntılarıyla tariflenerek, her bir süreç için şablonlar, kontrol formları oluşturulmuştur. Literatür taranarak, proje içerisinde yapılacak kabuller, yaklaşımlar yine süreçlerin anlatıldığı bölümde verilmiştir. Projeyi bir bütün olarak ele alan bu sistem ile doğru, güvenilir ve şeffaf bir proje elde

edilmesi hedeflenmektedir. Sonuç olarak, proje yönetim süreçlerinin ortaya koyulmasıyla, sistematik bir tünel projelendirme yöntemi belirlenmiş, geliştirilmeye açık bir tünel projelendirme kılavuzu ortaya konmuştur.

PRINCIPLES AND BASIS OF UNDERGROUND PROJECTS AND PROJECT MANAGEMENT PROCESSES

SUMMARY

Tunneling activities have an increasing rate in Turkey especially in the last decade. A lot of new company, new projects and plans have risen with day by day. The biggest part of the tunneling activities have owned by the General Directorate of Highways according to Turkish vision about logistical support and transportation. Current study related to the most important part of tunneling activities: Project Planning. Engineering companies which hold up the weight of the increasing tunneling sector activities have need an efficient project management system in order to achieve clear, correct and transparent tunneling projects. Effective project management system give a real advantage to engineering companies to decide strategical level. This research investigate more than 50 tunnel project in last two years collaboration with innovative project management systems to identify the efficient project management system for tunneling projects and their processes.

For this purpose, literature survey has been made for tunneling process improvement firstly. After literature survey, four main different process improvement techniques, which are lean management, six sigma, business process reengineering, and total quality management, have been discovered. Business process improvements have same techniques and neither of them are better than each other so applying one of them is not enough for the engineering company. For this study, different tools from each business improvements techniques have been used where they are suitable.

Organization scheme has been created for the tunnelling department in an engineering company. In this scheme, heart of the organization is the project manager who connected other employees of the company organizationally and hierarchically. Project manager is organizationally connected to the civil engineer, transportation engineer, geological engineer and technical staff. Also project manager is connected to the project coordinator of the tunnel engineering department and principle of the company, hierarchically.

A lot of processes identified for the project management. These processes are project planning, route project, geological pre-study, field geology, report of engineering geology, rock mass classification, evaluating data, deciding the support systems, planning tunnel portal excavation, stability analysis, technical drawing, control of the technical drawing, analyzing the results and delivery of the project.

Then, these processes are connected to the each other with their output and input by a logical algorithmic system and drawn a process map. A responsible-accountable-consulted-informed (RACI) matrix has been established in order to show connections between the organization chart and process map. Numbers are given both company's employees and processes in the RACI matrix. There are five main descriptions about the roles in the engineering company and these roles take stage in the RACI matrix related to the project management. These roles are accountable, responsible, consulted, informed and deliverable.

A lot of meetings have been set up with stakeholders for making current state analysis of the project management process in the country. In order to understand the current state, a lot of topics has been discussed such as their concerns, advices,

expectations and requests. Three main groups have been identified for the stakeholder of the project management process. These groups are project team, General Directorate of Highways (KGM) who is the job owner of the project and contractor who implement the project to field. Project team concern about the project deadlines which is too short, lack of project standartization and geological information, project inputs which are changing occasionally. Their expectations about this improvement is standartization of the projects' processes and a scientific approach on every project. KGM concerns about lack of standartization and lack of scientific approach. Their expectations about projects are optimum cost for project application and a presentation of every project from the project leader. Contractor concerns about the long project planning, lack of easy application approach. Their expectations about the project is safety of the application. Also, three main stakeholder of the tunneling projects concern about the same things, true, transparent, reliable and safe. As a result, stakeholder meetings set for identifying expectations and problems in tunnel projects and the only common ground for a tunnel project is just safety.

Cause and effect analysis has been made for identifying the revision reasons of the tunneling project in more than fifty projects and five hundred revisions on them. According to the cause and effect analysis, there are a lot of mistakes in the geological processes. Almost twenty percent of the mistakes are related to the geological process. Another main mistake form is choosing of support elements. Almost fifteen percent of the mistakes are about the support elements. There a lot of main mistakes such as wrong stability analysis, missing drawings, incorrect drawings, lack of application approach, inconsistency between report and drawing, and between just reports. These mistakes' probability is changing between five percent to fifteen percent.

Risk analysis has been made in order to prioritize problems which are needed to solve immediately. For this purpose, probability and effect analysis has been conducted. First of all, risks identification has been made and project revision causes also has been named as a risk. Then, risk probability, a measure of the likelihood, has been calculated. Number of the revision cause which is identified as a risk, divided to the total number of causes to calculate quantitative probability value. Risk effect identification has been established in order to analyz the real effect of revision causes to the project. While analyzing the effect of causes, their effects on the process considered primarily. As a result, risk value identification has been written related with effect and probability of causes. While writing the risk value identification, Hageböling's (2009) approach of risk value identification, which is multiplying the effect and probability, has been used. According to the risk value, prioritization of problems in the project management circle has been made. Result of the risk analysis, it is found that geological processes had the highest risk factor in the tunneling project management when support systems process was the second one.

Support systems have been analysed for the standartization process. A tunnel engineer has to decide support system in weak formation because the weak formation has wide range variation in support systems. For example in A1, B1 and B2 New Austria Tunneling method classes systems almost are the same in every project. Wire meshes, rock bolts, class and thickness of shotcrete, type of IPN profiles, advancement rate are almost same but in C2 and C3 classes systems, a common ground can be seen but a lot of approach is different from each other. B3 class

system is in the middle of these classes. Support systems can be changed in some particular situation related about the geological formation.

True, reliable and transparent projects can be prepared with this system, which is taking the project as a whole. As a result, systematic tunnel project method and tunneling project guide which can be developed, established by pointing out the project management processes.

1. GİRİŞ

Türkiye'de tünelcilik faaliyetleri son yıllarda hızla artmaktadır. Türkiye'nin lojistik ve ulaşım sektöründeki hedefleri göz önüne alındığında şu anda imalatı devam eden tünellerden çok daha fazlası projelendirme ya da planlama aşamasındadır. Hızla büyüyen bu sektörde, projelendirme, danışmanlık ya da kontrol anlamındaki firmaların sayısı ise ihtiyacın çok altındadır. Bu nedenle mevcut şirketlere çok fazla iş yükü binmektedir. Artan bu dinamizm karşısında projelendirme firmalarının etkin proje yönetimi çerçevesinde tünelcilik gibi projelendirmesi zor, zaman alan ve zahmetli bir konuda daha etkili adımlar atması, süreçler uygulaması gerekmektedir. Projelendirmenin ilke ve esasları son yıllarda çok farklılık göstermese de gelişen teknoloji ile birlikte tünel projeleri artık çok daha hızlı yapılmaya başlanmıştır. Bu aşamada projelendirme ilke ve esasları gözetenilerek, projelendirmenin her aşamasının daha etkin ve verimli planlanması gerekmektedir.

1.1 Tezin Amacı

Hazırlanan bir yeraltı projesinin herhangi bir sorunla karşılaşılmeden uygulanabilmesi ancak etkili bir proje hazırlığı ve yönetimi süreci ile mümkün olabilmektedir. Projeye ait tüm detayların çelişmez, anlaşılır ve uygulanabilir olması, standart ve şartnamelere bağlı olarak hazırlanmış olması gerektirmektedir. Aksi halde uygulama sırasında yapım süreci tıkanmakta ya da ortaya konulan çalışma güvensiz veya aşırı boyutlandırılmış olmaktadır. Bu tezin amacı, yeraltı yapılarının projelendirilmesi için ilke ve esasları tanımlayarak, proje yönetim süreçlerinin yine aynı ilke ve esaslar çerçevesinde iyileştirilmesini sağlamaktır.

1.2 Literatür Araştırması

1.2.1 Proje

Proje, daha önce benzeri yapılmamış bir ürünü, hizmeti ya da sonucu elde etmek için yapılan çalışmalar bütünüdür. Bir proje gerçekleştirilirken, daha önceki projelerde gerçekleştirilen adımların aynı şekilde uygulanması, projenin benzersiz olması fikrine terz düşmemektedir. Örneğin, bir tünel projesi hazırlanırken, diğer tünel projelerindeki aynı malzemeler, aynı teknikler ve aynı yaklaşımlar kullanılsa bile bu tünel projesi, lokasyonu, şartları, tasarım prensipleri, işveren ya da projeden etkilenen kişiler bakımından düşünüldüğünde benzersizdir.

Bir proje tamamlandığında aşağıdaki çıktılar elde edilebilir (PMI,2013);

- Bir ürünün bir parçası, daha önce üretilmiş bir ürünün geliştirilmiş bir versiyonu ya da daha önce hiç üretilmemiş bir ürünün kendisi,
- Hizmet ya da bir hizmetin gerçekleşmesi için yeterlilikler,
- Bir ürün ya da hizmet hattında iyileştirmeler,
- Araştırma ya da projelendirme gibi bilgi niteliğinde bir sonuç.

Bir proje, sadece tek bir kişi tarafından hazırlanabildiği gibi, bir ekip, bir şirket, ya da çok daha büyük oluşumlar tarafından da hazırlanabilmektedir. Bu husus, projenin nitelik ve niceliğine, gerekliliğine ya da projeyi hazırlayacak kişi ya da kişilerin yeterlilikleri ile doğrudan ilişkilidir.

1.2.2 Proje yönetimi

Proje yönetimi, bir projenin gerçekleştirilmesini sağlayacak bilgi, birikim, yetenek, araç ve tekniklerin kullanılması ve uygulanmasıdır. Proje yönetimi tek bir kişi tarafından uygulanabildiği gibi bir ekip ya da ekipler bütünü tarafından da uygulanması mümkündür. Projenin hazırlanması noktasında olduğu gibi, proje yönetim sürecine hangi oluşumların katılacağı yine projenin nitelik ve niceliğine ya da gerekliliklerine doğrudan bağlıdır.

Bir proje yönetimi sırasında aşağıdaki koşullar kesinlikle göz önünde bulundurulmalıdır (PMI,2013).

- Projenin gereklilikleri,
- Projeden fayda sağlayacak kişilerin ihtiyaçları, endişeleri ya da beklentileri,

- Projeden fayda sağlayacak kişilerle, zaman, planlama, uygulama anlamında iletişim,
- Amaç, kalite, zaman, bütçe, kaynak ve riskler anlamında projenin limitleri.

Göz önünde bulundurulacak bu ölçütlerle, projeyi yönetecek kişi ya da kişilerin doğru noktalara odaklanması, iyi bir proje yönetiminin olmazsa olmazıdır. Bu kriterlerden herhangi birinin değişimi, diğer kriteri de etkileyeceği için anılan kriterler proje daha başlamadan belirlenmeli ve projenin kriterleri değiştiği zaman, yönetsel tüm uygulamalar yeni kriterlere göre revize edilmelidir.

Bir proje genel anlamda aşağıdaki aşamalardan sonra ortaya çıkmaktadır. Aşağıdaki aşamaları iş süreçleri olarak tanımlamak da mümkündür. İş süreçleri kavramı aşağıda ayrı bir başlık altında incelenmiştir.

- Başlangıç,
- Planlama,
- Uygulama,
- Gözetim ve Kontrol,
- Kapanış.

Yukarıda bahsedilen iş süreçlerini kendi içerisinde de alt süreçlere bölmek mümkündür.

1.2.3 Süreç

Süreç, bir projenin hedeflerini, sonuçlarını karşılayacak, bir bütüne ait sıralı aktiviteler ve/veya yetkilendirilmiş görevlerdir. Her bir sürece dahil edilen girdilerden elde edilen çıktılar, projenin genel çıktılarını oluşturabileceği gibi bir sonraki sürecin girdilerini oluşturmuş olabilirler. Her proje, sayısız süreci kullanarak istenilen hedefe ulaşılmasını sağlar. Bu süreçler, projenin birbiriyle ilişkili konularından oluşabildiği gibi, her projenin, temel disiplinler anlamında birbirinden bağımsız konularından da oluşabilir(PMI,2013).

İyi tanımlanmış ve tasarlanmış süreç, projenin iş akışına tam uyum sağlar ve projenin sonucunda elde edilecek sonuca doğrudan etki eder. Süreçler de projeler veya proje yönetimi gibi tek bir kişi tarafından gerçekleştirilebildiği gibi, bir grup tarafından da gerçekleştirilebilir. Bazı süreçler, manuel olarak gerçekleştirilebilir, bazıları ise bilgisayar desteğiyle otomatik olarak da gerçekleştirilebilir. Bu ayrım, hataları en aza indirmek noktasında dikkatle düşünülmesi ve tasarlanması gereken bir olgudur.

Süreçlerin en iyi şekilde tasarlanması ve iyileştirilmesi bir organizasyonun ürettiği değerlerin (hizmet, ürün vb.) kalitesine de doğrudan etki etmektedir.(PMI,2013);

1.2.4 Süreç iyileştirme

Süreç iyileştirme, bir projede yer alan süreçlerin, daha etkili, daha verimli ve projeye doğrudan ilgilenen kişilere karşı daha şeffaf olmasını sağlamaktır. Süreç iyileştirme yöntemleriyle, projenin hatalı süreçler işlenmesinden doğacak problemlerin önüne geçilmek amaçlanmaktadır. Bu sayede, mevcut iş gücü, hatalı üretilen projelerdeki problemlerin çözümü yerine, nicelik ve nitelik anlamında daha iyi projeler üretilmesine odaklanabilmektedir. Bu durum, iş verimliliğini artırırken, sisteme bağlı ve üretken personelin motivasyonunu da yükselttiği düşünülmektedir (Buavaraporn, 2010).

Süreç iyileştirme bir organizasyonda;

- Süreçlerin değerlerini müşteri yönünden irdelenmesine,
- Verilere bağlı bilgilerle, süreçlerin tanımlanması, yönetilmesi ve ölçülmesi sayesinde süreçlerin değerlendirmesine,
- Hatalı süreçlerin incelenerek, her bir sürecin bir diğerine ya da müşteriye olan etkisinin ortaya konmasına,
- İşletme maliyetlerinin minimuma indirilmesine,

katkı sağlamaktadır (Stevens, 2010).

1.2.5 Süreç iyileştirme yöntemleri

Proje yönetimi çerçevesinde, süreçlerin iyileştirilmesi için 4 farklı anahtar iş süreci iyileştirme metodu bulunmaktadır (Buavaraporn, 2010). Bunlar;

- Altı Sigma (Six Sigma),
- Yalın Yönetim (Lean Management),
- TQM- Toplam Kalite Yönetimi (Total Quality Management),
- BPR-İş Süreci Mühendisliği (Business Process Reengineering),

İlerleyen bölümlerde bu süreç iyileştirme bilgileri hakkında özet bilgiler verilmiş olup, birbirleri arasındaki ilişkileri, avantaj ve dezavantajları, organizasyona uygulanabilirliği vb. alanlar dahilinde incelenmiştir.Yapılan bu incelemenin

ardından süreçlerin yeniden hazırlanması ve iyileştirilmesi konusunda bu yöntemlerden faydalanılmıştır.

1.2.5.1 Altı sigma

Altı sigma, hataların, başarısızlıkların veya uyumsuzlukların sebeplerini tanımlayıp ortadan kaldırarak, süreçlerde kaliteyi, performansı, üretkenliği ve müşteri memnuniyetini hedefleyen, bir süreç iyileştirme yöntemidir (Antony, 2004). Altı Sigma sürecinin temelinde yer alan metodolojilerden en önemlisi DMAIC olarak isimlendirilir. DMAIC metodolojisi, tanımla (Define), Measure (Ölçme), Analyze (Analiz), Improve (Geliştir), Control (Kontrol) süreçlerinin baş harflerinden ismini alırken, Altı Sigma sürecinin tam olarak uygulanmasına olanak sağlamaktadır (Buavara, 2010). Aşağıda DMAIC metodolojisini (Şekil 1.1) gösterir bir şema bulunmaktadır (Gershon, t.y.).



Şekil 1.1 : Altı sigma yöntem özeti

Altı Sigma iyileştirme methodu, süreçler içerisindeki hataları ayıklamak üzerine değil, süreç içerisindeki hatalara sebep olabilecek aktiviteleri ortaya çıkarıp bunların kontrol altına alınıp, önüne geçilmesini sağlayarak, hata olasılığını en aza indirmek temeli üzerine dayanmaktadır (Anthony, 2004).

1.2.5.2 Yalın üretim (lean)

Womack ve diğ. (1990) tarafından yazılan *The Machine That Changed The World* isimli yayımla literatüre kazandırılan yalın (lean) kavramı, üretimde görünmeyen ya da üretime katkısı olmayan verimsiz faaliyetlerin (waste-muda) iş akışından ayıklanmasını veya önüne geçilmesini temel alan bir süreç iyileştirme yöntemidir. Japon otomotiv devi Toyota tarafından başarı ile uygulanan sistemin ana fikri iç sistemlerdeki verimsizliğin önüne geçerek üretimdeki kalitenin artırılmasına dayanmaktadır.

Womack ve Jones'a (1996) göre sekiz farklı israf (verimsiz faaliyet) belirlenmiştir.

Bunlar;

- Düzeltme için iş gücü gerektiren kusurlar,
- İhtiyaç dahilinde bulunmayan üretim,
- İşlemeyi ya da tüketimi bekleyen girdiler,
- Uygunsuz süreç adımları,
- Çalışanların gerekli olmayan konular üzerine çalışması,
- Girdilerin süreçler arasında amacı olmadan dolaşması,
- Çalışanların boşta kalma süresi,
- Girdilerin ve hizmetlerin müşterinin ihtiyaçlarını karşılamaması.

Yine Womack ve Jones'a (1996) göre yalın üretim prensibinde aşağıdaki 5 temel düşünme prensibi bulunmalıdır.

- Değer belirleme: Üretilen ürünün müşteri tarafından fiyat, zaman, ihtiyaç gibi kriterlerle değerinin belirlenmesi,
- Tüm süreçlerin net olarak belirlenmesi:
 - Tüm süreçlerdeki problemlerin çözümüne odaklanması,
 - Bilgi paylaşımına gereken önemin verilmesi,
 - Fiziksel olarak girdilerin taşınması ve teslimi,
- Organizasyon için bir değer üreterek, tüm departmanlar ve şirket için süreçlerin yeniden belirlenmesi,

- Müşterinin doğru ürüne, doğru zamanda ulaşmasının sağlanması,
- Üstteki dört prensibin çıktısı olarak olağan mükemmelliğin hedeflenmesi, bu hedeflerin gerçekleşebilmesi için radikal değişikliklerden faydalanılması.

Yalın üretim metodolojisi yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere daha çok üretim odaklı bir metodolojidir ve hizmet sektörü (mühendislik hizmeti dahil) veren kuruluşlar için adapte edilmesi gerekmektedir. Yalın kavramının hizmet sektörüne adaptasyonuna ait çalışmalar ise oldukça erken dönemdedir ve yeterli çalışmalar hala yapılmamıştır (Buavaraporn, 2010).

1.2.5.3 Toplam kalite yönetimi (TQM-total quality management)

Toplam kalite yönetimi kavramı Snee'ye (2004) göre müşteri odaklı bir kalite iyileştirme yöntemi olup, temelinde liderliğin yönetilmesi, çalışan ve takım çalışması, süreç iyileştirme ve müşterilerin beklentilerini karşılama prensiplerini barındırmaktadır.

Toplam kalite yönetimi kavramı doğrultusunda Anderson ve diğ. (2006) aşağıdaki sistemi önermişlerdir.

- Planla: Müşteri beklentileri ve istekleri doğrultusunda süreçlerin nasıl işleyeceğini planlanması,
- Yap: Planlama doğrultusunda süreçlerin uygulanması ve çıktıların alınması,
- Kontrol Et: Planlanan çıktılar ile uygulama sonucunda ortaya konan çıktılar arasındaki farklılığı kontrol et,
- Davran: Planlanan ile yapılan arasında ki farklar yeterli seviyede ise bunu organizasyon davranışı olarak benimse.

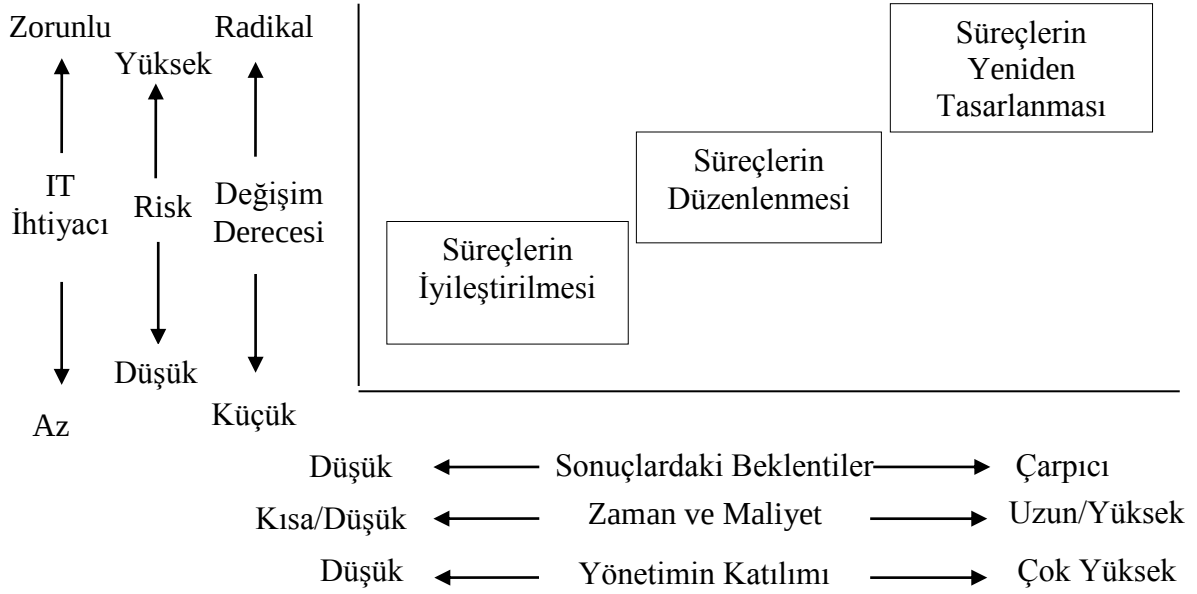
Yine Anderson ve diğ. (2006) bu sistemin çıktılarının okunabilmesi amacı ile;

- Analitik ve istatistiksel veriler,
- Yedi kalite kontrol aracı
- Yedi yönetim aracı
- İstatistiksel süreç kontrol araçları
- Kalite yönetiminin açılımı gibi araçlar kullanılmasını önermektedir.

1.2.5.4 İş süreçlerinin yeniden tasarımı (business process re-engineering-BPR)

Habib ve Shah'a (2013) göre iş süreçlerinin yeniden tasarımı, organizasyonel performansın artırılması amacıyla süreçlerde radikal değişikliklerin yapılmasını savunan bir süreç yönetim sistemidir.

Yine Habib ve Shah'a (2013) göre iş süreçlerinin yeniden tasarımı tam anlamıyla bir süreç iyileştirme yöntemi olarak kabul edilmemektedir. Süreçlerin yeniden tasarlanması, tüm süreçlerin bir kenara bırakılarak radikal değişikliklerle yeni süreçleri ve birbiriyle olan ilişkilerini yeniden ortaya konması anlamına gelmektedir. Süreçlerin iyileştirilmesi ve yeniden tasarlanması arasındaki temel farklar Şekil 1.2'de anlatılmıştır.



Şekil 1.2 : Süreçlerin Yeniden Tasarlanması'nın Etkileri

Motwani ve diğ. (1998) süreçlerin yeniden tasarlanmasını (BPR) 6 aşamada tanımlamıştır.

- Anlama
 - Süreçlerin yeniden tasarımının tanımlanması,
 - Nasıl sonuç alınabilir?
 - Yöneticiden alınan taahhütler
- Başlatma
 - Vizyon belirleme
 - Süreçlerin yeniden tasarımı için süreçlerin belirlenmesi
 - Açık ve ölçülebilir hedeflerin koyulması
 - Süreçlerin yeniden tasarımı için takım oluşturulması
- Planlama
 - Mevcut süreçlerin belirlenmesi ve dökümante edilmesi
 - Tıkanıklık oluşturabilecek süreçleri ortaya çıkarmak

- Temel noktaları, örneklenecek oluşumları belirlemek
- Dönüşüm
 - Pilot çalışmasının başlatılması
 - Organizasyonel değişimin hedeflerini tahmini,
 - Kaynak ihtiyacının tahmini,
- Uygulama
 - Çalışan eğitimi
 - Liderlik
 - Yapısal sıralama
 - IT sisteminin yeniden düzenlenmesi
 - Ödül sisteminin oluşturulması
- Değerlendirme
 - Başarının değerlendirilmesi
 - Değişikliklerin yapılması
 - İlerlemenin Gözetimi

1.3 Süreç İyileştirme Yönteminin Seçimi

Süreç iyileştirme yöntemleri incelendiğinde, iyileştirme metodlarının genel olarak üretim sektörüne yönelik üretildiği ve uygulandığı göze çarpmaktadır (Buavara, 2010). Bu nedenle tünel projelerinin üretilmesine ilişkin süreçlerin iyileştirilmesi konusunda mevcut süreç iyileştirme yöntemlerinin birebir uygulanması pek mümkün olmamaktadır. Sonuç olarak, süreçlerin iyileştirilmesi için sıklıkla kullanılan metodların iyi analiz edilerek, proje ve şirket dinamiklerine uygun olan süreç iyileştirme yöntemlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Süreç iyileştirme yöntemleri analiz edildiğinde, tek bir metodun yetersiz ve atıl kalacağı endişesiyle süreçlerin iyileştirilmesi için her bir metottan uygun analizlerin seçilerek bu projeye adapte edilmesi sağlanmıştır. Süreçlerin iyileştirilmesi için aşağıdaki yol haritası uygun görülmüştür;

- Mevcut Durum Analizinin Yapılması
 - Organizasyon yapısı
 - Proje süreçleri
 - Proje paydaşlarıyla toplantıların gerçekleştirilmesi

- İstekler, beklentiler, hatalar ve düzeltme istekleriyle ilgili tutanakların incelenmesi
- Hedef Yapı Tasarımının Oluşturulması
 - Organizasyon yapısı ve etkileşimlerinin gösterilmesi
 - Süreçlerin haritasının oluşturulması
 - Süreçlerin standartlaştırılması
 - Süreçlere kontrol mekanizmasının getirilmesi
- Yeni oluşturulan sistemin uygulanabilirliğinin denetlenmesi

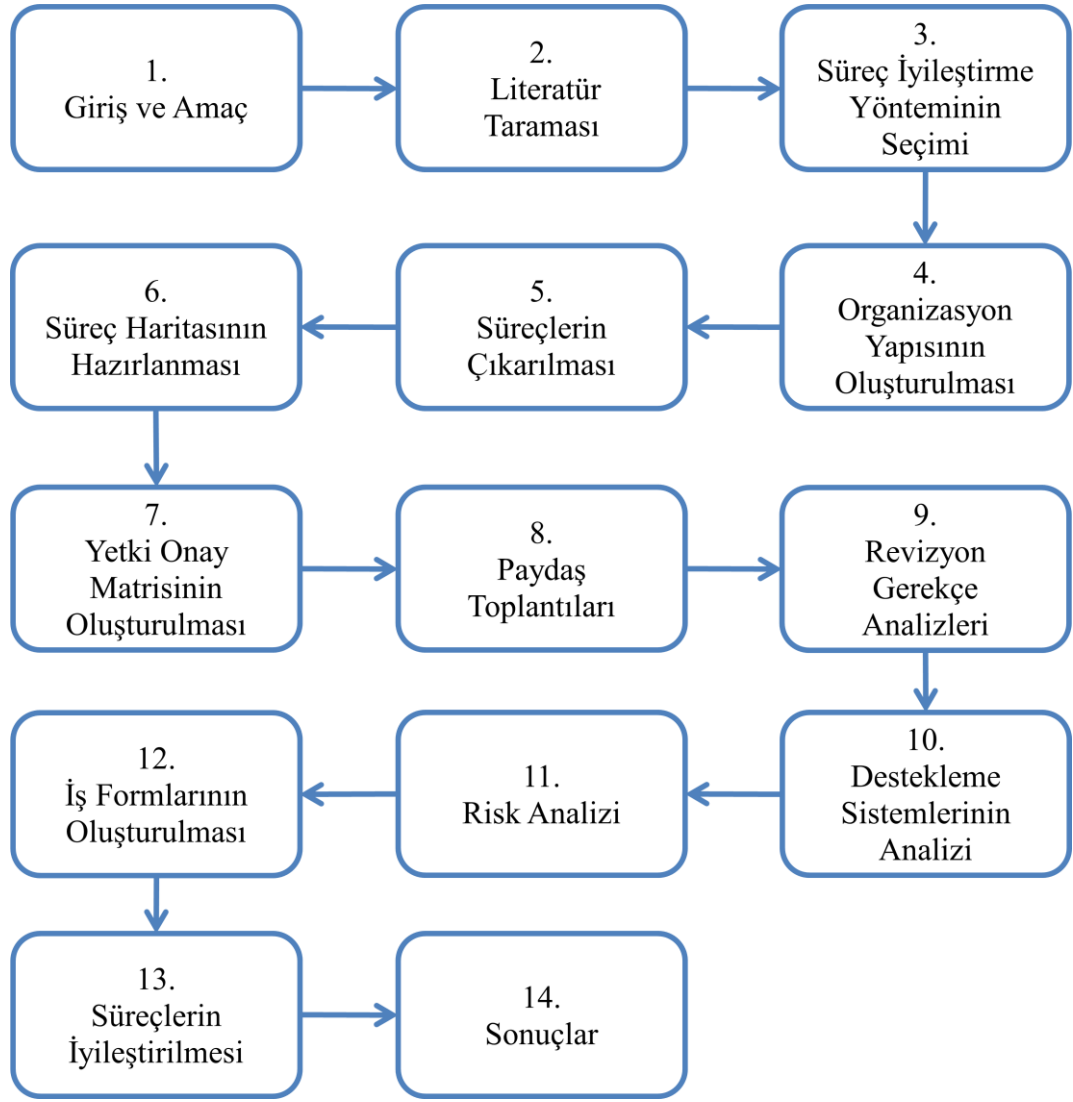
1.4 Süreç İyileştirme Yönteminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Süreçlerin iyileştirilebilmesi için mevcut durumdaki süreçlerin net olarak tanımlanması gerekmektedir. Süreçlerin, nerede başladığı ve bittiği, kimlerin sorumlu olduğu, sürecin nasıl işlediği, girdi ve çıktılarının neler olduğu tam olarak belirlenmezse o süreç tam anlamıyla açıklanmış sayılmaz (UDH, 2014).

Süreçlerin net olarak belirlenmesi tek başına yeterli değildir. Mevcut durumların analiz edilmesi için uygun ölçme teknikleri kullanılmalıdır. Süreçlerin standartlaştırılması için esnek, uygun, güvenilir kaynaklar kullanılmalıdır. İyileştirme için kullanılacak araç ve tekniklerin, şirket ve proje dinamiklerine uygun olması gereklidir. İyileştirme sürecinde anahtar niteliğindeki sonuçların belirlenmesi ve bu sonuçların ölçülebilir nitelikte olması gereklidir (Buavara, 2010).

1.5 Tez Akım Şeması

Tez kapsamında yapılması planlanan temel çalışmalar, belirli bir sistemle birbirine bağlanmıştır. Literatür taraması yapılarak süreç iyileştirme çalışmaları incelenmiş, uygun süreç iyileştirme yöntemi seçilmiştir. Organizasyon yapısı hazırlanmış, süreçler belirlenmiş ve süreç haritası oluşturulmuştur. Organizasyon yapısı ve süreç haritasını birbirine bağlayacak yetki onay matrisi oluşturulmuştur. Revizyon sebeplerini açığa çıkartmak, istek ve beklentileri öğrenmek için paydaş toplantıları düzenlenmiş olup, revizyonlar üzerinde gerekçe ve risk analizleri uygulanmıştır. Standartlaştırma çalışmaları için destekleme sistemleri analiz edilmiş, iş formları oluşturulmuş ve süreçlerin iyileştirilmesi sağlanmıştır. Şekil 1.3'te tez akım şeması görülmektedir.



Şekil 1.3 : Tez Akım Şeması

2. PROJE YÖNETİM SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI

2.1 Amaç

Bu bölümde alışlageldik proje yönetim anlayışıyla ilerleyen yeraltı yapıları projelerinin, proje yönetim ilkeleri çerçevesinde yeniden tasarlanması amaçlanmıştır. Mevcut proje yönetim sistemiyle, sadece tek bir elden götürülen, projenin bütününe hakim olunmayan bir anlayış sergilenmektedir. Bu anlayışı ortadan kaldırabilmek amacıyla, bir yeraltı projesinin hazırlanması için gerekli süreçlerin tamamı aşağıda maddeler halinde verilmiş ve açıklanmış, bu süreçlerin birbiriyle ilişkileri, birbirlerine veya sonuca etkileri irdelenmiştir. Bu irdelenmenin ardından amaç ortaya yeni bir proje yönetim sistemi çerçevesinde proje süreç haritası koymaktır. Bu süreçlere dair standartlaştırma ya da iyileştirme önerileri ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

2.2 Organizasyon Yapısı

Proje yönetim sistemi oluşturulurken dikkati çeken ilk konu, şirket içerisindeki organizasyon şeması eksikliğidir. Bu sebeple proje takımını konu alan bir organizasyon şeması üretilmiştir (Şekil 2.4). Bu şema içerisinde genel müdüre bağlı grup koordinatörleri, her bir koordinatöre bağlı proje mühendisleri ve projenin yürütücüsü konumundaki proje yöneticisi organizasyon şeması içerisinde birbirine bağlanmıştır. Organizasyon şemasını oluşturmadaki asıl amaç yetki onay hiyerarşisi içerisinde net görev tanımlamalarını yapmaya yardımcı olmaktır. Aşağıda organizasyon şeması içerisinde yer alan pozisyonların açıklamaları verilmiştir.

Genel müdür;

Şirket içerisindeki en yüksek pozisyonudur. Şirkette gerçekleştirilen tüm projelerden genel hatlarıyla sorumludur. Tüm grup koordinatörlerinin kendisine karşı sorumludur.

Güzergah grubu;

Şirket içerisindeki güzergah projelerini gerçekleştiren gruptur. Grup proje yöneticileri (ulaştırma mühendisleri) ve grup koordinatöründen oluşmaktadır.

