ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğçe LEBLEBİCİ

AKSA GÖYNÜK (BOLU) ENERJİ TERMİK SANTRALİ DÜZENLİ ATIK DEPOLAMA SAHASININ JEOTEKNİK İNCELEMESİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2019

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKSA GÖYNÜK (BOLU) ENERJİ TERMİK SANTRALİ DÜZENLİ ATIK DEPOLAMA SAHASININ JEOTEKNİK İNCELEMESİ

TUĞÇE LEBLEBİCİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç.Dr. Hakan GÜNEYLİ
Yıl: 2019, Sayfa: 200
Jüri : Doç.Dr. Hakan GÜNEYLİ
: Prof.Dr. Sedat TÜRKMEN
: Doç.Dr. Zübeyde HATİPOĞLU BAĞCI

Bu çalışma, Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden çıkan kül atıkları, alçıtaşı ve arıtma çamuru atığının depolanması için hazırlanan düzenli atık depolama sahasının (Lot-1) uygulama projesi tasarım adımları ve inşa çalışmalarını içermektedir. Proje alanındaki jeoteknik birimleri tanımlamak, yanal ve düşey devamlılıklarını belirlemek ve yeraltı su seviyesini belirlemek amacıyla sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, sahanın 1:2.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır.

Sahanın jeolojik, jeoteknik, hidrojeolojik, hidrolojik özellikleri, topografyası ve yasal mevzuatlar dikkate alınarak Netcad programında alana en uygun düzenli depolama sahası modeli tasarlanıp, üç boyutlu arazi modellemesi oluşturulmuştur. Sahada, sızıntı ve yağmur suyu yönetiminin nasıl yapılacağı detaylandırılmıştır.

Söz konusu sahanın düzenli depolama alanı olarak belirlenip işletilmesiyle, termik santralden kaynaklı atıkların bertarafının tekniğe uygun olarak yapılması, yüksek ekolojik standartlara ulaşarak sürdürülebilir bir başarının elde edilmesini sağlamıştır. Bu faydaların yanı sıra, bölge insanının ve doğal çevrenin korunması da amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, kül atığının çevresel açıdan uygun bir şekilde bertarafı ile depolamadan kaynaklanabilecek çevresel etkilerin önlenmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel Atık, Atık Depolama, Düzenli Depolama Sahası, Aksa Göynük Enerji Termik Santrali.

ABSTRACT

MSc THESIS

GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF AKSA GÖYNÜK (BOLU) ENERGY THERMAL POWER PLANT SANITARY LANDFILL FIELD

TUĞÇE LEBLEBİCİ

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING

Supervisor : Assoc.Prof.Dr. Hakan GÜNEYLİ
Year: 2019, Pages: 200
Jury : Assoc.Prof.Dr. Hakan GÜNEYLİ
: Prof.Dr. Sedat TÜRKMEN
: Assoc.Prof.Dr. Zübeyde HATİPOĞLU BAĞCI

This study includes the design steps and construction works of the sanitary landfill field (Lot-1) prepared for the storage of ash, gypsum and sewage sludge wastes from Aksa Göynük Energy Thermal Power Plant. Drillings were carried out to identify geotechnical units in the project area, and to determine lateral and vertical continuities and the groundwater level as well. Also, 1:2.000 scale geological map of the site was prepared.

By considering the geological, geotechnical, hydrogeological, hydrological features, topography and legal regulations of the site, a sanitary landfill field model the most suitable for the area was designed in Netcad program and 3d land modeling formed. In the site, it is detailed how the leaking and rainwater management will be done.

As a result of the determination and operation of the site as a landfill, the disposal of waste generated by the thermal power plant in accordance with the technique ensured a sustainable success by achieving high ecological standards. In addition to these benefits, it was also aimed to protect the inhabitants and the natural environment in the region. For this purpose, it was aimed to prevent the environmental impacts may arise from the storage with the proper environmental disposal of the ash waste.

Key Words: Industrial Waste, Waste Storage, Sanitary Landfill Field, Aksa Göynük Energy Thermal Power Plant.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Güney Kül Depolama Alanı (Lot-1); Bolu ili, Göynük ilçesi, Himmetoğlu köyü mevkiinde, 1:25000 ölçekli H25-c1 paftasında bulunmaktadır. Düzenli depolama tesisinin toplam alanı 21,12 hektar olup, atık depolama alanı ise 15,92 hektardır.

Aksa Göynük Enerji Termik Santralinde kömürün yakılması işlemi sonucu oluşan proses atıklarına yapılan Eluat (Laboratuvarda özütleme deneyiyle elde edilen çözelti) analizi sonuçlarına göre söz konusu atıklar T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait 26.03.2010 Tarih ve 27533 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmış Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'te tanımlanan "Tehlikesiz Atık" sınıfındadır. Yine aynı yönetmeliğin hükümlerine göre, bu tehlikesiz atıklar II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisi Kriterleri'ne göre projelendirilmiş düzenli depolama sahasında depolanarak bertarafı sağlanması gerekmektedir.

Anılan yönetmelik ve 28.05.2014 Tarih ve 2014/13 Sayılı Düzenli Depolama Tesisi Uygulama Projelerinin Hazırlanmasına İlişkin Genelge dikkate alınarak düzenli depolama projesi tasarlanmıştır. Tesisin inşa çalışmalarında da bu proje dikkate alınarak tesis oluşturulmuştur.

Depolama alanında çamurtaşı, kumtaşı ile temsil edilen Yenipazar Formasyonuna ait Albiyen-Üst Paleosen yaşlı Taraklı Üyesi ve kumtaşı, kiltaşından oluşan Paleosen-Alt Eosen yaşlı Kızılçay Formasyonu yüzeylemektedir.

Zeminin jeoteknik-mühendislik özelliklerini belirlemek üzere derinlikleri 20-58m arasında değişen 4 adet araştırma sondajı açılmış, yeraltı su seviyesi saptanmıştır. Sahada yapılan permeabilite ve basınçlı su testleri ile zeminin **"Geçirimsiz-Az Geçirimli"** sınıfında olduğu; RQD değerlerine göre **"Zayıf Kaya"** sınıfında yer aldığı saptanmıştır. Sondajlardan alınan örnekler üzerinde yaptırılan laboratuvar deneylerinden birim hacim ağırlık, serbest basınç dayanımı,

kohezyon, içsel sürtünme açısı, elastisite modülü, poisson oranı, su içeriği, tane boyu dağılımı, likit limit, plastik limit ve plastisite indisi değerleri belirlenmiştir. Düzenli depolama sahasının bulunduğu zeminin ortalama serbest basınç dayanımı değerine göre **"Çok Düşük Dayanımlı Kaya"** sınıfında yer aldığı saptanmıştır.

Sahanın jeolojik, jeoteknik, hidrojeolojk, hidrolojik verileri, topografyası ve yasal mevzuatlar göz ününde bulundurularak Netcad programında depolama alanı tasarımı yapılmıştır. Modellemede kazı ve dolgu yapılacak alanlar ve kübajları belirlenmiştir. Oluşturulacak basamakların eğimleri, yükseklikleri ve genişlikleri ortaya konmuştur.

Modelleme üzerinden alınan en kritik 7 adet kesit ile modelin statik ve dinamik koşullarda şev duraylılık, güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. En düşük güvenlik katsayısı 4 no.lu kesitte elde edilmiş olup dinamik ve suya doygun koşullarda iken 1,66'dır.

Depolama sahasında kullanılan dolgu malzemelerinin; kübajları, nereden sağlanacağı ve laboratuvar deneyleriyle fiziksel-mühendislik özellikleri saptanmıştır. Depolanacak atığın da laboratuvar deneyleri ile fiziksel-mekanik özellikleri saptanmıştır. Kullanılan drenaj malzemesi, jeomembran, jeotekstil, jeosentetik kil ve drenaj kompozitin nereden temin edileceği, miktarı ve teknik özellikleri saptanmıştır.

Depolama alanında yağmur ve sızıntı suyu yönetiminde kullanılan malzemelerin cins, ebat, yerleşim ve güzergahı saptanmıştır. Düzenli depolama tesisinde yer alması gereken işletme birimleri (giriş kapısı, araç yıkama ünitesi, tel çit vs.) ve boyutlandırmaları gerçekleştirilmiştir.

Son olarak da depolama faaliyeti sırasında ve tamamlandıktan sonra yeraltı suyuna herhangi bir sızıntı olup olmadığını izlemek üzere, açılması gereken referans ve gözlem kuyu yerleri, sayıları ve derinlikleri belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum yüksek lisans çalışmamın sonuca ulaştırılmasında öncelikle danışman hocam Sayın Doç.Dr. Hakan GÜNEYLİ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Değerli jüri üyeleri Sayın Prof.Dr. Sedat TÜRKMEN ve Sayın Doç.Dr. Zübeyde HATİPOĞLU BAĞCI'ya içten teşekkürlerimi sunarım.

Değerli fikir ve görüşleriyle her zaman bana bir yol gösterici olan ve eğitimimi destekleyen bütün bölüm hocalarıma içten teşekkürlerimi sunarım.

Her türlü veriyi sağlayan ve desteklerini esirgemeyen AKSA Göynük Enerji Üretim A.Ş. yetkilileri ve mühendislerine içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma hayatım süresince desteğini aldığım Yerçet Yerbilimleri ve Çevre Etüt Müh. Müş. İnş. Turz. Tic. ve San.Ltd.Şti.'ne içten teşekkürlerimi sunarım.

Birlikte çalışmaktan keyif aldığım, çok boyutlu düşünme yeteneği ile bana yol gösteren, çok kıymetli Jeoloji Yüksek Mühendisi Mehmet Yıldırım'a teşekkürü bir borç bilirim.

Değerlerini hangi kelimelerle ifade edebileceğimi bilmeksizin, sadece onları çok sevdiğimi bilmelerini istediğim canım ailem ve sevgili eşim Süleyman KARAHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER VI
ÇİZELGELER DİZİNİ X
ŞEKİLLER DİZİNİ XII
SİMGELER VE KISALTMALAR XVI
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
3. MATERYAL ve YÖNTEM 11
3.1. Materyal 11
3.1.1. Jeolojik Durum 16
3.1.1.1. Soğukçam Formasyonu 21
3.1.1.2. Yenipazar Formasyonu 21
3.1.1.3. Selvipınar Formasyonu 24
3.1.1.4. Kızılçay Formasyonu 24
3.1.1.5. Himmetoğlu Formasyonu 25
3.1.1.6. Eski Alüvyon, Taraça ve Yamaç Molozu 27
3.1.2. Yapısal Jeoloji 27
3.1.2.1. Tabakalanma 27
3.1.2.2. Kıvrımlanma 28
3.1.2.3. Eklemlenme 28
3.1.2.4. Faylanma 29
3.1.2.5. Diskordanslar 30
3.1.3. Bölgenin Jeolojik Evrimi 30
3.1.4. Doğal Afet Riski 32

3.1.5. Depolanacak Atıklar 36
3.1.5.1. Yatak külü (Bed Ash) ve Taban Külü (Coarse Ash) 40
3.1.5.2. Uçucu Kül (Fly Ash) 41
3.1.5.3. Alçıtaşı 42
3.1.5.4. Ön Arıtma Çamuru 42
3.1.6. Kullanılacak Malzemeler ve Temin Yerleri 43
3.2. Yöntem 44
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 47
4.1. Temel Sondajları 47
4.1.1. ASK-1 Sondajı 47
4.1.2. ASK-2 Sondajı 48
4.1.3. ASK-3 Sondajı 48
4.1.4. ASK-4 Sondajı 49
4.2. Saha Deneyleri 49
4.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) 49
4.2.2. RQD, TCR, SCR Tayini 49
4.2.3. Permeabilite ve BST Deneyleri 54
4.3. Laboratuvar Deneyleri 57
4.4. Hidrolojik Özellikler 59
4.5. Hidrojeolojik Özellikler 60
4.6. Atıkların Analiz Sonuçları 62
4.6.1. Atıkların Fiziksel Özellikleri 62
4.6.2. Atıkların Kimyasal Özellikleri 63
4.6.3. Eluat Analizi Sonuçları 64
4.7. Sahanın Planlaması 68
4.8. Kazı-Dolgu İşlemleri 78
4.9. Şev Duraylılık (Stabilite) Analizi İşlemleri 89
4.10. Kullanılacak Malzemelerin Teknik Özellikleri 93