Statik grubu;

Şirket içerisinde gerçekleştirilen, köprü, viyadük, menfez, aç-kapa yapıları gibi projelerden sorumludur.Grup bir koordinatör ve proje yöneticilerinden (statik mühendisleri) oluşmaktadır.

Yeraltı yapıları grubu;

Şirket içerisinde gerçekleştirilen, tünel, portal yapıları, şev destekleme gibi projelerden sorumludur.Grup bir koordinatör ve proje yöneticilerinden (maden-inşaat-jeoloji mühendisleri) oluşmaktadır.

Jeoloji-jeoteknik grubu;

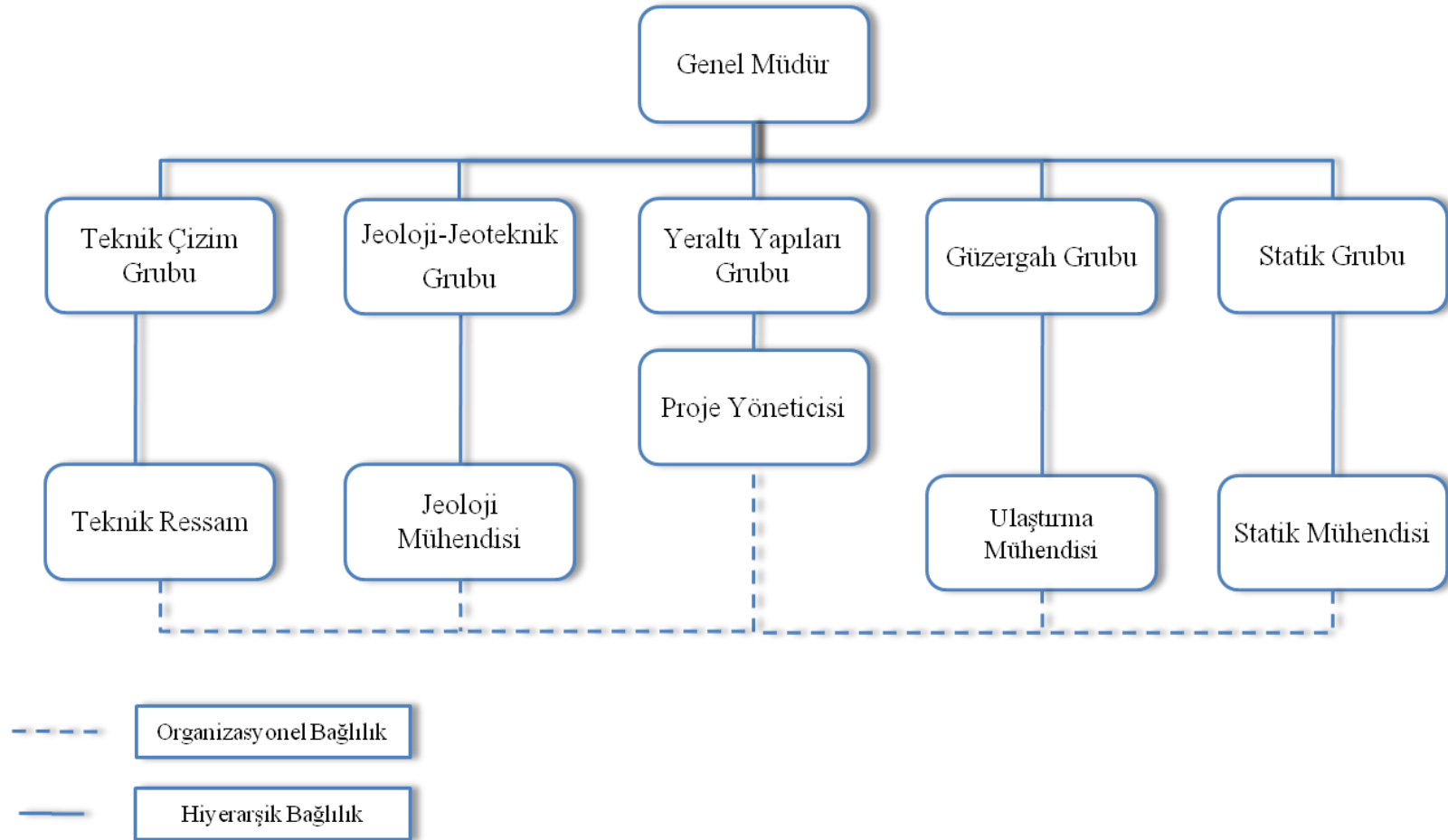
Şirket içerisinde gerçekleştirilen tüm projelere ilişkin jeolojik süreçleri yerine getiren gruptur.Grup bir koordinatör ve proje yöneticilerinden (jeoloji mühendisleri) oluşmaktadır.

Teknik çizim grubu;

Şirket içerisinde gerçekleştirilen tüm projelerin paftalaştırmasından sorumlu gruptur.Grup bir koordinatör ve teknik ressamlardan (inşaat teknikleri) oluşmaktadır.

Proje yöneticisi;

Yeraltı yapılarının projelendirmesinden sorumlu yöneticidir.Kendi grubunun koordinatörüne karşı sorumlu olup, organizasyon yapısı gereği, diğer gruptaki proje yöneticileriyle etkileşimli olarak çalışmaktadır.Proje temelli bir organizasyon yapısında diğer gruptan gelecek süreç çıktılarından yine proje yöneticisi sorumludur.



Şekil 2.4 : Proje temelli organizasyon yapısı.

2.3 Proje Süreçleri

Bir yeraltı projesinin şirket içerisinde başlangıcı, müşteriyle el sıkışıldığı an başlamaktadır. Bu anda, proje çerçevesinde tüm beklentiler ortaya konulmuş olup, zaman, bütçe, kalite anlamında herşey bellidir.

2.3.1 Proje planlaması

Bu aşamaya gelindiğinde, projenin sadece adı vardır.Proje ismiyle birlikte, bu projeden kimin sorumlu olacağı, diğer ekiplerden kimlerden destek alacağı açıkça belirlenmiştir.

2.3.2 Güzergah projesi

Bu aşamada, işin adı ve lokasyonu belirlenmiştir.Tünel projesinin International Terrestrial Reference Frame (ITRF) koordinat sisteminde nerede bulunacağı bellidir.Tünelin tahmini giriş ve çıkış metreleri yine güzergah projesinde belirlenir. Güzergah projesi içerisinde arazide harita mühendisleri tarafından oluşturulan eş yükselti eğrilerinin içerdiği plan üzerine tünelin tahmini giriş-çıkış metreleri işlenir. Yine tünel-çıkış metrelerinin işlendiği tünel boykesiti ile tünelin giriş ve çıkış kısımlarından sık aralıklarla en kesitler alınır.

2.3.3 Ön jeoloji çalışması

Bu aşamada projeye dahil olan Jeoloji Mühendisi, tünel güzergahının genel jeolojisini ,United States Geological Survey (USGS), Madencilik Tetkik ve Arama (MTA), Ulusal Tez Merkezi (UTM), İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Kütüphanesi vb. kaynaklardan araştırır. Ayrıca Google Earth gibi uydu görüntüleri işleyen programlar yardımıyla, tünel güzergahının jeomorfolojisi, hidrojeoljisi hatta yüzey jeolojisi hakkında da araştırmalar yapar.Bu araştırmanın ardından yeterli ön bilgiye sahip olan jeoloji mühendisi, tünel güzergahını yerinde incelemek üzere görevlendirilir.

2.3.4 Saha jeolojisi araştırması

Bu aşamada, güzergahın genel jeolojisi hakkında yeterli ön bilgilere ulaşmış jeoloji mühendisi, tünel güzergahı üzerinde gerekli gözlemler ve çalışmaları yapar.Bu gözlemler ve çalışmalar yapılırken jeoloji mühendisi elinde 1/1000'lik topografik

harita üzerine yüzey jeolojisini ve gördüğü yapısal unsurları işler. Tünelin geçeceği hattın, stratigrafik kesitini çıkartır. Yüzeyden gözlenebilecek yapısal unsurları inceler ve ölçümler (fay, süreksizlik, ayrışma, dayanım, alterasyon vb.) yapar. Projenin güzergahını yeteri kadar inceleyen jeoloji mühendisi, projenin güvenilirliğini arttırmak amacıyla jeoteknik araştırmalar önerir. (Sondaj, araştırma çukuru, jeofizik çalışmalar vb.)

2.3.5 Mühendislik jeolojisi raporlarının hazırlanması

Araziden elde edilen veriler, literatür bilgileriyle istatistiksel olarak ilişkilendirilip, jeolojik ve jeoteknik bilgileri içeren bir rapor yazılır. Bu rapor içerisinde, genel jeoloji, stratigrafi, hidrojeoloji, jeomorfoloji, yapısal jeoloji ve tektonizma, depremsellik, kinematik analiz ve kritik kesimler yer alır. Rapor içerisinde tünel güzergahının jeolojisini detaylı olarak ortaya koyacak jeoteknik araştırma çalışmaları uygulama planı belirlenir. Bu plan içerisinde, önerilen araştırma çalışmalarının teknik detayları belirlenir. Uygulama planı ile birlikte, jeoteknik çalışmalardan elde edilecek verilerle arazide ve laboratuvarında yapılması gereken deney programı belirlenir. Raporun haricinde, 1/1000 veya 1/500 ölçekli jeolojik plan ve profil modellemeleri yapılır. Bu plan ve profil üzerinde homojen olan kesimler belirlenerek, her bir homojen kesim için kritik en kesitler hazırlanır.

Daha sonra, yüzey jeolojisi ve birim sınırları belirlenir. Geniş ölçekli jeolojik plan ve profil hazırlanır. Sahadan elde edilen verilere dayanılarak sondaj uygulama planı belirlenir. Yapılan sondajlara göre tasarı deney programı belirlenir.

Sondajlara ve deneylere ait tüm veriler elde edildiğinde, arazinin jeolojisi plan ve profil anlamında tam anlamıyla ortaya çıkartılabilmektedir. Hazırlanan jeolojik model doğrultusunda homojen bölgelendirme yapılarak, dayanım, örtü kalınlığı, jeolojik birim, yeraltı suyu durumu vb. kriterler göz önüne alınarak her bir homojen bölge için kritik en kesitler oluşturulmaktadır.

2.3.6 Kaya kalite değerlendirmesi

Jeoloji mühendisi tarafından hazırlanan jeolojik ve jeoteknik plan ve profil, tünel mühendisi tarafından ele alınır. Bu aşamada jeoloji mühendisi tarafından belirli nitelikleriyle homojen bölgelendirme yapılan tünel güzergahı üzerinde, tünel mühendisi homojen bölgelendirme yapılan kesimlerine jeomekanik araştırma gözüyle inceler. Yapılan incelemede her bir homojen bölgelendirme için kaya kalite

değerlendirmesi yaparak, Önorm çerçevesinde kaya kalite sınıfları belirlenir. Bu noktada 3 ayrı sistemin en güncel versiyonlarıyla kaya kalite değerlendirmesi yapılır. Kaya Kalite değerlendirmeleri için;

- Kaya Kalite Değeri-Rock Mass Rating (RMR-Bieniawski),
- Jeolojik Dayanım İndeksi-Geological Strength Index (Hoek-GSI),
- Tünel Dayanım İndeksi-Tunneling Index (Barton-Q) sistemleri kullanılır.

Bu sistemlerde girdi olarak,

- Arazide yapılan gözlem ve incelemeler,
- Laboratuvar ve arazi deney sonuçları,
- Sondaj verileri kullanılır.

Alınan bu verilerin doğruluğu, kaya kalite sınıflamasını doğrudan etkilemektedir. Kaya kalite sınıfları belirlendikten sonra, stabilite analizlerinde kullanılacak verilerin belirlenmesine geçilir.

2.3.7 Stabilite analizleri için verilerin belirlenmesi

Bu aşamada kaya kalite sınıfları belirlenen her bir bölüm için analizde hangi yenilme kriteri kullanılacaksa ona göre belirli parametreler belirlenir. Sıklıkla kullanılan iki yenilme kriteri ve bu kriterlerde kullanılan parametreler Çizelge 2.1'deki gibidir.

Çizelge 2.1 : Yenilme kriterlerinde kullanılan parametreler.

Kaynak	Genelleştirilmiş Hoek-Brown	Mohr Coulomb
Teorik-Roclab	Yerinde Basınç Dayanımı	Yerinde Basınç Dayanımı
Teroik-Roclab	Yerinde Elastisite Modülü	Yerinde Elastisite Modülü
Laboratuvar	Poisson Oranı	Poisson Oranı
Laboratuvar	Birim Hacim Ağırlık	Birim Hacim Ağırlık
Jeoteknik Arazi Ölç.	GSI Değeri	GSI Değeri
Referanslar	Kaya Örselenme Değeri	Kaya Örselenme Değeri
Teorik	Yatay Düşey Gerilme Oranı	Yatay Düşey Gerilme Oranı
Laboratuvar		İçsel Sürtünme Açısı
Laboratuvar		Çekme Dayanımı
Laboratuvar		Kohezyon

Bu verilerin bir çoğu deney sonuçlarından elde edilirken, yerinde dayanım ve yatay düşey gerilme katsayısı değerleri, çeşitli araştırmacıların ampirik yaklaşımlarıyla ortaya konmaktadır.

2.3.8 Giriş-çıkış yapıları ve tüneller için destekleme sistemlerinin belirlenmesi

Stabilite analizleri için gerekli veriler belirlendikten sonra, stabilite analizlerinde kesinleştirilmek üzere her bir sınıf için destek sistemi önerilmektedir. Her bir sınıf için destekleme sistemleri belirlenirken, daha önce yapılan projelerden ya da literatürden eş değer destek basıncını karşılayıp karşılayamadığına bakılır. Her bir sınıf için destekleme sistemi belirlenirken sadece dayanım, uygulama kolaylığı, maliyeti vb. konularda göz önünde bulundurulur. Aşağıda sıklıkla tek başına, ikisi, birkaçı ya da çoğu bir arada kullanılan destekleme sistemleri verilmiştir. Destekleme sistemleri belirlendikten sonra bu destekleme sistemlerinin tünel güzergahı üzerinde hangi sıklıkla uygulanacağı (ilerleme adımı) da bu sistem üzerinde belirlenir.

- Çelik Hasır (adet-tür)
- Çelik ya da Fiber Lifler (m^3 'de kg)
- Kaya bulonu (tür-çap-uzunluk-radyal ve boyuna aralık)
- Zemin çivisi (tür-çap-uzunluk-radyal ve boyuna aralık)
- Çelik İksa (tür-sınıf-aralık)
- Püskürtme beton (sınıf-kalınlık)
- Süren (tür-çap-bindirme boyu)

Destekleme sistemleri belirlenirken, gerekli kemerlenme bölgesinin oluşturulabilmesi için ne kadarlık bir yer değiştirme toleransı uygulanacağı da göz önünde bulundurulur ve destekleme sistemleri buna göre tasarlandırılır.

Portaller için destekleme sistemleri belirlenmeden önce portal kazılarının nasıl bir eğimle oluşturulacağı belirlenir. Bu belirleme yapılırken, tünel giriş veya çıkışının jeolojisi, kamulaştırma sınırı, şev yüksekliği vb. kriterler göz önünde bulundurulur. Belirlenen şev değerlerine göre kinematik analizler gerçekleştirilir. Bu aşamada tünel üzerinde kalan örtü kalınlığına (Bu örtü kalınlığının net bir değeri olmamakla birlikte, tünel güzergahındaki jeolojiye göre belirlenir. Genelde tünel yarıçapı kadar bir örtü kalınlığı uygulanır.) göre tünelin net giriş ve çıkış metreleri tam olarak belirlenir ve uygun olabilecek destekleme sistemi belirlenir.

Tünel giriş ve çıkış yapılarında çok özel bir durum olmadıkça (aşırı su geliri, aşırı zayıf zemin vb.) aşağıdaki destekleme sistemleri önerilir:

- Kaya bulonu (tür-çap-uzunluk-yatay-düşey aralık)
- Zemin Çivisi (tür-çap-uzunluk-yatay-düşey aralık)
- Hasır çelik (tür-adet)
- Püskürtme beton (sınıf-kalınlık)
- Barbakan-Drenaj boruları (çap-uzunluk-yatay düşey aralık)

Belirlenen şev eğimleri ve net tünel giriş-çıkış metreleri ulaştırma mühendisine iletilir.

2.3.9 Portal kazı planlarının oluşturulması

Tünel şev eğimleri ve tünel net giriş-çıkış metreleri belirlendikten sonra, ulaştırma mühendisleri tarafından 3 boyutlu tünel portal kazı planı hazırlanır. Tünel aynası ve tünel yan şevlerine ait görünüşler, tünelin portal kazıları bittikten sonraki planı ve belirlenen şev eğimlerine göre giriş çıkış en kesitleri ulaştırma mühendisleri tarafından hazırlanır.

2.3.10 Portal yapılarının oluşturulması

Bu aşamada, statik alanında uzmanlaşmış inşaat mühendislerine portal kazıları ve istenilen portal yapılarının listesi verilir. Gerekli jeoteknik bilgilerle birlikte, istenilen geometride, beklentiye uygun, yeterli güvenliği sağlanmış, portal yapıları tasarlanır. Tasarım statik anlamda, bilgisayar programları aracılığıyla güvenilirliği test edilir ve mimarisi ve donatısıyla inşaat teknikerine teslim edilir.

2.3.11 Stabilite analizleri

Stabilite analizleri yapılırken, oluşturulacak modelin belirli standartları karşılaması gerekmektedir. Modelin geometrisi oluşturulurken kazının yapılacağı alandan bir miktar daha fazla bir bölümün geometrisi oluşturulur. Bu durum yine jeolojiyle doğrudan ilintili bir konu olmasıyla birlikte genelde tünel ya da portal kazısının etki mesafesi göz önünde bulundurularak model geometrisi oluşturulur.

Stabilite analizleri sonucunda uygulanan destek sistemlerinin yeterli güvenliği sağlayamadığı görülürse, yeniden tasarımılandırılır.

2.3.12 Teknik çizim

Stabilite analizler sonucunda istenilen güvenlik katsayıları ya da önceden belirlenen toleranslar içerisindeki yer değiştirmeler elde edilmişse projede belirlenen destekleme sistemleri artık paftalaştırmaya hazırdır. Bu aşamada inşaat teknikerlerine destekleme sistemlerine ait (tünel ve portal için) tüm parametreler iletilir. Bu aşamadan sonra gerekli görülen yerlerde inşaat teknikerleri konu hakkında bilgilendirilerek, projenin son haline getirilmesi sağlanır.

2.3.13 Teknik çizim kontrolü

Bu aşamada projeyi hazırlayan kişi tarafından yapılan kontrollerde, rapor içerisinde kullanılan destekleme sistemleriyle, paftalar üzerindeki destekleme sistemlerinin uyumu kontrol edilir. İmalata uygun olmayacak bölümler düzeltilir. Tüm detaylar kontrol edilir.

2.3.14 Sonuçlar

Bu aşamada, tünel projesi için yapılan tüm işlemler özetlenir, hazırlanan proje için özel bir durum varsa belirlenir ve güvenlik sayıları, destek sınıfları gibi kısımlar belirtilir. Projede ön görülen tüm durumlar açıklanır. Ön görülenden farklı bir durumla karşılaşılması durumunda projeyi yapan kişinin bilgilendirilmesini sağlayacak uyarılar (gerek rapor içerisine, gerek paftaların notlar bölümüne) yerleştirilerek projeyi üreten kişinin uygulamadan haberdar olması sağlanır.

2.3.15 Proje teslimi

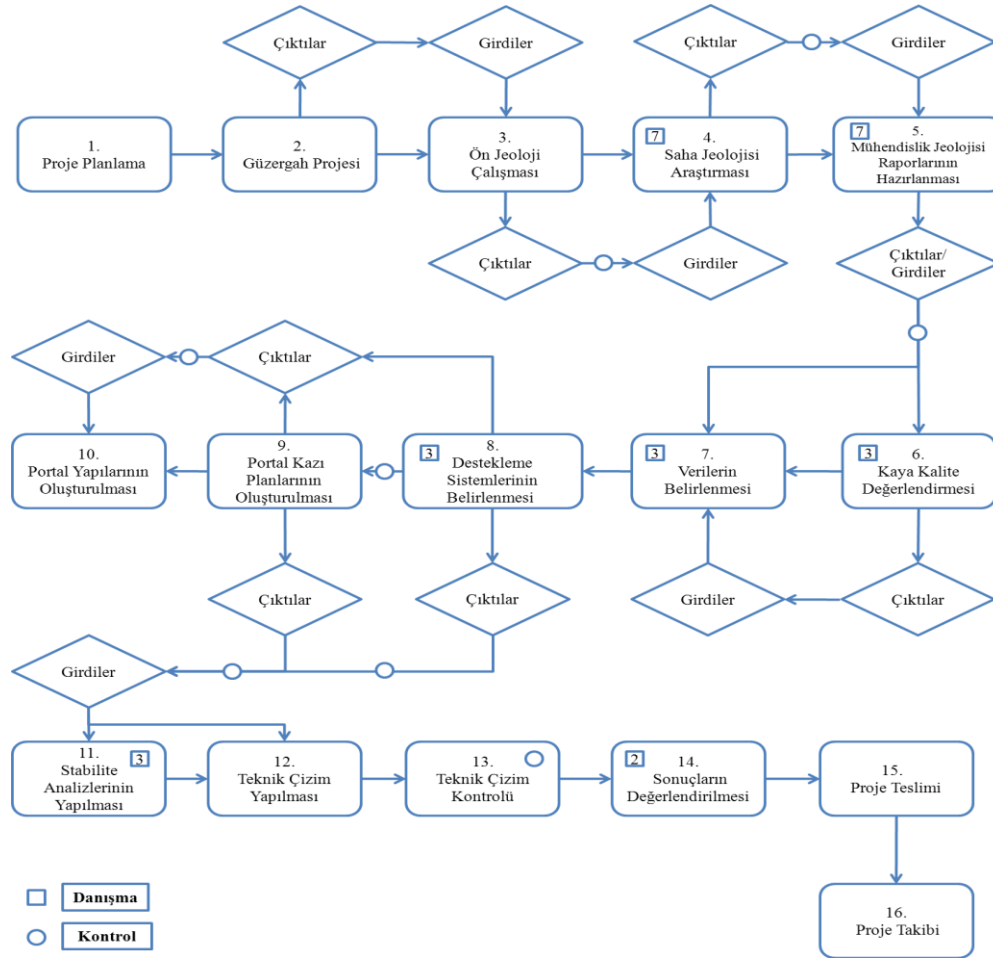
Bu aşama, hazırlanan projenin ilgili kurumlara eksiksiz olarak teslimini içermektedir. Bu teslimin gerçekleşmesiyle bu süreç sona erer.

2.3.16 Proje takibi

Bu aşama, hazırlanan projenin ilgili kurumlara onaylanması sürecini içermektedir. Yukarıda belirtilen tüm süreçlerin eksiksiz olarak yerine getirilmesi, bu aşamayı oldukça kolay hale getirmektedir. Projenin onaylanması sürecinde, olası sorular ya da çekincelerin oluşması halinde proje takibini gerçekleştiren kişi devreye girerek projenin sorunsuz bir şekilde onay mercilerinden geçmesini sağlamalıdır.

2.4 Proje Süreç Haritası

Proje süreçleri, tanımlandıktan sonra belirli bir mantık ve dizilimle birbirine bağlanır. Süreçlerin çıktı verdikleri durumlarda, diğer süreç içerisine girdi olarak yansıtılmadan önce yapılan kontrollerle hata payları indirgenmeye çalışılır. Belirli süreçlerin içerisinde yapılan danışma işlemleriyle, kontrol öncesi sürecin doğru ilerlemesi amaçlanır. Şekil 2.5'te bir proje teslimi için izlenmesi gereken süreç haritası verilmiştir.



Şekil 2.5 : Proje süreç algoritması.

2.5 Proje Yetki-Sorumluluk Matrisi

Süreç haritasının daha net anlaşılması, ayrıca organizasyon şemasında görülen çalışanların süreçlere hangi aşamalarda dahil olacağı kısmına açıklık getirebilmek için proje yetki sorumluluk matrisi oluşturulmuştur. S,H,D vb. kısaltmalarla süreçlerle ilgili, sorumlu olacak (S), hesap verecek (H), danışılacak (D), bilgi verilecek (B), teslim edilecek (T) birimler belirlenmiştir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2 : Yetki ve sorumluluk matrisi.

YETKİ VE SORUMLULUK TABLOSU												
AKTİVİTELER		Genel Müdür	Yeraltı Yapıları Grubu			Güzergah Grubu		Jeoloji Grubu		Statik Grubu		Teknik Ressam
			Proje Koordinatörü	Proje Yöneticisi	Tünel Mühendisi	Güzergah Grubu Koordinatörü	Ulaştırma Mühendisi	Jeoloji Grubu Koordinatörü	Jeoloji Mühendisi	Statik Grubu Koordinatörü	Statik Mühendisi	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Proje Planlaması	S	S	S			B		B		B	
2	Güzergah Projesi		B	T		H	S					
3	Ön Jeoloji Çalışması			B				H	S/T			
4	Saha Jeolojisi Araştırması			B				H/D	S/T			
5	Mühendislik Jeolojisi Raporlarının Hazırlanması		B	T				H/D	S			
6	Kaya Kalite Değerlendirmesi		B	D/H	S							
7	Stabilite Analizleri için Verilerin		B	D/H	S							
8	Portaller ve Tüneller için Destekleme Sistemlerinin Belirlenmesi		B	D/H	S		T				T	T
9	Portal Kazı Planlarının Oluşturulması		B	H/T	S		S					
10	Portal Yapılarının Oluşturulması		B	H							S	
11	Stabilite Analizlerinin Yapılması		B	D/H	S							
12	Teknik Çizim Yapılması		B	D/H								S
13	Teknik Çizim Kontrolü		H/B	S								
14	Sonuçların Değerlendirilmesi	B	D/H	S								
15	Proje Teslimi	B	H	S								
16	Proje Takibi	B	D/H	S								
	Kısaltma Açıklamaları S = Süreçten Sorumlu Birim / Pozisyon (S: Sorumlu) H = Süreçle İlgili Hesap Veren (Süreci Kontrol Edip Onaylayan) Birim / Pozisyon (H: Hesap Veren)					D= Süreçle İlgili Danışmanlık Veren Birim / Pozisyon (D: Danışılan) B = Süreçle İlgili Bilgi Sahibi Olması Gereken Birim / Pozisyon (B: Bilgi Verilen) T = Çıktının Teslim Edildiği Birim / Pozisyon (T: Teslim Edilen)						

2.6 Paydaş Toplantıları

Yeraltı projelerinin daha verimli, daha güvenilir, daha kaliteli ve daha şeffaf bir ortamda üretilmesine olanak sağlamak amacıyla projenin tüm paydaşlarıyla toplantılar düzenlenir. Toplantıda aşağıdaki konu başlıklarıyla ilgili ya da projeye özel başkaca konular hakkında fikirleri sorulur:

- Projelerde karşılaşılan hataların sebepleri,
- Daha kaliteli projeler için yapılması gerekenler,
- İşveren, onaylayan ya da çalışan olarak proje süreçlerinden beklenti ve istekler

Projenin hazırlık aşamasından sahada hayata geçirilmesine kadar projeye dahil olan kişi ve kurumlar aşağıda belirtilmiştir.

Projeyi gerçekleştiren ekip

- Şirket Sahibi (Projeyi şirket içerisindeki onaylayan genel müdür)
- Tünel Mühendisi (Genellikle proje yöneticisi)
- Tünel Mühendisi (Proje koordinatörü)
- Jeoloji Mühendisi (Saha ve ofis jeoloji çalışmalarını gerçekleştiren ekip)
- Ulaştırma Mühendisi (Güzergah ve portal çalışmalarını gerçekleştiren mühendis)
- Statik Mühendisi (Portal yapılarını ve tünel ikincil desteklemesini tasarlayan mühendis)
- İnşaat Teknikeri (Tünel projesine ait tüm çizimleri gerçekleştiren ekip)

İşveren (Ulaştırma Bakanlığı- Karayolları Genel Müdürlüğü)

- Karayolları Kontrol Şefi (Mühendis)
- Karayolları Arazi Mühendisi
- Karayolları Bölge Ar-Ge Baş Mühendisi
- Karayolları Genel Müdürlüğü Jeolojik Hizmetler Şube Şefliği (Jeoloji mühendisi)
- Karayolları Genel Müdürlüğü Tüneller Şube Şefliği (Tünel mühendisi)

Yüklenici (İnşaat Firması)

- Etüt Proje Şefi (Harita mühendisi)
- Jeoteknik Hizmetler Şefi (Jeoloji mühendisi)

- Tünel Yapım Şefi (Tünel veya inşaat mühendisi)
- Şantiye Şefi (Jeoloji-harita-İnşaat-tünel mühendisi)
- Proje Müdürü (Jeoloji-harita-inşaat-tünel mühendisi)

Proje paydaşlarıyla yapılan toplantılarla elde edilen sonuçlara ilişkin genel bir yorum ifade etmek oldukça güçtür. Her proje paydaşının içerisinde bulunduğu grup ve konum itibarıyla projeden beklentiler konusunda daha farklı bir yaklaşım sergilediği görülmüştür. Tartışmasız herkesin hem fikir olduğu konu projenin güvenli bir imalata izin vermesidir. Aşağıda bugüne kadar çalışması tamamlanmış bir çok proje için yapılan toplantılardan çıkan kısa özetler verilmiştir.

Projeyi gerçekleştiren ekip

- Proje teslim süresinin daha uzun olmasını,
- Her proje için belirli bir standart olmasını,
- Projelendirme sırasında proje koşullarının değişmemesini,
- İşveren ve proje uygulayıcısının beklentilerini net ifade etmesini,
- Uluslararası bilimsel çalışmalara dayanılarak çalışmalar yapılmasını talep etmektedir.
- Ayrıca, proje süresince bilgilerin doğru ve anlaşılır bir şekilde iletilmemesinin, proje aşamalarının ilerlemesini sekteye uğrattığını,
- Proje teslim süresinin ve projeye altlık sağlayacak jeolojik çalışmalarının yetersiz olduğunu düşünmektedir.

İşveren

- Projelerin zamanında, eksiksiz, doğru ve anlaşılır bir şekilde teslim edilmesini,
- Projeyi gerçekleştiren ekibin yöneticisinin projesini anlatmak için bir sunum yapmasını,
- Projenin hem kaliteli, hem de optimum maliyete sahip olmasını,
- Şartnamelere net olarak uyulmasını talep etmektedir.
- Ayrıca, şartnamelere net olarak uyulmamasını, bilimsel çalışmalara bağlı kalınmadan projelerin hazırlanmasını sorun olarak görmektedir.

Yüklenici

- Projenin doğru, kaliteli ve mutlaka güvenli bir şekilde hazırlanmasını,
- Projelerin daha kısa sürede tamamlanmasını,
- Projelerde uygulama kolaylığının gözetilmesini talep etmektedir.

- Ayrıca, arazide uygulaması neredeyse mümkün olmayan ve zamanında teslim edilmeyen projeleri en büyük sorun olarak görmektedir.

2.7 Revizyon Gerekçe Analizleri

Mevcut süreçler çıkarıldıktan sonra bugüne kadar hazırlanan projelerde revizyona sebep olan gerekçelerin neler olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Yaklaşık 2 yıllık süreç içerisinde gerçekleştirilen 50'ye yakın yeraltı projesinde yapılmış hatalar, şantiyelerden gelen istekler ve imalatla yaşanan problemler, Karayolları Bölge ve Genel Müdürlüğü tarafından istenilen düzeltmeler, uygulamadaki zorluklar listelenmiştir (Çizelge 2.3). Yapılan listeleme sonrasında revizyona sebebiyet veren sorunların süreçlere dağılımı incelenmiştir (Şekil 2.6, Şekil 2.7).

Jeolojik süreçlerin hızlı bir şekilde tamamlanmaya çalışılması, eksik jeolojik araştırma, mühendislik jeolojisi açısından incelemelerin detaylı yapılmaması revizyona sebep olan etkenler olarak göze çarpmaktadır. Jeolojik birimlerin yeniden değerlendirilmesi sonucu destekleme sistemleri de doğrudan etkilenmektedir. Ayrıca standarttan sapan destekleme sistemleri de eğer belirli bir gerekçesi yapılmazsa projenin reddedilerek geri çevrildiği görülmektedir.

Verilerin analiz edilmesi sırasında kullanılan yöntemlerin açıkça tarif edilmemesi, literatür araştırmalarıyla netleştirilen yeni verilere kaynak gösterilmemesi, akılcı yaklaşımlarla verilerin incelenmemesi, verilerin belirlenirken hata yapılmasına sebep olmaktadır. Stabilitate analizlerinde belirli bir standart olmaması, stabilitate analizlerinin tekrarına yol açmış olup, destekleme sistemlerinin yeniden değerlendirilmesine sebebiyet vermiştir.