4.10.1. Kil Malzeme 93
4.10.2. Drenaj Malzemesi 94
4.10.3. Tesviye Toprağı 95
4.10.4. Bitkisel Toprak 95
4.10.5. Jeomembran 96
4.10.6. Jeotekstil 98
4.10.7. Jeosentetik Kil 98
4.10.8. Drenaj Kompoziti 100
4.11. Sızdırmazlık İşlemleri 101
4.11.1. Taban Sızdırmazlık İşlemleri 102
4.11.2.Yan Yüzey Sızdırmazlık İşlemleri 106
4.11.3.Üst Örtü Sızdırmazlık İşlemleri 108
4.12. Sızıntı Suyu Drenaj ve Deşarj Sistemi 109
4.12.1. Yatay Drenaj Sistemi 109
4.12.2. Düşey Drenaj Sistemi 111
4.12.3. Sızıntı Suyu Toplama Havuzu (SSTH) 114
4.12.4. Sızıntı Suyu Drenajı ve Bertarafı 116
4.12.5. Yağmur Suyu Toplama Sistemi 117
4.12.6. Sızıntı Suyu Yönetimi 123
4.13. İşletme Üniteleri 125
4.14. Referans ve Gözlem Kuyuları 129
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 133
KAYNAKLAR 139
ÖZGEÇMİŞ 145
EKLER 146

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Proje alanının aylık ortalama yağış ve buharlaşma miktarları 15
Çizelge 4.1. Düzenli depolama sahasında yapılan SPT sonuçları 49
Çizelge 4.2. Kül depolama alanında yapılan sondajlardan elde edilen RQD, SCR ve TCR değerleri 51
Çizelge 4.3. Kül depolama sahasında açılan 4 sondajın ortalama TCR, SCR ve RQD değerleri 53
Çizelge 4.4. Kaya kalite göstergesi 54
Çizelge 4.5. Yapı yeri sondajlarında yapılan permeabilite deney sonuçları 55
Çizelge 4.6. Kayaların geçirimlilik derecesi sınıfları 55
Çizelge 4.7. Yapı yeri sondajlarında yapılan BST deney sonuçları 56
Çizelge 4.8. Kayaların geçirimliliğe göre sınıflandırılması 56
Çizelge 4.9. Sondajlardan alınan karotlar üzerinde yapılan deney sonuçları özeti 57
Çizelge 4.10. Kayaların sınıflandırılması 59
Çizelge 4.11. Sondajlarda yeraltı su seviyeleri 61
Çizelge 4.12. Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden kaynaklı kül atıkları tanımlama ve mühendislik deney sonuçları 62
Çizelge 4.13. Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden kaynaklı kül atıkları kimyasal analiz sonuçları 63
Çizelge 4.14. Kül atığı eluat analiz sonucu 64
Çizelge 4.15. Ön arıtma çamuru eluat analiz sonucu 66
Çizelge 4.16. Düzenli depolama tesisi boyutları 71
Çizelge 4.17. Düzenli depolama alanını istenilen şekle getirmek için gerekli kazı kübajları 78
Çizelge 4.18. Sızıntı suyu toplama merkezi köşe koordinatları 80

Çizelge 4.19. Seçilen modele göre yapılacak depolama faaliyeti için gerekli dolgu malzemeleri ve kübajları 83
Çizelge 4.20. Atık depolama yapılmadan önce şevlerde gerçekleştirilen duraylılık analiz sonuçları 89
Çizelge 4.21. Nihai projeye göre gerçekleştirilen duraylılık analiz sonuçları (Sahada atık depolanmış durumda) 91
Çizelge 4.22. Kil malzemenin tanımlama ve mühendislik deney sonuçları 94
Çizelge 4.23. Tesviye dolgularında kullanılacak malzemenin tanımlama ve mühendislik deney sonuçları 95
Çizelge 4.24. HDPE Jeomembran (düz) teknik özellikleri 96
Çizelge 4.25. HDPE Jeomembran (pürüzlü) teknik özellikleri 97
Çizelge 4.26. Jeotekstil teknik özellikleri 98
Çizelge 4.27. Jeosentetik kil örtü teknik özellikleri 99
Çizelge 4.28. Drenaj kompoziti teknik özellikleri 100
Çizelge 4.29. Sızıntı suyu toplama havuzunda birikecek aylık su miktarları 125
Çizelge 4.30. Referans kuyusunun koordinatları 129
Çizelge 4.31. Gözlem kuyuları koordinatları 130

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. Proje alanı yer bulduru haritası 11
Şekil 3.2. Proje alanı ve çevresini gösterir uydu görüntüsü 12
Şekil 3.3. Depolama alanı mülkiyet haritası 13
Şekil 3.4. Karayolları 4. Bölge Müdürlüğü Haritası 14
Şekil 3.5. Proje alanının Türkiye Levha Haritasında şematik gösterimi 16
Şekil 3.6. İnceleme alanı ve çevresi 1:100.000 ölçekli jeoloji haritası 18
Şekil 3.7. İnceleme alanı ve çevresi 1:25.000 Ölçekli Jeoloji Haritası 19
Şekil 3.8. İnceleme alanı ve çevresi GSK 20
Şekil 3.9. Taraklı Üyesi ile Kızılçay Formasyonu dokanağı (Sahanın batısı) 23
Şekil 3.10. Kül depolama sahası yeri Taraklı Üyesi 24
Şekil 3.11. Değirmen tepe güneyinde Kızılçay ve Himmetoğlu fm. ilişkisi 26
Şekil 3.12. Proje alanı çevresi heyelan haritası 33
Şekil 3.13. Proje alanının Türkiye Çığ Afet Haritasında gösterimi 33
Şekil 3.14. Proje alanının Türkiye Sel Su Baskınları Afet Haritasında gösterimi 34
Şekil 3.15. Proje alanının Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki yeri 35
Şekil 3.16. Proje alanının Diri Fay Haritasında gösterimi 35
Şekil 3.17. Göynük Termik Santrali üç boyutlu görünümü-1 37
Şekil 3.18. Göynük Termik Santrali üç boyutlu görünümü-2 37
Şekil 3.19. Uçucu kül-yatak külü siloları 38
Şekil 3.20. Kaba (taban) külü siloları 39
Şekil 3.21. Alçıtaşı döküm noktası ve aktarma noktası 39
Şekil 3.22. Yatak külü kaynağı ve taşınma şekli 40
Şekil 3.23. Uçucu kül kaynağı ve taşınma şekli 41
Şekil 3.24. Alçıtaşı oluşumu 42
Şekil 4.1. Açılan sondajların yerleri 48

Şekil 4.2. Sondajlardan alınan numunelerin laboratuvar sonuçları 58
Şekil 4.3. Proje alanı ve çevresini gösterir hidrolojik durum haritası..... 60
Şekil 4.4. Kuşaklama kanalı yerleşim güzergahı..... 61
Şekil 4.5. Depolama sahasının proje aşamasındaki halihazır durumundan görünüm..... 68
Şekil 4.6. Depolama sahasının proje aşamasındaki halihazır durumu..... 69
Şekil 4.7. Depolama sahasının proje aşamasındaki halihazır durumunun 3d arazi modeli 70
Şekil 4.8. Depolama sahasının proje aşamasındaki halihazır durumunun uydu görüntüsü 70
Şekil 4.9. Alanın düzenli depolama sahası olarak projelendirilmesiyle oluşan havuz kısmının arazi modeli 72
Şekil 4.10. Depolama sahasının yapımı tamamlanmış havuz kısmından görünüm..... 73
Şekil 4.11. Depolama sahasının yapımı tamamlanmış havuz kısmının uydu görüntüsü 73
Şekil 4.12. Düzenli depolama alanı tasarımını gösterir kesit 74
Şekil 4.13. Depolama alanı tabanı sanal eğim haritası 76
Şekil 4.14. Alanın düzenli depolama sahası olarak projelendirilmesiyle oluşan nihai durumunun arazi modeli 79
Şekil 4.15. Depolama havuzu basamak yüksekliği, basamak genişliği ve şev eğimleri planlamasının şematik gösterimi..... 80
Şekil 4.16. Depolama alanı kazı çalışmalarından görünüm..... 81
Şekil 4.17. Depolama projesinde planlanan tesviye kazısı kesiti 82
Şekil 4.18. Depolama projesinde planlanan tesviye dolgusu kesiti-1..... 84
Şekil 4.19. Depolama projesinde planlanan tesviye dolgusu kesiti-2..... 85
Şekil 4.20. Depolama alanı dolgu çalışmalarından görünüm 86
Şekil 4.21. Depolama alanı şev düzenleme çalışmalarından görünüm..... 87

Şekil 4.22. Kil duvar dolgusu kesiti 88
Şekil 4.23. Kesit güzergahları..... 92
Şekil 4.24. Taban oluşturma şematik gösterimi..... 102
Şekil 4.25. Depolama alanı tabanı kil çalışmalarına ait görünüm 103
Şekil 4.26. Jeomembran uygulaması 104
Şekil 4.27. Depolama alanı tabanı jeotekstil uygulamasına ait bir görünüm..... 104
Şekil 4.28. Depolama alanı tabanına serilen drenaj malzemesine ait görünüm-1 105
Şekil 4.29. Drenaj malzemesi uygulamasına ait görünüm-2 105
Şekil 4.30. Yan yüzey sızdırmazlık işlemi şematik gösterimi 106
Şekil 4.31. Depolama alanı tabanı yan yüzeyleri jeosentetik kil serim işlemi ... 106
Şekil 4.32. Yapay sızdırmazlık malzemesi ankraj detayları kesiti 107
Şekil 4.33. Jeokompozit malzeme uygulamasına ait bir görünüm 108
Şekil 4.34. Üst örtü oluşturma şematik gösterimi..... 109
Şekil 4.35. Sızıntı suyu drenaj borularına ait görünüm 110
Şekil 4.36. Depolama sahasında yapılan düşey drenaj sistemi..... 113
Şekil 4.37. Düzenli depolama tesisinde oluşturulan sızıntı suyu toplama havuzu çalışmalarına ait görünüm..... 115
Şekil 4.38. Düzenli depolama tesisinde oluşturulan sızıntı suyu toplama havuzundan görünüm 115
Şekil 4.39. Projelendirilen yağmur suyu toplama sistemi yerleşim planı..... 118
Şekil 4.40. D1, D3 Kuşaklama kanalları tip en kesiti..... 119
Şekil 4.41. Düzenli depolama sahasında yapılan D1, D3 kuşaklama kanalı çalışmalarından bir görünüm 120
Şekil 4.42. D2 Kuşaklama kanalı tip en kesiti..... 120
Şekil 4.43. Düzenli depolama sahasında yapılan D2 kuşaklama kanalı çalışmalarından bir görünüm 121
Şekil 4.44. Kuşaklama kanalı yol geçişinde yapılan menfez..... 121