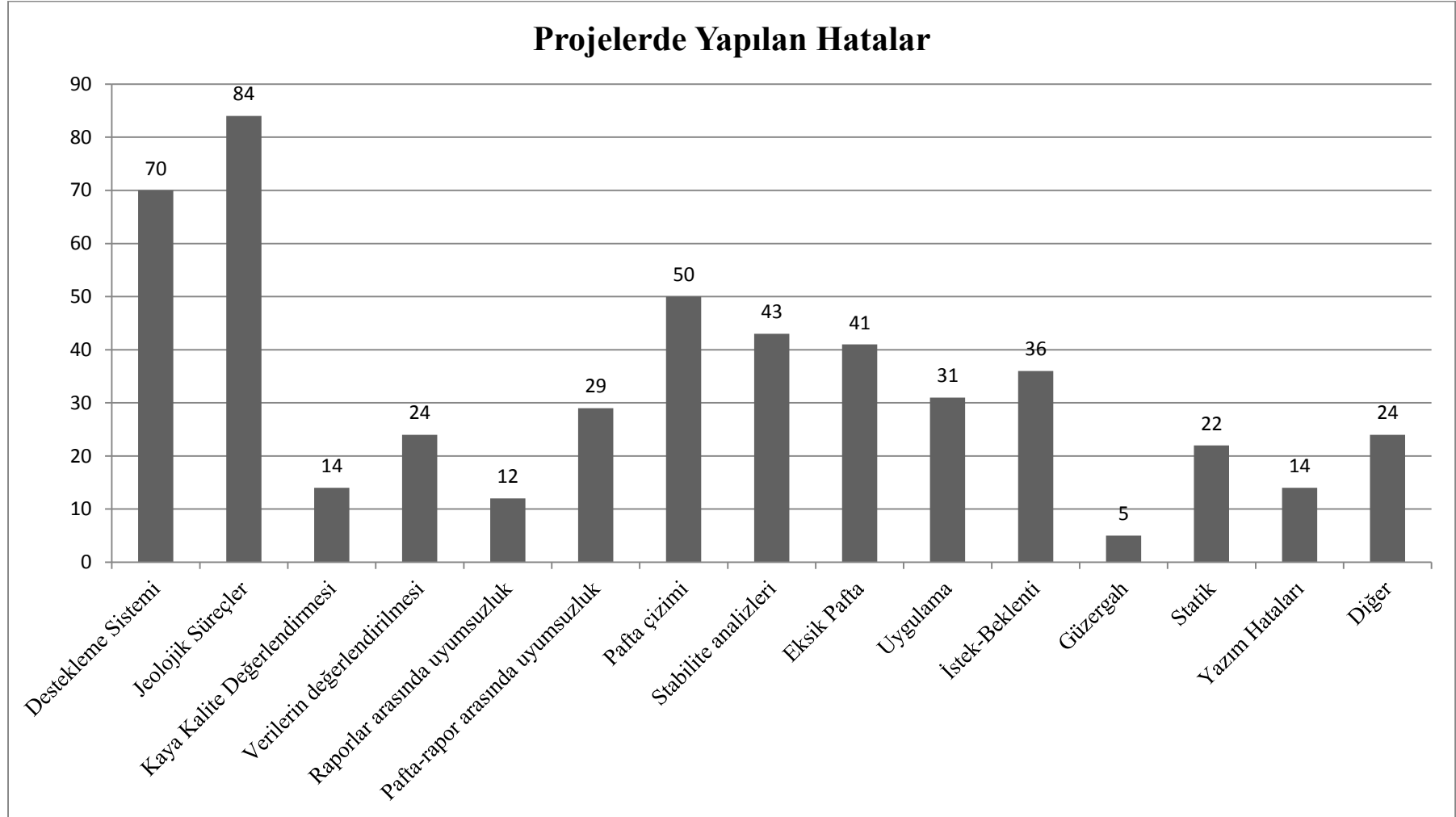
Raporların kendi içerisindeki bütünlüğü de kontrol edilmeyen bir diğer ayrıntı olarak göze çarpmaktadır. Proje için verilen paftalar ile rapordaki verilerin birbiriyle uyumsuzluğu, pafta çiziminden kaynaklanan sorunlar ya da eksik paftaların varlığı, proje yöneticisi ile inşaat teknikeri arasındaki iletişim eksikliğinden kaynaklı gözükmemektedir. Statik birimindeki hatalar, proje yöneticisinin sorumluluğunda olup, eksik verilerle çalışan statik grubunun hesaplamalarda hata yapmasına sebep olmaktadır. Proje sahibi ve onay merkeziyle istek ve beklentilerin görüşülmemesi projede revizyona sebep olmaktadır. Raporların ve paftaların hazırlandıktan sonra redaksiyon anlamında kontrol edilmemesi de revizyona sebep olmaktadır. Bu konuda

en çok dikkat çeken kısım, hazırlanan antetlerdeki yazım hatalarıdır. Görüş ve fikir ayrılıkları, konsept değişiklikleri ise diğer revizyon sebepleri olarak gözükmemektedir.

Çizelge 2.3 : Projedeki revizyon sebepleri ve yüzdeleri.

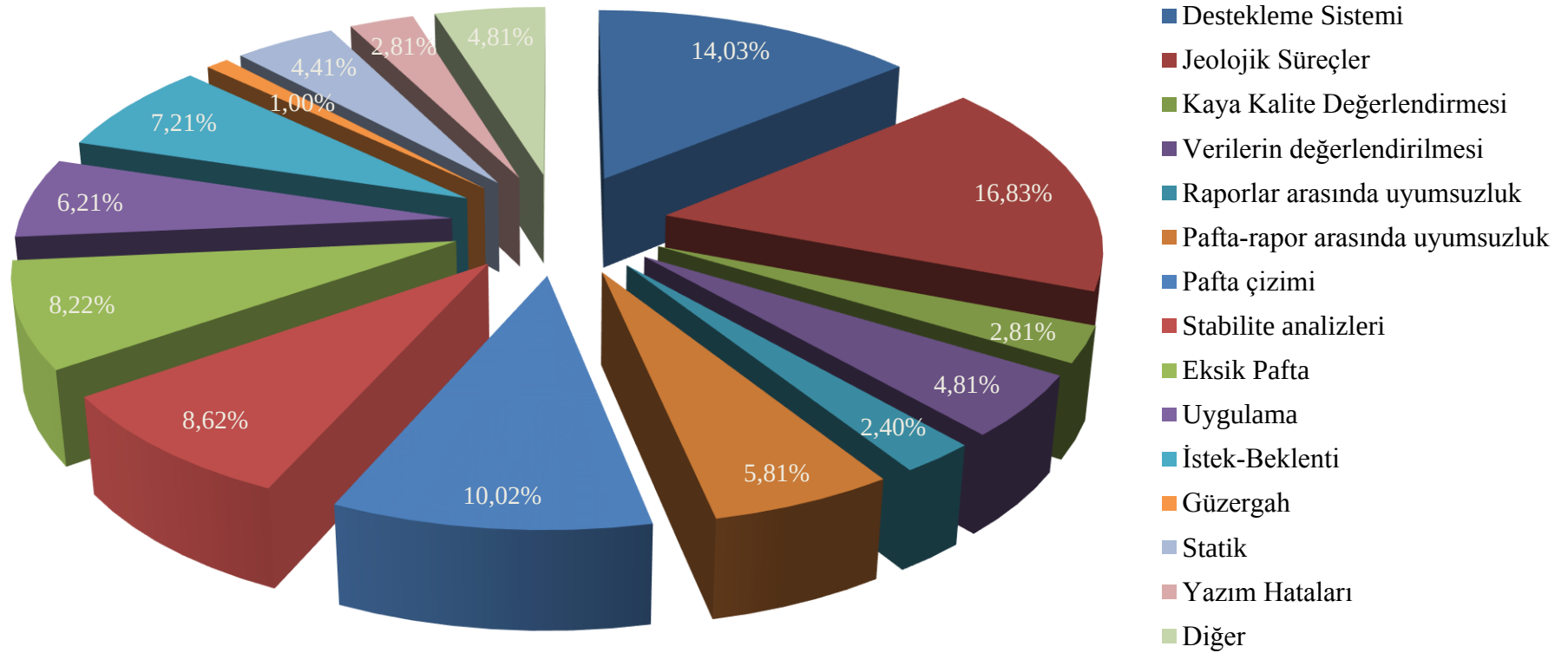
No	Revizyon Sebebi	Adet	Yüzde
1	Destekleme Sistemi	70	14,03%
2	Jeolojik Süreçler	84	16,83%
3	Kaya Kalite Değerlendirmesi	14	2,81%
4	Verilerin değerlendirilmesi	24	4,81%
5	Raporlar arasında uyumsuzluk	12	2,40%
6	Pafta-rapor arasında uyumsuzluk	29	5,81%
7	Pafta çizimi	50	10,02%
8	Stabilite analizleri	43	8,62%
9	Eksik Pafta	41	8,22%
10	Uygulama	31	6,21%
11	İstek-Beklenti	36	7,21%
12	Güzergah	5	1,00%
13	Statik	22	4,41%
14	Yazım Hataları	14	2,81%
15	Diğer	24	4,81%
Toplam		499	%100

Yukarıda bahsedilen sorunların önüne geçebilmek amacıyla yapılan dağılım haritalarıyla, projenin hangi süreçlerinde sorunlar yaşandığı ortaya konmuştur. Bu sorunların önüne geçebilmek amacıyla, geleneksel yöntemlerle işleyen proje yönetiminin güncellemesi yapılmıştır. Bir projenin gerçekleştirilmesi için gerekli tüm süreçler belirlenerek, var olan süreç haritası ile hedef süreç haritası belirlenmiştir. Ayrıca her süreç için de belirli standartlaştırma ve kontrol mekanizmaları getirilerek, hatalar minimuma indirilmeye çalışılmıştır. Bu işlemlerin yapılabilmesi için sadece departman bazında organizasyon yapısı oluşturulmuştur. Hazırlanan bu organizasyon yapısının ardından projeyi gerçekleştiren ekipler içerisinde uygulayıcı-sorumlu-danışman-bilgilendirilen anlamına gelen bir yetki-onay matrisi hazırlanarak gerekli kontrol mekanizmaları oluşturulmaya çalışılmıştır.



Şekil 2.6 : Projelerde yapılan hata dağılımları.

Projelerde Yapılan Hata Yüzdeleri



Şekil 2.7 : Projelerde yapılan hata yüzdeleri.

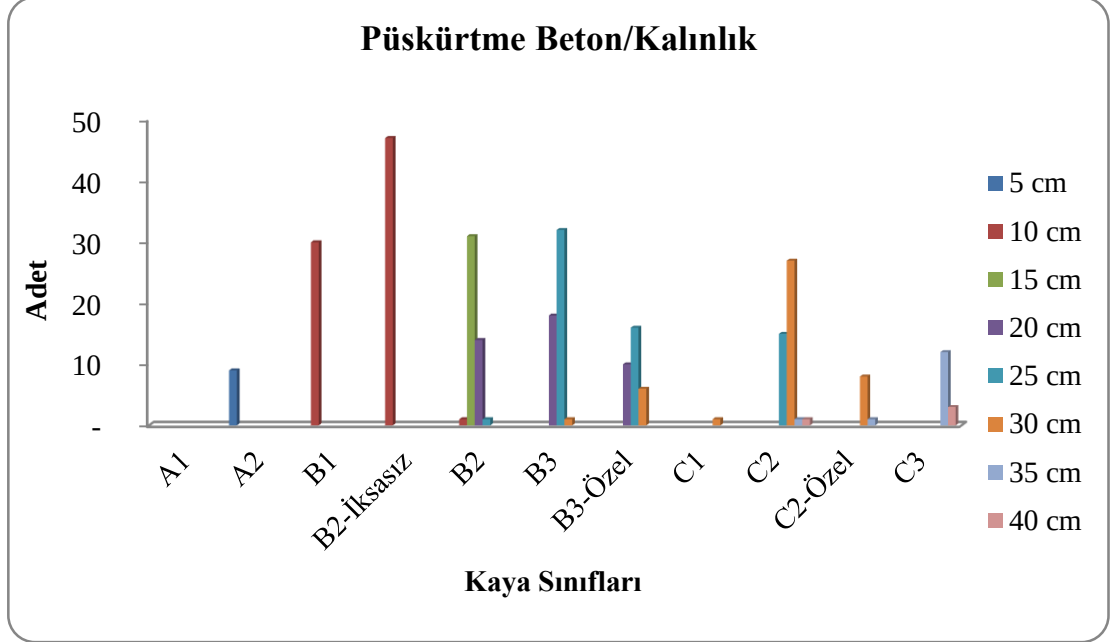
2.8 Destekleme Standartları

Destekleme sistemlerinde yapılan hataların önüne geçebilmek için projelerdeki standart destekleme sistemlerinin istatistiği tutulmuştur. Son üç yılda yapılan yaklaşık elliye yakın projede kaya sınıfları için hangi destekleme çeşitlerinin tercih edildiği Çizelge 2.4'te görülmektedir. Çizelgede verilen destekleme sistemlerinin açıklamaları Ek B'de verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Projedeki destekleme sistemlerinin dağılımı.

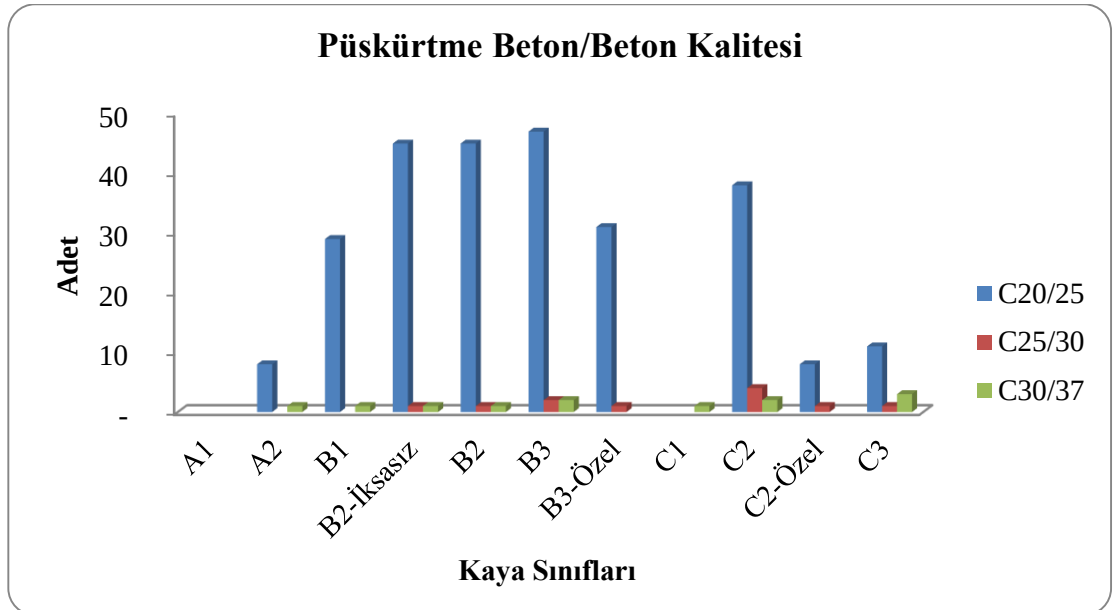
Destekleme			KAYA SINIFLARI											
			A1	A2	B1	B2-İksasız	B2	B3	B3-Özel	C1	C2	C2-Özel	C3	
Püskürtme Beton	Kalınlık	5 cm		9										
		10 cm			30	47	1							
		15 cm					31							
		20 cm					14	18	10					
		25 cm					1	32	16		15			
		30 cm						1	6	1	27	8		
		35 cm									1	1	12	
		40 cm									1		3	
	Beton kalites	C20/25		8	29	45	45	47	31		38	8	11	
		C25/30				1	1	2	1		4	1	1	
C30/37			1	1	1	1	2		1	2		3		
İksa	Çelik İksa	IPN 100				1								
		IPN 120					38							
		IPN 140					7	22						
		IPN 160					1	28	26		7			
		IPN 180									3	1		
		IPN 200								1	34	8	15	
	Kafes İksa								6		1	1		
Bulon	Cinsi	SN		9	30	46	46	22	21	1	7	1		
		PG				1	1	29	23		19	7	7	
		IBO							1		18	1	7	
	Uzunluk	4m			30	47	47	1		1				
		4-6m						46	25		1			
		6m						4	2		32	1		
		6-8m									10	7	1	
		8m									1	1	7	
		8-12m											8	
	Arahk (radyal)	0,75 m									3		1	
		1,0 m								7	36	8	7	
		1,25 m						2	1	1	4		3	
		1,5 m						46	24		1	1		
		1,75 m					3							
		2,0m			20	47	44	3						
2,5m				10										
Hasır Çelik	Cinsi	Q221/221		9	30	47	46	50	31		40	9	6	
		Q589/221					1	1			3		2	
		Q589/378							1	1	1		7	
	Adet	1Kat		9	30	47	9							
Süren	Çap	2Kat	-	-	-	38	51	32			44	9	15	
		1,5 "					46	40	21		8			
		2,0 "					1	11	11	1	10	1	1	
		3,0 "									6		3	
		3,5 "									2	2	8	
	4,0 "											3		
	Uzunluk	4m					31	14	10			18	6	3
		6m					16	37	16	1	21	3	4	
		8m									6		6	
		9-12m							6		15	6	6	
İlerleme Adımı	Üstyarı	0,50-0,75									2	1	9	
		0,75-1,00						1	7	1	39	7	6	
		1,00-1,25						3	4		1			
		1,00-1,50						28	20			1		
		1,25-1,50						18						
		1,50-2,00				47	46	1	1					
		2,00-3,00		9	30									
Deformasyon Toleransı		1-2 cm		9										
		2-3 cm			29									
		3-5 cm			1	47	47							
		5-10 cm						48	31	1	4	1	2	
		10-15 cm						3	1	-	33	8	1	
		15-20 cm									7		8	
		20-25 cm											4	

Projeler incelendiğinde, A2, B1 ve B2 iksasız sınıflarında tek bir kalınlık önerilmiş ve uygulanmıştır (Şekil 2.8). Geriye kalan sınıflar için de olası bir standarttan bahsetmek mümkün olup belirli sebeplerden dolayı standartlardan sapma da görülmektedir.



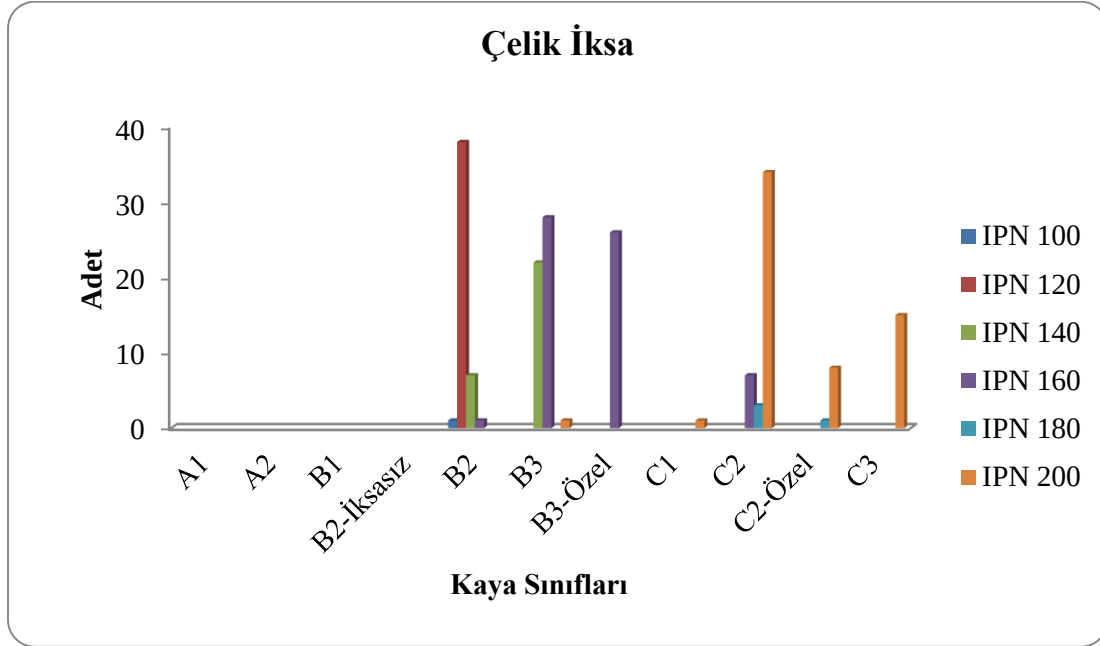
Şekil 2.8 : Projelerdeki p. betonun kalınlık dağılımları.

Projelerin bütününe bakıldığında genellikle kullanılan sınıfın C20/25 olduğu görülmektedir. C20/25'in yeterli olmadığı durumlarda diğer sınıflar dikkate alınmaktadır (Şekil 2.9).



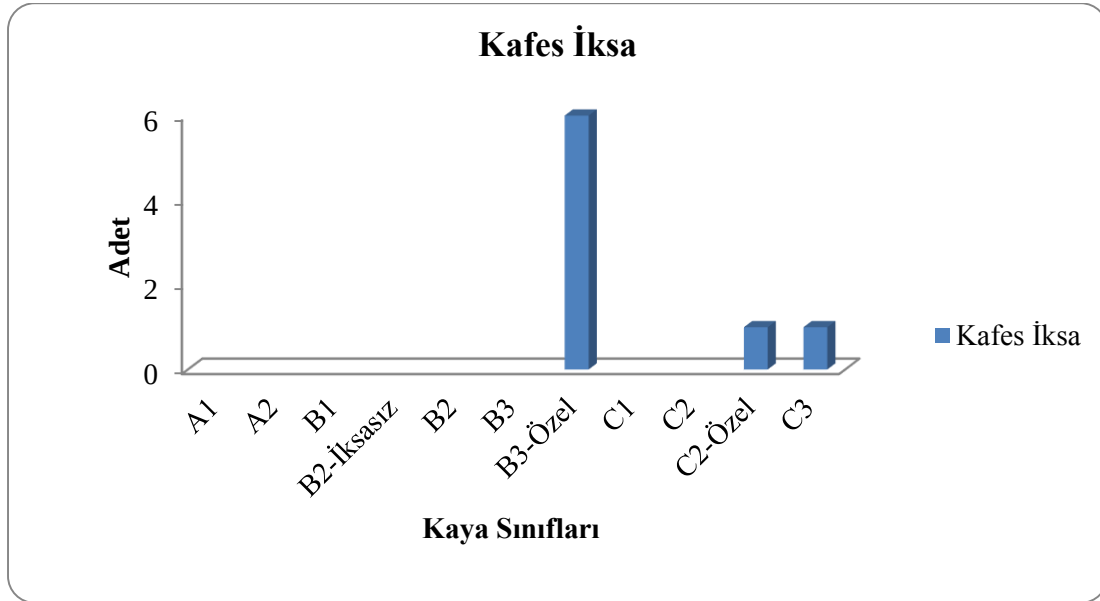
Şekil 2.9 : Projelerdeki p. betonun kalite dağılımları

Projelerde B2'den sonrası için iksa kullanımı mümkündür, C sınıfları için IPN 200 kullanılırken, B2 sınıfları için IPN120, B3 sınıfları içinse IPN 160 kullanımı yaygın olarak görülmektedir(Şekil 2.10).



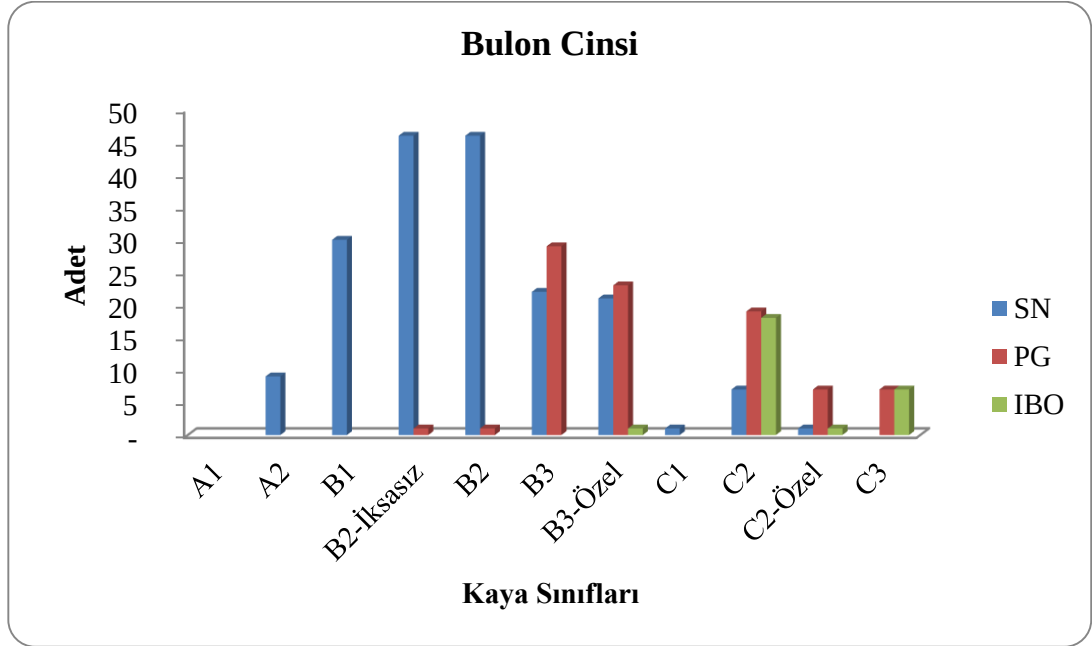
Şekil 2.10 : Projelerdeki iksaların boyut dağılımları.

Projelerde kafes iksa kullanımı sadece özel durumlarda yaygındır(Şekil 2.11), bu durum süren çakılması için gerekli alan ve mesafe bulunmadığında kafes iksanın boşluklu yapısı sebebiyle süren çakmaya uygun olmasından kaynaklanmaktadır.



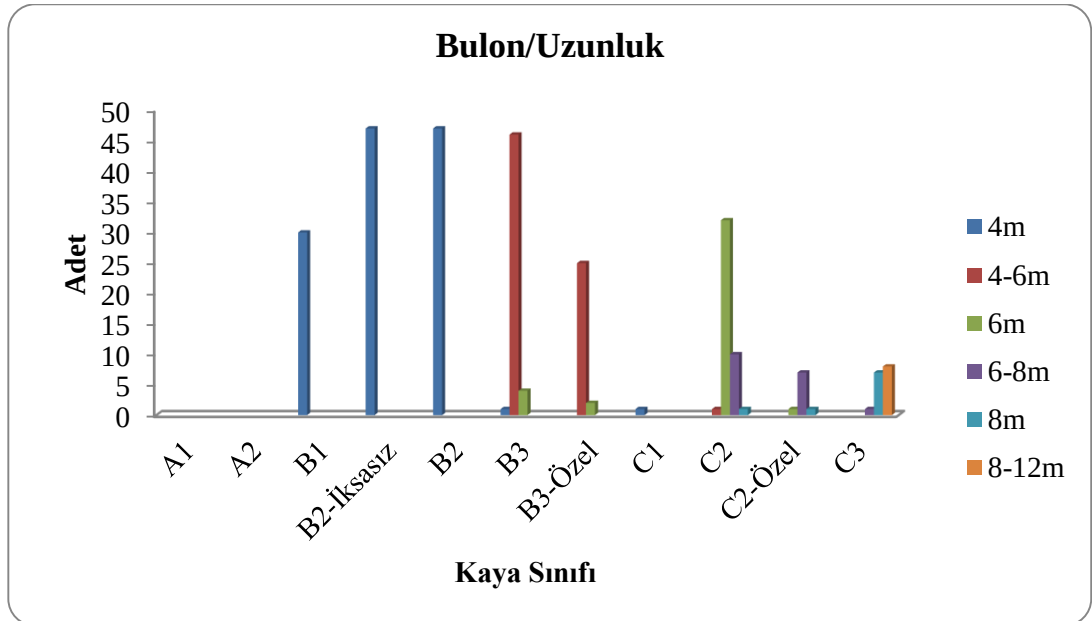
Şekil 2.11 : Projelerdeki kafes iksaların dağılımları.

Projeler incelendiğinde sağlam formasyonlarda PG ve IBO bulon kullanımı yok denecek kadar azdır. B3 sınıflarında PG ve SN'le birlikte oldukça yaygın kullanılırken, C sınıflarında ağırlık PG ve IBO bulondadır (Şekil 2.12).



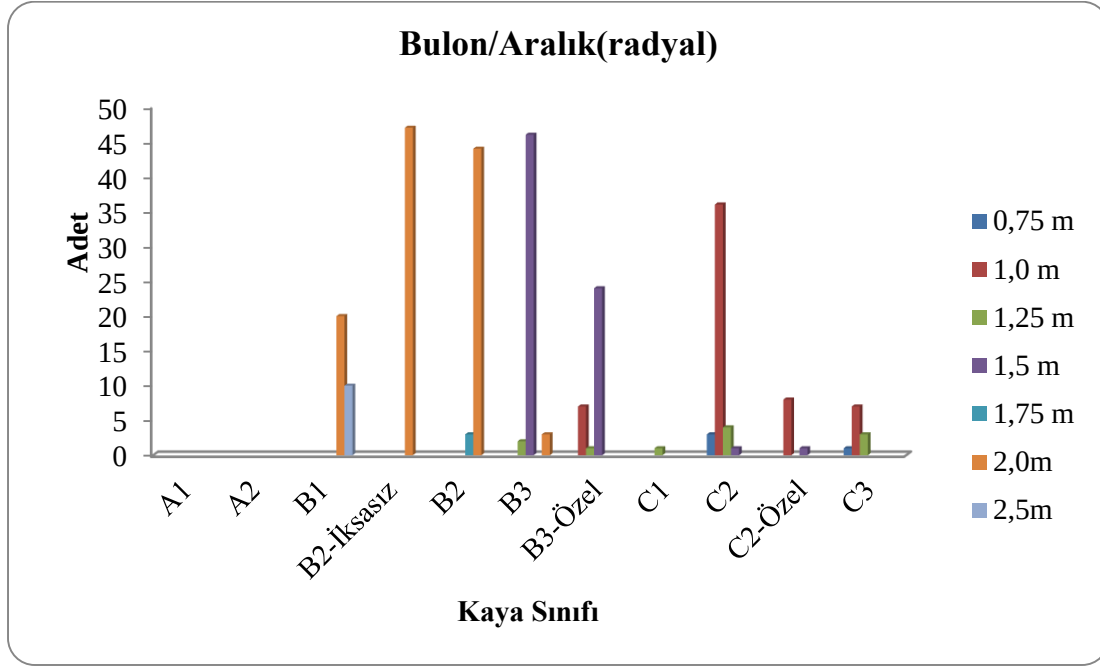
Şekil 2.12 : Projelerdeki bulon cinslerinin dağılımları.

Projelerdeki bulon uzunluklarına bakıldığında 4 m'lik bulon kullanımı sağlam zeminlerde tek kullanılan uzunluk olarak göze çarpmaktadır (Şekil 2.13). Kaya sınıflarının dayanımı arttıkça kullanılan uzunluk artmakta haliyle seçenekler de çoğalmaktadır.



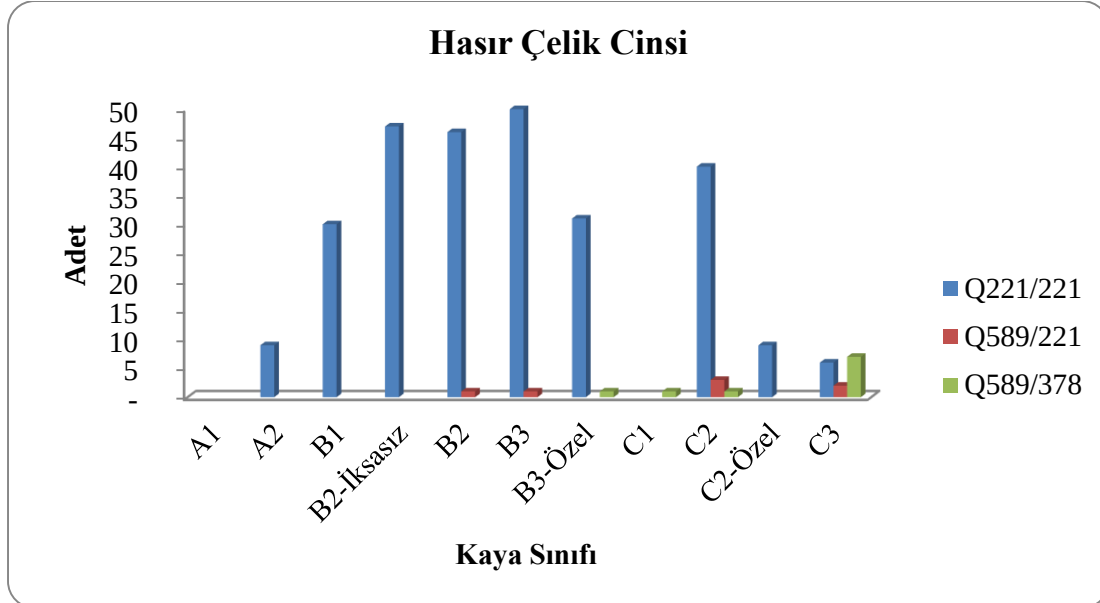
Şekil 2.13 : Projelerdeki bulon uzunluklarının dağılımları.

Projelerdeki bulonların radyal aralıkları incelendiğinde, B1 ve B2 sınıflarında hakim aralığın 2 m olduğu görülmektedir. B3 sınıfında bu aralığın 1.5 m olduğu, C sınıflarında ise genellikle 1m'ye çekildiği görülmektedir(Şekil 2.14).



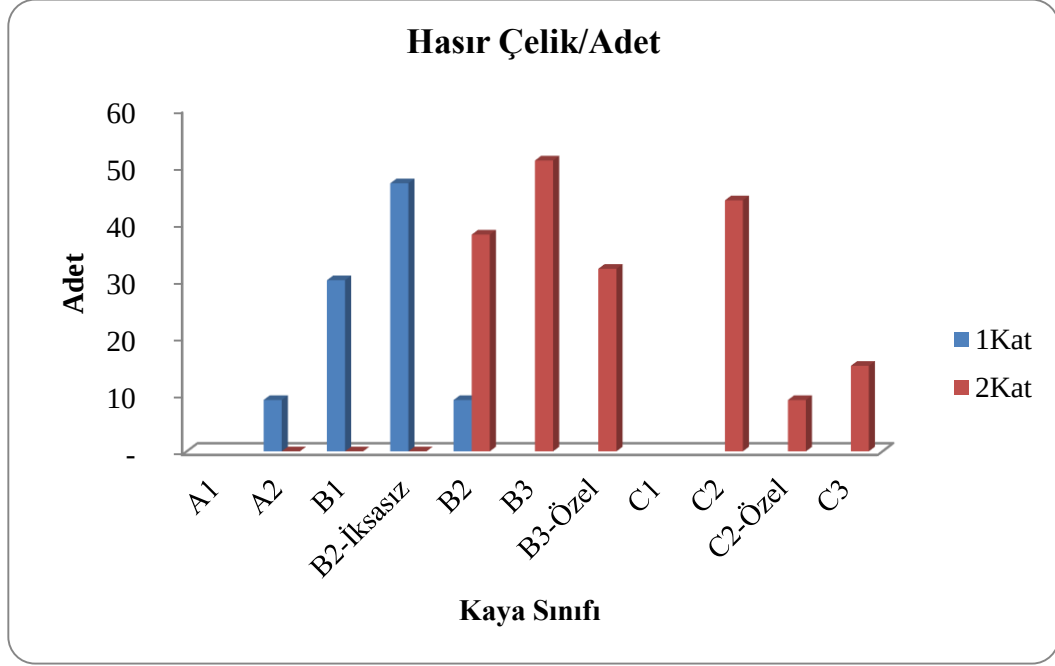
Şekil 2.14 : Projelerdeki bulon aralıklarının dağılımları.

Projelerin çok büyük bir yüzdesinde Q221/221 hasır çeliğin kullanıldığı diğer hasır tiplerine sadece özel durumlarda yer verildiği anlaşılmaktadır(Şekil 2.15).



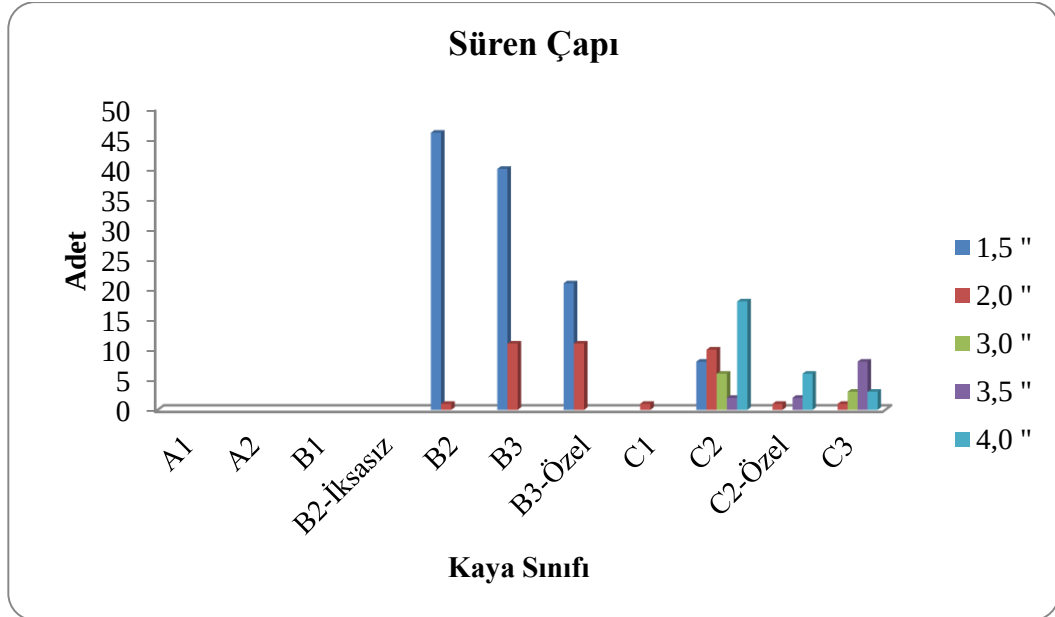
Şekil 2.15 : Projelerdeki hasır çelik cinslerinin dağılımları.

Sağlam formasyonlarda hasır çeliklerin tek kat kullanılırken, 2 kat hasır çelik kullanımı geçiş sınıflarında ve zayıf zeminlerde tercih edilmektedir(Şekil 2.16).



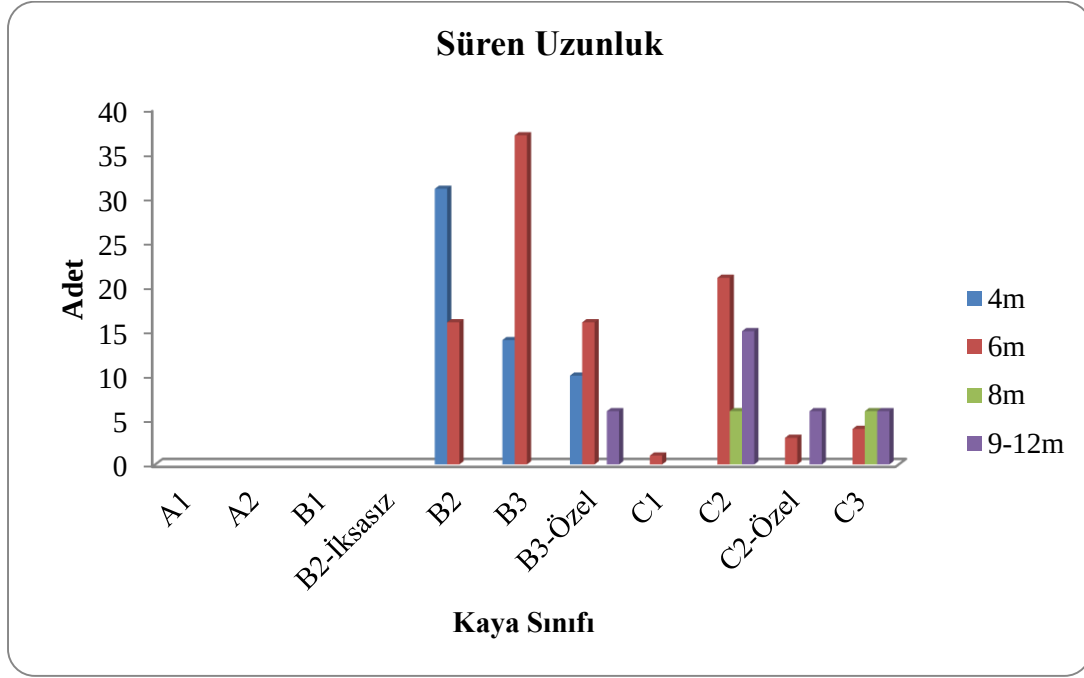
Şekil 2.16 : Projelerdeki hasır çelik adetlerinin dağılımları

B sınıflarında 1.5" çapında süren kullanımının oldukça yaygın olduğu görülmektedir. C sınıflarına gelindiğinde belirli bir yaygınlıktan bahsedilememektedir (Şekil 2.17). Bu durum zayıf zeminlerin ayrıntılı çalışılmasından kaynaklı olduğunu düşündürmektedir.



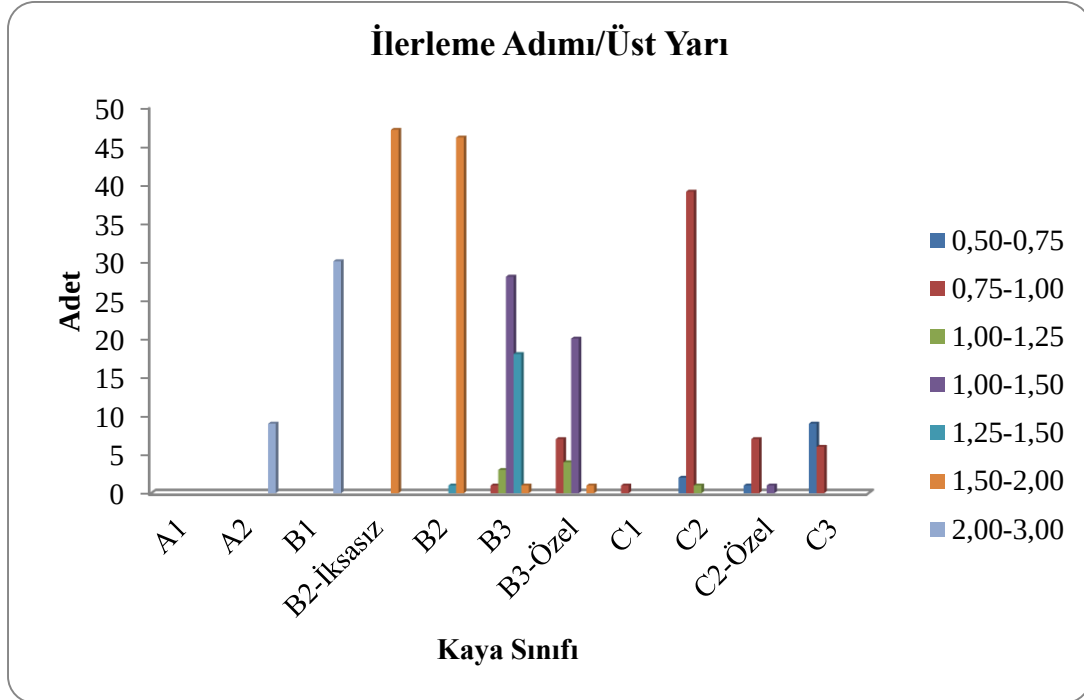
Şekil 2.17 : Projelerdeki süren çaplarının dağılımları.

Sürenlerin uzunluklarında sağlam zeminlerde 4-6 m'lik sürenler oldukça sık kullanılırken C sınıflarına gelindiğinde çok daha uzun sürenler tercih edilmektedir (Şekil 2.18).



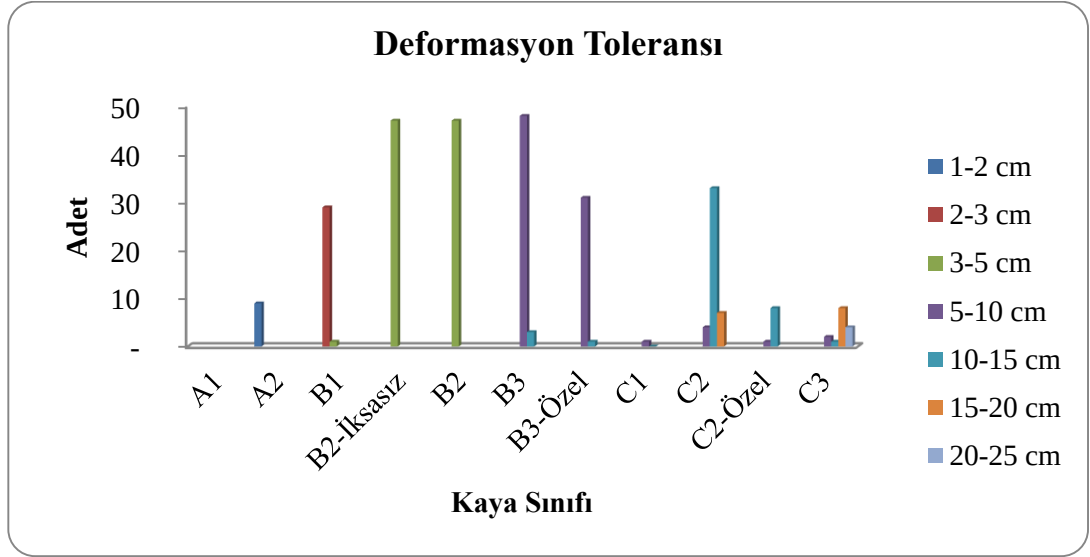
Şekil 2.18 : Projelerdeki süren uzunluklarının dağılımları

İlerleme adımları B sınıfları için neredeyse standart haline gelmiş olup, C sınıfları için de kendi içlerinde yaygınlık olduğu söylenebilir (Şekil 2.19).



Şekil 2.19 : Projelerdeki ilerleme adımlarının dağılımları

A ve B sınıflarında deformasyon toleransları için standartlar değerler kullanılırken, C sınıflarına geçildiğinde daha özel değerlerin kullanımı göze çarpmaktadır (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 : Projelerdeki deformasyon toleranslarının dağılımları

Destekleme sistemleri belirlenirken yukarıdaki veri tabanı gözetilerek hazırlanılması hataların önüne geçilmesine yardımcı olmaktadır. Standart sistemlerin haricinde seçimler yapılması durumunda mutlaka seçime sebep olan etkiler açıklanmalıdır. Bu açıklama ile destekleme sistemi tercihinin ardındaki gerekçeler açıklığa kavuşturulmuş olacaktır.

2.9 Risk Analizi

Projelerin hazırlanması sürecinde, proje yöneticileri proje hedeflerine emin adımlarla ilerleyebilmek için stratejiler belirlemelidir. Bu stratejileri belirlemek açısından risk analizi oldukça etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Melnick ve Everitt'e (2008) göre risk belirli koşullarda ortaya çıkan ve sürece zarar verebilecek olayların gerçekleşme olasılığıdır ve iki ana faktörden oluşmaktadır.

- Olayların gerçekleşme olasılığı
- Olayların yaratacağı sonuçlar

Risk kavramını niceliksel olarak hesaplayabilmek için Haebölling'in (2009) önerdiği aşağıdaki eşitlik kullanılabilir.

$$\text{Risk} = \text{Olasılık} \times \text{Etki} \quad (1)$$

Proje yönetim sürecindeki olası riskleri ortaya koyabilmek için revizyon sebeplerinin karşılaşımla sıklıkları üzerinden sınıflandırmalar yapılmıştır. Aşağıdaki tabloda yapılan bu sınıflama görülmektedir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5 : Risk durumu olasılık sınıflaması.

Olasılık Tanımı	Değer	Yüzde Aralığı	Tanımlama
Çok Yüksek	5	15-20	Risk durumuyla hemen hemen her projede karşılaşıldı.
Yüksek	4	10-15	Riskle birçok projede karşılaşıldı.
Orta	3	5-10	Riskle ancak belirli projelerde karşılaşıldı.
Düşük	2	2,5-5	Risk bazı özel proje koşullarında gerçekleşti.
Çok Düşük	1	0-2,5	Riskle her zaman karşılaşmak söz konusu değil, istisnai durum.

Projede revizyona sebep olabilecek hataların, projenin bütününe ve güvenilirliğine yaptığı etki de irdelenmiştir. Çizelge 2.6'da yapılan revizyonların proje güvenliği ve süreçlerin etkilenmesi açısından etki tanımlaması yapılmıştır.

Çizelge 2.6 : Risk durumu etki sınıflaması.

Etki Tanımı	Değer	Tanımlama
Çok Hafif	1	Proje güvenliğine tehdit oluşturmuyor. Süreçlerle etkileşimli değil.
Hafif	2	Proje güvenliğine sadece istisnai durumlar için tehdit oluşturmakta, süreçlerle etkileşimli değil.
Orta	3	Proje güvenliği bazı özel koşullar için tehdit altında, bazı süreçler etkilenmekte.
Ciddi	4	Proje güvenliğini tehdit etme potansiyeli var süreçlerin büyük bir kısmı etkilenmekte.
Çok Ciddi	5	Projenin güvenliğini tehdit etmekte ve tüm süreçler olumsuz etkilenmekte.

Yukarıda yapılan açıklama doğrultusunda revizyona sebep olan hataların karşılaşımla yüzdeleri ve olasılık tanımları Çizelge 2.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.7 : Revizyon sebepleri olasılık sınıflaması.

No	Revizyon Sebebi	Yüzde	Yüzde Aralığı	Olasılık Tanımı	Olasılık Değeri
1	Destekleme Sistemi	14,03%	10-15	Yüksek	4
2	Jeolojik Süreçler	16,83%	15-20	Çok Yüksek	5
3	Kaya Kalite Değerlendirmesi	2,81%	2,5-5	Düşük	2
4	Verilerin değerlendirilmesi	4,81%	0-2,5	Çok Düşük	1
5	Raporlar arasında uyumsuzluk	2,40%	2,5-5	Düşük	2
6	Pafta-rapor arasında uyumsuzluk	5,81%	5-10	Orta	3
7	Pafta çizimi	10,02%	10-15	Yüksek	4
8	Stabilite analizleri	8,62%	5-10	Orta	3
9	Eksik Pafta	8,22%	5-10	Orta	3
10	Uygulama	6,21%	5-10	Orta	3
11	İstek-Beklenti	7,21%	5-10	Orta	3
12	Güzergah	1,00%	0-2,5	Çok Düşük	1
13	Statik	4,41%	2,5-5	Düşük	2
14	Yazım Hataları	2,81%	2,5-5	Düşük	2
15	Diğer	4,81%	2,5-5	Düşük	2
Toplam		%100			

Çizelge 2.8.'de projede yapılan revizyon sebeplerinin tanımlamalarıyla beraber etkileri verilmiştir. Yapılan etkiler incelendiğinde, jeolojik süreçler ve kaya kalite değerlendirmeleri çok ciddi etki ettiği, verilerin değerlendirilmesi, destekleme sistemleri ve statik hesapların projeye ciddi etkileri olduğu ortaya çıkmıştır. Stabilite analizlerinin ve güzergah projelendirmesinin etkileri ise orta derecede kalmıştır. Raporlar arasında uyumsuzluk Pafta-rapor arasında uyumsuzluklar, pafta çizimindeki hatalar ve eksik paftalar ise projeye hafif etkiler yapmaktadırlar. Diğer bütün revizyon sebepleri ise gerek proje bütünlüğü gerekse güvenlik açısından çok fazla bir etki yaratmamaktadır.

Çizelge 2.8 : Revizyon sebepleri etki sınıflaması.

No	Revizyon Sebebi	Açıklama	Etki Tanımı	Değer
1	Destekleme Sistemi	Süreçleri kısmi olarak etkilemekte, güvenliği tehdit edebilir.	Ciddi	4
2	Jeolojik Süreçler	Tüm süreçleri ve güvenliği tehdit etmektedir.	Çok Ciddi	5
3	Kaya Kalite Değerlendirmesi	Tüm süreçleri etkilemekte, güvenliği tehdit edebilir.	Çok Ciddi	5
4	Verilerin değerlendirilmesi	Süreçleri kısmi olarak etkilemekte, güvenliği tehdit edebilir.	Ciddi	4
5	Raporlar arasında uyumsuzluk	Süreçlere etkisi kısıtlı, güvenliği çok özel şartlarda tehdit edebilir.	Hafif	2
6	Pafta-rapor arasında uyumsuzluk	Süreçlere etkisi kısıtlı, güvenliği çok özel şartlarda tehdit edebilir.	Hafif	2
7	Pafta çizimi	Süreçlere etkisi kısıtlı, güvenliği çok özel şartlarda tehdit edebilir.	Hafif	2
8	Stabilite analizleri	Süreçleri kısmi olarak etkilemekte, güvenliği tehdit edebilir.	Orta	3
9	Eksik Pafta	Süreçlerle etkileşimli değil, çok özel koşullarda güvenliği tehdit edebilir.	Hafif	2
10	Uygulama	Süreçlerle etkileşimli değil, proje güvenliğini tehdit etmemektedir.	Çok Hafif	1
11	İstek-Beklenti	Süreçlerle etkileşimli değil, proje güvenliğini tehdit etmemektedir.	Çok Hafif	1
12	Güzergah	Tüm süreçleri etkileyebilir, proje güvenliğini tehdit etmemektedir.	Orta	3
13	Statik	Süreçlere etkisi kısıtlı, proje güvenliğini ciddi derecede tehdit etmektedir.	Ciddi	4
14	Yazım Hataları	Süreçlerle etkileşimli değil, proje güvenliğini tehdit etmemektedir.	Çok Hafif	1
15	Diğer	Süreçlerle etkileşimli değil, proje güvenliğini tehdit etmemektedir.	Çok Hafif	1
Toplam				

Projelerde revizyona sebep olan hataların olasılıkları ve etkileri tanımlandıktan sonra olasılık ve etkilerin birbirleriyle etkileşimi ve Haebölling'in (2009) yaklaşımı üzerinden oluşturulan risk değeri tanımı Çizelge 2.9'da görülmektedir.

Çizelge 2.9 : Risk değeri tanımlaması.

RİSK DEĞERİ TANIMI							
			ETKİ				
			Çok Hafif	Hafif	Orta	Ciddi	Çok Ciddi
			1	2	3	4	5
Olasılık	Çok Düşük	1	1	2	3	4	5
	Düşük	2	2	4	6	8	10
	Orta	3	3	6	9	12	15
	Yüksek	4	4	8	12	16	20
	Çok Yüksek	5	5	10	15	20	25

Risk değerleri tanımlandıktan sonra bu tanımlara karşılık gelen açıklamalar Çizelge 2.10'da belirtilmiştir.

Çizelge 2.10 : Risk değeri sınıflaması.

Risk Değeri Tanımı	Değer	Açıklama
Çok Yüksek	≥ 20	Hemen önlemler alınmalı
Yüksek	$10 \leq x \leq 16$	Kısa dönemde iyileştirilmeli
Orta	$5 \leq x \leq 9$	Uzun dönemde iyileştirilmeli
Düşük	$3 \leq x \leq 4$	Gözetim altına alınmalı
Çok Düşük	$1 \leq x \leq 2$	Önlem öncelikli değil

Yapılan tüm açıklamalar ve etki ve olasılık analizlerinin ardından proje değerlendirme süreçlerinin risk analizi sonuçları Çizelge 2.11'de verilmiştir.

Yapılan risk analizi sonuçları aşağıdaki gibidir.

- Jeolojik süreçlerde yapılan hatalar ve etkileri proje için çok yüksek risk kapsamına girmektedir. Bu konuda acil bir şekilde önlemler alınması, projedeki risk faktörünü minimuma indirecektir.
- Kaya kalite değerlendirmeleri ve destek sistemlerinde yapılan hatalar ise yüksek derecede riske sebep olmaktadır. Kısa vadede çözüm bulunmaması halinde risk değerini düşürmek mümkün olmayacaktır.
- Pafta-rapor arasında uyumsuzluklar, pafta çizimindeki hatalar, stabilite analizlerindeki hatalar, eksik paftalar ve statik hesaplamalarındaki hatalar ise orta derecede risk grubunda yer almaktadır. Bu riskler, şirket stratejisinde uzun dönemde değerlendirilmek üzere gündeme alınmalıdır.
- Verilerin değerlendirilmesinde yapılan hatalar, raporlar arasında uyumsuzluklar, uygulama güçlüklerine sebep olan projelendirme, güzergah projelendirmesi sırasında yapılan hatalar, istek ve beklentiler ise düşük risk

kapsamında değerlendirilmektedir.Bu riskler, önlem alınmayı gerektirmemekte ancak sebepleri konusunda sürekli bir gözetim altında tutulması gerekmektedir.

- Projedeki yazım hataları ve diğer ufak ölçekli hatalar ise çok düşük risk kapsamında değerlendirilmektedir.Bu riskler, öncelikli önlem sırasında değildir.

Çizelge 2.11 : Projedeki revizyon sebepleri ve yüzdeleri.

No	Revizyon Sebebi	Etki Değeri	Olasılık Değeri	Risk Değeri	Risk Değeri Tanımı
1	Destekleme Sistemi	4	4	16	Yüksek
2	Jeolojik Süreçler	5	5	25	Çok Yüksek
3	Kaya Kalite Değerlendirmesi	5	2	10	Yüksek
4	Verilerin değerlendirilmesi	4	1	4	Düşük
5	Raporlar arasında uyumsuzluk	2	2	4	Düşük
6	Pafta-rapor arasında uyumsuzluk	2	3	6	Orta
7	Pafta çizimi	2	4	8	Orta
8	Stabilite analizleri	3	3	9	Orta
9	Eksik Pafta	2	3	6	Orta
10	Uygulama	1	3	3	Düşük
11	İstek-Beklenti	1	3	3	Düşük
12	Güzergah	3	1	3	Düşük
13	Statik	4	2	8	Orta
14	Yazım Hataları	1	2	2	Çok düşük
15	Diğer	1	2	2	Çok düşük
Toplam					

2.10 İş Formları

Projenin her bir sürecinde çeşitli veriler, proje çalışanları arasında paylaşılmakta ve diğer süreç paylaşılan bu veriler üzerinden yapılmaktadır. Örneğin, teknik çizimlerin tamamı, proje yöneticisi tarafından belirlenen destekleme sisteminin, teknikere iletilmesiyle çizilmektedir. Bu veri akışı sırasında gerçekleşecek aksaklıklar ve

anlaşmazlıklar teknik çizimlerin en iyi ihtimalle tekrar çizilmesine sebep olmaktadır. Daha da ötesi projede revizyon sebebi olarak geri dönebilmekte, en kötü koşullarda ise hatalı üretim sonucu mal ve can kaybına sebep olması bu konuyu çok kritik hale getirmektedir. Bu nedenle tüm proje boyunca veri akışını doğru ve güvenli bir şekilde sağlayacak, iş teslim formları, kontrol formları, ihtiyaç listeleri gibi dökümanlar hazırlanmıştır. Aşağıda hazırlanan dökümanların bir listesi verilmektedir.

- Kazı Destekleme Paftası Zorunlu İçerik Formu (EK-A1)
- Tünel Hesap Raporu Kontrol Formu (EK-A2)
- Tünel Tip Kesit Paftası Kontrol Formu (EK-A3)
- Proje Teslim Tutanağı (EK-A4)
- Portal Yapıları İş Teslim Formu (EK-A5)
- Portal Kazıları İş Teslim Formu (EK-A6)
- Portal Paftaları Kontrol Formu (EK-A7)
- Kazı Destekleme Paftası Kontrol Formu (EK-A8)
- Jeolojik Plan Paftası Kontrol Formu (EK-A9)
- Jeolojik En Kesit Paftası Kontrol Formu (EK-A10)
- Jeolojik Profil Paftası Kontrol Formu (EK-A11)
- Jeoloji Paftaları Zorunlu İçerik Formu (EK-A12)
- Çelik İksa Paftası Kontrol Formu (EK-A13)
- Başpafta Zorunlu İçerik ve Kontrol Formu (EK-A14)
- Tünel Pafta Listesi (EK-A15)
- Arazi Formu (EK-A16)

3. SÜREÇLERİN İYİLEŞTİRİLMESİ

3.1 Amaç

Projelendirmeye ilgili yeni bir sistemi ortaya koyup, süreçler ve birbiriyle bağlantıları açıklandıktan sonra her bir süreci tam anlamıyla tarifleyerek, dikkat çekilmesi gereken kısımların belirtilmesi gerekmektedir. Süreçlerin daha etkin, güvenilir ve en az hatayla ilerleyebilmesi için her bir sürecin hatalar gözetilerek iyileştirilmesi ve mümkün olduğunca standartlaştırılması gerekmektedir. Literatür anlamında bilinen süreç iyileştirme yöntemlerinden faydalanılarak süreçlerin etkin bir şekilde ilerlemesi, elde edilen çıktıların daha güvenilir olması ve süreçlerde yer alacak birimlerden maksimum oranda verim alınması amaçlanmıştır.

3.2 Süreçlerin İyileştirilmesi

Oluşturulan süreç haritası sonucunda, her bir süreç tek tek ele alınarak, daha kaliteli, daha güvenilir, daha şeffaf ve uygulama kolaylığı açısından başarılı bir proje yapabilmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda her bir süreç için gerekli şartnameler, uluslararası normlar ve literatür incelenmiştir.

3.2.1 Proje planlaması

Proje, şirket takvimine girdikten sonra, genel müdür, proje koordinatörü ve proje yöneticisi bir toplantı gerçekleştirerek, projeye ait detaylar netleştirilmelidir.

Projede görevli olacak mühendis ve teknikerler belirlenmelidir. İlgili grupların koordinatörlerine bilgi verilerek mühendislerin projeye katılımı sağlanmalıdır. Projenin teslim tarihi gerçekçi hedeflerle belirlenmelidir. Projenin işvereni, onaylayacak kurumun birimleri netleştirilmeli ve ilgili kişilerin iletişim bilgileri sağlanmalıdır. Proje netleştikten sonra, işveren ve onaylayacak kurum ile bağlantıya geçilmeli ve istek ve beklentilerin çerçevesi proje gerçekleştirmeye başlamadan önce belirlenmelidir. Unutulmamalıdır ki iyi bir proje yönetimi, doğru

ve adil bir iş bölümü ve esneklik yaratılmasına müsaade edecek bir planlamayla mümkün olmaktadır.

3.2.2 Güzergah projesi

Proje toplantısının ardından görevli ulaştırma mühendisi kendi projesi çerçevesinde tünel güzergahını belirlemiş bulunmaktadır. Bu süreç, başlı başına bir proje olup, dikkat edilmesi gereken bir çok süreç bulunmaktadır. Yapılan hata analizlerinde güzergah projesinde yapılan hatalar genel yüzdeye oranla çok düşük kalmaktadır. Hataların tamamı da tek bir projede gerçekleşmiştir. Bu bölümde yeraltı projesi için önemli olan, proje için alınacak verilerin tüm ayrıntılarıyla proje yöneticisine teslim edilmesidir. Proje yöneticisi, ulaştırma mühendisinden alınacak verileri standartlaştırmalı ve bu standartlar dahilinde ulaştırma mühendisinden veriler temin edilmelidir. Bu aşamada;

- Arazi alımları işlenmiş,
- Binalar, dereler, köprüler, eski- yeni güzergah vb. tüm ayrıntılar çalışılmış,
- Tünel giriş ve çıkış metresi yaklaşık olarak verilmiş bir plan gereklidir.
- Tünel giriş ve çıkışından her m'de bir, diğer bölümlerden 5 m'de bir en kesitler alınmalıdır.
- Tünelin kırmızı kotu (aracın lastiğinin bastığı düzlem), arazi kotu, uygulanacak güzergahın km'lerinin işlenildiği boy kesit de proje yöneticisine teslim edilmelidir.

3.2.3 Ön çalışmalar

Süreç haritası içerisinde projenin en önemli süreçlerinden biri olan jeolojik araştırma hizmetlerinin standartları Karayolları Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi'nde (2005) oldukça ayrıntılı olarak belirlenmiştir. Bu şartnamede yer alan ayrıntıların belirlenebilmesi için projenin ilk süreci olan ön jeolojik çalışmalar süreci önem kazanmaktadır. Bu aşamada tünel projesinin gerçekleştirileceği güzergah üzerinde daha önce yapılan araştırmalar kesinlikle gözden geçirilmelidir. Bu süreç içerisinde proje alanıyla ilgili olarak aşağıdaki koşulların gerçekleştirilmesi iyi bir tünel projesi için olmazsa olmazlardandır:

- Proje güzergahı için hazırlanan topografik harita ve uydu fotoğrafları incelenmeli ve arazi çalışmaları için arazinin yol durumu, bitki örtüsü,

morfolojik açıdan elverişliliği hakkında bilgi toplanmalıdır. Araziye çıkılmadan önce 1/1000 ölçekli topografik harita bulundurulmalıdır.

- Daha önce tünel güzergahı üzerinde yapılmış çalışma (rapor ve harita) var ise gözden geçirilir. Güzergah üzerindeki kayaçların türü, yayılışı, yapısal özellikleri hakkında bilgi toplanır.
- Proje güzergahı üzerinde daha önce farklı amaçlar için yapılmış kazılar var ise bu kazıların raporlarından kayaçların farklı özellikleri incelenir. Bu bilgiler doğrultusunda araştırma yöntemleri ve yerleri saptanmaya çalışılır (Tarhan, 2002).

3.2.4 Saha çalışmaları

Elde edilen ön bilgiler ışığında arazi çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Yapılacak arazi çalışmalarının temelini tünel çevre güzergahı üzerinde yapılacak mühendislik jeolojisi çalışmaları oluşturmaktadır.

Bu çalışmaların üç aşamada gerçekleştirilmektedir.

- Yüzey Çalışmaları
- Yeraltı Çalışmaları
- Laboratuvar ve Arazi Deneyleri

Yüzey çalışmaları için aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmelidir.

- Yüzey şekilleri, yükseklikler, dere yatakları, erozyon verileri gibi topografik özellikler ortaya konulmalıdır.
- Aylık-Yıllık bazda yağış, sıcaklık, buharlaşma verilerini içeren iklim özellikleri verileri açıklanmalıdır.
- Proje sahasındaki bitki örtüsü, sıklığı, derinliği gibi bilgiler özetlenmelidir.
- Proje sahasının kaçınıcı derecede deprem bölgesi içerisinde yer aldığı, bugüne kadar gerçekleşen depremler ve bu depremler sonucunda oluşan can ve mal kayıpları anlatılmalıdır.
- Proje sahası içerisindeki tarihi kalıntıların var olup olmadığı araştırılmalıdır.

Yapılacak olan ayrıntılı araştırmaların en büyük bölümünü tünel güzergahı içerisinde yer alan kayaçların jeolojik özellikleri ve bu özelliklerin mühendislik yapılarına etkileri oluşturur. Bu etkilerin ortaya konabilmesi için aşağıdaki çalışmalar yapılır.

- Kayaçların ve kayaçları oluşturan tane ya da kristallerin türü, boyutu, şekli, dizilişi, kristalleşme ya da çimentolaşma dereceleri ile ayrışma dereceleri belirlenerek, mühendislik yapılarına olan etkileri ortaya çıkartılır.
- Tabaka, fay, çatlak vb. süreksizliklerin kalınlıkları, ara uzaklıkları, açıklıkları, arasındaki dolguların miktarına ya da sertliklerin ilişkin bilgiler ile süreksizliklerin doğrultu ve eğimleri araştırılır. Kıvrımlı oluşumlarda, kıvrımların türleri, dalma açıları ile süreksizlikleri ortaya çıkarılır. Kayaçların ayrışma derinlikleri ve derecelerini de ortaya çıkaran yapısal özelliklerin tamamı ortaya konur.
- Proje sahası içerisinde su durumu ve yeraltı yapısı üzerindeki etkileri ortaya çıkartılır (Tarhan, 2002).

Yüzeysel olarak incelemeye tabi tutulan kayaçlar, çoğu zaman mühendislik yapısı için gerekli olan bilgileri tam olarak veremeyebilir. Bunun sebebi olarak, yer yüzeyinde görülen kayaçların çoğu zaman fiziksel veya kimyasal ayrışmaya maruz kalmasından veya bitki örtüsü, morfoloji gibi etmenler dolayısıyla yüzeyde verimli bir araştırma yapılamaması gösterilebilir. Bu sebeple, projelerin daha sağlıklı temeller üzerinde tasarımılandırılabilmesi için yeraltındaki kayaçların da tanımlanması gereklidir. Bu amaca uygun olarak, saha üzerinde sondaj, araştırma çukuru, araştırma galerisi ve jeofizik yöntemlerle yeraltındaki kayaçların aşağıdaki özellikleri ortaya çıkartılması gereklidir;

- Kayaçların yapısal özellikleri
- Yeraltı su durumu
- Kayaçların geçirimsizlikleri
- Karot ve kaya kaliteleri (RQD, karot verimi)

Doğal ortamında yapılan gözlemlerle saptanması mümkün olamayacak bazı özellikler, laboratuvar ya da arazi ortamında yapılan deneylerle ortaya konmaktadır. Minerolojik, petrografik ya da paleontolojik özelliklerin yanı sıra tünel projelerinde boyutlandırmaların yapılabilmesi için;

- Fiziksel Özellikler
 - Birim Hacim Ağırlık
 - Özgül Ağırlık

- Porozite
- Kıvam Limitleri vb.
- Mekanik Özellikler
 - Basınç Değerleri (Tek ve Üç Eksenli, Nokta Yük)
 - Çekme Değerleri
 - Kesme Değerleri vb.
- Elastik Özellikleri
 - Elastisite Modülü
 - Poisson oranı
 - Rijidite vb.
- Teknolojik Özellikleri
 - Delinebilme,
 - Kazılabilme,
 - Patlatılabilme vb.

özelliklerinin bulunması gereklidir (Tarhan, 2002).

Bütün bu özelliklerin bulunabilmesine yardımcı olmak amacıyla, saha çalışmalarının tam olarak yapılabilmesi için arazi formları oluşturulmuştur. (EK-A) Arazi formlarının içerisinde sahadan elde edilmesi gereken tüm veriler yer almaktadır.