Şekil 4.45. Yatay oluk yağmur suyu drenaj kanalı tip en kesiti 122
Şekil 4.46. Meyilli oluk yağmur suyu drenaj kanalı tip en kesiti 122
Şekil 4.47. Depolama sahası çevresine yapılan tel çite ait görünüm 126
Şekil 4.48. Tesiste yer alan giriş kapısına ait görünüm 126
Şekil 4.49. Termik santralde yer alan mevcut kantara ait bir görünüm 127
Şekil 4.50. Projelendirilen teker yıkama ünitesi 128
Şekil 4.51. Tesiste yer alan teker yıkama ünitesinden görünüm 128
Şekil 4.52. Açılan referans kuyusuna ait bir görünüm 129
Şekil 4.53. Açılan gözlem kuyusu-1'e ait görünüm 131

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADDDY	: Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik
BGD	: Baca Gazı Desülfürizasyon
BST	: Basınçlı Su Testi
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
DC	: Doğru Akım
DSİ	: Devlet Su İşleri
ED50	: Europan Datum 1950 Koordinat Sistemi
ESF	: Elektrostatik Filtre
ETKB	: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı
GSK	: Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti
HDPE	: High Density Polyetylene (Yüksek Yoğunluklu Polietilen)
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
RQD	: Kaya Kalite Göstergesi
SCR	: Sağlam Karot Verimi
SKB	: Sağlık Koruma Bandı
SPT	: Standart Penetrasyon
SSTH	: Sızıntı Suyu Toplama Havuzu
SSTM	: Sızıntı Suyu Toplama Merkezi
TCR	: Toplam Karot Verimi
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
YASS	: Yeraltı Su Seviyesi

1. GİRİŞ

İnsan yaşamında büyük önemi olan üretim ve tüketim faaliyetleri sonucu bertaraf edilmesi gereken birçok atık ortaya çıkmaktadır. Evsel, ticari ve endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan, ortamdan uzaklaştırılması istenen; çevre ve insan sağlığı nedeniyle düzenli biçimde uzaklaştırılması gereken her türlü malzeme atık olarak tanımlanabilir.

Nüfus artışı, teknolojik gelişme, sanayileşme, kentleşme, hızla artan ve farklılaşan tüketim ile ortaya çıkan katı atıklar, çevre ve insan için olumsuz etkileriyle günümüzde önemli çevre sorunlarından biri olmaktadır. Bu faaliyetler sonucu oluşan atıkların yasal mevzuatlar dikkate alınarak bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Katı atıklar, kaynaklarına göre:

a) Evsel atıklar: Evsel faaliyetlerden oluşan artıklardır. Genellikle çöp olarak bilinen ve çoğunlukla zararsız atık grubuna ait atıklar olmakla birlikte evsel atıklar pil, boya vb. zararlı ve tehlikeli atıkları da içerebilmektedir (Palabıyık, 2001).

b) Endüstriyel atıklar: Endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atıklardır. Endüstriyel işlemler sırasında ve/veya endüstriyel işlemler sonucunda oluşan atıkları kapsamaktadır. Endüstriyel katı atık yönetimi konusunda doğal kaynakların ve çevrenin korunması anlamında geri kazanım ve arıtma tesisi uygulamaları önem taşımaktadır (Palabıyık, 2001).

c) Ticari ve kurumsal atıklar: Ticari işletmelerden ve kurumlardan ortaya çıkan atıklardır. Genel olarak evsel atıklar kadar organik madde içermeyen atıklardır (Palabıyık, 2001).

d) Belediyesel işlevler ile ilgili atıklar: Sokak süprüntüleri, park-bahçe, toptancı halleri, plaj ve mesire yerlerinden toplanan atıklar, araba hurdaları, hayvan ölüleri, su arıtma tesislerinden ortaya çıkan çamurlar bu özelliktedir (Palabıyık 2001).

e) Özel atıklar: Uzaklaştırılması özel önem taşıyan atıklardır. Radyoaktif atıklar, tehlikeli ve zararlı endüstriyel atıklar, evsel atıklar içerisindeki boya, temizlik maddeleri, piller vb, lastik tekerlekler, atık su çamurları, inşaat ve yıkıntı atıkları ile hastane atıkları bu gruptandır (Palabıyık, 2001).

f) Tarımsal atıklar: Bitkisel ve hayvansal urun elde edilmesi ve işlenmesi sonucunda ortaya çıkan atık ve artıklardır. Üretilen katı atıkların miktarı ve içerik özellikleri topluluk ya da toplumların sosyoekonomik özellikleri, beslenme alışkanlıkları, gelenekler, coğrafya, meslekler ve iklim gibi değişik şartlardan etkilenmektedir (Palabıyık, 2001).

Katı atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi ile ilgili düzenli depolama, yakma, kompostlaştırma, geri kazanma ve piroliz şeklinde yöntemler geliştirilmiştir. Atıkların bertaraf edilme yöntemlerinden biri olan düzenli depolama; katı atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili uygulanan en yaygın yöntem olup maliyeti diğer yöntemlere göre daha azdır. Söz konusu bertaraf yönteminde temel amaç, uygun depolama faaliyetinin oluşturulmasıdır. Bu yöntemde depolama sahası olarak belirlenen alanın depolama faaliyetinden önce yasal mevzuatlar çerçevesinde, en uygun mühendislik tasarımının oluşturulmuş olması gerekmektedir. Son yıllarda artan çevre bilinci ve kaygılarından dolayı katı atıkların bertaraf edilmesinde vahşi depolama olarak tabir edilen ve hiçbir önlemin alınmadan katı atıkların gelişi güzel depolanmasından vazgeçilmeye başlanmış ve katı atıklar belli bir disiplinle bertaraf edilmeye başlanmıştır.

Bu çalışmada, halihazırda işletilmekte olan Aksa Göynük Enerji Termik Santralinde kömürün yakılması sonucu kazanda oluşan taban altı küller, elektrostatik filtrede tutulan uçucu küller, baca gazı desülfürizasyon sisteminde

oluşan alçıtaşı ve su tasfiyanesi arıtma çamuru atıklarının düzenli depolanması için projelendirilen ve inşa edilen "Güney Kül Depolama Alanı LOT 1" incelenmiştir.

Aksa Göynük Enerji Termik Santrali, kömür yakıtının kullanıldığı dolaşımlı akışkan yataklı kazan teknolojisine sahip bir enerji santralidir. Dolaşımlı akışkan yataklı kazanda; akışkan yatakta yakma teknolojisinde genel olarak 12mm'den küçük boyutta kırılan kömür, yatak malzemesi içindeki oranları yaklaşık %2 olacak şekilde beslenerek, yukarı doğru akan hava sayesinde akışkan olan yatak malzemesi içinde, anında tutuşarak yanmaya başlar. Yatak malzemesi, yakıtın külü ve SO_2 gazının tutulması için yatak bölgesinde kömüre benzer boyutlarda beslenen kireçtaşı, kalsiyum sülfat ve bazen de kumdan oluşmaktadır. Yataktaki katıların sıcaklığı 750-900°C aralığında olurken, hava ve kömür besleme hızı ayarlanarak gereken miktarda enerjinin elde edilmesinde süreklilik sağlanır.

Depolama alanı projesi oluşturulurken, atığın karakteristik özellikleri ve miktarı; depolama yapılması planlanan alanın fiziksel, jeolojik ve jeoteknik özellikleri, hidrojeolojisi, hidrolojisi, iklim ve meteorolojisi, doğal afet riski, yürürlükteki ilgili kanun ve yönetmelik hükümleri önem taşımaktadır. Bu konular dikkate alınarak uygun, en güvenilir ve işletilmesi kolay depolama tesisi tasarımı oluşturulmuştur. Atık depolama sahasının modelleme çalışmasında depolama hacmi 4.142.730 m^3 olarak hesaplanmış olup, Aksa Göynük Enerji Termik Santralinin yaklaşık 5,5 yıllık ihtiyacını karşılayacak boyuttadır. Söz konusu düzenli depolama tesisi projesi ile termik santralden kaynaklı atığın depolanırken çevresel açıdan en uygun şekilde bertarafı hedeflenmiştir.

Düzenli depolama sahası olarak belirlenen alanda atık depolama faaliyetine başlamadan önce yukarıda değinilen bilgileri ve yürürlükteki güncel yönetmelikleri dikkate alarak depolama projesi tasarımı yapmak gerekmektedir. Duraylılık (stabilite) açısından en güvenli-en büyük depolama hacmini sağlayacak tasarım, sızdırmazlık işlemleri, sızıntı suyu yönetimi, yağmur suyu yönetimi ve tesisin yerleşim planı bir düzenli bir depolama tesis projesini oluşturmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sürücü (1990), katı atık düzenli depolama alanlarının yer seçimi, atıkların toplanması ve uzaklaştırılması konusunda bilgiler vererek katı atık yönetimi hakkında değerlendirmeler yapmıştır.

Abacı (1993), Katı atık depolama alanlarında oluşan metan gazı ve süzüntü suyunun zemin içerisinde davranışı ve akışı ile ilgili modelleme çalışması yapmıştır. Steady-state tekniği ile yapılan modelleme çalışması; Çevre ve halk sağlığı açısından risk oluşturan kirliliğin yeraltında yayılmasının permeabiliteye ve diğer zemin koşullarına bağlı olarak değiştiğini ortaya çıkarmıştır.

Tchobanoglous ve ark (1993), Katı atık depolama alanlarının yer seçimi, planlanması, inşası ve işletimi konusunda modern bilgiler sunarak uygun ve güvenli depolama şartlarını vermiştir.

Bagchi (1994), Katı atık depolama alanlarının yer seçimi, dizaynı, inşası ve depolama sonrası izlenmesi konusunda uygulamaya yönelik bilgiler vermiştir.

Kutay (1994), tarafından hazırlanan katı atıkların depolanmasında karşılaşılaşılan geoteknik problemler konulu yüksek lisans tezinde katı atıkların düzenli depolanmasının yöntemleri, katı atık depolama sahalarının jeoteknik yönden değerlendirilmesinin hangi aşamalarda yapıldığı ve proje esnasında ne tür problemlerle karşılaşılabileceğini değerlendirmiştir.

Çetin (1995), Atıkların gömülmesinde Amerika' da kullanılan dizayn metodları, kullanılan teknolojiler ve yerseçimi işlemlerinin detaylı değerlendirilmesini yaparak katı atıkların depolanması için gerekli alan, çukur, vadi yöntemleri hakkında bilgiler vermiştir. Yerseçiminde göz önünde bulundurulması gereken etkenlerle, katı atık depolama alanı tabanında yapılması gereken geçirimsizleştirme ile ilgili örnekler vermiştir.

Akbulut (1995), artan nüfus ve sanayileşme sonucunda çevre kirliliğinin artmasını vurgulayıp kentsel katı atıkların depolanması problemine dikkat çekerek atık depo yerlerinin belirlenmesindeki çevre, jeoteknik, jeolojik ve hidrojeolojik kriterleri sıralamış ve sonuçları değerlendirmiştir.

Abaci (1997), Katı atık depolama alanlarında sızıntı suyunun; miktarı ve özellikleri, su kaynaklarını kirletmesi, hidrojeoloji ile kirlenmenin ilişkisi ve katı atık depolama alanları yer seçiminde hidrojeoloji ve jeolojinin önemi üzerinde durmuştur.

JICA (1998), JICA (Japan International Cooperation Agency) ekibi, Mersin Büyükşehir Belediyesi için yaptığı çalışmada bölgesel katı atık yönetimi için çalışmalar yapmıştır. İçel ilinin mevcut çevresel özelliklerini inceleyerek mevcut çöp miktarı ve içeriği konusunda pilot projelerle incelemeler yapmıştır. Bugünkü çevre koşulları ve ileriye dönük tahminlerle alternatif alanlar üzerinde yer seçimi araştırması yapmıştır. Alternatif alanlar içerisinde bulunan İçel İlinin kuzey doğusunda bulunan Çimsa eski taş ocağının katı atık depolama alanı olarak uygun olduğunu raporunda belirtmiştir.

Amin (2000), "Designing Sustainable Landfill for Jeddah City" başlıklı çalışmasında Arabistan Cidde'de bulunan katı atık depolama alanı problemini çalışmıştır. Problemin çözümüne yönelik rehabilitasyon planları yaparak rehabilitasyonda kullanılacak örtü malzemesinin özellikleri üzerinde çalışmıştır.

Yeşilnacar (2000), tehlikeli atıkların yönetimi ve planlanması kapsamında düzenli depolamayı esas alan ve tehlikeli atıklar için yer seçimini içeren çalışmasında: Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde oluşan 5955 ton/yıl tehlikeli atık için jeoloji, jeomorfoloji, topoğrafya, toprak, depremsellik, vb, kriterleri esas alarak en uygun alanları saptamıştır.

Buna göre, tehlikeli atıkların yönetimi kapsamında ivedi olarak detay etüdlerin yapılmasının bölgenin konumu ve önemi açısından yaşamsal önem taşıdığını ortaya koymuştur.

Karaca ve ark (2001), ülkemizde ve özellikle Mersin örneğinde, belediyelerin katı atık yönetim uygulamaları ve belediyelerin katı atık sorununa karşı yaklaşımını; ekonomi ve çevre açısından değerlendirmiştir. Ülkemizde katı atık probleminin mevcut durumu, ileriye dönük çözüm önerileri ve Mersin örneği konusunda çalışmalar yapmıştır. Geri kazanılabilir atıkların ekonomiye kazandırılmaları, katı atıkların geri kazanılamayan bileşenlerinin teknik ve hijyenik şartlara uygun şekilde uzaklaştırmaları için neler yapılması gerektiği hakkında çeşitli öneriler sunmuştur. Katı atıklar, çoğunlukla geri kazanılmadan toplanmakta ve genellikle de, düzensiz depolama ile uzaklaştırma yapıldığı, katı atık içerisinde değerli maddelerin çok az bir kısmının geri kazanılmakta ve kalanının ise toprağa gömüldüğü, böylece potansiyel bir ekonomik değerin potansiyel bir kirlilik kaynağına dönüştüğünü vurgulamıştır.

Şimşek ve Filiz (2005), İzmir-Torbalı ilçesinin 12km kuzeyinde bulunan ve katı atık düzenli depolama alanı seçilen eski kiltaşı ocakları ve çevresinin jeolojik hidrojeolojik ve zemin özelliklerini araştırmıştır.

Türkmen ve Taga (2005), Diyarbakır kenti için alternatif bir katı atık düzenli depolama alanı belirleyerek bu alanın jeoloji, hidrojeoloji ve mühendislik jeolojisi açısından değerlendirmelerini yapmıştır.

Yeşilnacar ve Çetin (2005), tehlikeli atıklar için yer seçimini içeren bu çalışma ile Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde oluşan 5955 ton/yıl tehlikeli atık için jeoloji, jeomorfoloji, topoğrafya, toprak, depremsellik, vb, kriterleri esas alarak en uygun alanları saptamıştır.

İO Çevre Çözümleri (2006), Mersin Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılan katı atık düzenli depolama alanı uygulama projesi raporu 1.etap inşaatına

yönelik hazırlamıştır. Tasarım sırasında, maliyet, teknoloji ve çevre koruma tedbirleri dikkate alınarak mevcut alanın özelliklerine göre en uygun projelendirmeyi yapmıştır. Proje raporunda katı atık düzenli depolama sahası işletmesi için gerekli tüm ünitelerin fonksiyonlarını açıklamıştır. Saha Projeleri, Detay Projeleri, Mimari Projeler, Betonarme Projeleri, Elektrik Projeleri, Mekanik ve Tesisat Projeleriyle katı atık düzenli depolama alanında olması gerekli detayları vermiştir.

Erdal (2006), yapmış olduğu Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Seçiminde Jeolojik Faktörlerin Maliyetlere Etkisi konulu Yüksek Lisans Tezi'nde özellikle jeolojik faktörlerin önemine vurgu yapmıştır.

Kulaç (2006), Eskişehir Tepebaşı Belediyesi İçin Katı Atık Yönetim Sistemi Seçiminde Analitik Serim (ANP) Yaklaşımı üzerinde yüksek lisans tezi yapmıştır.

Karaca (2008), Mersin Kenti İçin Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Araştırılması konusunda yaptığı doktora çalışmasında yer seçiminin önemine vurgu yaparak üzerinde bir çimento fabrikasının da ocak olarak işlettiği sahayı değerlendirerek katı atık depolama için elverişli olduğunu söylemiştir.

Savaş ve Korkanç (2010), Kırıkkale katı atık deponi alanının jeolojik-jeoteknik incelemesini yaparak jeolojik ve zemin parametrelerinin depolama alanları üzerindeki etkilerine vurgu yapmıştır.

Can (2016), çalışmasında katı atıkların düzenli depolanmasında büyük sorunlar yaşandığı günümüzde işlevini tamamlayan açık maden ocaklarının katı atıkların depolanmalarında kullanılmalarının git gide yaygınlaştığını ve dünyada 50 senedir başarıyla uygulanan yöntemin son 20 senedir Türkiye'de de uygulanmaya başlandığını vurgulamıştır. Adana ve yakın çevresindeki ilk uygulaması kromsan atıklarının Yenice dolayındaki cevheri alınmış alçı taşı ocak sahasına depolanması olan bu yöntemin benzer bir uygulamayla Karadiken kalker işletme sahasındaki

boşluklarının gerekli düzenleme yapıldıktan sonraki depolama yöntemini ele almıştır. Karadiken kalker ocağında bir yandan üretim sürdürülürken öte yandan eski basamak boşluklarının sızdırmazlığının sağlanarak depolama işleminin eş zamanlı sürdürülmesinin yeni bir teknik olduğunu söylemiştir.

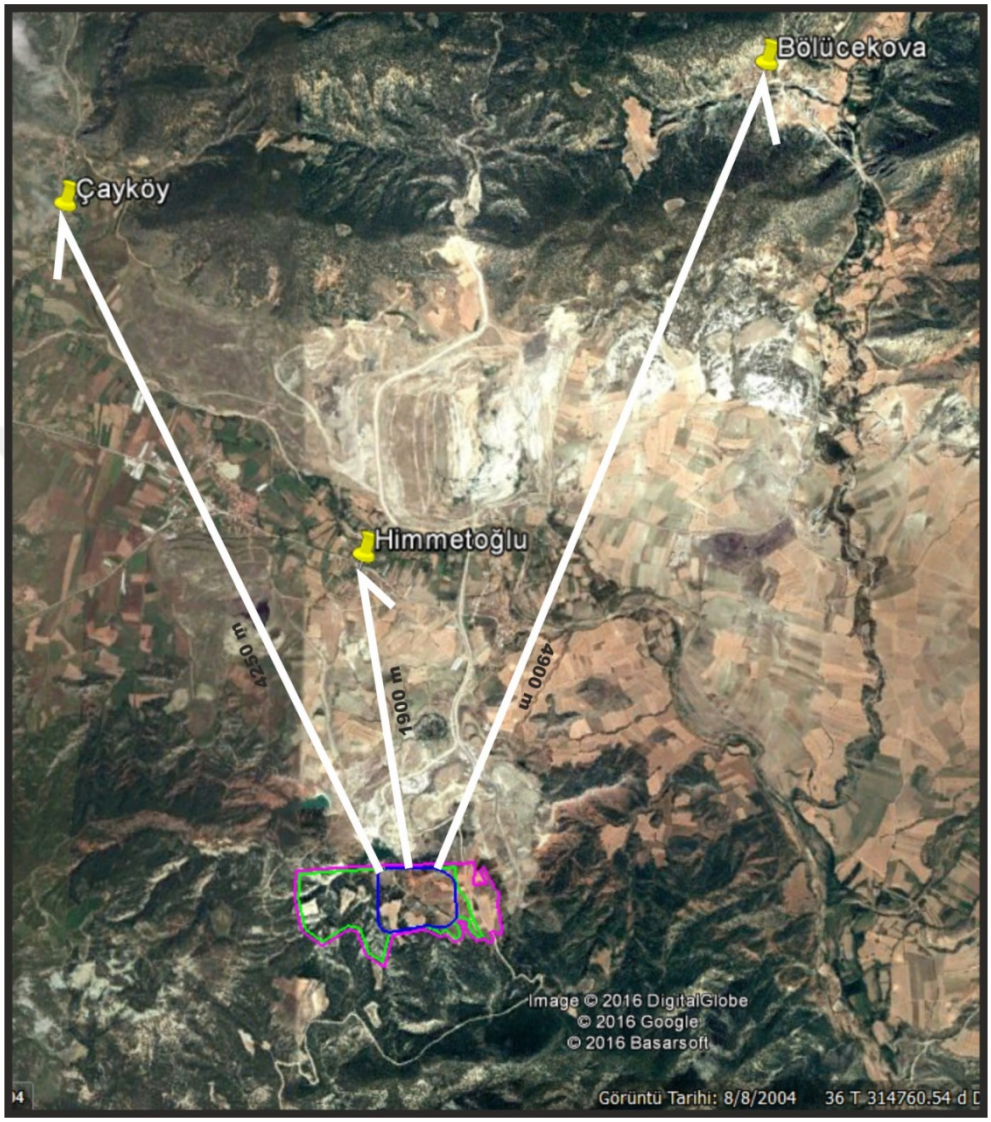
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Proje alanı Bolu il merkezine 90km; Göynük ilçesine 20km ve Himmetoğlu köyüne 1,9km mesafede yer almaktadır (Şekil 3.1-2).



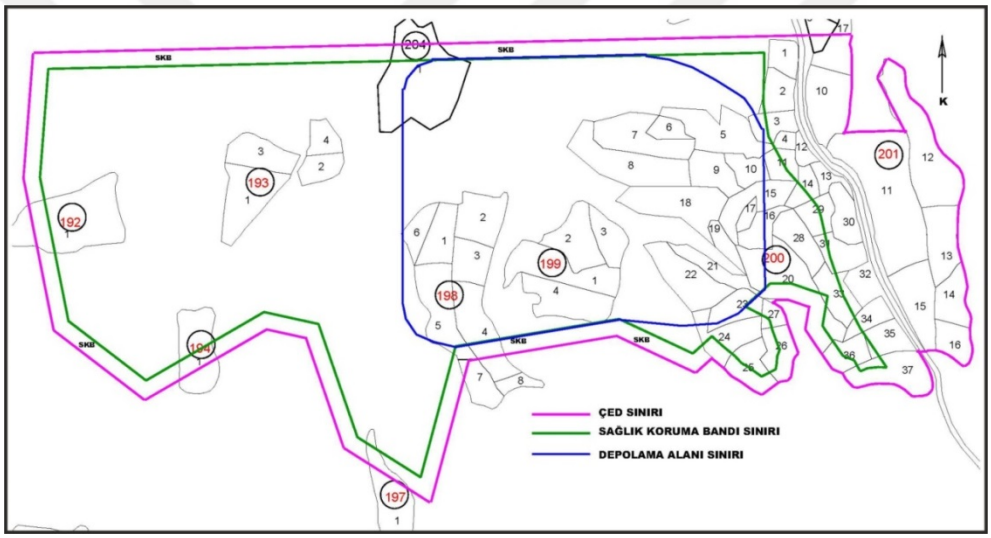
Şekil 3.1. Proje alanı yer bulduru haritası (Google Maps)



Şekil 3.2. Proje alanı ve çevresini gösterir uydu görüntüsü (Google Earth)

Sahanın kuzeybatısında, kuş uçuşu yaklaşık 1.500m mesafede Aşağı mahallesi yer almaktadır. Sahaya en yakın konut ise; saha en yakın sınır noktasının kuzey batı yönünde kuş uçuşu yaklaşık 1.375m mesafede Aşağı mahallesi dahilinde bulunmaktadır.