3.2.5 Jeolojik ve jeoteknik raporların yazılması

Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi (2005) gereğince, yukarıda bahsi geçen çalışmaların yapılması gerekmektedir. Yukarıda bahsi geçen çalışmalar için aşağıdaki 3 farklı etüt ve rapor yazılmaktadır.

- Kesin Proje Jeolojik Etütü ve Raporu
- Kesin Proje Hidrojeolojik Etüt ve Raporu
- Kesin Proje Mühendislik Jeolojisi Etüt ve Raporu

Bu 3 farklı etüt ve rapor yazıldıktan sonra Jeoteknik Araştırma ve Uygulama Programı hazırlanmaktadır. Bu program yukarıda bahsedilen 3 raporda tam olarak

aydınlatılamamış jeolojik ve jeoteknik verilerin gün ışığına çıkarılmasına yardımcı olmak için yapılmaktadır. Program uygulandıktan sonra, Kesin Proje Jeoteknik Etüt ve Raporu'nun yazılması gereklidir. Kesin Proje Jeoteknik Etüt ve Raporu'nda olması gerekenler Şartname (2005) gereğince aşağıdaki gibi listelenmiştir.

Kesin Proje Jeolojik Etüt ve Raporu'nda temel olarak,

- Jeolojik birimlerin litolojik, paleontolojik, ve petrografik özellikleri
- Jeolojik birimlerin alansal dağılımları
- Jeolojik birimlerin istifsel ilişkisi (Stratigrafi)
- Yapısal özelliklerin harita, tip kesit ve şekillerle açıklanması
- Ana süreksizlik sistemlerinin ortaya çıkarılması
- Güncel tektonizma açısından araştırmaların yapılması.

Kesin Proje Hidrojeolojik Etüt ve Raporu'nda temel olarak,

- Jeolojik etüt aşamasında elde edilen verilerin hidrojeoloji açısından özeti
- Deniz, göl, dere, kaynak vb. yer altı suyu ilişkisi
- Jeolojik birimlerin litolojik, petrografik, minerolojik özelliklerine göre geçirimsizliği
- Kaynak, sızıntı ve ıslak alanların dağılımları
- Yeraltı suyu tablası derinliğinin ayrıntılı olarak verilmesi
- Başka havzalardan, çalışma alanına, çalışma alanından başka havzalara aktarılan su durumları etüt edilmelidir.

Kesin Proje Mühendislik Jeolojisi Etüdü içerisinde;

- Jeolojik ve hidrojeolojik etüd aşamasında elde edilen bilgilerin mühendislik jeolojisi açısından özeti
- Sahadaki jeolojik birimlerin litolojisi, rengi, dokusu, çimentolanması ve dayanımlarının niteliksel olarak açıklanması,
- Ana süreksizliklerin konumu, eklem takım sayısı, aralıkları, açıklıkları, devamlılığı, pürüzlülüğü, dolgu malzemesinin cinsi ve özellikleri
- Ana süreksizlik sistemlerinin türü, fay, eklem çatlak, uyumsuzluk, tektonik makaslama vb. mühendislik özelliklerinin nitelik olarak belirlenmesi,
- Birimlerin kütleli dayanım ve ayrışma derecesi,
- Tünel yapısına etki edecek su-süreksizlik-kil ilişkisinin ortaya çıkarılması,
- Yapısal jeolojiyi ortaya koyacak, süreksizlik ölçüsünün alınması,

- Kayma sahalarının alansal dağılımı ile öngörülen derinliği ile oluşum mekanizmalarının açıklanıp, haritalanması,
- Portal yapılarını (Aç-Kapa, Kanopi, Flüt) etkileyecek, farklı oturma, sıvılaşma taşıma gücü ve benzeri sorunlu alanların belirlenmesi,
- Yapısal unsurların harita ve kesitlerde gösterilmesi,
- Tünel yapısının doğal ve yapay çevreye olan etkisibulunmalıdır.

Kesin Proje Jeoteknik Etüt ve Raporu'nda;

- Jeoloji, hidrojeoloji, mühendislik jeolojisi raporları ile jeoteknik araştırma uygulama programı sonuçlarının ayrıntılı jeoteknik değerlendirilmesi
- Birimlerin litolojileri, ayrışma, bozuşma, sertlik gibi özellikleri
- Yeraltı suyu tablası ve portallerdeki etkileri,
- Kayaçların uluslararası normlara göre sınıflandırılması,
- Tünelin geçeceği zemin ortamları, jeolojik formasyonlar ve farklı litolojilerin kesin dokanakları ile mühendislik davranışını etkileyen süreksizlik düzlemlerinin ayrışma bozuşma zonları ve derecelerini, dayanımları, fay, kıvrım ve bunların konumu ile tünel kazısı üzerindeki etkileri,
- Yarma şev eğimlerinin belirlenmesi,
- Kütle hareketlerinin oluşabileceği potansiyel ve fosil heyelan sahalarının sınırları, derinliği, kayma yüzeyi ve mekanizmasının belirlenmesi,
- Birimlerin jeoteknik parametreleri (c , E , σ_v vb.) bulunmalıdır.

Yapılan tüm jeoloji çalışmaları sonucunda, mühendislik projesinin yapılacağı alanın tüm jeolojik ve jeoteknik bilgileri derlenmiş olacaktır.Yapılan bu derlemenin ardından KGM tarafından yayınlanmış Karayolu Tüneli Uygulama Projesi Teknik Şartnamesi'ne göre Tünel Kesin Projesi Jeolojik-Jeoteknik Raporu hazırlanmaktadır.Bu raporun diğer raporlardan en önemli farkı, yapılan etütlerin sonuçlarının sadece tünel açısından değerlendirilmesinden oluşmasıdır. Şartname gereğince aşağıdaki alanlar öncelikli olarak değerlendirmelidir;

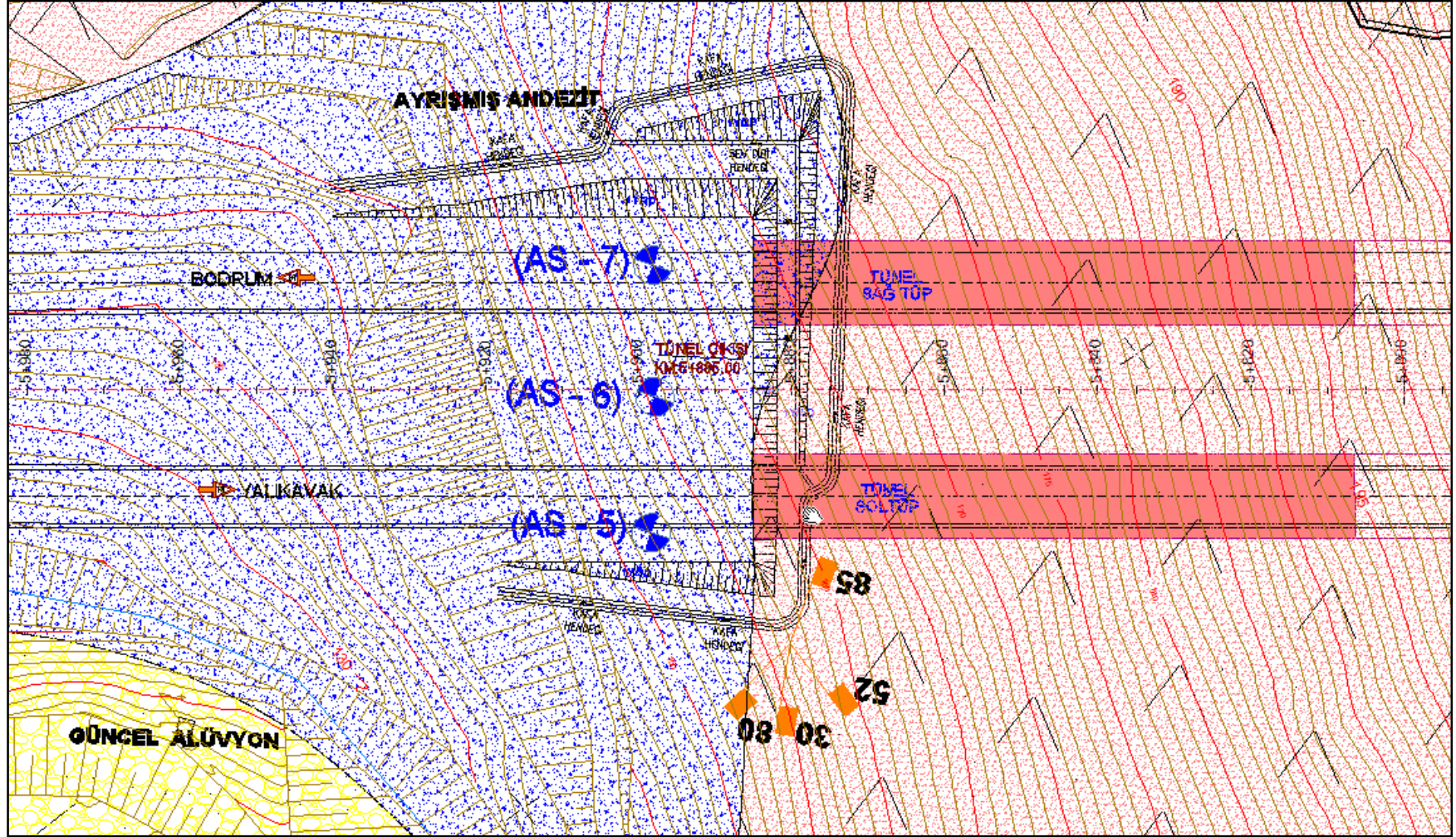
- Portal bölgeleri,
- Zayıf zemin içeren sığ örtü kalınlığının olduğu kesimler,
- Derin kırılma, sık eklem ve ayrışma potansiyeli olan kaya ve zemin birimleri
- Su taşıyıcı zonlar,
- Fay zonları
- Uyumsuzluk yüzeyleri ile şişme potansiyeli olan birimler.

Hazırlanan bu jeolojik-jeoteknik rapor içerisinde şartname gereğince aşağıdaki hususlar incelenmelidir;

- Tünel jeoloji planı ve profili içerisinde;
 - Araştırma çalışmalarının yerleri,
 - Yapısal ve tektonik oluşumlar,
 - Heyelanlı, faylı kesimler ve diğer sorunlu alanlar koordinatları ile gösterilmelidir.
- Sistematik eklem sistemleri, hakim sistemlerin eğim yönleri ve miktarları tespit edilerek, bulonlamanın yönünün belirlenmesi gerekmektedir.
- Tünelin geçeceği kaya ve zemin ortamları jeolojik formasyonlar ve farklı litolojilerin kesin dokanakları belirlenmelidir.
- Kaya ve zemin birimlerinin mühendislik anlamında davranışlarını etkileyen süreksizlik düzlemleri, ayrışma zonları ve dereceleri, dayanımları, fay ve kıvrımların konumu ile tünel kazısı üzerindeki etkileri belirtilmelidir.
- Jeolojik formasyonların hidrojeolojik nitelikleri ile yeraltı suyunun seviyesi belirlenmeli ve tünele taşınacak su miktarı tahmin edilmelidir.
- Her farklı litolojii tanımlayabilmek için minerolojik ve petrografik analiz çalışmaları yapılmalıdır.
- Yukarıda bahsedilen hususlar göz önünde bulundurularak tünel güzergahına ait jeolojik model oluşturulmalıdır. Jeolojik model örtü yükü de dahil olmak üzere tüm jeolojik verileri göstermelidir.
- Homojen alanlar belirlenmelidir. Homojen alanlar belirlenirken jeolojik birimlere göre değil yapısal unsurların durumuna ve bu durumların tünelin kazı ve destek sistemlerine etki edecek yönlerine göre yapılmalıdır.
- Homojen bölgelendirme kısımları km aralıkları, jeolojik birimleri ve uzunlukları ile verilmelidir. Çizelge 3.12'de homojen bölgelendirmeye ilişkin bir örnek tablo verilmiştir.
- Rapor içerisine mutlaka deney sonuçları eklenmelidir (Çizelge 3.13).
- Rapor içerisinde görsel olarak sondaj bölgeleri, giriş çıkış portalleri gösterilmelidir. (Şekil 3.21)

Çizelge 3.12 : Homojen bölgelendirme örnek özet tablosu.

No	Açıklama	Kesim	Kesim uzunluğu(m)	Litoloji
1	Giriş Portali	Km 35+056-35+680	624	Biyotit Şist- Grafit Şist
2	Geçiş Zonu	Km 35+680-35+700	20	Konglomera
3	Tünel Kesimi	Km 35+700-36+020	320	
4	Fay Zonu	Km 36+020-36+210	190	
5	Geçiş Zonu	Km 36+210-36+230	20	Kireçtaşı
6	Tünel Kesimi	Km 36+230-36+470	240	
7	Geçiş Zonu	Km 36+470-36+490	20	
8	Fay Zonu	Km 36+490-36+520	30	Killi Kireçtaşı
9	Geçiş Zonu	Km 36+520-36+540	20	
10	Tünel Kesimi	Km 36+540-37+010	470	
11	Geçiş Zonu	Km 37+010-37+030	20	Konglomera
12	Faylı Zonu	Km 37+030-37+060	30	
13	Tünelli Kesim	Km 37+060-37+280	220	
14	Fay Zonu	Km 37+280-37+310	30	Karbonatlı Silttaşı
15	Tünelli Kesim	Km 37+310-37+880	570	
16	Geçiş Zonu	Km 37+880-37+900	20	



Şekil 3.21 : Portal ve sondaj bölgelerini gösteren örnek plan

Çizelge 3.13 : Laboratuvar deney sonuçları için örnek özet tablo.

Sondaj No	Derinlik	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı	Üç Eksenli Basınç Dayanımı		Nokta Yük Dayanımı (MPa)
						c (MPa)	Φ (°)	
AS 2	3.00-4.00	24.90	44.12	21.70	0.20			
	8.00-9.00	25.34	65.11	30.53	0.25			
	10.00-11.00	25.34				13.72	43.50	
	12.00-13.00	25.39	1*	1*	1*			1.92
AS-3	3.00-4.00	24.20	41.83	17.57	0.17			
	9.00-10.00	25.37	146.15	38.09	0.27			
	10.00-11.00	25.12				5.15	48.50	
	16.00-17.00	24.73	33.94	12.35	0.30			
AS-4	6.00-7.00	25.54	58.62	18.32	0.17			
	12.00-13.00	25.41	85.97	27.11	0.27			
	13.00-14.00	25.71				20.99	36.10	
	16.00-17.00	24.64	23.64	10.85	0.31			
AS-5	4.00-4.50	26.94	88.16	63.08	0.26			
	10.00-11.00	27.72	1*	1*	1*			4.44
	11.00-12.00	27.68				1.92	59.50	
	15.00-16.00	27.79	106.11	80.92	0.24			
AS-6	6.00-7.00	27.79						5.84
	13.00-14.00	27.28	45.67	53.07	0.33			
	18.50-19.50	27.40				15.35	50.30	
AS-7	9.00-10.00	27.35	51.42	55.72	0.22			
	14.00-15.00	24.30	37.77	37.74	0.24			
	17.00-18.00	27.86				13.27	51.60	

Yapılacak olan yeraltı projesinin en önemli süreçlerinden biri olan jeolojik ve jeoteknik araştırmaların standart haline getirilebilmesi için yukarıda yazılan tüm hususların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu sebeple yukarıda yazılan süreç açıklaması ile birlikte arazi tutanakları (EK-A16) oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışmaların tamamı için kontrol mekanizmaları oluşturabilmek amacıyla, yapılan her çalışmayı süreç standartları açısından bir onay noktası oluşturulmuştur. Bu sayede yapılacak olan jeolojik çalışmalar hem şartnameye uyum sağlayacak, hem de yapılacak projenin temeli sağlam atılacaktır.

3.2.6 Kaya kalite değerlendirmesinin yapılması

Jeoloji mühendisleri tarafından araştırılan tünel güzergahı, belirli kıstaslar içerisinde homojen olarak bölgelendirildikten sonra, her bir homojen bölgenin kaya sınıflandırması yapılmalıdır. KGM'nin hazırlamış olduğu Karayolu Tüneli Uygulama Projesi Teknik Şartnamesi (1997) gereğince bu sınıflama Avusturya standartları olan ÖNORM B 2203'e göre yapılması gerekmektedir. Bu süreci daha iyi tanımlayabilmek için sürecin ana amacını ortaya koymak gereklidir.

Bieniawski'ye (1976) göre kaya kalite sınıflamasındaki amaçları aşağıdaki şekliyle özetlemek mümkündür:

- Spesifik kaya kütlelerinin benzer davranış gösteren gruplara ayrılması
- Her bir grubun mühendislik karakteristiğinin anlaşılması
- Niceliksel verilerin elde edilerek gerçek mühendislik problemlerinin çözümlenmesi, kazı ve destekleme sistemlerinin planlanması ve tasarlanması
- Tünel projesi anlamında aynı paydada birleşen mühendisler açısından ortak dilde iletişim kurulması

Kaya kalite sınıflandırmasıyla güvenilir sonuçlara ulaşabilmek için en sık kullanılan 3 farklı kaya sınıflama sistemi projelerde uygulanmaktadır. Bunlar;

- Kaya Kütleli Puanı (Rock Mass Rating-RMR) (Bieniawski, 1989)
- Kaya Niteliği Göstergesi (Rock Tunnel Quality Index-Q) (Barton, 1993)
- Jeolojik Dayanım İndeksi (Geological Strength Index-GSI) (Hoek, 1997)

Bu 3 sistemin, ayrıntıları, aralarındaki farkları, tarihsel gelişimleri bir çok farklı kaynakta defalarca işlenmiştir. Projelendirme aşamasında önemli olan kısım, bu

sistemleri uygulayacak olan Tünel Mühendisi'nin bu sistemlere tam olarak hakim olması gerekliliğidir.

Projelendirmede uygulanacak standartlaştırma çalışmaları gereği bu sistemlerin hangi versiyonlarının kullanılacağı, rapor içerisinde hangi şekilde gösterilmesinin doğru olacağı önemli bir konudur. Yapılacak tünel projelerinin birbiriyle kıyaslamalarının yapılabilmesi, uygulanan sistemin doğruluğunun kontrol edilebilmesi için projelerde kullanılacak sistemlerin en son halleri belirli abaklara aktarılmıştır. Standartlaştırma çerçevesinde, aşağıdaki işlemler yapılmıştır;

- Projelerde güncel abaklar veri tabanına kaydedilmiştir. Her bir projede bu abaklar kullanılacaktır.
- Kaya kalite sınıflamasında kullanılan girdilerin kaynağı mutlaka belirtilmelidir. (Sondaj no, arazi formu vb.)
- Kaya kalite sınıflamalarında kullanılan girdiler abaklar üzerinde veya öncesinde mutlaka gösterilmelidir (Şekil 3.22, Şekil 3.23, Şekil 3.24).
- Homojen bölgelerin tamamına ait kaya kalite sınıflamaları, her bir sınıflama sistemi için özet olarak verilmelidir (Çizelge 3.14, Çizelge 3.15).
- Tüm sistemlerden çıkan sonuçlar, toplu özetler halinde gösterilmelidir (Çizelge 3.16).
- Şartname gereği kaya sınıflama sistemleri ÖNORM standartlarına göre çevrilecektir (Şekil 3.25).
- Kaya sınıflamaları sistemleri ve ÖNORM karşılıkları özetler halinde verilecektir.
- Kaya Sınıflaması yapılan kesimler tamamlandıktan sonra sürecin onayı için proje koordinatörüne bilgi verilmesi gereklidir.

Aşağıda rapor içerisinde verilmesi gereken abaklar bulunmaktadır.

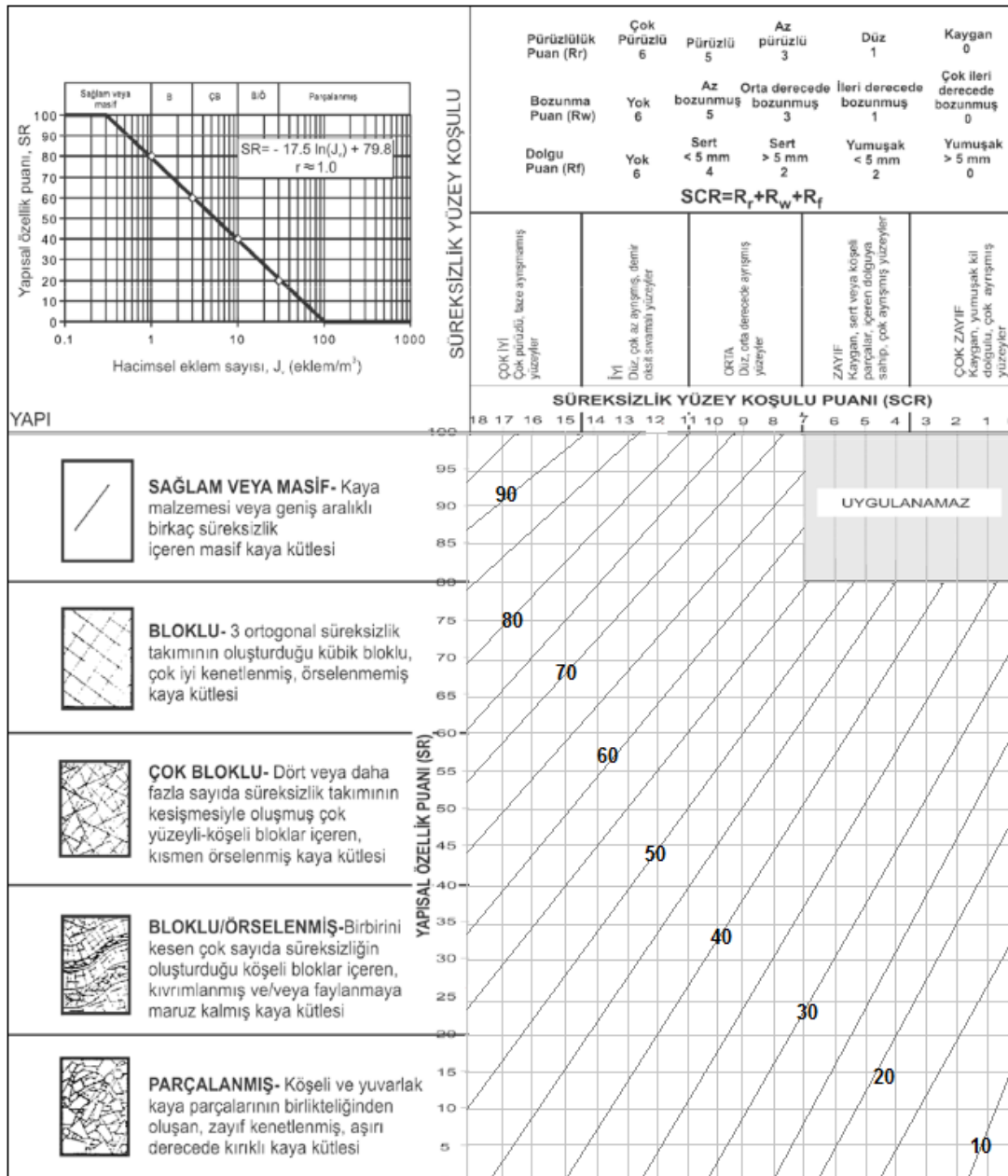
KAYA KÜTLE SINIFLAMASI, Bieniawski 1989'a göre

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ ve DEĞERLERİ									
Parametre			Değer Aralığı						
1	Masif kaya kütesinin dayanımı	Nokta yük indeksi	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Bu düşük değerler için tek eksenli basınç dayanımı kullanılmamalıdır		
		Tek eksenli basınç dayanımı	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
		Puan	15	12	7	4	2	1	0
		RQD %	90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
2		Puan	20	17	13	8	3		
3		Süreksizlik Aralığı	> 2 m	0.6 - 2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm		
		Puan	20	15	10	8	5		
4	Süreksizlik Durumu (bkz E)		çok pürüzlü yüzeyler, sürekli değil, ayrık değil, ayrışmamış yüzey	az pürüzlü yüzey, ayrılma < 1 mm, az ayrışmış yüzeyler	az pürüzlü yüzey, ayrılma < 1 mm, çok ayrışmış yüzeyler	pürüzsüz, cilalı yüzey - sürtünme izli veya ince daneli kaya kırıntıları < 5 mm kalınlığında veya ayrılma sürekli 1-5 mm	yumuşak ince daneli kaya kırıntıları > 5 mm kalınlığında veya ayrılma sürekli ve > 5 mm		
		Puan	30	25	20	10	0		
5	Su Durumu	10 m tünelde gelen su (lt/dk)	yok	<10	10 - 25	25-125	> 125		
		eklemlerde su basıncı / en büyük asal gerilme	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Genel durum	tamamen kuru	nemli	ıslak	damlama	akma		
		Puan	15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİK YÖNELİMİNE BAĞLI DÜZELTMELE (BKZ F)									
Eğim ve eğim yönü durumu			çok uygun	uygun	orta	uygun değil	hiç uygun değil		
Puanlar	Tünel ve madenler		0	-2	-5	-10	-12		
	Temeller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM PUANLAMADAN ELDE EDİLEN KAYA KALİTESİ									
Puanlama			100-81	80-61	60-41	40-21	< 21		
Sınıflama			I	II	III	IV	V		
Tanımlama			çok iyi kaya	iyi kaya	orta kalitede kaya	zayıf kaya	çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFININ ANLAMI									
Sınıfı			I	II	III	IV	V		
ortalama desteksiz kalabilme süresi			15 m açıklık, 20 yıl	10 m açıklık, 1 yıl	5 m açıklık, 1 hafta	2.5 m açıklık, 10 saat	1 m açıklık, 30 dakika		
kaya kütesinin kohezyonu (kPa)			> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100		
kaya kütesinin içsel sürtünme açısı (o)			> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15		
E. SÜREKSİZLİK DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN AÇIKLAMALAR									
Süreksizlik uzunluğu (kesintisiz)			< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
Puan			6	4	2	1	0		
Ayrılma			yok	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	> 5 mm		
Puan			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			çok pürüzlü	pürüzlü	az pürüzlü	pürüzsüz	pürüzsüz, cilalı, sürtünme izli		
Puan			6	5	3	1	0		
Süreksizlik dolgusu			yok	sert dolgu < 5mm	sert dolgu > 5mm	yumuşak dolgu < 5mm	yumuşak dolgu > 5mm		
Puan			6	4	2	2	0		
Ayrışma			ayrışmamış	az ayrışmış	orta ayrışmış	çok ayrışmış	parçalanmış		
Puan			6	5	3	1	0		
F. TÜNELLERDE SÜREKSİZLİKLERİN EĞİM ve EĞİM YÖNLERİNİN ETKİSİ									
Eğim tünel eksenine dik					Eğim tünel eksenine paralel				
1	Eğim yönünde kazı, eğim 45-90		Eğim yönünde kazı, eğim 20-45		Eğim 45 - 90,		Eğim 20 - 45		
	çok uygun		uygun		hiç uygun değil		orta		
2	Eğime karşı kazı, eğim 45-90		Eğime karşı kazı, eğim 20-45		eğim 0 - 20, eğim yönünden bağımsız				
	orta		uygun değil		orta				
Not: Eğer süreksizlik dolgusu varsa, pürüzlülük durumu görülemeyecektir. Bu durumda doğrudan A4 maddesi kullanılmamalıdır									
PROJE ADI			AMASYA TÜNELLERİ						
KESİM			KESİM NO 7 KM 0+460-0+485 (SAĞ TÜP) ve KM 10+145-10+170 (SOL TÜP)						
DEĞERLENDİRME	Kaya Dayanımı	RQD	Süreksizlik Aralığı	Süreksizlik Durumu	Su Durumu	Düzeltilme	RMR _{final}		
	2	13	20	13	4	-5	47		

Şekil 3.22 : RMR Sınıflaması (Bieniawski, 1989).

Q Sınıflaması - Barton, 1993	ORDU TERZİLİ TÜNELİ	KESİM I	Tünel Girişi	DEĞERLENDİRME														
Kaya Kalitesi RQD = 25 * RQD<10 için RQD=10 kullanılmalıdır, RQD değeri için 5 ve katlarının alınması yeterli hassasiyettedir.				LİTOLOJİ: Kaçkar Porfiri														
Eklem Takımı Sayısı (J_n) ☒ Tüneli Kesim Üç eklem takımı, düzensiz çatlaklar, J _n =12 ☐ Tünel Kesimi (Bağlantı tüelleri) (3xJ _n) ☒ Portal Kesimi (2xJ _n)				DEĞERLENDİRME: <table border="1"> <thead> <tr> <th>RQD</th> <th>J_n</th> <th>J_r</th> <th>J_a</th> <th>J_w</th> <th>SRF</th> <th>Q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25</td> <td>24</td> <td>4</td> <td>8</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0,521</td> </tr> </tbody> </table>	RQD	J _n	J _r	J _a	J _w	SRF	Q	25	24	4	8	1	1	0,521
RQD	J _n	J _r	J _a	J _w	SRF	Q												
25	24	4	8	1	1	0,521												
Eklem Pürüzlülük Durumu (J_r) ☐ Süreksizlik yüzeyleri temasta veya 10 cm'lik kayma sonrası temas sağlanabiliyor ☒ Kayma sonrası süreksizlik yüzeylerinde temas sağlanamıyor Pürüzlü veya düzensiz, dalgali, J _r =3 ☒ Süreksizlik aralığı 3 metreden fazladır ☐ Düzlemsel, pürüzsüz eklem ve düzgün lamine kayaç				Kaya Kalitesi: Zayıf kalitede kaya														
Eklem Ayrışma Durumu (J_a) ☒ Süreksizlik yüzeyleri temasta Orta-az konsolide, yumuşayan kil dolgu, J _a =8 ☐ Süreksizlik yüzeylerinde 10 cm'lik kayma sonrası temas sağlanabiliyor ☐ Kayma sonrası süreksizlik yüzeylerinde temas sağlanamıyor				Tünel Derinliği: 22 - 110 m 														
Eklem Suyu Azaltma Faktörü (J_w) ☐ Su basıncı ölçümü ile; ☒ Gözlemsel veriler ile; Kuru kazılar, az su geliri (Lokal 5 lt/dk vb), J _w =1 * Buzlanma durumu dikkate alınmamıştır,				Tünellerde Destekleme ve Sağlama Önerisi Tavan Basıncı P _v = 0,062 MPa Duvar Basıncı P _h = 0,044 MPa Q _w = 6,25 Desteksiz kazı açıklığı D _e = 1,5 m ESR = 1 (Ulaştırma tünelleri) B = 13 m (Kazı açıklığı) Bulon uzunluğu L = 4,0 m Püskürtme beton kalınlığı t = 0,1 m Tünel derinliği H = 35 m Ortalama E-Modülü E _{ort} = 1,61 GPa (Singh, 1997 H>50 m için)														
Gerilme Azaltma Faktörü (SRF) ☐ Kazi zayıflik zonu ile kesilmekte, kazi sırasında gevşemeler olabilir ☒ Sağlam kayada gerilme problemleri ☐ Sikişan kaya, yüksek gerilme altında plastik akma ☐ Su nedeniyle kayada kimyasal şişme Orta derecede gerilme koşulları, uygun gerilme dağılımı, SRF=1 ☐ Kesme zonları tüneli etkiliyor fakat kazi alanını kesmiyor, ☐ Sig tünel ve Tünel derinliği < Tünel açıklığı (SRF=2.5-5)																		

Şekil 3.23 : Q sınıflamasında kullanılan abak ve parametreler (Barton, 1993)



Şekil 3.24 : GSI sınıflamasında kullanılan abak (Sönmez ve Ulusay, 2002).

Kaya sınıflamasında kullanılan abakların ardından, kaya sınıflamasında kullanılan girdilerin de tablolar halinde verilmesi gereklidir. Aşağıda örnek tablolar verilmiştir (Çizelge 3.14, Çizelge 3.15, Çizelge 3.16).

Çizelge 3.14 : RMR kaya sınıflaması için özet tablo.

Kesim No	Litoloji		σ (Mpa)	RQD (%)	S_n (mm)	J	J_w	RMR	Eğim	RMR_{final}	
1	Km 35+056-35+680 Giriş Portali	Biyotit Şist Grafit Şist		12	32	Kapalı, 0.06-0.2 m	Pürüzlü 1-5mm	Islak	35	Dik/ 20-45 ⁰	25
		RMR		2	8	8	10	7		-10	
3	Km 35+700-36+020 Tünel Kesimi	Konglomera, killi kireçtaşı,kireçtaşı, karbonatlı Silttaşı		85	50	Orta açıklık, 0.2-0.6 m	Az Pürüzlü	Kuru	65	Dik/ 20-45 ⁰	55
	RMR			7	13	10	20	15		-10	
4	Km 36+020-36+210 Fay Zonu			8	24	Kapalı, 0.06-0.2 m	Pürüzlü 1-5mm	Islak	29	Dik/ 20-45 ⁰	19
	RMR			1	3	8	10	7		-10	
6	Km 36+230-36+470 Tünel Kesimi			85	50	Orta açıklık, 0.2-0.6 m	Az Pürüzlü	Kuru	65	Dik/ 20-45 ⁰	55
	RMR			7	13	10	20	15		-10	
8	Km 36+490-36+520 Fay Zonu			8	24	Kapalı, 0.06-0.2 m	Pürüzlü 1-5mm	Islak	29	Dik/ 20-45 ⁰	19
	RMR			1	3	8	10	7		-10	
10	Km 36+540-37+010 Tünel Kesimi			85	50	Orta açıklık, 0.2-0.6 m	Az Pürüzlü	Kuru	65	Dik/ 20-45 ⁰	55
	RMR			7	13	10	20	15		-10	
12	Km 37+030-37+060 Fay Zonu		8	24	Kapalı, 0.06-0.2 m	Pürüzlü 1-5mm	Islak	29	Dik/ 20-45 ⁰	19	
	RMR		1	3	8	10	7		-10		
13	Km 37+060-37+280 Tünel Kesimi		85	50	Orta açıklık, 0.2-0.6 m	Az Pürüzlü	Kuru	65	Dik/ 20-45 ⁰	55	
	RMR		7	13	10	20	15		-10		
14	Km 37+280-37+310 Fay Zonu		8	24	Kapalı, 0.06-0.2 m	Pürüzlü 1-5mm	Islak	29	Dik/ 20-45 ⁰	19	
	RMR		1	3	8	10	7		-10		
15	Km 37+310-37+880 Tünel Kesimi		85	50	Orta açıklık, 0.2-0.6 m	Az Pürüzlü	Kuru	65	Dik/ 20-45 ⁰	55	
	RMR		7	13	10	20	15		-10		
17	Km 37+900- 37+930 Fay Zonu	Biyotit Şist Grafit Şist		8	10	Kapalı, 0.06-0.2 m	Pürüzlü 1-5mm	Islak	29	Dik/ 20-45 ⁰	19
		RMR		1	3	8	10	7		-10	

Çizelge 3.15 : Q sınıflaması için örnek tablo.