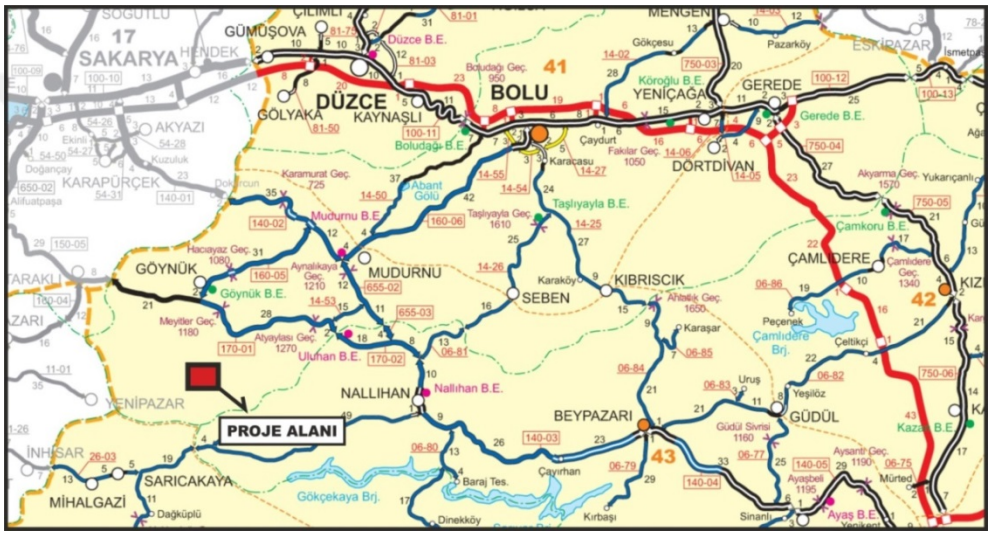
Atık Depolama alanı, aşağıdaki mülkiyet haritasında (Şekil 3.3) mavi çizgi ile sınırlanmış olan alandır. Proje alanının bir kısmı ada/parsel numaraları verilen taşınmazların bulunduğu şahıs arazilerinden oluşmakta olup, bahse konu taşınmazların bulunduğu sahalarda 2942 Sayılı Kamulaştırma Kanunun 27. Maddesi uyarınca Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından ETKB'nın 11.06.2014 Tarih ve 914 Sayılı yazıları üzerine acele kamulaştırılmıştır. Proje alanının diğer bir kısmı ise Orman Genel Müdürlüğü'ne ait sahalardır. Orman alanları için Orman Genel Müdürlüğünden izin alınmaktadır.



Şekil 3.3. Depolama alanı mülkiyet haritası (Aksa Göynük Enerji Termik Santrali İşletmesi)

Proje alanı 1:100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planında "orman alanları" olarak tanımlanmış alan içerisinde kalmaktadır. Proje alanının içinde bulunduğu ÇED sahasının büyük bir bölümü Orman Genel Müdürlüğü tarafından TKİ'ye 25.02.2014 Tarih ve 10 Sayılı olur ile pasa döküm sahası olarak izin verilen 1.819.479,08 m^2'lik alan içerisinde kalmaktadır. Proje alanının kuzey bölümü Göynük Kömür İşletmesinin dış döküm alanıdır. Güney bölümü ise ormanlık alandır.

Proje alanı, Şekil 3.4'de görüldüğü gibi Sakarya – Düzce – Bolu hattının güneyinde yer almaktadır. D-170 Bilecik-Sakarya-Nallıhan karayolundan ayrılan ve AKSA Göynük Enerji Termik Santrali bitişiğinden geçen asfaltlanmış yol takip edilerek Himmetoğlu köyü'ne varmadan ayrılan stabilize yolla sahaya kadar ulaşım mümkündür. Saha, D-170 karayoluna kuş uçuşu yaklaşık 13km mesafede bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Karayolları 4. Bölge Müdürlüğü Haritası (KGM)

Bolu ilinin kuzey kesimlerinde, Yedigöller dolayında dar bir alanda, Batı Karadeniz iklimi görülür. Oradan güneye doğru gidildikçe Karadeniz ikliminin etkisi azalmaya başlar ve İç Anadolu ikliminin etkisi hissedilir. İlin en güney kesimlerinde İç Anadolu iklimi etkisi ağır basar. Aradaki kısımda Karadeniz Ardı iklimi olarak tanımlanan bir iklim tipi yaşanır. Bu genel duruma ek olarak, yerel ölçüdeki topoğrafik yükseklik farkları da önemli bir iklim etkenidir. Örneğin rakımı 726m olan Bolu ovası ile ovadan sadece 20km kadar güneydoğuda bulunan, rakımı 2.000m ve üzerinde olan, Kartalkaya bölgesinin iklimi birbirinden oldukça farklıdır. Bolu Meteoroloji İstasyonunun 1960-2013 yıllarını kapsayan verilerine göre: Proje alanında 54 yılın ortalaması olan aylık ve yıllık yağış miktarları, aynı

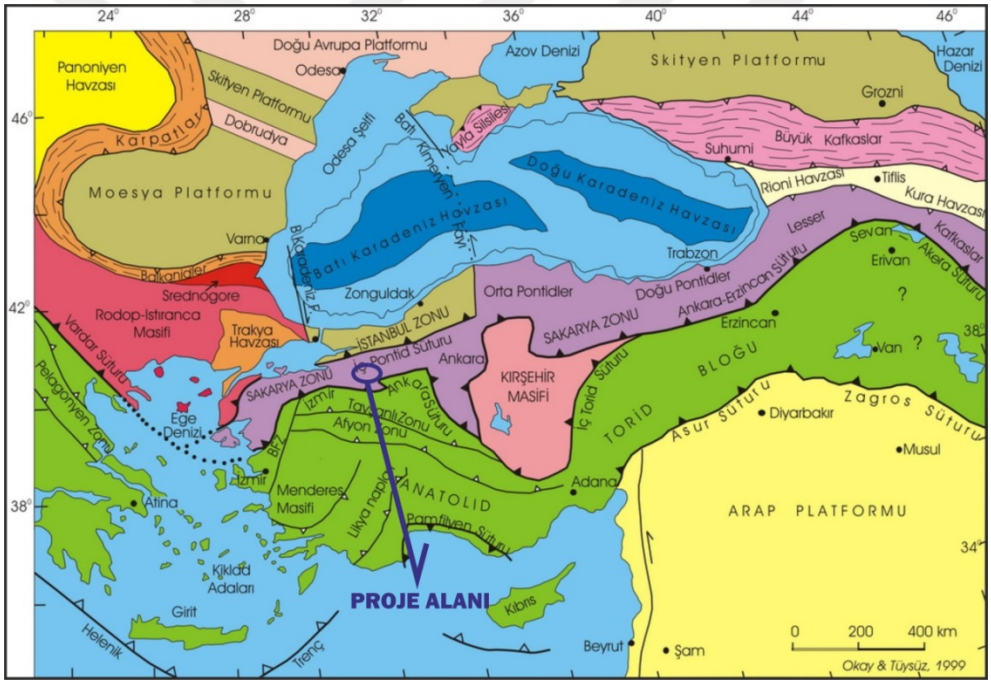
sürecin aylık ve yıllık ortalama buharlaşma miktarları aşağıdaki çizelgede (Çizelge 3.1) verilmiştir. Çizelgedeki bilgilere göre proje alanında yıllık yağış miktarı 54 yıllık ortalamaya göre 553,5mm'dir. En yüksek yağışı Aralık ayında almış olup, ortalama yağış miktarı 62,8mm'dir. Aynı dönem içindeki ortalama yıllık buharlaşma miktarı ise 831,8mm'dir. En yüksek buharlaşma miktarı 167,4mm ile Temmuz ayındadır. Ocak-Şubat-Mart aylarında buharlaşma en düşük düzeydedir.

Çizelge 3.1. Proje alanının aylık ortalama yağış ve buharlaşma miktarları (MGM 1960-2013 yıllarına ait Bolu Meteoroloji İstasyonu verileri)

Aylar	Yağış (mm)	Buharlaşma (mm)
Ocak	57,4	0,5
Şubat	45,1	0
Mart	52,3	1
Nisan	51,8	77,4
Mayıs	60,1	112
Haziran	52,8	139,5
Temmuz	30,6	167,4
Ağustos	24,9	153,3
Eylül	27,1	105
Ekim	43,3	60,1
Kasım	45,3	13,1
Aralık	62,8	2,5
Toplam	553,5	831,8

3.1.1. Jeolojik Durum

Bolu İli, Göynük İlçesi, Himmetoğlu yöresi, Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden Sakarya Zonu üzerinde ve Orta Sakarya kesiminde yer alır. Göynük-Taraklı çevresinde bugüne kadar yapılmış 1:25.000 ölçekli ve genel jeoloji açısından en detaylı araştırmalar Saner (1980)'in doktora çalışması ile başlar. Aynı bölgede daha sonra Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü (Gedik ve Aksay, 2002) ve (Şentürk ve Karaköse, 1979; Taka ve Şener, 1988; Besbelli, 1991; Kalkan, 1991; Göncüoğlu vd., 1996) tarafından jeolojik harita alımı çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3.5).



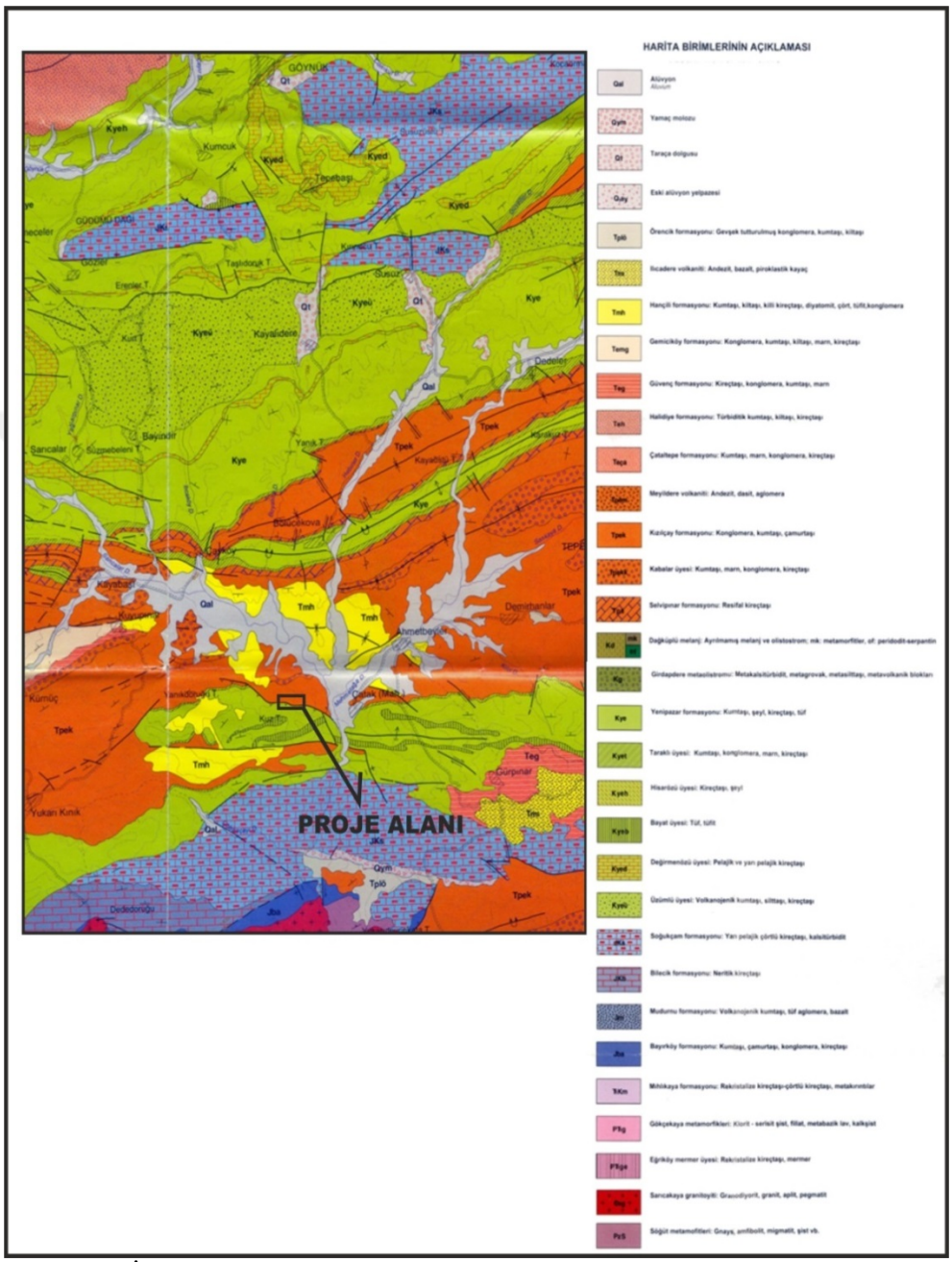
Şekil 3.5. Proje alanının Türkiye Levha Haritasında şematik gösterimi (Okay ve Tüysüz, 1999)