Kesim	Litoloji	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q
1	Km 35+056-35+680 Giriş Portali	32	Zeminleşmiş Kaya 2 x 20	Pürüzsüz - Dalgali 2	Orta-az konsolide, kil dolgulu 8	Az su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2x7.5	Aşırı zayıf 0.010
3	Km 35+700-36+020 Tünel Kesimi	50	3 eklem+düzensiz 12	Pürüzlü- -Dalgali 3	Kum Daneleri 4	Az su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2x2.5	Zayıf 0.625
4	Km 36+020-36+210 Fay Zonu	24	Zeminleşmiş Kaya 20	Pürüzlü- -Dalgali 3	Kum Daneleri 4	Az su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2 x 7.5	Zayıf 0.060
6	Km 36+230-36+470 Tünel Kesimi	50	3 eklem+düzensiz 12	Pürüzlü- -Dalgali 3	Kum Daneleri 4	Az su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2.5	Zayıf 1.250
8	Km 36+490-36+520 Fay Zonu	24	Zeminleşmiş Kaya 20	Pürüzlü- -Dalgali 3	Orta-az konsolide, kil dolgulu 4	Orta su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2 x 7.5	Aşırı zayıf 0.060
10	Km 36+540-37+010 Tünel Kesimi	50	3 eklem+düzensiz 12	Pürüzlü- -Dalgali 3	Kum Daneleri 4	Az su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2.5	Zayıf 1.250
12	Km 37+030-37+060 Fay Zonu	24	Zeminleşmiş Kaya 20	Pürüzlü- -Dalgali 3	Orta-az konsolide, kil dolgulu 4	Orta su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2 x 7.5	Aşırı zayıf 0.060
13	Km 37+060-37+280 Tünel Kesimi	50	3 eklem+düzensiz 12	Pürüzlü- -Dalgali 3	Kum Daneleri 4	Az su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2x2.5	Zayıf 0.625
14	Km 37+280-37+310 Fay Zonu	24	Zeminleşmiş Kaya 20	Pürüzlü- -Dalgali 3	Orta-az konsolide, kil dolgulu 4	Orta su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2 x 7.5	Aşırı zayıf 0.060
15	Km 37+310-37+880 Tünel Kesimi	50	3 eklem+düzensiz 12	Pürüzlü- -Dalgali 3	Kum Daneleri 4	Az su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2x2.5	Zayıf 0.625
17	Km 37+900- 37+930 Fay Zonu	10	Zeminleşmiş Kaya 20	Pürüzlü- -Dalgali 3	Orta-az konsolide, kil dolgulu 4	Orta su geliri 1	Kazı zayıflık zonu 2 x 7.5	Aşırı zayıf 0.025

Konglomera, killi kireçtaşı, kireçtaşı, karbonatlı Silttaşı

Çizelge 3.16 : GSI-Q-RMR sınıfları için örnek özet tablosu.

No	Kesim	RMR _{Final}	Q	GSI
1	Km 35+056-35+680 Giriş Portali	27	0.010	31
3	Km 35+700-36+020 Tünel Kesimi	55	1.250	53
4	Km 36+020-36+210 Fay Zonu	19	0.060	28
6	Km 36+230-36+470 Tünel Kesimi	55	1.250	53
8	Km 36+490-36+520 Fay Zonu	19	0.060	28
10	Km 36+540-37+010 Tünel Kesimi	55	1.250	53
12	Km 37+030-37+060 Fay Zonu	19	0.060	28
13	Km 37+060-37+280 Tünel Kesimi	55	0.625	53
14	Km 37+280- 37+310 Fay Zonu	19	0.060	28
15	Km 37+310-37+880 Tünel Kesimi	55	0.625	53
17	Km 37+900-37+930 Fay Zonu	19	0.025	28

Yapılan kaya sınıflamasının ardından ÖNORM standartlarında sınıfların belirlenmesi amacıyla, ÖNORM'da belirtilen abak (Şekil 3.25) kullanılmaktadır. Rapor içerisinde hem bu abak hem de RMR-Q-ÖNORM karşılığı (Çizelge 3.17) verilmelidir.

N.Barton, 1993	Kaya Kalitesi	MÜKEMMEL KALİTEDE KAYA		OLDUKÇA İYİ KALİTEDE KAYA		ÇOK İYİ KALİTEDE KAYA		İYİ KALİTEDE KAYA		ORTA KALİTEDE KAYA		ZAYIF KALİTEDE KAYA		ÇOK ZAYIF KALİTEDE KAYA		AŞIRI ZAYIF KALİTEDE KAYA				OLDUKÇA ZAYIF KALİTEDE KAYA										
	Q-Değeri	1000		400		100	70		40		10		4		1		0.1		0.031		0.016		0.008		0.002		0.001			
Z.T.Bieniawski 1984	Kaya Kalitesi	ÇOK İYİ KALİTEDE KAYA					İYİ KALİTEDE KAYA					ORTA KALİTEDE KAYA			ZAYIF KALİTEDE KAYA			ÇOK ZAYIF KALİTEDE KAYA												
	RMR-Değeri	100						80						64,9	60	57,8		47	40		29,1		20		15		10		5	
	Kaya Kalitesi	SAĞLAM					ZAMANLA KIRILGAN					KIRILGAN			ÇOK KIRILGAN			DÖKÜNTÜLÜ			KAYA PATLAMALI		BASKILI		ÇOK BASKILI		AKICI PSÖDO-STABİL		ŞİŞEN KABARAN	
	NATM SINIFI	A1 (I)					A2 (II)					B1 (III)			B2 (IV)			B3 (V)			C1 (VI)		C2 (VII)		C3 (VIII)		C4 (IX)		C5 (X)	

Çizelge 3.17 : RMR-Q-ÖNORM (KTŞ) karşılığını gösteren örnek tablo.

No	Kesim	RMR _{Final}	KTŞ	Q	KTŞ	Önerilen KTŞ Sınıfı
1	Km 35+056-35+680 Giriş Portali	27 IV-Zayıf Kaya	C2	0.010	C3	C3
2	Km 35+680-35+700 Geçiş Zonu					C2
3	Km 35+700-36+020 Tünel Kesimi	55 III-Orta Kaya	B2	0.625	B3	B3
4	Km 36+020-36+210 Fay Zonu	19 V-Çok Zayıf Kaya	C2	0.060	C2	C2
5	Km 36+210-36+230 Geçiş Zonu					B3
6	Km 36+230-36+470 Tünel Kesimi	55 III-Orta Kaya	B2	1.250	B2	B2
7	Km 36+470-36+490 Geçiş Zonu					B3
8	Km 36+490-36+520 Fay Zonu	19 V-Çok Zayıf Kaya	C2	0.060	C2	C2
9	Km 36+520-36+540 Geçiş Zonu					B3
10	Km 36+540-37+010 Tünel Kesimi	55 III-Orta Kaya	B2	1.250	B2	B2
11	Km 37+010-37+030 Geçiş Zonu					B3
12	Km 37+030-37+060 Fay Zonu	19 V-Çok Zayıf Kaya	C2	0.060	C2	C2
13	Km 37+060-37+280 Tünelli Kesim	55 III-Orta Kaya	B2	0.625	B3	B3
14	Km 37+280-37+310 Fay Zonu	19 V-Çok Zayıf Kaya	C2	0.060	C2	C2
15	Km 37+310-37+880 Tünelli Kesim	55 III-Orta Kaya	B2	0.625	B3	B3

Tünel projelendirmesi açısından kaya kütle sınıflamalarından çıkan sonuçlarla tasarım yapmak yeterli olmamaktadır. Ampirik yaklaşımlarla ortaya çıkartılan sonuçların numerik yöntemlerle sağlamasının yapılması tünelde yapılacak kazı ve destekleme için optimum çözüme ulaşılmasını sağlamaktadır.

3.2.7 Stabilite analizleri için verilerin belirlenmesi

Kaya kalite sınıflamasının ardından stabilite analizleri için verilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu aşamada kayaçların kendi özellikleriyle birlikte kaya kütlelerinin de niteliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu sürecin standartlaştırılabilmesi için aşağıdaki adımlar uygun görülmüştür;

- Stabilite analizleri için gerekli tüm veriler belirlenmelidir.
- Tüm verilerin kaynakları ve bu kaynaklardan analiz girdilerine nasıl ulaşıldığı anlatılmalıdır.
- Destekleme elemanları için belirli bir standart kullanılmalıdır. Bu standartlar belirli kaynaklardan derlenmeli ve veri tabanında bulundurulmalıdır.
- Yerinde dayanımlar yeterli sayıda ve uygun ampirik yöntemle belirlenmelidir.
- Yerinde dayanımları belirlemede kullanılan girdiler ile bunların çıktıları tablolar halinde verilmelidir.
- Her rapor içerisinde kullanılan ampirik formüller standardize edilmeli belirli bir kaynak içerisinde toplanarak veri tabanı oluşturulmalıdır.
- Yatay-düşey gerilme oranlarını belirlemek için kullanılan ampirik formüller de aynı veri tabanı içerisinde kayıt altına alınmalıdır.

Yukarıda verilen adımlar doğrultusunda her bir stabilite analizi için destekleme elemanlarının parametreleri standartlaştırılmıştır. Türk ve uluslararası standartlardan derlenen dayanımlar Çizelge 3.18, Çizelge 3.19 ve Çizelge 3.20'de verilmiştir.

Çizelge 3.18 : Püskürtme beton mukavemet özellikleri (TS 500).

Beton Sınıfı	3 günlük dayanım			7 günlük dayanım			28 günlük dayanım		
	E* (MPa)	σ_c^* (MPa)	σ_t^* (MPa)	E (MPa)	σ_c (MPa)	σ_t (MPa)	E (MPa)	σ_c (MPa)	σ_t (MPa)
C20/25	14100	9	1.07	17586	14	1.05	21019	20	1.6
C25/30	15764	11.25	1.20	19662	17.5	1.30	23500	25	1.8
C30/37	17269	13.5	1.27	21538	21	1.60	25743	30	1.9

*E: Elastisite modülü, σ_c : Basınç dayanımı, σ_t : Çekme dayanımı.

- Beton poisson oranı, $\nu = 0.20$
- Elastisite modülü için aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır (ACI 318),

$$E = 4700(f_c')^{0.5} \quad (2)$$
- 7 günlük dayanım için 28 günlük beton dayanımının %70'i, 3 günlük dayanım için %45'i alınmıştır (ACI 347 2R)

Çizelge 3.19 : Çelik iksa özellikleri.

Çelik İksa Tipi	Birim Ağırlık (kg/m)	Kesit Alanı (mm ²)	Derinlik (mm)	Eylemsizlik Momenti (mm ⁴ x10 ⁶)	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı (ν)	Basınç Dayanımı σ_c (MPa)	Çekme Dayanımı σ_t (MPa)
IPN 100	8.34	1060	100	1.11	2E5	0.25	365	365
IPN 120	11.1	1420	120	3.28	2E5	0.25	365	365
IPN 140	14.3	1820	140	5.73	2E5	0.25	365	365
IPN 160	17.9	2280	160	9.35	2E5	0.25	365	365
IPN 180	21.9	2790	180	14.5	2E5	0.25	365	365
IPN 200	26.2	3340	200	21.4	2E5	0.25	365	365
Kafes İksa	26.2	2412	200	21.6	2E5	0.25	365	365

Çizelge 3.20 : Kaya bulonu özellikleri.

Sağlamlaştırma	Çap D (mm)	Elastisite Modülü (MPa)	Çekme Dayanımı σ_t (MPa)	Rezidüel Çekme Dayanımı σ_{t_res} (MPa)	Tip
Bulon	28	210000	0.225	0.02	Fully bonded
Bulon	32	210000	0.290	0.02	Fully Bonded

Destekleme sistemleri ile ilgili verilen bu özellikler veri tabanına kaydedilmiş olup, her bir rapor içerisinde bu şekilde kullanılacaktır.

Yerinde dayanımların belirlenmesi için de uluslararası literatür taranmış olup, elastisite modülü, arazideki basınç dayanımı ve yatay düşey gerilme oranları ile ilgili ampirik formüller derlenmiştir. Derlenen bu formüller, excel dökümanlarına aktarılarak, girdilerin belirlenmesi ile kolaylıkla sonuçlar elde edilmektedir. Çizelge 3.21, Çizelge 3.22 ve Çizelge 3.23'te derlenen ampirik formüller ve hangi araştırmacılardan derlendikleri belirtilmiştir.

Çizelge 3.21 : Yerinde dayanımlar için kullanılan formül özet tablosu.
(Elastisite).

No	Referans	Formül	Özel Durum
1	Bieniawski (1978)	$E_{rm} = 2 RMR - 100 \text{ (GPa)}$	$RMR > 50$
2	Serafim Pereria (1983)	$E_{rm} = 10^{\frac{(RMR-10)}{40}} \text{ (GPa)}$	$30 < RMR \leq 50$
3	Nicholson ve Bienawski (1990)	$E_{rm} = Ei [0.028RMR^2 + 0.9 e^{\frac{RMR}{22.921}}]$	-
4	Mehrotra (1992)	$E_{rm} = 10 (RMR - 20)/38$	-
5	Grimstad ve Barton (1993)	$E_{rm} = 25 \log Q \text{ (GPa)}$	$Q > 1$
6	Mitri ve diğerleri (1994)	$E_{rm} = Ei \left[0.5 \left(1 - \left(\cos \pi \frac{RMR}{100} \right) \right) \right] \text{ (GPa)}$	-
7	-	$E_{rm} = H^2 \cdot Q^{0.36}$	$Q < 10$
8	Read ve diğerleri. (1999)	$E_{rm} = 0.1 \left(\frac{RMR}{10} \right)^3 \cdot \text{ (GPa)}$	-
9	Palmstrom ve Singh (2001)	$E_{rm} = 5.6 Rmi^{0.375}$	$0.1 < Rmi < 1$
10		$E_{rm} = 7 Rmi^{0.5}$	$1 < Rmi \leq 30$
11		$E_{rm} = 7 Rmi^{0.4}$	$Rmi > 30$
12	Palmstrom ve Singh (2001)	$E_{rm} = 0.5 MR \sigma_{ci}$	-
13	Barton (2002)	$E_{rm} = 10 Q_c^{\frac{1}{3}} \text{ (GPa)}$	$Q_c = Q(\sigma_{ci}/100)$
14	Hoek ve diğerleri (2002)	$E_{rm} = \left(1 - \frac{D}{2} \right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} 10^{(GSI-10)/40}$	$\sigma_{ci} \leq 100 \text{ MPa}$
15		$E_{rm} = \left(1 - \frac{D}{2} \right) 10^{(GSI-10)/40}$	$\sigma_{ci} > 100 \text{ MPa}$
16	Kayabaşı ve diğerleri (2003)	$E_{rm} = 0.135 \left(Ei \left(1 + \frac{RQD}{100} / WD \right) \right)^{1.911}$	-
17	Gökçeoğlu ve diğerleri (2003)	$E_{rm} = 0.001 \left(\frac{Ei}{\sigma_{ci}} \left(1 + \frac{RQD}{100} / WD \right) \right)^{1.5528}$	-
18	Sönmez ve diğerleri(2006)	$E_{rm} = Ei (s^a)^{0.4} \text{ (GPa)}$	$s = e^{\frac{(GSI-100)}{9}}$ $a = 0.5 + \frac{1}{6} e^{(GSI-15)} - e^{\frac{(-20)}{2}}$
19	Zhang & Einstein (2004)	$E_{rm} = Ei (10^{0.0186RQD-1.91}) \text{ (GPa)}$	-
20	Jose ve diğerleri (2005)	$E_{rm} = Ei e^{(RMR-100)/36}$	-
21	Hoek ve Diederichs (2006)	$E_{rm} = 100 \left(\frac{1 - D/2}{1 + e^{\frac{75+25D-GSI}{11}}} \right) \text{ (GPa)}$	-

Çizelge 3.22 : Yerinde dayanımlar için kullanılan formül özet tablosu (UCS).

No	Referans	Formül
1	Yudhbir ve diğerleri (1983)	$\frac{UCS_{RM}}{UCS_i} = e^{(7.65 \frac{RMR-100}{100})}$
2	Ramamurthy (1986)	$\frac{UCS_{RM}}{UCS_i} = e^{(\frac{RMR-100}{18.5})}$
4	Kalamaris ve Bieniawski (1995)	$\frac{UCS_{RM}}{UCS_i} = e^{(\frac{RMR-100}{24})}$
5	Palmström (1995)*	$\frac{UCS_{RM}}{UCS_i} = JP$
6	Sheorey (1997)	$\frac{UCS_{RM}}{UCS_i} = e^{(\frac{RMR-100}{20})}$
7	Aydan ve Dalgıç (1998)**	$\frac{UCS_{RM}}{UCS_i} = \left(\frac{RMR}{RMR + \beta(100 - RMR)} \right)$
8	Hoek ve diğerleri (2002)***	$\frac{UCS_{RM}}{UCS_i} = \left[e^{(\frac{GSI-100}{9-3D})} \right]^a$

* JP= eklem parametresi

** $\beta = 6$

***a=Hoek ve Brown eğrilik kriteri katsayısı (0.5<a<0.65)

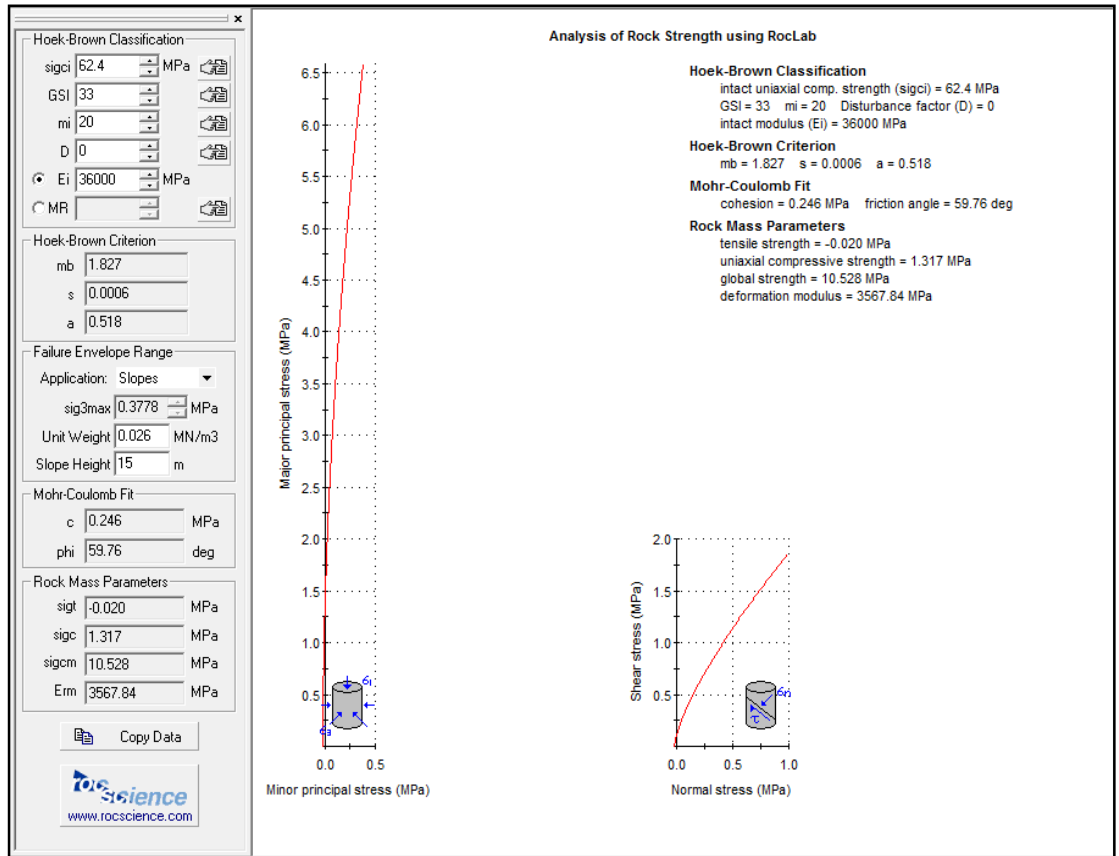
Çizelge 3.23 : Yatay-düşey gerilmeleri belirlemede kullanılan katsayı özet tablosu.

No	Referans	Formül
1	Jaky (1944),	$K_o = 1 - \sin(\varnothing)$
2	Brooker ve Ireland (1965)	$K_o = 0.95 - \sin(\varnothing)$
3	Bolton (1991)	$K_o = [1 - \sin(\varnothing - 11.5)] / [1 + \sin(\varnothing - 11.5)]$
4	Brick model (Roc Science)	$K_o = (2^{0.5} - \sin(\varnothing)) / (2^{0.5} + \sin(\varnothing))$
5	Pruska (1973)	$K_o = (1 - \sin(\varnothing)) / (1 + \sin(\varnothing))$

Yerinde dayanımlar belirlenmesinde sadece ampirik formüllerle manuel hesaplamalar yapılmamaktadır. Hoek prensipleri üzerine kurulmuş olan "Roclab" programı yardımıyla da hesaplamalar yapılmaktadır. Roclab programının çıktıları incelenecek olursa, Hoek'un yukarıda verilerin formülleriyle sonuçlara ulaştığı görülmektedir. Rapora görsellik kazandırması açısından bu program çıktıları raporlar içerisinde yer almalıdır. Her bir homojen kesim için ayrı roclab çıktıları belirlenmelidir. Şekil 3.26'da programa verilen girdiler ile onun sonuçlarını gösteren program çıktısı yer almaktadır. Bu noktada programa verilen girdilerin de roclab çıktısında gözükmesi önem taşımaktadır.

Ampirik formüller yardımıyla hesaplanan parametreler ile laboratuvar verileri özetler halinde verilmelidir (Çizelge 3.24). Yapılan bu özetlerin ardından stabilite

analizlerinde hangi verilerin kullanılacağı belirlenmelidir. Bu kısım mühendislik yorumuyla belirlenmektedir. Arazinin davranışını tam olarak yansıtabilmek için uç değerler mühendis tarafından görmezden gelinebilir ya da jeolojik araştırmalar yetersizse güvenli bir imalat için dayanımlardan belirli bir oranda düşürülmektedir. Önerilen verilerin tamamının kaynağı net bir şekilde ortaya konulmalı, yapılan kabuller ise açık bir şekilde yazılmalıdır. Tünel mühendisi bu noktada kendi yorumunu katmaktan çekinmemelidir. Unutulmamalıdır ki her proje kendine has niteliklere sahiptir ve yeraltı projeleri gibi bilinmezliğin çok olduğu projelerde çözüm yolu tek ve standart değildir. Standart işlemlerin gerçekleştirilmesi, mühendisin kişisel tecrübelerini ve görüşlerini projeye aktarmasına engel teşkil etmemelidir. Yapılan tüm araştırmalar, incelenen tüm yaklaşımlar, tünel mühendisine daha çok fikir verilebilmesine olanak sağlamak içindir. Çizelge 3.25'te her bir projede belirtilmesi gereken özet parametre tablosu verilmiştir.



Şekil 3.26 : RocLab programı çıktısı.

Çizelge 3.24 : Yerde dayanımlar için kısaltılmış parametre özet tablosu.

Birim			Andezit	Ayrışmış Andezit
RMR			30	14
σ (MPa)			62.4	40
GSI			33	17
Poisson Oranı			0.25	0.25
Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)			0.26	0.25
E_i (GPa)			36	25
Yerde Elastisite Modülü (GPa) (Çizelge 3.21'den)	Serafim Pereria		3.16	1.26
	Nicholson ve Bienawski		1.03	0.18
	Mehrotra		7.37	3.16
	Mitri ve diğerleri		17.82	12.38
	Read ve diğerleri		2.70	0.27
	Jose ve diğerleri		5.15	2.29
	Hoek (RocLab)	D=0	3.60	0.88
		D=0.7	1.47	0.59
Yerde Basınç Dayanımı (MPa) (Çizelge 3.22'den)	Yudhbir ve diğerleri		0.29	0.06
	Ramamurthy		1.42	0.38
	Kalamaris ve Bieniawski		3.38	1.11
	Sheorey		1.88	0.54
	Hoek (RocLab)	D=0	1.32	0.18
		D=0.7	0.41	0.04
Yatay Düşey Gerilmeler (Çizelge 3.23'den)	Jaky		0.143	0.331
	Brooker ve Ireland		0.093	0.281
	Bolton		0.151	0.327
	Brick model		0.245	0.358
	Pruska		0.108	0.198

Çizelge 3.25 : Stabilité analizlerinde kullanılacak veri özet tablosu.

No	Kilometre	RMR _F	Q	GSI	E _{lab} (GPa)	σ _{lab} (MPa)	D	σ _c (MPa)	σ _t (MPa)	E (MPa)	c (MPa)	Ø _o	k	v	γ (MN/m ³)	m _i	Z = h _{ort} (m)
I	10+585.00-10+700.00	15	0.010	30	5	20	0	0,344	0,010	406,92	0,070	52,94	0,49	0,32	0.024	10	10
							0.3	0,219	0,007	276,94	0,056	49,62					
II	10+700.00-11+180.00	17	0.025	22	7	24	0	0,226	0,008	354,44	0,217	32,17	0,61	0,30	0.023	8	110
							0.3	0,135	0,005	262,33	0,178	27,94					
III	11+180.00-11+230.00	11	0.009	22	5	15	0	0,141	0,005	253,17	0,257	26,47	0,55	0,32	0.024	9	170
							0.3	0,084	0,003	187,38	0,210	22,55					
IV	11+230.00-11+740.00	20	0.044	25	10	40	0	0,478	0,011	598,56	0,513	36,54	0,52	0,36	0.026	13	190
							0.3	0,292	0,007	428,08	0,429	32,39					
V	11+740.00-11+790.00	11	0.009	22	5,5	16	0	0,151	0,005	278,48	0,280	26,23	0,50	0,28	0.022	9	205
							0.3	0,090	0,003	206,12	0,229	22,33					
VI	11+790.00-12+500.00	19	0.033	24	8	26	0	0,288	0,011	452,15	0,311	30,41	0,53	0,30	0.023	8	170
							0.3	0,174	0,007	327,00	0,257	26,40					
VII	12+500.00-12+550.00	13	0.012	24	4,5	17	0	0,188	0,006	254,33	0,228	30,62	0,56	0,28	0.022	9	130
							0.3	0,114	0,004	183,94	0,188	26,59					
VIII	12+550.00-12+690.00	19	0.025	24	8	24	0	0,265	0,010	425,15	0,217	33,71	0,63	0,30	0.023	8	100
							0.3	0,161	0,006	327,00	0,179	29,57					
IX	12+690.00-12+740.00	11	0.009	26	5,5	18	0	0,232	0,008	349,16	0,163	36,65	0,75	0,30	0.023	9	65
							0.3	0,143	0,005	247,03	0,136	32,58					
X	12+740.00-12+760.00	20	0.044	25	7	30	0	0,358	0,010	418,99	0,194	42,48	0,84	0,34	0.025	11	55
							0.3	0,219	0,006	299,66	0,161	38,34					
XI	12+760.00-12+850.00	33	0.413	48	7,5	35	0	1,875	0,053	2035,85	0,380	52,72	0,93	0,36	0.026	13	50
							0.3	1,354	0,039	1312,96	0,324	50,36					
XII	13+010.00-13+125.00	10	0.009	25	4.5	18	0	0,215	0,008	269,35	0,049	49,67	0,42	0,24	0.020	8	10
							0.3	0,131	0,005	192,64	0,038	45,86					

3.2.8 Portaller ve tüneller için destekleme sistemlerinin belirlenmesi

Jeolojik-jeoteknik araştırmalar sonucunda homojen bölgelendirmeye ayrılmış, her bir homojen bölgenin jeolojik modeli ortaya konulmuştur.Yapılan deneylerden ve ampirik formüllerden elde edilen jeolojik parametrelerde belirlendikten sonra, her bir kaya sınıfının yapısı incelenerek güvenli bir imalat için destekleme sistemleri belirlenmektedir.Bu aşamada destekleme sistemlerinin yoruma bırakılmayacak şekilde net olarak belirlenmesi gereklidir.Tünel destekleme sistemi için kullanılacak iksa sistemi, uygulama aralığı, bulon tipi, çapı, uzunluğu, uygulama aralığı, püskürtme betonun kalınlığı, sınıfı, hasır çeliğin tipi, adeti, s renin uzunluğu, çapı, uygulama ağırlığı, deformasyon tolerans aralığı, ilerleme adımları vb.bilgilerin tamamı verilmelidir. Benzer durum portal şev desteklemeleri için de geçerlidir.Her bir şevle ilgili bilgiler net bir şekilde açıklanmalıdır.şevlerin eğimi, konumu, bulon tipi, uygulama aralığı, hasır  elik tipi ve adeti, drenaj sistemi için gerekli bilgiler, püskürtme beton sınıfı ve kalınlığı mutlaka destekleme sistemi özetinde yer almalıdır. izelge 3.26 ve  izelge 3.27'de tünel ve portal destekleme sistemleri için örnek  zet tabloları verilmiştir.

Çizelge 3.26 : Tünel destekleme sistemleri örnek özet tablosu.

Destekleme Elemanları ve Miktarı		B3-i	C2	C3
Püskürtme Beton	Beton Sınıfı	C20/25	C20/25	C20/25
	Kalınlık (cm)	25	30	35
Çelik Hasır	Adet	2 kat	2 kat	2 kat
	Türü	Q221/221	Q589/378	Q589/378
Çelik İksa	Türü	IPN160	IPN 200	IPN 200
	Türü	PG	PG veya IBO	IBO
Kaya Bulonu	Çap	28 mm	28 mm (PG) 32 mm (IBO)	32 mm
	Uzunluğu	4m-(Omuzlarda 6m)	6m-(Omuzlarda 8m)	8m-(Omuzlarda 12m)
	Adedi	17-18	22-23	24-25
	Aralık	1.25 m (radyal) X round	1.00 m (radyal) X round	1.00 m (radyal) X round
	Uzunluğu	6 m	6 m	9 m
Süren	Çap(”)	1.5	2	3.5
	Aralık	30-40 cm	25-30 cm	20-30 cm
İç Kaplama	Donatı	-	Φ22/150	Φ26/150
Round Boyu	Üst yarı (m)	1.00-1.25 m	0.75-1.00 m	0.50-0.75 m
	Alt yarı (m)	2.00-2.50 m	1.50-2.00 m	1.00-1.50 m
	İnvert (m)	4.00-5.00 m	3.00-4.00 m	2.00-3.00 m
Toleranslar	Deformasyon (cm)	15	15-20	20-25
	Yapım (cm)	10	10	10

1)C2 sınıfında IBO bulon sadece PG uygulanamadığı durumlarda uygulanmalıdır.

2)Tünel giriş ve çıkışlarında bir defaya mahsus olmak 12 m uzunluğunda 3.5” süren yapılmalıdır.

3)C2 ve C3 sınıflarında süren uygulanacak roundlarda kafes iksa (Φ 32) yapılabilir.

Çizelge 3.27 : Destekleme sistemleri örnek özet tablosu.

	Kesim	Eğim	Destekleme			Barbakan
			Püskürtme Beton (C20/25)	Bulon Boyu ve Aralığı (SN 28 mm)	Çelik Hasır (Q221/221)	
Giriş Portali	Sağ Tüp	Yan Şev (Sağ)	2Y/3D	15 cm	6-8 m 2.0 x 1.5 (m)	Tek Kat 6 – 8 m 3 x 3 (m)
		Yan Şev (Sol)	2Y/3D	15 cm	6-8 m 2.0 x 1.5 (m)	Tek Kat 6 – 8 m 3 x 3 (m)
		Ayna Şevi	1Y/5D (alt) 1Y/3D (üst)	15 cm	6-8 m 2.0 x 1.5 (m)	Tek Kat 6 – 8 m 3 x 3 (m)
	Sol Tüp	Yan Şev (Sol)	2Y/3D	15 cm	6-8 m 2.0 x 1.5 (m)	Tek Kat 6 – 8 m 3 x 3 (m)
		Ayna Şevi	1Y/5D(alt) 1Y/3D(üst)	15 cm	6-8 m 2.0 x 1.5 (m)	Tek Kat 6 – 8 m 3 x 3 (m)
Çıkış Portali	Sağ Tüp	Yan Şev (Sağ)	2Y/3D	15 cm	6-8-10 m 2.0 x 1.5 (m)	Tek Kat 6–8-10m 3 x 3 (m)
		Ayna Şevi	1Y/5D (alt) 1Y/3D (üst)	15 cm	6-8-10 m 2.0 x 1.5 (m)	Tek Kat 6–8-10 m 3 x 3 (m)
		Yan Şev (Sağ)	2Y/3D	15 cm	6-8-10 m 2.0 x 1.5 (m)	Tek Kat 6–8-10 m 3 x 3 (m)
	Sol Tüp	Yan Şev (Sol)	2Y/3D	15 cm	6-8 m 2.0 x 1.5 (m)	Tek Kat 6 – 8 m 3 x 3 (m)
		Ayna Şevi	1Y/5D(alt) 1Y/3D (üst)	15 cm	6-8-10 m 2.0 x 1.5 (m)	Tek Kat 6–8-10 m 3 x 3 (m)

3.2.9 Portal kazı planları

Portal kazı planları, tünel-giriş ve çıkış kısımlarında belirlenen şev eğimleriyle arazinin kazıdan sonra alacağı hali gösteren 3 boyutlu arazi modelinin gerçekleştirilmesidir. Bu süreç güzergah mühendisi tarafından yürütülürken, girdiler tünel mühendisi tarafından sağlanır. Bu aşamada güzergah mühendisine verilecek girdiler aşağıdaki gibidir.

- Tünelin net giriş çıkış metreleri
- Tünel yan ve alın şevlerinin eğimi
- Maksimum şev yüksekliği
- Palye genişliği (Palye: İki şev arasındaki düz alan)
- Tasarlanan portal yapılarının boyutları.

Bu girdilerin eksiksiz ve net olarak ifade edilmesi, portal kazılarının doğru modellenebilmesi açısından önemlidir. Bu verilerle birlikte güzergah mühendisi, arazi modelinin yanısıra tünel giriş ve çıkış metrelerine ait en kesit ile maksimum şev yüksekliğinin kesitlerini ayrıca şevlerin görüşlerini hazırlar. Güzergah mühendisinden alınan çıktılar, gerek jeolojik plan ve profilde, stabilite analizlerinde ve teknik çizim aşamasında kullanılmaktadır. Girdilerin güzergah mühendisine doğru ve anlaşılır bir şekilde verilebilmesi için portal kazı planı iş teslim formu oluşturulmuştur.

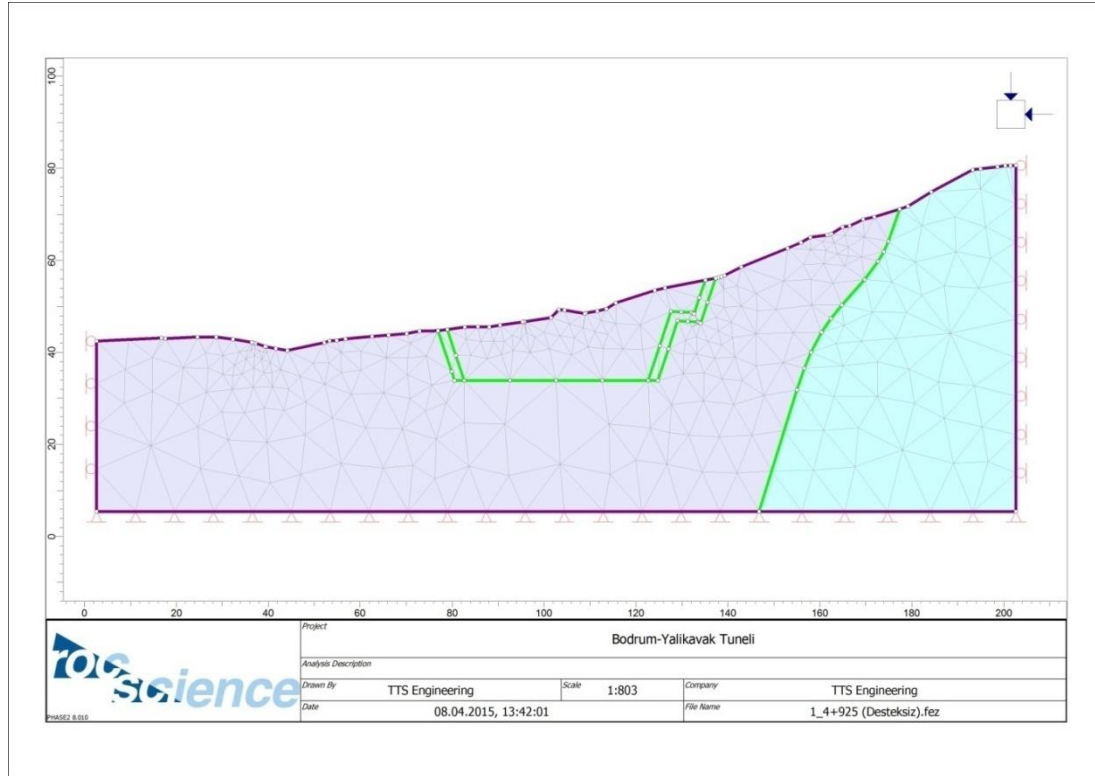
3.2.10 Portal yapıları

Tünel giriş ve çıkış portalleri üzerinde ve tünel içerisinde statik anlamda çözümlenmesi zorunlu olan, duvar projeleri, aç-kapa yapıları, yamaç tüneli, iç kaplama gibi statik yapılar da bulunmaktadır. Bu yapılar için gerekli beton kalınlıkları, donatı miktarları vb. parametrelerin belirlenebilmesi için statik mühendisi tarafından yine numerik analizleri kullanan programlar yardımıyla incelemeler yapılmaktadır. Yapılacak tüm incelemeler için gerekli veriler yine tünel mühendisi tarafından statik mühendisine sağlanmaktadır. Bu aşamada tünel mühendisinin, statik mühendisine ihtiyacı net olarak ifade etmesi ve olası kısıtları gündeme getirmesi gerekmektedir. Unutulmamalıdır ki, zemin ve yapı etkileşimleri başlı başına bir disiplindir, yapılacak olan yapıların statik anlamda incelenmesi çözüm için yeterli değildir. Bu alanda tünel mühendisinin, jeolojik anlamda kısıtlamaları zemin davranışını net olarak statik mühendisine ifade etmesi

gerekmektedir. Bu süreç statik mühendisi tarafından yürütülse bile mutlaka tünel mühendisinin sürece dahil olması, oluşturulacak çözümün daha sağlıklı olmasını sağlayacaktır.

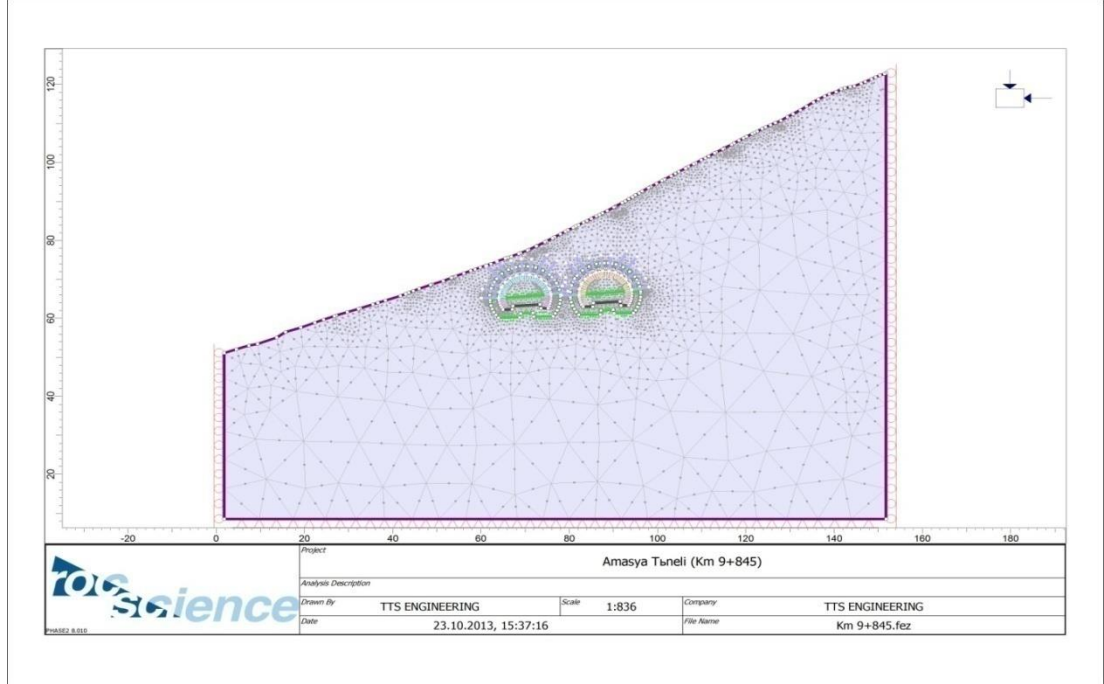
3.2.11 Stabilité analizleri

Stabilite analizleri, her bir homojen bölgedeki en kritik kesimin, eldeki jeolojik verilerle modeli hazırlanarak numerik analiz (sonlu elemanlar, sonlu farklar vb.) yapan programlarla kazı ve destekleme sistemlerinin incelendiği süreçtir. Bu süreç tünel mühendisi tarafından yürütülürken, eldeki veriler bir önceki süreçten alınacaktır. Jeolojik-jeoteknik araştırmalar sonucunda homojen bölgelendirmeye ayrılmış, her bir homojen bölgenin jeolojik modeli ortaya konulmuştur. Yapılan deneylerden ve ampirik formüllerden elde edilen jeolojik parametrelerle ve destekleme parametreleri belirtilmiştir. Tünel kazı geometrisi ve bu kazıdan etkilenecek kazı çevresi ve örtü yükü hazırlanan jeolojik model içerisine yerleştirilmelidir. Aynı durum portal kazıları için de geçerlidir. Şekil 3.27 ve Şekil 3.28'de iki boyutlu sonlu elemanlar analizi yapan bir programda oluşturulmuş jeolojik model gösterilmiştir.



Şekil 3.27 : Sonlu elemanlarda oluşturulan portal jeolojik modeli.

Stabilite analizlerinin güvenilir bir şekilde yapılabilmesi için bir çok etken göz önünde bulundurulmalıdır. Bir projelendirme şirket eğitimi kapsamında Koçak (2015) tarafından hazırlanan stabilite analiz prosedürüyle stabilite analizleri tek tipte ve ayrıntılı olarak yapılabilir. Sürece ait prosedür aşağıda maddeler halinde verilmiştir.



Şekil 3.28 : Sonlu elemanlarda oluşturulan tünel jeolojik modeli.

- Belirlenen jeomekanik değerlerin ve Ko katsayısının, ön hesaplama ile model üzerindeki etkisinin incelenmesi, stabilite üzerinde etkisi olan kritik değişkenin belirlenmesi,
- Modelin sistem büyüklüğü gözetilerek kurulması (oluşturulan kazı geometrisinin minimum 5 katı),
- Yeraltı suyu etkisinin modele eklenmesi, geçirgenlik değerlerinin tanımlanması
- Destekleme elemanları için malzeme özelliklerinin tanımlanması. Püskürtme beton için atım sonrası 3 günlük ve ayrıca 28 günlük değerlerin alınması,
- Nümerik analiz:
 - Birincil gerilme durumu için elastik parametrelerin kullanılması,
 - Kazı aşamaları için elasto-plastik malzeme özelliklerinin kullanılması,
 - Gevşetme, iç basınç vb yöntemler ile 3D etkisinin hesaplanması,

- Destekleme elemanlarının boyutlandırılması,
- Model sonucunda kritik gerilme durumlarının irdelenmesi ve belirlenen jeomekanik ve yatay düşey gerilme değerleri için hassasiyet analizinin yapılması,
- İç kaplamanın boyutlandırılması:
 - Modele bir aşama daha ilave edilmesi, bu aşamada püskürtme beton dayanımının %50 azaltılması, bulonların sistemden kaldırılması,
 - Kompozit eleman olarak iç kaplamanın tanımlanması,
 - Membran etkisinin iç kaplamada göz önüne alınması, rijitliğinin tariflenmesi,
 - İç kaplama ağırlığının hesaba dahil edilmesi,
 - İç kaplamanın boyutlandırılması,
- Deprem etkisi için analizin yinelenmesi,
- Uzun dönem koşulları için modelin incelenmesi (şevlerin dolması, bina yapılması vb.) gereklidir.

Yapılan stabilite analizinin ardından analiz sonuçları rapor içerisinde yer almalıdır. Rapor içerisinde stabilite analizlerine ait aşağıdaki detaylar eklenmelidir.

- Her bir kazı sonrası kesme gerilmeleri, ortalama gerilmeler, deformasyonlar, plastikleşme noktaları verilmelidir.
- 3 boyut etkisini yansıtmak amacıyla stabilite analizine eklenen aşamadaki yine yukarıdaki detaylar verilmelidir.
- Prosedür de belirtilen her bir destekleme aşaması için detaylar verilmeli ve destekleme sistemlerinin tahkiki de rapor içerisinde yer almalıdır.
- Deprem etkisi ve uzun dönem koşullarına ait detaylara da rapor içerisinde yer verilmelidir.

3.2.12 Teknik çizim

Teknik çizim süreci, yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konulan kazı ve destekleme sistemlerinin, arazide uygulanmasına yardımcı olacak çizimlerin hazırlanması sürecidir. Bu aşamada süreci gerçekleştirecek olan inşaat tekniklerinin her aşamada tünel mühendisiyle birlikte çalışması gerekmektedir. Tünel mühendisiyle, teknik ressam arasındaki iletişim kopukluğu daha sonra yapılacak

teknik çizim kontrol sürecini de uzatmakta ve projenin teslim zamanının sarkmasına sebep olmaktadır.İletişim ve koordinasyonu en üst düzeye çıkartabilmek amacıyla, tünel mühendisinin tüm ihtiyaçları en doğru şekilde teknik ressamaya aktarması gerekmektedir. Bu nedenle teknik çizim için gerekli olacak tüm verilerin netleştirilmesi amacıyla iş teslim tutanakları, pafta listeleri ve zorunlu içerik formları oluşturulmuştur. Bu formlar oluşturulurken bugüne kadar yapılan revizyon sebepleri göz önünde bulundurulmuştur.

3.2.13 Teknik çizim kontrolü

Teknik çizimleri bir projenin görünen yüzü olarak tariflemek pek de yanlış bir tanımlama değildir.Görünen bu yüzün, kaliteli ve doğru verilerle desteklenmesi yeterli değildir.Bu verilerin doğru ve anlaşılır şekilde ifade edilmesi önemlidir.Bu sebeple kontrol kısmı ayrı bir süreç olarak tariflenmiştir.

Bu süreci daha etkin yönetebilmek amacıyla her bir pafta için kontrol formları hazırlanmıştır.Öncelikle zorunlu içerik formlarıyla içerik kontrolü yapıldıktan sonra tüm ayrıntıların doğru bir şekilde ifade edildiğinden emin olabilmek için kontrol formlarıyla her bir pafta kontrol edilmelidir.Bu süreç, oldukça zaman almasına rağmen yapılmaması durumunda projenin güvenilirliğini ortadan kaldıracak ve yapılan hatalar bu sürecin kendisinden daha çok zamanın kaybedilmesine sebep olacaktır.Çizimlerdeki teknik hatalar ise imalat güvenliğini tehdit edecektir.Baskı işlemlerinin tekrar edilmesi sarf malzemesi maliyetlerinin de arttırılmasına sebep olacaktır. Rapor ve çizimler arasındaki uyumsuzluk açısından kontrol edilebilmesi için iş teslim formu üzerinden verilerin teyit edilmesi gerekmektedir.

3.2.14 Sonuçların değerlendirilmesi

Projeye ait tüm süreçler tamamlandıktan sonra, her bir bölüm için sonuçlar değerlendirilir. Bu süreç içerisinde projeyi spesifik hale getiren tüm etmenler ortaya konulur.Projenin genel değerlendirmesi yapılır. Özel jeolojik koşullara açıklık getirilir ve bu konudaki mühendislik yaklaşımı ortaya konur, yapılan iş özetlendikten sonra elde edilen sonuçlar paylaşılır. İmalatta sorun yaşatabilecek detaylardan bahsedilir.Projede karşılabilecek sorunlara dair olası çözüm yöntemleri ya da öneriler paftalarda belirtilir. Yapılan çözümlerin bilimsel nitelikte olduğu belirtilir ve yapılan kabul ve yaklaşımlar ifade edilir. İyi bir sonuç değerlendirmesi, projenin güvenilirliğini arttıracak etmenlerin başında gelir.

3.2.15 Projenin teslim edilmesi

Proje tamamlandıktan sonra ihtiyaç dahilinde çoğaltılarak ilgili mercilere ulaştırılır. Bu aşamada yaşanacak aksakların önüne geçilebilmesi için projenin içeriğinde yer alan pafta ve raporların tam listesini içeren teslim tutanağı hazırlanarak, hem projeyi teslim eden birimden, hem de projeyi teslim alan birimden birer kişinin imzasıyla projenin eksiksiz olarak yerine ulaştığından emin olunur. Bu işlem için teslim tutanağı örneği eklerde verilmiştir.

3.2.16 Proje takibi

Projenin yerine tesliminin ardından gerekli birimlerden onay alınabilmesi için projenin tüm ayrıntılarıyla gerekli birimlere tariflenmesi gerekmektedir. Bu süreç içerisinde projeyi inceleyecek olan birimlerle iletişim kurularak proje anlatılır. Yapılan tüm işlemler özetlenirken, proje içerisinde alınan kararların sebep ve etkileri ifade edilir. Bu aşamada geleneksel sunum teknikleriyle projeyi ilgili kurumlara anlatmak projedeki revizyonları ortadan kaldırmakla kalmaz aynı zamanda projeye olan güvenilirliği de arttırır.

4. SONUÇLAR

Türkiye'de tünel imalatı ve ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Lojistik ve ulaşım anlamında vizyonu olan bir anlayışla Türkiye'de km'lerce tünel (metro, karayolu, baraj, demiryolu vb.) imalatı gerçekleşmekte, en az iki kat kadarı da projelendirme ve planlama aşamasındadır. Bu derece büyüyen bir sektör içerisinde en büyük payı da haliyle karayolu tünelleri almaktadır.Yapılan bu çalışma ile doğru, güvenilir, şeffaf ve kaliteli projeler üretmekte kullanılması için gerekli olacak proje yönetim ilkelerini ve süreçlerini ortaya koymak hedeflenmiştir.Tez içerisinde proje ve proje yönetimi kavramlarına açıklık getirilmiş olup, proje süreçlerine dair iyileştirme yöntemleri araştırılmıştır.Uygun süreç iyileştirme metodları belirlenerek tünel projesi süreçlerine uygulanmıştır.Tek bir süreç iyileştirme metodu seçilmemiş olup, süreç iyileştirme metodlarının mühendislik hizmet sektörüne uygun olan kısımları uygulanmıştır. Bu konuda ciddi hedefler koyan bir şirket bünyesinde bu denli iş hacmi yüksek bir sektörde başarılı olabilmesi için departman bazında organizasyon yapısı ortaya konulmuştur. Bugüne kadar yapılan revizyonların sebepleri araştırılmış, proje paydaşlarıyla istekler ve beklentiler üzerine toplantılar düzenlenmiş, proje anlamında süreçler ortaya çıkartılıp haritalandırılmış, projelerden elde edilen verilerle standartlaştırılma çalışmaları yapılmış, mevcut süreçlerin analizi yapılarak daha ayrıntılı hale getirilmiştir. Örnek şablonlarla proje içinde gösterilmesi gereken verilerin standartlaştırılması sağlanmıştır. Hazırlanan iş formlarıyla proje yönetiminin, tek elden ve doğru bir şekilde yapılmasına olanak sağlanmıştır.Bir projenin tasarımılandırılması çalışmada belirtilen ölçütler ele alınarak yapılırsa, mutlak suretle daha kısa sürede gerçekleştirilmektedir.Bunun sebebi, ölçütler ele alınmadan yapılan proje tasarımılandırılmasında, hatalar, revizyonlar ve yanlış anlamalar gerçekleşmesidir.Ölçütlerin ele alınmadan proje tasarımı yapılması, proje tarafları arasında gerginliğe yol açmakta, verim ve zaman kaybıyla birlikte hak ediş kaybına sebep olmaktadır.Bu sebeple projelendirme aşamasında tüm süreçler belirtilen adımlarla uygulanmalıdır.

Yapılan bu proje yönetim sistemi, bir takım zorluklarla karşılaşılmasına rağmen uygun bir şekilde şirket içerisinde uygulanmaya başlanmıştır. Yapılan bu çalışma tüm hatlarıyla birlikte şirket içerisinde ihtiyaçlar dahilinde hazırlanmış olup, iş verimine ve hata faktörlerinin azaltılmasına katkısı olmuştur. Bu çalışma belirli adımları değiştirilerek adapte edilebilir esneklikte hazırlanmıştır ve geleceği hedefleyen, kurumsallaşma niyetindeki her bir şirket için olmazsa olmazlardanır.

KAYNAKLAR

- ACI 318**, (2005). Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute, Farmington Hills.
- ACI 347**, (2005). Recommended Practice for Concrete Formwork. American Concrete Institute, Farmington Hills.
- Anderson, R., Eriksson, H. ve Torstensson, H.**, (2006). 'Similarities and Differences between TQM, Six Sigma and Lean.' *The TQM Magazine*, Sayı: 18, Sf. 282-296.
- Antony, J.**, (2004). Some Pros and Cons of Six Sigma: An Academic Perspective.' *The TQM Magazine*, Sayı 16 Sf. 303-306.
- Aydan, Ö. ve Dalgıç S.**, (1998). Prediction of deformation behaviour of 3-lanes Bolu Tunnels through squeezing rocks of North Anatolian Fault Zone. Proceedings of the regional symposium on sedimentary rock engineering, Taipei, Tayvan, Kasım Sf. 228-233
- Barton, N.**, (2002). Some new Q-value correlations to assist in site characterisation and tunnel design. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* Sayı:39, Sf. 185-216.
- Bieniawski, Z. T.**, (1978). Determining rock mass deformability: experience from case histories. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* Sayı:15 Sf. 237-247
- Bieniawski, Z.T.**, (1989). Engineering Rock Mass Classification, Wiley, New York.
- Bolton, M.D.**, (1991). A Guide to Soil Mechanics. MD & K Bolton.
- Brooker, E. W. ve Ireland, H. O.**, (1965). Earth pressure at rest related to stress history *Canadian Geotechnical Journal* Sayı: 2 Sf. 1-15
- Buavaraporn, N.**, (2010). Business Process Improvement Methodology Adoption For Improving Service Quality: Case Studies Of Financial Institutions. Doktora Tezi, University of Nottingham.
- Gershon, M.**, (t.y). Choosing Which Process Improvement Methodology to Implement, Alındığı tarih: 02.03.2015. <http://t.www.na-businesspress.com/JABE/Jabe105/GershonWeb.pdf>.
- Gökçeoğlu, C., Sönmez, H. ve Kayabaşı, A.**, (2003). Predicting deformation moduli of rock masses. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* Sayı: 40 Sf. 701-710.
- Grimstad, E. ve Barton, N.**, (1993). Updating the Q-System for NMT International Symposium on Sprayed Concrete Fagernes, Norwegian Concrete Association, Norveç, Ekim. Sf. 25-32.
- Habib M. N. ve Shah A.**, (2010). Business Process Reengineering: Literature Review of Approaches and Applications Proceedings of 3rd Asia-Pacific Business Research Conference, Kuala Lumpur, Malezya,
- Hageböiling, V.** (2009), *Technisches Risikomanagement*, sf.37, TÜV Media GmbH, TÜV Rheinland Group, Köln.

- Hoek, E. ve Brown, E.T.,** (1997). Practical estimates of rock mass strength, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* Sayı: 34 Sf. 1165-1186
- Hoek, E. Carranza Torres C. T. ve Corkum, B.** (2002). Hoek-Brown Failure criterion. Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium, Toronto, Kanada, Temmuz Cilt 1, Sf. 267-273.
- Hoek, E. ve Diederichs, M. S.,** (2006). Empirical Estimation of rock mass modulus. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* Sayı: 43 Sf. 203-215.
- Jaky, J.,** (1944) The coefficient earth pressure at rest. Journal of the society of Hungarian Architects and Engineers Sf. 355-358
- Jose, M. G., Álvarez, M. ve Bieniawski Z. T.,** (2005). Valuation of the deformation modulus of rock masses: Comparison of pressuremeter and dilatometer tests with RMR prediction. ISP5-PRESSIO 2005 International Symposium.
- Kalamaris G.S. ve Bieniawski Z. T.** (1995). A rock strength concept for coal seams incorporating the effect of time, Proceedings of the 8th ISRM congress, Tokyo, Japonya, Eylül, Cilt: 1, Sf. 295-302.
- Karayolları Genel Müdürlüğü,** (1997). Karayolu Tüneli Uygulama Projesi Teknik Şartnamesi, Ankara.
- Karayolları Genel Müdürlüğü,** (2005). Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi, Ankara.
- Karayolları Genel Müdürlüğü,** (2013). Karayolları Teknik Şartnamesi, Ankara.
- Kayabaşı, A., Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu M.,** (2003). Estimating the deformation modulus of rock masses: a comparative study. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* Sayı: 40 Sf. 55-63.
- Koçak B.,** (2015). Stabilité Analizlerinde Kullanılması Gereken Prosedür, Şirket içi eğitim semineri.
- Mehrotra, V.K.,** (1992). *Estimation of Engineering Parameters of Rock Mass.* Doktora Tezi. University of Roorkee, Roorkee, Hindistan.
- Melnick, E. L. ve Everitt, B.,** (2008). *Encyclopedia of quantitative risk analysis and assessment*, Wiley, sf. 574
- Mitri, H. S., Edrissi R. ve Henning J.,** (1994). Finite element modelling of cable bolted slopes in hard rock mines. Proceedings of the SME annual meeting, Albuquerque, New Mexico, Şubat Sf. 94-116.
- Motwani, J., Kumar, A., Jiang, J., ve Youssef, M.,** (1998). Business process reengineering: A theoretical framework and an integrated model. *International Journal of Operations & Production Management*, Sayı: 18, Sf. 964-977.
- Nicholson, G. A. ve Bieniawski, Z.T.,** (1990). A nonlinear deformation modulus based on rock mass classification. *International Journal of Mining and Geological Engineering* Sayı: 8, Sf. 181-202.
- ÖNORM B 2203,** (2001) Underground Works – Works contract, Part 1: Cyclic driving (conventional tunnelling). Austrian Standards, Salzburg.
- Palmström, A. ve Singh, R.,** (2001). The deformation modulus of rock masses- comparisons between in-situ tests and indirect estimates, Tunneling and Underground Space Technology. Sayı: 16 Sf. 115-131
- Palmström A.,** (1995). RMI-a rock mass characterization system for rock engineering purposes, Doktora Tezi, University of Oslo.

- Project Management Institute (PMI)**,(2013).A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)5th Edition, Newtown Square, Pennsylvania
- Průška, M.J.**, (1973), Effect of initial stress on the stress-strain relation,” Proceedings of the 8th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moskova, Sayı 4, Sf. 26-28.
- Ramamurthy, T.**, (1986). Stability of Rock Mass. *Indian Geotechnical Journal*Sf.1-74
- Read, S. A. L., RichardsL. R., ve PerrinN. D.**, (1999). Applicability of the Hoek–Brown Failure Criterion to New Zealand Greywacke Rocks Proceedings 9th International Congress on Rock Mechanics, Paris, Ağustos, Sf. 655–660.
- Serafim, J. L. ve Pereira, J. P.**, (1983). Considerations of the geomechanics classification of Bieniawski. Proceedings of the international symposium on engineering geology and underground construction, Lizbon, Portekiz, Cilt 1 (I), Sf. 33-44
- Sheorey, P.R.**, (1997). Empirical rock failure criteria, Rotterdam, Balkema.
- Snee, R. D.**, (2004). 'Six-Sigma: The Evolution of 100 Years of Business Improvement Methodology.' *International Journal Six Sigma and Competitive Advantage*, Cilt: 1, Sf. 5-15
- Stevens, A.**, (2010). ITS Process Improvement Methodology Alındığı tarih: 26.04.2015, adres: www.mais.umich.edu.
- Sönmez, H. ve Ulusay R.** (2002) A discussion on the Hoek-Brown failure criterion and suggested modification to the criterion verified by slope stability case studies. *Yerbilimleri*Sayı: 26 Sf. 77-99
- Sönmez H, Gökçeoğlu C., Nefeslioğlu H. A. ve Kayabaşı, A.**,(2006). Estimation of rock modulus. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*Sayı: 43 Sf. 224-235
- TS 500**, (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Türk Standartları Enstitüsü, Bakanlıklar/Ankara
- Tarhan, F.** (2002). Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası, Trabzon
- UDH**, (2014). T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Stratejik Planı, Bakanlıklar/Ankara
- Womack, J. P., Jones, D. T. ve Roos, D.**, (1990). The Machine That Changed the World. New York: *HarperCollins*.
- Womack, J. P. ve Jones, D. T.**, (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Coporation. New York: *Simon and Schuster*.
- Yudhbir, L. W. P. F.**, (1983) An empirical failure criterion for rock masses. Proceedings of the 5th international congress society of rock mechanics, Melbourne, Cilt: 1, Sf.1-8
- Zhang L. ve Einstein H. H.**, (2004), Using RQD to estimate the deformation modulus of rock masses.*International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* Sayı: 41 Sf. 337-341

EKLER

EK A: İş Formları

EK A1: Kazı Destekleme Paftası Zorunlu İçerik Formu

EK A2: Tünel Hesap Raporu Kontrol Formu

EK A3: Tünel Tip Kesit Paftası Kontrol Formu

EK A4: Proje Teslim Tutanağı

EK A5: Portal Yapıları İş Teslim Formu

EK A6: Portal Kazıları İş Teslim Formu

EK A7: Portal Paftaları Kontrol Formu

EK A8: Kazı Destekleme Paftası Kontrol Formu

EK A9: Jeolojik Plan Paftası Kontrol Formu

EK A10: Jeolojik En Kesit Paftası Kontrol Formu

EK A11: Jeolojik Profil Paftası Kontrol Formu

EK A12: Jeoloji Paftaları Zorunlu İçerik Formu

EK A13: Çelik İksa Paftası Kontrol Formu

EK A14: Başpafta Zorunlu İçerik ve Kontrol Formu

EK A15: Tünel Pafta Listesi

EK A16: Arazi Formu

EK B: Destekleme Sistemleri

EK B1: IPN Profil Sistemleri

EK B2: Bulon Sistemleri

EK A1

	KAZI DESTEKLEME PAFTASI ZORUNLU İÇERİK FORMU
Pafta Adı ve Pafta No	Onay
Tünel Tip Kesiti	
Bulonlama Sistemi	
Tünel Boy Kesiti	
Bulon Detayları	
Başlık Plakası Detayları	
İlerleme Kesiti	
Kazı Profili, Yapım ve Deformasyon Toleransları	
Malzeme Listesi	
Bulon Giriş Detayı	
Süren Giriş Detayı	
Bulonların Radyal Aralıkları	
İlerleme Adımları	
Bulon Adedi	
Kazı Kotları	
Raporda Belirlenen Kazı İlerleme ve Destekleme Aşamaları	
Kazı İlerleme ve Destekleme ile İlgili Notlar	
Altyarı Üstyarı Çizgileri	
Altyarı-Üstyarı Takip Mesafesi	
Metraj Listesi (Teorik Kazı Alanları, Toleranslar, P.Beton, Kazı Dış Çevresi)	

	TÜNEL TİP KESİTİ PAFTASI ZORUNLU İÇERİK FORMU
Pafta Adı ve Pafta No	Onay
Birincil destekleme ve diğer elemanların malzeme listesi	
Tip kesit için hazırlanmış notlar	
Kazı Hattı	
Çelik İksa	
Püskürtme Beton	
Diğer Destekleme Elemanları	
İç Kaplama Betonu	
Tünel Eğimi ve Yönü	
Drenaj Sistemi Elemanları	
Tünel Gabarisi Ölçüleri	

EK A2

TÜNEL HESAP RAPORU KONTROL FORMU				
	İşin Adı:			
	Dosya Adresi:			
	Hesap Modelleri Adresi:			
	Raporu Hazırlayan / Tarih:			
	Analizleri Yapan / Tarih:			
	Kontrol Eden / Tarih:			
	KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır	Açıklama
1	Tünel kritik kesit gösterildi mi?			
2	Analizlerde kullanılan destekleme malzeme özellikleri tanımlı mı?			
3	Jeomekanik büyüklükler jeoteknik rapor ile uyumlu mu?			
4	Malzeme özellikleri ve jeomekanik büyüklükler için birimler (MPa vb) doğru mu?			
5	Tüm kritik kesitler için analiz yapıldı mı?			
6	Analizlerde kazı aşamaları doğru tanımlandı mı?			
7	Analizlerde arazinin gevşeme oranları (iç basınç vb) gösterildi mi?			
8	hesaplama metodolojisi / hesaplama adımları raporda tanımlandı mı?			
9	Ko değerlerine ait büyüklükler gösterildi mi?			
10	Depremlı durum için analiz yapıldı mı?			
11	Püskürtme beton için tahkikler var mı?			
12	Farklı beton sınıfları varsa, bir alt değer in yetersiz olduğu gösterildi mi?			
13	28 mm den daha kalın bulon kullanıldıysa, bunun yetersiz olduğu gösterildi mi			
14	bulon, plaka tahkikleri eklendi mi?			
15	Tüplerin birbirlerini takip mesafeleri belirtildi mi?			
16	Deplasman değerleri, deformasyon toleransları (pafta) ile uyumlu mu			
17	Hasır çelik tahkiki eklendi mi?			
18	Süren/umbrella varsa malzeme özelliklerinin nasıl belirlendiği gösterildi mi?			
19	Püskürtme betonunun günlük mukavemet gelişim eğrisi eklendi mi			
20	ayna desteklemesi var ise, buna ait hesaplama eklendi mi?			
21	Bağlantı tünellerine ait analizler eklendi mi			
22	Trafo ve sığınma cepleri için analizler eklendi mi			
23	B2 sınıfı için sürenli / sürensiz durum analizi pafta ile uyumlu mu			
24	İç kaplama kalıp açma mukavemeti değerleri verildi mi			
25	İç kaplama donatılı ise buna ait analizler eklendi mi			
26	analizlerde YSS durumu dikkate alındı mı			
27	YSS var ise, jeomekanik büyüklüklerde permeabilite değerleri tanımlandı mı			
28	Raporda antet (bölge ismi, tarih, kişi isimleri, firma isimleri) doğru mu			
29	Rapor kapağı doğru mu			
30	İş'in adı, kilometresi doğru mu			
31	Rapor girişinde tünele ait uzunluk vb bilgiler doğru mu			
32	Analizlerde doğru model (MC, HB vb) kullanıldı mı?			
33	Raporda "kabul" var mı, var ise açıklama bölümüne detayını yazın			
34	rapora ait analiz modelleri ve word dosyası proje ortağı eklendi mi ve yedeklendi mi			
Açıklama				

Rapor Basıma Uygun Dur / Değildir
Onaylayan ve Tarih:

EK A3

		TÜNEL TİP KESİT PAFTASI KONTROL FORMU				Rev. No:				
						Tarih:				
İŞİN ADI										
TÜNEL TÜRÜ										
DESTEKLEME SINIFI										
KONTROL LİSTESİ					Tekniker		Mühendis		Proje	
					Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Hayır
A. GENEL PARAMETRELER										
1	Pafta Adı ve Pafta No Başpafta ile uyumlu mu?									
2	Yazı boyutları yeterince büyük ve okunaklı mı?									
3	Tip kesitteki birincil destekleme ve diğer elemanların malzeme listesi doğru mu?									
4	Tip kesit için hazırlanmış notlar kontrol edildi mi?									
B. ÇİZİM PARAMETRELERİ										
5	Tip kesitte kazı hattı gösterilmiş mi?									
6	Tip kesitte çelik iksa, püskürtme beton vb. destekleme elemanları gösterilmiş mi?									
7	Tip kesitte iç kaplama betonu gösterilmiş mi?									
8	Tip kesit üzerinde kotlar belirtilmiş mi?									
9	Tünel eğimi ve yönü belirtilmiş mi?									
10	Tip kesitte drenaj sistemi elemanları gösterilmiş mi?									
11	Tip kesit invertli ise invert betonu gösterilmiş mi?									
C. ÖLÇÜLENDİRME PARAMETRELERİ										
12	Tip kesit üzerinde tünel gabarisi ölçülendirilmiş mi?									
13	Tip kesitte çelik iksa, püskürtme beton vb. destekleme elemanları ölçülendirilmiş mi?									
14	Tip kesitte iç kaplama betonu (kalınlığı, iç ve dış yarıçapı) ölçülendirilmiş mi?									
15	Tip kesit üzerindeki kazı hattı yarıçapı her destekleme sınıfı için ölçülendirilmiş mi?									
16	Tip kesitte drenaj sistemi elemanları ölçülendirilmiş mi?									
17	Tip kesitin tamamı için ölçü birimleri birbirleriyle uyumlu mu?									
18										
19										
20										

EK A4

	TESLİM TUTANAĞI FORMU	Doküman No: KYS 750 F02 Yayın Tarihi: 07.01.2013 Revizyon No: - Revizyon Tarihi: -
--	------------------------------	---

İşin Adı:	KM:12+000.000 - 26+300.000 ARASI "TOPRAK İŞLERİ, SANAT YAPILARI ve ÜSTYAPI YAPIM ve ONARIM İNŞAATI" YAPIM İŞİ		
Teslim Tarihi:	13.04.2015		
İdare / Müşteri Adı:			
Teslim Eden (Adı, Soyadı, İmzası):	.		
Teslim Alan (Adı, Soyadı, İmzası):			
Gönderim Şekli:	Elden ☐	Kargo ☒	
Gönderim Nedeni:	Bilgi/Karar ☐	Onay ☒	Talep ☐ Revize ☐

Projenin Adı:	ÖN PROJE T1/A TÜNELİ SOL TÜP (KM:9+725.00-KM:10+005.00) SAĞ TÜP (KM:9+780.00-KM:9+965.00)	
GÖNDERİLEN DOKÜMANIN ADI:	KODU:	ADET:
GÜZERGAH JEOLJİK PLANI	TTS.12/14-T1A-TNL-01	6
JEOLJİK-JEOTEKNİK PROFİLİ	TTS.12/14-T1A-TNL-02	6
GİRİŞ PORTALİ KAZI PLANI ve KESİTLERİ 1/2	TTS.12/14-T1A-TNL-03	6
GİRİŞ PORTALİ KAZI PLANI ve KESİTLERİ 2/2	TTS.12/14-T1A-TNL-04	6
ÇIKIŞ PORTALİ KAZI PLANI ve KESİTLERİ 1/2	TTS.12/14-T1A-TNL-05	6
ÇIKIŞ PORTALİ KAZI PLANI ve KESİTLERİ 2/2	TTS.12/14-T1A-TNL-06	6
TÜNEL TİP KESİTİ	TTS.12/14-T1A-TNL-07	6
B2 (SÜRENSİZ) KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	TTS.12/14-T1A-TNL-08	6
B2 (SÜRENLİ) KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	TTS.12/14-T1A-TNL-09	6
B3 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	TTS.12/14-T1A-TNL-10	6
GÖNDERİLEN DOKÜMANIN ADI:	ADET:	
TÜNEL HESAP RAPORU	6	

Portal Planı ve Portal Yapıları İş Teslim Formu				
	İşin Adı:			
	Dosya Adresi:			
	Raporu Hazırlayan / Tarih:			
	Analizleri Yapan / Tarih:			
	Teslim Eden / Tarih:			
	Veriler			Açıklama
1	Tünel Sağ ve Sol Tüp Giriş Km'si			
2	Tünel Sağ ve Sol Tüp Çıkış Km'si			
3	Tünel Girişi Sağ Yan Şev Eğimi			
4	Tünel Girişi Sol Yan Şev Eğimi			
5	Tünel Girişi Alın Şevi Eğimi			
6	Tünel Çıkışı Sağ Yan Şev Eğimi			
7	Tünel Çıkışı Sol Yan Şev Eğimi			
8	Tünel Çıkış Alın Şevi Eğimi			
9	İzin Verilen maksimum şev yüksekliği eğimi			
10	Palye genişliği			
11	Tünel Çıkışı Sağ Tüp Portal Yapısı Geometrisi			
12	Tünel Çıkışı Sol Tüp Portal Yapısı Geometrisi			
13	Tünel Çıkışı Sağ Tüp Portal Yapısı Geometrisi			
14	Tünel Çıkışı Sol Tüp Portal Yapısı Geometrisi			
15	Yamaç Tüneli Geometrisi			
16	Kafa Hendeği Geometrisi			
17	Portal Yapısı Dolgu Yüksekliği			
Açıklama				

EK A6

1Y/3D Şev Eğiminde Oluşturulacak Tünel Giriş Portalı Alın Şevi

- Sv = Düşey bulon aralığı = 1,50 m
- Sh=Yatay bulon aralığı = 1,50 m
- L = Bulon boyu = 10,0-8,0-6,0 m (3'er sıra)
- ds = Püskürtme Betonu Kalınlığı = 15 cm
- Sp = Drenaj Deliği Aralığı = 8m2 de bir adet
- Ld = Drenaj Deliği Boyu = 10 m
- D = Bulon delik çapı = Minimum 76 mm
- d = Bulon çapı = 28 mm (ϕ 28 Torçelik) (PG Bulon)
- α = Bulonun yatayla yaptığı açı = 15°
- Fy = Donatı çubuğunun çekmede akma dayanımı = 420 MPa (ST IIIa)
- f'c = Püskürtme betonu basınç dayanımı = 20 MPa (C20/25)
- Dayanma plakası boyutları = 150mm x 150mm x 20mm
- Hasır Çelik = 150mm x 150mm x 6,5mm (Q221/221) Çift kat
- Hasır Çelik Minimum Bindirme Boyu = 2 göz = 30 cm
- f'c = Püskürtme betonu basınç dayanımı = 20 MPa (C20/25)
- Dayanma plakası boyutları = 200mm x 200mm x 30mm
- Hasır Çelik = 150mm x 150mm x 6,5mm (Q221/221) Çift kat
- Hasır Çelik Minimum Bindirme Boyu = 2 göz = 30 cm

1Y/3D Şev Eğiminde Oluşturulacak Tünel Giriş Portalı Sol ve Sağ Şevi

- Sv = Düşey bulon aralığı = 1,50 m
- Sh=Yatay bulon aralığı = 1,50 m
- L = Bulon boyu = 10,0-8,0-6,0 m (3'er sıra)
- ds = Püskürtme Betonu Kalınlığı = 15 cm
- Sp = Drenaj Deliği Aralığı = 8m2 de bir adet
- Ld = Drenaj Deliği Boyu = 10 m
- ds = Püskürtme Betonu Kalınlığı = 15 cm
- D = Bulon delik çapı = Minimum 76 mm
- d = Bulon çapı = 28 mm (ϕ 28 Torçelik) (PG Bulon)
- α = Bulonun yatayla yaptığı açı = 15°
- Fy = Donatı çubuğunun çekmede akma dayanımı = 420 MPa (ST IIIa)
- f'c = Püskürtme betonu basınç dayanımı = 20 MPa (C20/25)
- Dayanma plakası boyutları = 150mm x 150mm x 20mm
- Hasır Çelik = 150mm x 150mm x 6,5mm (Q221/221) Çift kat
- Hasır Çelik Minimum Bindirme Boyu = 2 göz = 30 cm

EK A7

		PORTAL PAFTALARI KONTROL FORMU				Rev. No:		
						Tarih:		
İŞİN ADI								
PORTAL TÜRÜ								
KONTROL LİSTESİ		Tekniker		Mühendis		Proje		
		Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Hayır	
A. GENEL PARAMETRELER								
1	Pafta Adı ve Pafta No Başpafta ile uyumlu mu?							
2	Yazı boyutları yeterince büyük ve okunaklı mı?							
3	Plan üzerinde ölçek ve Kuzey oku bulunuyor mu?							
4	Planda tünel kilometreleri gösterilmiş mi?							
5	Birincil destekleme ve diğer elemanlarının malzeme listesi doğru mu?							
6	Portal yapıları için hazırlanmış notlar kontrol edildi mi?							
B. ÇİZİM PARAMETRELERİ								
7	Plana munhaniler ve kotları eklenmiş mi?							
8	Portal yapıları için önemli noktaların X ve Y koordinatları belirtilmiş mi?							
9	Planda şev (Ayna şevi ve Yan şevler) eğimleri belirtilmiş mi?							
10	Detaylar için alınan kesit düzlemleri belirtilmiş mi?							
11	Detay gösterimler doğru alanı belirtiyor mu?							
12								
13								
C. ÖLÇÜLENDİRME PARAMETRELERİ								
14	Kesitlerin ölçekleri belirtilmiş mi?							
15	Kesitlerde destekleme elemanları gösterilmiş mi?							
16	Kesitlerin tüm ölçülendirmeleri doğru olarak gösterilmiş mi?							
17								
18								
19								
20								

EK A8

		KAZI DESTEKLEME PAFTASI KONTROL FORMU				Rev. No:					
						Tarih:					
İŞİN ADI											
TÜNEL TÜRÜ											
DESTEKLEME SINIFI											
KONTROL LİSTESİ						Tekniker		Mühendis		Proje	
						Evet Hayır		Evet Hayır		Evet Hayır	
A. GENEL PARAMETRELER											
1	Pafta Adı ve Pafta No Başpafta ile uyumlu mu?										
2	Yazı boyutları yeterince büyük ve okunaklı mı?										
3	Paftadaki tünel kesiti tünel tip kesit paftası ile uyumlu mu?										
4	Birincil destekleme ve diğer elemanların malzeme listesi doğru mu?										
5	Kazı ilerleme ve destekleme aşamaları rapor ile uyumlu mu?										
6	Kazı ilerleme ve destekleme için hazırlanmış notlar kontrol edildi mi?										
B. ÇİZİM PARAMETRELERİ											
7	Tünel tip kesiti üzerinde detaylar için alınan kesit düzlemleri belirtilmiş mi?										
8	Tünel kesiti üzerinden alınan detaylar aynı mı?										
9	Kaya bulonu sistemi raporlar ile uyumlu mu?										
10	Destekleme elemanlarının detayları raporlar ile uyumlu mu?										
11	Kazı ilerleme kesiti raporda planlanan ilerme ile uyumlu mu?										
12											
13											
C. ÖLÇÜLENDİRME PARAMETRELERİ											
14	Kazı alanı metraj tablosu hesaplamaları doğru mu?										
15											
16											
17											
18											
19											
20											

EK A9

	JEOLJİK PLAN PAFTASI KONTROL FORMU				Rev. No:		
					Tarih:		
İŞİN ADI							
KONTROL LİSTESİ				Tekniker		Mühendis	
				Evet Hayır		Evet Hayır	
				Evet Hayır		Evet Hayır	
A. GENEL PARAMETRELER							
1	Pafta Adı ve Pafta No Başpafta ile uyumlu mu?						
2	Yazı boyutları yeterince büyük ve okunaklı mı?						
3	Plan üzerinde ölçek bulunuyor mu?						
4	Plan üzerinde Kuzey oku bulunuyor mu?						
5	Plandaki tünel uzunluğu projenin kilometresi ile uyumlu mu?						
6	Planda tünelin giriş ve çıkışına yönler eklenmiş mi?						
B. ÇİZİM PARAMETRELERİ							
7	Plan üzerinde jeolojik birim sınırları gösterilmiş mi?						
8	Plan üzerinde yapısal unsurlar (fay, kıvrım, tabaka, eklem, çatlak vb.) gösterilmiş mi?						
9	Plan üzerinde zayıf birim sınırları gösterilmiş mi?						
10	Planda yeraltı suyu gösterilmiş mi?						
11	Plan üzerine sondajlar eklenmiş mi?						
12	Sondajlarda mühendislik parametreleri bulunuyor mu?						
13	Plana portal yapıları(aç-kapa, yamaç tüneli, flüt yapısı, kanopi vb.) eklenmiş mi?						
14	Plana yarma şevlerinin (ayna şevi ve yan şev) eğimleri eklenmiş mi?						
15	Planda bağlantı tüneli, sığınma cebi, trafo odası gibi yapılar gösterilmiş mi?						
16	Planda rapor ve hesaplamalarda kullanılan enkesitler gösterilmiş mi?						
17	Plana enkesit düzlemleri eklenmiş mi?						
18	Plana Lejand eklenmiş mi?						
19	Plana munhaniler ve kotları eklenmiş mi?						
20	Jeolojik semboller lejandda gösterilmiş mi?						

EK A10

	JEOLJİK ENKESİT PAFTASI KONTROL FORMU				Rev. No:				
					Tarih:				
İŞİN ADI									
KONTROL LİSTESİ				Tekniker		Mühendis		Proje	
				Evet Hayır		Evet Hayır		Evet Hayır	
A. GENEL PARAMETRELER									
1	Pafta Adı ve Pafta No Başpafta ile uyumlu mu?								
2	Yazı boyutları yeterince büyük ve okunaklı mı?								
3	Enkesitlerde ölçek bulunuyor mu?								
4	Profildeki tünel uzunluğu projenin kilometresi ile uyumlu mu?								
B. ÇİZİM PARAMETRELERİ									
5	Enkesitler üzerinde jeolojik birim sınırları gösterilmiş mi?								
6	gösterilmiş mi?								
7	Enkesitler üzerinde zayıf birim sınırları gösterilmiş mi?								
8	Enkesitlerde yeraltı suyu gösterilmiş mi?								
9	Enkesitler üzerine sondajlar (bulunuyorsa) eklenmiş mi?								
10	Sondajlarda mühendislik parametreleri bulunuyor mu?								
11	Enkesitlerin kilometreleri belirtilmiş mi?								
12	Enkesitler plan paftasıyla uyumlu mu?								
13	Enkesit paftasına Lejand eklenmiş mi?								
14	Jeolojik semboller lejandda gösterilmiş mi?								
15									
16									
17									
18									
19									
20									

EK A11

	JEOLJİK PROFİL PAFTASI KONTROL FORMU				Rev. No:						
					Tarih:						
İŞİN ADI											
KONTROL LİSTESİ				Tekniker		Mühendis		Proje			
				Evet		Hayır		Evet		Hayır	
A. GENEL PARAMETRELER											
1	Pafta Adı ve Pafta No Başpafta ile uyumlu mu?										
2	Yazı boyutları yeterince büyük ve okunaklı mı?										
3	Profil üzerinde ölçek bulunuyor mu?										
4	Profildeki tünel uzunluğu projenin kilometresi ile uyumlu mu?										
5	Planda tünelin giriş ve çıkışına yönler eklenmiş mi?										
B. ÇİZİM PARAMETRELERİ											
6	Profil üzerinde jeolojik birim sınırları gösterilmiş mi?										
7	gösterilmiş mi?										
8	Profil üzerinde zayıf birim sınırları gösterilmiş mi?										
9	Profilde yeraltı suyu gösterilmiş mi?										
10	Profil üzerine sondajlar eklenmiş mi?										
11	Sondajlarda mühendislik parametreleri bulunuyor mu?										
12	Profildeki kırmızı kotlar doğru mu?										
13	Profildeki arazi kotları doğru mu?										
14	Profildeki kilometreler aynı düzende artmış mı?										
15	Profildeki jeomekanik büyüklükler raporlar ile uyumlu mu?										
16	Profilde gösterilen destekleme sınıfı kilometreleri raporlar ile uyumlu mu?										
17	Plana Lejand eklenmiş mi?										
18	Plana munhaniler ve kotları eklenmiş mi?										
19	Jeolojik semboller lejandda gösterilmiş mi?										
20											

Ek A12

JEOLOJİ PAFTALARI ZORUNLU İÇERİK FORMU	
A. JEOLOJİ PAFTALARI ZORUNLU İÇERİKLERİ	Onay
Pafta Adı ve Pafta No	
Ölçek	
Kuzey Oku	
Tünel Uzunluğu	
Tünel Giriş ve Çıkış Yönleri	
Lejand ve Jeolojik Semboller	
Munhaniler ve Kotları	
Jeolojik Birim Sınırları	
Yapısal Unsurlar (fay, kıvrım, tabaka, eklem, çatlak vb.)	
Zayıf Birim Sınırları	
Yeraltı Suyu	
Sondajlar ve Sondajların Mühendislik Parametreleri (RQD, TCR vb.)	
B. JEOLOJİK PLAN PAFTASI ZORUNLU İÇERİKLERİ	
Portal Yapıları (aç-kapa, yamaç tüneli, flüt yapısı, kanopi vb.)	
Yarma Şevleri (ayna şevi ve yan şev)	
Bağlantı Tüneli, Sığınma Cebi, Trafo Odası vb. Yapılar	
Kullanılan Enkesitler	
Enkesit Düzlemleri	
C. JEOLOJİK PROFİL PAFTASI ZORUNLU İÇERİKLERİ	
Kırmızı Kotlar	
Arazi Kotları	
Tünel Kilometreleri	
Jeomekanik Büyüklükler	
Destekleme Sınıfı Kilometreleri	
D. JEOLOJİK ENKESİT PAFTASI ZORUNLU İÇERİKLERİ	
Yeraltı Suyu	
Enkesitlerin Kilometreleri	
Birim Sınırları	

EK A13

	ÇELİK İKSA PAFTASI KONTROL FORMU				Rev. No:		
					Tarih:		
İŞİN ADI							
TÜNEL TÜRÜ							
DESTEKLEME SINIFI							
KONTROL LİSTESİ	Tekniker		Mühendis		Proje		
	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Hayır	
A. GENEL PARAMETRELER							
1	Pafta Adı ve Pafta No Başpafta ile uyumlu mu?						
2	Yazı boyutları yeterince büyük ve okunaklı mı?						
3	Paftadaki iksa türü raporlar ile uyumlu mu?						
4	Birincil destekleme ve diğer elemanların malzeme listesi doğru mu?						
5	Kazı ilerleme ve destekleme aşamaları rapor ile uyumlu mu?						
6	Kazı ilerleme ve destekleme için hazırlanmış notlar kontrol edildi mi?						
B. ÇİZİM PARAMETRELERİ							
7	Çelik iksa çiziminde toleranslar (yapım ve deformasyon) dikkate alınmış mı?						
8	Çelik iksa ve bağlantı parçaları tam olarak belirtilmiş mi?						
9	Çelik iksa üzerindeki kesit düzlemleri ve detay noktaları belirtilmiş mi?						
10	Çelik iksa kesit ve detayları için ölçek (varsa) belirtilmiş mi?						
11							
12							
13							
C. ÖLÇÜLENDİRME PARAMETRELERİ							
14	İksa ağırlıkları doğru belirtilmiş mi?						
15	Poz numaraları ve adetleri doğru mu?						
16	Çelik iksa metraj tablosu hesaplamaları doğru mu?						
17	Her bir iksa parçasının ölçüsü verilmiş mi?						
18							
19							
20							

EK A14

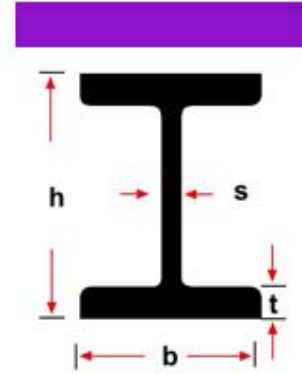
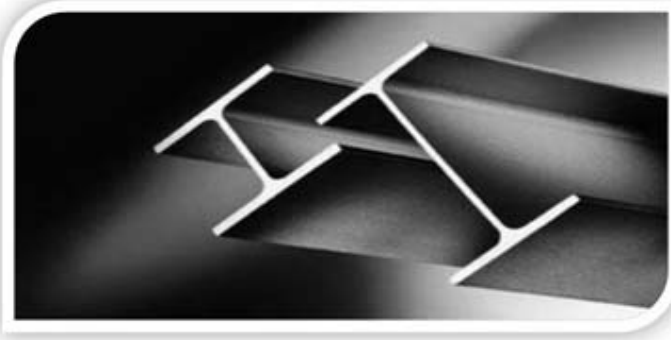
		BAŞPAFTA ZORUNLU İÇERİK FORMU	Onay
Bakanlık Adı			
Bölge Adı			
Proje Adı			
Proje Kilometreleri			
Proje Yerbulduru Haritaları			
Proje Planı			
Antet	Bakanlık Adı		
	Bölge Adı		
	Proje Yılı		
	İşin Adı		
	Proje Adı		
	Müşavir Adı		
	Proje Firması Adı		
	Proje Firması Çalışanları İsimleri (İşi yapan, çizen, kontrol		
	Bölge Müdürlüğü Çalışan İsimleri		
Revizyon işi ise; revizyon sayısı ve nedeni			
Pafta Listesi			

		BAŞPAFTA KONTROL FORMU				Rev. No:	
						Tarih:	
İŞİN ADI							
KONTROL LİSTESİ		Tekniker		Mühendis		Proje	
		Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Hayır
A. GENEL PARAMETRELER							
1	Bakanlık adı doğru mu?						
2	Bölge adı doğru mu?						
3	Proje adı ve kilometreler doğru mu?						
4	Yerbulduru haritaları doğru mu?						
5	Antette yapan ismi doğru mu?						
6	Antette müşavir doğru mu?						
7	Antette bölge doğru mu?						
8	Antette idare doğru mu?						
9	Antette yıl doğru mu?						
10	Antette işin adı doğru mu?						
11	Revizyon işi ise, revizyon nedeni yazılı mı?						
12	Pafta listesi doğru mu?						
13	Pafta boyutu doğru mu?						
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

	NO	PAFTA ADI	A1 PAFTA SAYISI		NO	PAFTA ADI	A1 PAFTA SAYISI
KAZI	1	GİRİŞ PORTALİ KAZI PLANI ve KESİTLERİ		TÜNEL	30	TÜNEL TİP KESİTİ (İNVERTSİZ)	
	2	ÇIKIŞ PORTALİ KAZI PLANI ve KESİTLERİ			31	TÜNEL TİP KESİTİ (İNVERTLİ)	
	3	GİRİŞ YAMAÇ DESTEKLEME			32	A2 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	4	ÇIKIŞ YAMAÇ DESTEKLEME			33	B1 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	5	YAMAÇ DESTEKLEME TİP KESİTİ			34	B2 (SÜRENSİZ)KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	6	YAMAÇ DESTEKLEME DETAYLARI			35	B2 (SÜRENLİ)KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	7	GİRİŞ AÇ-KAPA YAPISI GENEL YERLEŞİM PLANI			36	B3 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	8	GİRİŞ AÇ-KAPA YAPISI ÇELİK İKSA DETAYLARI			37	C2 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	9	GİRİŞ PORTALİ AÇ-KAPA YAPISI DONATI YERLEŞİM DETAYI			38	C3 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	10	ÇIKIŞ AÇ-KAPA YAPISI GENEL YERLEŞİM PLANI			39	B2 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
	11	ÇIKIŞ AÇ-KAPA YAPISI ÇELİK İKSA DETAYLARI			40	B3 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
	12	ÇIKIŞ PORTALİ AÇ-KAPA YAPISI DONATI YERLEŞİM DETAYI			41	C2 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
	13	GİRİŞ FLÜT YAPISI GENEL YERLEŞİM PLANI			42	C3 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
	14	GİRİŞ FLÜT YAPISI DONATI YERLEŞİM PLANI			43	C2 KAYA SINIFI İÇİN TÜNEL İÇ KAPLAMA DONATI YERLEŞİM DETAYLARI	
	15	ÇIKIŞ FLÜT YAPISI GENEL YERLEŞİM PLANI			44	C3 KAYA SINIFI İÇİN TÜNEL İÇ KAPLAMA DONATI YERLEŞİM DETAYLARI	
	16	ÇIKIŞ FLÜT YAPISI DONATI YERLEŞİM PLANI			45	SIĞINMA CEBİ, TRAFO ODASI PLAN ve TİP KESİTİ (İNVERTSİZ)	
	17	GİRİŞ KAZIK YERLEŞİM PLANI			46	SIĞINMA CEBİ, TRAFO ODASI PLAN ve TİP KESİTİ (İNVERTLİ)	
	18	GİRİŞ KAZIK DONATI YERLEŞİM PLANI			47	SIĞINMA CEBİ VE TRAFO ODASI B1 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	19	ÇIKIŞ KAZIK YERLEŞİM PLANI			48	SIĞINMA CEBİ VE TRAFO ODASI B2 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	20	ÇIKIŞ KAZIK DONATI YERLEŞİM PLANI			49	SIĞINMA CEBİ VE TRAFO ODASI B3 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	21	GİRİŞ PORTALİ DUVAR YERLEŞİM PLANI			50	SIĞINMA CEBİ VE TRAFO ODASI C2 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	22	GİRİŞ PORTALİ DUVAR DONATI YERLEŞİM PLANI			51	SIĞINMA CEBİ VE TRAFO ODASI C3 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
	23	ÇIKIŞ PORTALİ DUVAR YERLEŞİM PLANI			52	SIĞINMA CEBİ B2 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
	24	ÇIKIŞ PORTALİ DUVAR DONATI YERLEŞİM PLANI			53	SIĞINMA CEBİ B3 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
JEOLOJİ	25	GÜZERGAH JEOLOJİK PLANI			54	SIĞINMA CEBİ C2 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
	26	JEOLOJİ-JEOTEKNİK PROFİLİ			55	SIĞINMA CEBİ C3 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
	27	JEOLOJİK ENKESİTLER			56	TRAFO ODASI B2 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
	28	GİRİŞ PORTALİ JEOLOJİK PLANI ve ENKESİTLERİ			57	TRAFO ODASI B3 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
	29	ÇIKIŞ PORTALİ JEOLOJİK PLANI ve ENKESİTLERİ			58	TRAFO ODASI C2 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
Toplam A1 PAFTA SAYISI			0		59	TRAFO ODASI C3 KAYA DESTEKLEME SINIFI ÇELİK İKSA DETAYLARI	
					60	SIĞINMA CEBİ VE TRAFO ODASI DONATI YERLEŞİM DETAYLARI (İNVERTSİZ)	
					61	SIĞINMA CEBİ VE TRAFO ODASI DONATI YERLEŞİM DETAYLARI (İNVERTLİ)	
					62	BAĞLANTI TÜNELİ TİP KESİTİ (İNVERTSİZ)	
					63	BAĞLANTI TÜNELİ TİP KESİTİ (İNVERTLİ)	
					64	BAĞLANTI TÜNELİ B1 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
					65	BAĞLANTI TÜNELİ B2 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
					66	BAĞLANTI TÜNELİ B3 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
					67	BAĞLANTI TÜNELİ C2 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
					68	BAĞLANTI TÜNELİ C3 KAYA SINIFI İÇİN KAZI VE DESTEKLEME AŞAMALARI	
					69	BAĞLANTI TÜNELİ B2 KAYA SINIFI İÇİN ÇELİK İKSA DETAYLARI	
					70	BAĞLANTI TÜNELİ B3 KAYA SINIFI İÇİN ÇELİK İKSA DETAYLARI	
					71	BAĞLANTI TÜNELİ C2 KAYA SINIFI İÇİN ÇELİK İKSA DETAYLARI	
					72	BAĞLANTI TÜNELİ C3 KAYA SINIFI İÇİN ÇELİK İKSA DETAYLARI	
					73	BAĞLANTI TÜNELİ DONATI YERLEŞİM DETAYLARI (İNVERTSİZ)	
					74	BAĞLANTI TÜNELİ DONATI YERLEŞİM DETAYLARI (İNVERTLİ)	
					75	DESTEKLEME SINIFLARI, TOLERANSLAR TABLOSU,ve ÖLÇÜM DETAYLARI	
					76	A2, B1, B2,B3, C2 ve C3 KAYA SINIFLARI İÇİN DESTEKLEME DETAYLARI	
					77	TÜNEL KAPAK ve IZGARA DETAYLARI	
					78	YERALTISUYU DRENAJ YAPIM SIRASI VE DETAYLARI	
					79	ANO YERLEŞİM PLANI	
				TOPLAM A1 PAFTA SAYISI			0

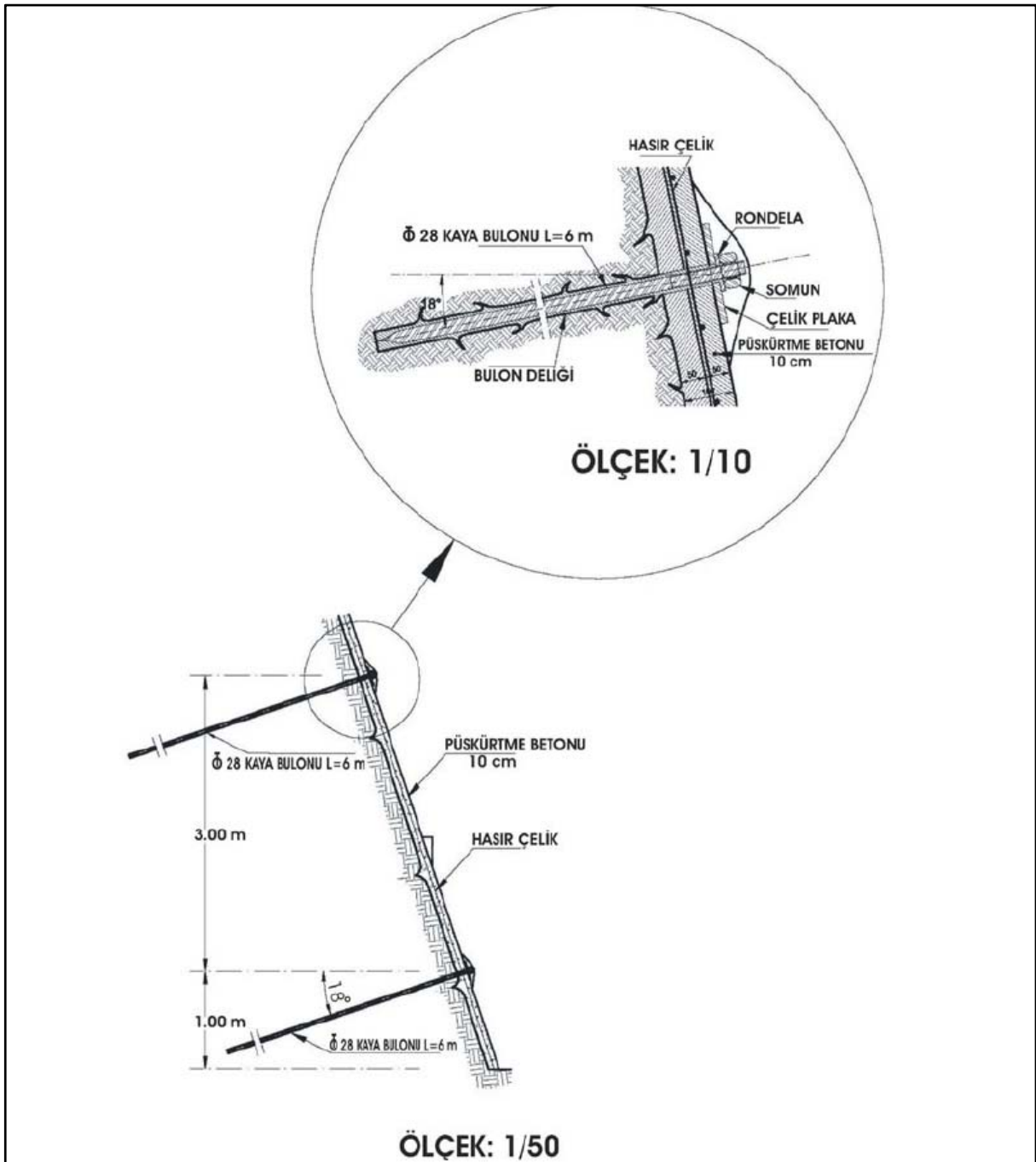
EK B1

IPN Profil Sistemleri



Kısa işaret Weight I	Ağırlık Weight kg/m	Boyutlar (mm)		Dimensons (mm)	
		h	b	s	t
80	5.94	80	42	3.9	5.9
100	8.34	100	50	4.5	6.8
120	11.1	120	58	5.1	7.7
140	14.3	140	66	5.7	8.6
160	17.9	160	74	6.3	9.5
180	21.9	180	82	6.9	10.4
200	26.2	200	90	7.5	11.3
220	31.1	220	98	8.1	12.2
240	36.2	240	106	8.7	13.1
260	41.9	260	113	9.4	14.1
280	47.9	280	119	10.1	15.2
300	54.2	300	125	10.8	16.2
320	61.0	320	131	11.5	17.3
340	68.0	340	137	12.2	18.3
360	76.1	360	143	13.0	19.5
380	84.0	380	149	13.7	20.5
400	92.4	400	155	14.4	21.6
425	104	425	163	15.3	23.0
450	115	450	170	16.2	24.3
475	128	475	178	17.1	25.6
500	141	500	185	18.0	27.0
550	166	550	200	19.0	30.0
600	199	600	215	21.6	32.4

EK B2



Kaya bulonu uygulaması bir destekleme yöntemidir. Kaya bulonları, uygulama şekline ve kullanılan malzemeye göre adlandırılmaktadır.

SN Bulonu: Kaya bulonu yapmak için açılan deliğinin, bulon yerleştirilmeden önce enjeksiyonla doldurulması ve bulonun daha sonra yerleştirilmesi şeklinde yapılır.

PG Bulonu: Kaya bulonu yapmak için açılan deliğe önce bulonun yerleştirilmesi daha sonra enjeksiyonla doldurulması şeklinde uygulanır.

IBO Bulonu: Kaya bulonu ve delici uç'tan oluşan IBO bulonu içindeki boşluktan enjeksiyon yapılması şeklinde uygulanır. Bulonun delici ucu delik içinde kalır.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Serdar Tiryaki
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul 19/02/1987
E-Posta : serdartir@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** :2012, İstanbul Teknik Üniversitesi,Maden Fakültesi,Maden Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : 2015,İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden Mühendisliği Programı

HOBİLER

İstanbul Teknik Üniversitesi Korumalı Futbol Takımı (2006-2014)

İstanbul Anadolu Yüzme Klubü (2014-)

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

TTS Uluslararası Mühendislik ve Mimarlık LTD. Şti. 2013-

Yurt Madenciğini Geliştirme Vakfı- En iyi Bitirme Tezi Ödülü (2013)

İstanbul Teknik Üniversitesi Onur Öğrencisi (3 kez)