Sakarya Zonu Triyas ve öncesi yaşlı, yeşil şist, gnays ve amfibollü şistler bulunduran, genellikle metamorfik bir temel ile bu temel üzerinde açısal uyumsuz olarak yeralan ve birbirleriyle geçişli olan Liyas (Alt Jura) ve daha genç kırıntılı

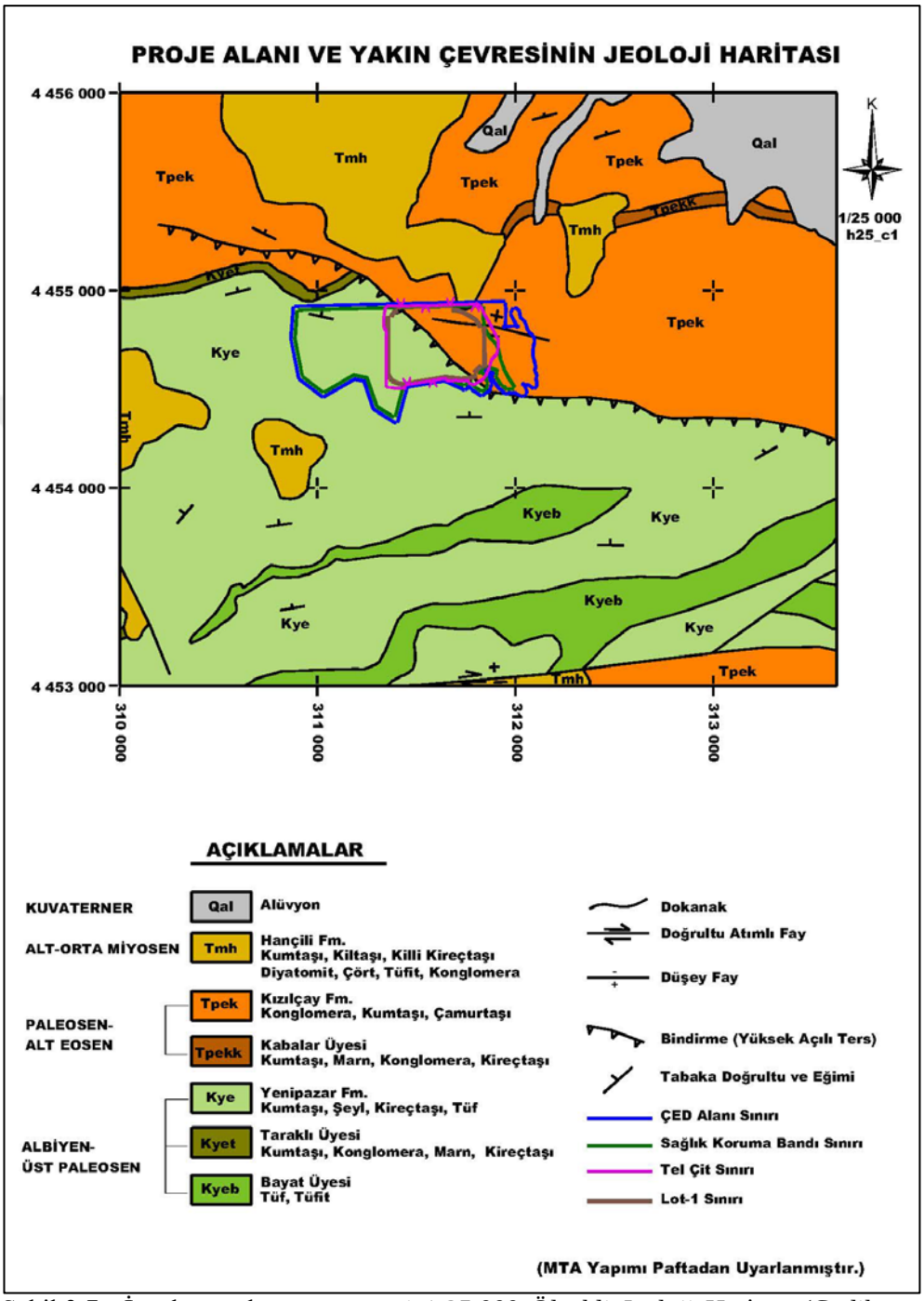
birimler, karbonatlar ve volkanitlerden oluşur. Temel birimleri ve bazı diğer birimler inceleme alanı yakınında mostra vermediğinden bunlar üzerinde durulmayacak; diğer birimler ise önceki çalışmalarla uyumsuzluk yaratmamak adına büyük ölçüde Gedik ve Aksay (2002) den alınarak tanıtılacaktır (Şekil 3.6-7).

İnceleme alanı Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden Sakarya Zonu üzerinde yer alır (Okay ve Tüysüz, 1999). Göynük, Yenipazar ve Sarıcakaya yöresinde kuzeyde yer alan Sakarya Zonu, İzmir-Ankara Süturu tarafından daha güneydeki Torid-Anatolid Zonu'ndan ayrılır. Süturun kuzeyinde yer alan Sakarya Zonu yeşil şist, gnays ve amfibollü şistlerden oluşan metamorfik kayalar ile bu kayalar üzerinde açısal uyumsuz olarak yer alan ve birbirleriyle geçişli olan kırıntılı birimler, karbonatlar ve volkanitlerden oluşur. İzmir-Ankara Süturu ofiyolit ve ofiyolitli melanjdan, Anatolid-Torid Zonu ise metakırıntılı kayalar, mermerler ve metaolistostromdan oluşur.

Sakarya Zonu'nun inceleme alanı ve yakınında mostra veren temel birimleri Soğukçam formasyonundan daha genç birimleri olan Orta Kretase-Geç Paleosen yaşlı Yenipazar formasyonu, Erken Paleosen yaşlı Selvipınar formasyonu ve Paleosen-Erken Eosen yaşlı Kızılçay formasyonu regresif bir ortamda çökelmiş kalın bir çökel seriyi yansıtmaktadır (Alikalfa, 2017). Orta Paleosen-Orta Eosen yaşlı Meyildere volkaniti, Erken Eosen yaşlı Çataltepe formasyonu, Erken-Orta Eosen yaşlı Halidiye formasyonu, Orta Eosen yaşlı Güvenç formasyonu ve Orta-Geç Miyosen yaşlı Gemiciköy formasyonu ise çevredeki daha genç formasyonlardır (Şekil 3.8).



Şekil 3.6. İnceleme alanı ve çevresi 1:100.000 ölçekli jeoloji haritası (Gedik ve Aksay, 2002)



Şekil 3.7. İnceleme alanı ve çevresi 1:25.000 Ölçekli Jeoloji Haritası (Gedik ve Aksay, 2002'den uyarlama)



Şekil 3.8. İnceleme alanı ve çevresi GSK (Gedik ve Aksay, 2002'den uyarlama)

3.1.1.1. Soğukçam Formasyonu

Altınlı (1973b) kiltaşı ara katkılı, beyaz renkli monoton kireçtaşlarını Tuna (1974)'nın Soğukçam Kireçtaşı olarak adlandırdığını belirtir. Altıner vd. (1991) de Bilecik Formasyonu üzerinde yer alan Geç Hotriviyen-Geç Apsiyen yaşlı porselenimsi mikritik kireçtaşlarını Soğukçam kireçtaşı adı altında incelemiştir. Soğukçam Formasyonu'nun yaşı fosil verilerine göre Kalloviyen-Apsiyen'dir (Altıner vd., 1991). Birim, yamaç-havza ortamında çökelmiştir.

3.1.1.2. Yenipazar Formasyonu

Saner (1980) tarafından Yenipazar ilçesi dolayında adlandırılmış olan bu formasyon volkanitli, bloklu, kumtaşı-şeyl ardalanmasından oluşan fliş fasiyesindeki bir çökel istifidir. Yenipazar Formasyonu, Soğukçam Formasyonu'nun üzerine gelen kırıntılılarla başlamakta, üstte ise Paleosen yaşlı Selvipınar ve Kızılçay formasyonlarına geçmektedir.

Yenipazar Formasyonu genel olarak grimsi yeşil renkli, ince-orta tabakalı kumtaşı-şeyl ardalanması ile yeşil ve kahverenkli volkanit, yeşil renkli marn ve beyaz, bej, kırmızı, pembe renkli, ince tabakalı mikritik dokulu, pelajik-yarı pelajik kireçtaşı ve az miktarda konglomeradan oluşmaktadır. Formasyonda Bilecik Kireçtaşı olistolitleri ile bu kireçtaşı gerecinden oluşma olistostromlar, granit ve gnays blokları ve serpantin blokları ile ofiyolitten türeme olistostrom olağandır. Gedik ve Aksay (2002) bu kaya türlerinden kırmızı renkli alt mikritik kireçtaşlarını Karahasanlı Üyesi, kahverenkli volkanitleri Üzümlü Üyesi, beyaz, bej, kırmızı renkli üst mikritik kireçtaşlarını Değirmenözü Üyesi, serpantinit blok ve olistostromlarını Kapaklı Üyesi, yeşil renkli tüf ve tüfitleri Bayat Üyesi ve en üstteki kumtaşı, konglomera ve marnları Taraklı Üyesi, aynı düzeydeki şeyl ara katkılı killi kireçtaşlarını ise Hisarözü Üyesi olarak ayırtlamışlardır.

Üzümlü Üyesi: Marn, kalkarenit ve konglomera içeren volkanojenik şeyl-kumtaşı-kireçtaşı ardalanmasından ve seyrek olarak çamurtaşından oluşan birim, Demirkol (1973, 1977) tarafından Üzümlü köyünden (H24cl) formasyon

mertebesinde adlanmıştır. Bazaltik lav ile aglomera da içeren bu birim için aynı adı Saner (1977, 1980) ile Altıner vd. (1991) de kullanmıştır. Göncüoğlu vd. (1996) ise birimi piroklastik ve lav üyesi adı altında incelemiştir. Üyenin üstünde Koniasiyen-Kampaniyen yaşlı Değirmenözü Üyesi yer almaktadır. Volkanoklastik ağırlıklı olan birim, yamaç ortamında çökelmiştir.

Değirmenözü Üyesi: Beyaz, bej, kırmızı renkli, globotruncana'lı pelajik kireçtaşlarından oluşan bu üye Saner (1980) tarafından adlandırılmıştır. Yenipazar Formasyonu'nun alt düzeylerinde yer alan üye genellikle altta beyaz, bej, üstte kırmızı renkli, ince-orta tabakalı, pelajik-yarı pelajik killi kireçtaşından oluşmaktadır. Kalınlığı 50-300m. arasında değişen üye, yanal devamlı olup (kılavuz seviye) içerisinde bulunan fosillere göre yaşı Koniasiyen-Kampaniyen'dir. Birim yamaç ortamında oluşmuştur.

Bayat Tüf Üyesi: Gölpazarı ilçesi güney-güneybatısında yüzeyleyen Yenipazar Formasyonu içindeki yeşil renkli tüfler Demirkol (1973) tarafından Vezirhan Formasyonu'nun Bayat Tüf Üyesi olarak adlandırılmıştır. Birim yeşil renkli, ince-orta, yer yer kalın tabakalı, mikritik kireçtaşı, şeyl arakatkılı tüf ve tüfitlerden oluşur.

Taraklı Üyesi: Yenipazar Formasyonu'nun en üstünde yer alan ve ağırlıklı olarak çamurtaşı kumtaşından oluşan birimi Saner (1977) Taraklı Formasyonu olarak adlamıştır. Birime daha önce Eroskay (1965) Gölpazarı Grubu adını vermiş, Göncüoğlu vd. (1996) ise Gölpazarı Grubu Yenipazar Formasyonu'nun Taraklı Üyesi adı altında incelemiştir. Üye yeşilimsi gri renkli, ince-kalın tabakalı yer yer masif, kumtaşı ağırlıklı marn, şeyl, kumtaşı ve çakıllı kumtaşı ile yer yer bej renkli, az belirgin tabakalı, Orbitoid'li kireçtaşından oluşmaktadır. Paralel ve çapraz laminalanma, büyük ölçekli çapraz tabakalanma, taban yapıları, alttan üste doğru tane boyu büyümesi birimin ayırtman sedimantolojik özelliklerindendir. Taraklı Üyesi altta Yenipazar Formasyonu'nun diğer birimleriyle, üstte ise Selvipınar ve Kızılçay formasyonlarıyla geçişlidir. Kalınlığı 100-300m. arasında değişen birim yanal olarak kireçtaşı ve marna dönüşmektedir. Saner (1977), saptamış olduğu

fosillere göre birimin yaşının Maastrichtiyen olduğunu belirlemiştir. Taraklı Üyesi delta ortamında çökelmiştir (Saner, 1977). Kül depolama sahasının büyük kısmı Taraklı Üyesi üzerine oturmaktadır (Şekil 3.9-10).



Şekil 3.9. Taraklı Üyesi ile Kızılçay Formasyonu dokanağı (Sahanın batısı)

Yenipazar Formasyonu altta Soğukçam Formasyonu ile tedrici geçişli, Taraklı-Göynük hattının güneyinde ise daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak yer alabilmektedir. Üstte ise Taraklı-Göynük hattının kuzeyinde Çataltepe Formasyonu, bu hattın güneyinde ise Selvipınar ve Kızılçay formasyonları ile geçişlidir. Yanal olarak sık değişim gösteren birimin kalınlığı 1500-2000m. tahmin edilmektedir. Yenipazar Formasyonu'nun alt yaşı Gedik ve Aksay (2002) tarafından Albiyen olarak benimsenmiştir. Taraklı Üyesinden alınan üst yaşı ise Geç Maastrihtiyen'dir. Birim, yamaç-havza ortamında çökelmeye başlamış şelf ortamında sona ermiştir.



Şekil 3.10. Kül depolama sahası yeri Taraklı Üyesi

3.1.1.3. Selvipınar Formasyonu

Resifal kireçtaşından oluşan birim Eroskay (1965) tarafından adlandırılmıştır. Genel olarak sarımsı beyaz, bej yer yer kırmızı, pembe renkli, ince-kalın tabakalı, sert, biyomikrit ve biyosparit nitelikli, mercanlı ve algli resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Altta Taraklı Üyesi ile tedrici geçişli, üstte ise Kızılçay Formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir. Formasyon, kömür havzasının kuzeyinde kızılçay formasyonunun altında yer almakta ancak havzanın güneyinde düzenli depolama sahası dolayında Kızılçay altında gözlenmemektedir. Formasyonda saptanan fosiller Daniyen'i (Monsiyen) işaret etmektedir.

3.1.1.4. Kızılçay Formasyonu

Kırmızı renkli karasal çökellerden oluşan birim Eroskay (1965) tarafından adlandırılmıştır. Aynı adı kullanan Altınlı (1973b), birimi daha sonra grup mertebesinde ele almıştır (Altınlı, 1975). Genel olarak kırmızı, alacalı renkli, ince-

kalın tabakalı, kötü boylanmalı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Formasyonun üst bölümünde yer alan beyaz renkli ince-orta tabakalı killi kireçtaşı-şeyl ardalanması ile en üstteki bitümlü şeyller Kabalar Üyesi olarak ayırtlanmıştır. Birimde nadir olarak ince seviyeler halinde kömür ve yer yer de jips olağandır. Kızılçay Formasyonu altta Selvipınar Formasyonu, onun olmadığı yerlerde de Taraklı Üyesi ile tedrici geçişlidir. Üstte ise Kabalar Üyesi tarafından geçişli olarak örtülür. Birimin kalınlığı 400-1000m. arasında değişmektedir.
Alttaki Taraklı Üyesinin yaşı (Maastrichtiyen) ile üstteki Çataltepe Formasyonunun yaşı (Erken Eosen) göz önüne alındığında, formasyonun yaşı Paleosen-Erken Eosen olmalıdır. Formasyonun kendisi akarsu, Kabalar Üyesi ise göl çökelidir. Kül depolama sahasının kuzey kesimleri bu formasyon üzerine oturmaktadır.

3.1.1.5. Himmetoğlu Formasyonu

Himmetoğlu formasyonu ilk kez Turgut ve Dümenci (1980) tarafından ayırtlanmıştır. Sonel vd. (1987), Üst Miyosen yaşlı Himmetoğlu Formasyonu'nun Kızılçay Formasyonu üzerine açısal uyumsuzlukla çökeldiğini, formasyonun orta kesimlerinde kömür oluşumunun geliştiğini ve tipik bataklık ve göl tortullarıyla temsil edildiğini belirtmiştir. Himmetoğlu Formasyonu Kızılçay formasyonu üzerine açısal bir diskordansla oturmaktadır. Birim Tüysüz (2007) tarafından üç kısma ayrılmıştır. Bunlardan ilki istifin tabanını oluşturan "Taban Birimleri", ikincisi bu taban birimleri üzerine oturan "Kömür ve Bitümlü Şist Seviyesi", üçüncü ve en üst birim ise kömür üzerinde örtü oluşturan "Kiltaşı-Kireçtaşı-Marn Seviyesi"dir.

Taban Birimleri: Himmetoğlu Formasyonu'nun daha yaşlı birimler üzerine diskordansla oturduğu en alt kesimini temsil eden bu seviye ikisi konglomera olmak üzere haritalanabilir yayılıma sahip üç üyeden oluşur. (Tüysüz, 2007). Himmetoğlu Formasyonu'nun tabanında yer alan konglomera seviyelerinden ilki Himmetoğlu havzasının güneyinde yer alır ve en iyi mostralarının Çatak köyü

kuzeybatısında görülmesinden dolayı Çatak Üyesi olarak adlanmıştır. Bu birim alacalı renkli, yuvarlak taneli, kötü boylanmış akarsu konglomeralarından oluşur.

Altta bulunan Kızılçay formasyonu kırmızı renkli taşkın ovası çökelleri ile temsil edilmektedir. Üstte yer alan açık renkli kireçtaşı ve kiltaşları Himmetoğlu formasyonunun tabanını oluşturmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Değirmen tepe güneyinde Kızılçay ve Himmetoğlu fm. ilişkisi

Kömür ve Bitümlü Şist Seviyesi: Yeşil kil seviyesinin üzerinde kömür (linyit) zonu bulunur. Bu zon linyit ve linyitli kil ardalanmasından oluşur. Yer yer silifiye linyitik silt ve kiltaşı arakatkıları da bulunduran zonun üst seviyelerinde bol Gastropod kavkıları içeren marn arakatkıları bulunmaktadır. Linyitin üzerinde, siyahımsı kahverengi tabakalı bitümlü şeyller vardır. Bitümlü seviyenin kalınlığı 13-30m arasında değişmektedir.

Kiltaşı-Kireçtaşı-Marn Seviyesi: Himmetoğlu Formasyonu'nun en üst ve diğerlerine kıyasla en kalın seviyesi beyazımsı, krem, yeşil ve yeşilimsi beyaz renkli kil, kireçtaşı ve marnların monoton ardalanmasından oluşmuştur. Sık görülen laminalanma ve varv yapıları nedeniyle karton şeyl gelişimi oldukça yaygındır. Bu kesimin alt seviyelerinde az da olsa kahve renkli bitümlü laminaları görmek olağandır. Sık olarak tüf seviyelerinin de gözlendiği bu üst kesim, 200 metreyi aşan kalınlığa ulaşabilmektedir.

Tüysüz (2007) Himmetoğlu Formasyonu'nun güneyde sığ bir göle kavuşan bir akarsu tarafından beslenen, kuzeyde bir dik şev ile sınırlanan, yanal yönde ise bir miktar devamlı, asimetrik tabana sahip bir gölde çökeldiğini belirtmiştir. Birimin Üst Miyosen yaşında olduğu genel olarak kabul görmektedir.

3.1.1.6. Eski Alüvyon, Taraça ve Yamaç Molozu

Eski alüvyon ve taraça çökelleri kaba çakıl, kum ve çamur birikintilerinden oluşur. Yatak değiştiren akarsuların yakınlarında ve/veya az uzağında tatlı eğimli tepecikler halinde görülürler. Yamaç molozları ise dik şevler önünde çökelmiş düzensiz iç yapılı tutturulmamış çökeller ile temsil edilmektedir.

3.1.2. Yapısal Jeoloji

3.1.2.1. Tabakalanma

Himmetoğlu havzası, Paleosen ve daha yaşlı birimlerden oluşan kıvrımlı bir yapı içerisine yerleşmiştir. Havzanın temelini oluşturan Kızılçay formasyonu ve daha altındaki birimler KD-GB eksen uzanımlı kıvrımlar tarafından deforme edilmişlerdir. Bu kıvrımların büyük bir kısmı güneye doğru devrik ya da asimetrik bir yapı sergilemektedir. Sıkışmanın ileri aşamalarında bazı kıvrımların kanatları koparak güneye doğru diğer kanat üzerinde ilerlemiş, böylece bölge bir kıvrım-bindirme kuşağı niteliğini kazanmıştır. Söz konusu bu kıvrımların gelişimi, Sakarya Zonunu güneyden sınırlayan İzmir-Ankara süturu boyunca Sakarya Zonu ile Torid-Anatolid platformunun çarpışması ve bunun arkasından en azından Orta

Eosen'e kadar tüm bölgeyi etkilemiş olan sıkışmanın etkisine bağlanmaktadır (Okay vd., 2001 ve buradaki referanslar). Himmetoğlu formasyonu'nun altındaki çakıltaşı ve yeşil kil üyeleri masif, daha üsteki gölsel çökeller ise ince-çok ince tabakalı özelliktedir. Bu birimlerin Himmetoğlu senklinalinin güney kanadını oluşturacak biçimde 20-25° kadar kuzeye eğimli olduklarını göstermiştir (Alikalfa, 2017).

3.1.2.2. Kıvrımlanma

Yukarıda belirtilen yapıları diskordan olarak örten Himmetoğlu formasyonunu etkilediği için bu senklinal bölgedeki devrik ve bindirmeli yapıların gelişiminden daha gençtir. Ancak oluşturduğu düşey eksen düzlemine sahip asimetrik senklinal yapısı gözetildiğinde sıkışmalı bir tektoniğin eseri olmalıdır. Himmetoğlu formasyonunu kesen faylardan ise yaşlıdır. Himmetoğlu senklinalinin kuzey kanadı güneye doğru 30° eğimlidir. Güneye doğru eğim değerleri 20° dolayına düşer. Senklinalin güney kanadı ise orijinal yapının korunduğu yerlerde 5-15° kadar kuzeye eğimlidir. Bayat Tüf Üyesi ile üzerindeki Taraklı Üyesi kuzeye 30-60° eğimlidir. Ancak kuzeyde Taraklı Üyesi'nin Kızılçay Formasyonu üzerine bindirmesine neden olan ters faya yaklaşıldıkça eğimler artar ve birim kıvrılarak düşey bir yapı kazanır. Böylece bindirmeye doğru yaklaşık doğu-batı eksen uzanımı olan asimetrik bir sürüklenme kıvrımı oluşmaktadır (Alikalfa, 2017).

3.1.2.3. Eklemlenme

Kül depolama sahasının bir bölümünün üzerinde yer aldığı Taraklı Üyesi Laminalı çamurtaşı ve kumtaşı ardalanmasından oluştuğundan eklemlenme sık olup metrede 15-25 adetdir. Kızılçay Formasyonu'nda eklem pek izlenmez. Bunun nedeni hem birimin masif yapısı hem de killi seviyelerin fazla olmasıdır.

Eklem yönelimi KD-GB ve KB-GD şeklinde olup genel olarak konjugeyt bir çift eklem takımı söz konusudur. Bu durum eklemlerin D-B uzanımlı kıvrımlanma ile birlikte ve K-G sıkışma sonucu geliştiğini işaret etmektedir.

Eklemli birimler genellikle kil ara katkılı ya da tüf gibi ayrışabilir nitelikte olduğundan eklem araları genellikle kil dolguludur. Dere kotu üzerinde eklemler kuru, yüzeyleri pürüzlü ya da düzdür. Eklem düzlemleri boyunca cilalanma görülmez.

3.1.2.4. Faylanma

İnceleme alanında bulunan ve sıkışmalı rejim altında gelişen faylar genellikle düşey ya da ters faylar şeklinde olup gelişme mekanizmaları yukarıda değinildiği gibi kıvrım kanatlarının kopması ve diğer kanat üzerine ilerlemesi şeklindedir.

Çayköy fayı: Çalışma alanının kuzeyinde yer alan bu fay Yenipazar ve Selvipınar kireçtaşlarının Kızılçay formasyonu üzerine itilmeleri ile Paleosen'den sonra oluşan fay; Çayköy-Bölücekova antiklinali ile Köydere senklinali arasındaki sınırı oluşturur ve bu kıvrımların kanadının kopması ile oluşmuştur. Çayköy yöresinde KB-GD, Bölücekova güneyinde yaklaşık D-B, Erenler tepe kuzeyinde ise GB-KD doğrultusunda olup fay düzlemi genellikle düşey, ender olarak da kuzeye eğimlidir. Söz konusu fay Himmetoğlu formasyonunun stratigrafisi bahsinde de belirtildiği gibi formasyonun çökelimini denetlemiştir ve bu nedenle de onunla yaşıt olmalıdır.

Gerilmeli yapılar (Faylar): İnceleme alanında Himmetoğlu formasyonunun kesen faylar eğim atımlı normal ya da normal bileşenli oblik faylardır. Bu nitelikleri bu fayların Miyosen sonrasında ve gerilme kuvvetlerinin etkisinde oluştuğunu işaret etmektedir. Bu faylardan bir kısmı sahada izlenerek haritalanmıştır. Bunun yanı sıra önceki çalışmalarda sondaj verileri dikkate alınarak bölgede bazı hipotetik fayların varlığı ileri sürülmüştür.

Değirmentepe Fayı: Bölücekova deresinin batısında ve Bölücekova boğazının güneyinde yeralan bu fay, inceleme alanında izlenen en bariz faylardan biridir. Değirmen tepe güneyindeki kuru dere ile Tetrecik Tepe güneyi arasında yaklaşık doğu-batı yönünde uzanan bu fay Kızılçay formasyonu ile onu diskordan

olarak örten Himmetoğlu formasyonu arasındaki dokanağı ve bu iki birimi keser. Fayın kuzey tarafı yükselmiş olup bu iki blok arasındaki düşey ötelenme 50 metre dolayındadır. Değirmentepe fayının güneyinde ona paralel olarak uzanan aynı nitelikte bir fay daha bulunmaktadır. Bu bölgede izlenen bir diğer fay ise Değirmentepe'nin kuzey yamacında yer alır ve Himmetoğlu formasyonunun 75° ye varan eğim kazanmasına neden olmuştur.

3.1.2.5. Diskordanslar

İnceleme alanında yeralan birimlerden Himmetoğlu Formasyonu kendisinden yaşlı birimler üzerine diskordan olarak oturmaktadır. Bu diskordans inceleme alanında yüzeysel çökeller yüzünden görülmese de Himmetoğlu Havzası kuzeyinde daha önceki çalışmalarda (Tüysüz, 2007) bariz bir şekilde izlenmektedir. Yüzeysel çökeller (Yamaç Molozu, Taraça ve Alüvyon) de kendilerinden yaşlı birimleri diskordan olarak örterler.

3.1.3. Bölgenin Jeolojik Evrimi

İnceleme alanında yer alan birimler Üst Kretase'de volkanizmanın egemen olduğu derin denizel bir ortamı yansıtmaktadır. Bu birimler volkanizmanın durması ile birlikte Taraklı Üyesi'nin çökelimi döneminde regresif bir nitelik kazanmışlar, Erken Paleosen'de sığ ve sıcak bir denizde Selvipınar resifal çökelleri gelişmiştir. Daha sonra denizel ortam yerini karasal bir ortama bırakmış ve Paleosen'de Kızılçay Formasyonu bir akarsu ve taşkın ovası çökeli olarak gelişmiştir.

Bölge Erken-Orta Miyosen sonuna kadar sıkışmalı, sonrasında ise gerilmeli bir tektonik rejimin etkisinde kalmıştır. Sakarya Kıtası'nın İzmir Ankara Süturu boyunca Torid-Anatolid Platformu ile çarpışması Kretase sonunda başlamış, Erken Eosen'de tamamlanan final çarpışmanın ardından bölge sıkışarak kıvrımlı ve bindirmeli bir yapı kazanmaya devam etmiştir. İnceleme alanının güneyinde Sarıcakaya çevresinde görülen bindirmeler, ofiyolitler ve mavi şistler bu

süturun izleri olarak değerlendirilmektedir (Okay ve Tüysüz, 1999; Okay vd., 2001).

Himmetoğlu Miyosen Havzası'nın temelini oluşturan Kızılçay, Selvipınar ve Taraklı formasyonları ve daha altındaki birimler yaklaşık D-B eksen uzanımlı kıvrımlar tarafından deforme edilmişlerdir. Bu kıvrımların büyük bir kısmı devrik ya da asimetrik bir yapı sergilemektedir. Sıkışmanın ileri aşamalarında bazı kıvrımların kanatları koparak doğru diğer kanat üzerinde ilerlemiş, böylece bölge yoğun bir kıvrım ve zayıf bir bindirme kuşağı niteliğini kazanmıştır. Söz konusu bu kıvrımların gelişimi, Sakarya Zonu'nu güneyden sınırlayan İzmir-Ankara Süturu boyunca Sakarya Zonu ile Torid-Anatolid platformunun çarpışması ve bunun arkasından en azından Orta Eosen, belki de Erken Miyosen'e kadar tüm bölgeyi etkilemiş olan sıkışmanın etkisine atfedilmektedir (Okay vd., 2001 ve buradaki referanslar).

Daha alttaki birimlerin devrik kıvrımlı ve bindirmeli yapısına karşılık Himmetoğlu Formasyonu neredeyse tüm Himmetoğlu Havzası'nı kaplayan yayvan ve büyük bir senklinal oluşturur. Bu senklinalin kuzey kanadı güneye doğru en fazla 30° eğimlidir. Bölücekova Deresi'nin batısında kalan alanlarda senklinalin kuzey kanadında eğim değerleri güneye doğru azalır ve 20° dolayına kadar düşer.

Yukarıdaki tanımdan izlenebileceği gibi, bölgede Himmetoğlu Formasyonu öncesinde kıvrımlı bir yapı vardır ve Himmetoğlu Formasyonu bu kıvrımlı yapı içerisinde ve yapının gelişiminden sonra çökelmiştir. Buna rağmen Himmetoğlu Formasyonu'nun da kıvrımlı olması bölgedeki sıkışmalı deformasyonun bu birimin çökelmesi esnasında ve sonrasında da bir süre etkili olduğunu işaret etmektedir (Alikalfa, 2017).

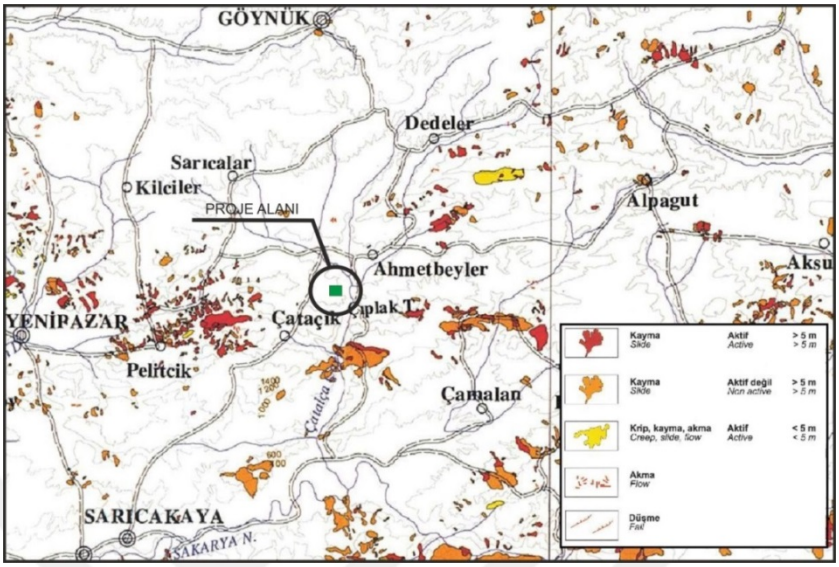
Bunun yanı sıra Himmetoğlu Formasyonu bazı olasılı doğrultu atım bileşenli normal faylar tarafından kesilmektedir. Bu durum bu fayların gelişiminin sıkışmalı rejimin bitişinden sonra ve gerilmeli bir tektonik rejim altında olduğunu işaret etmektedir. Bu veriden hareketle inceleme alanında güncel tektonik rejimin

büyük ölçüde gerilmeli olduğu söylenebilir. Ancak inceleme alanı ve yakınında aktif bir fay bulunmamaktadır.

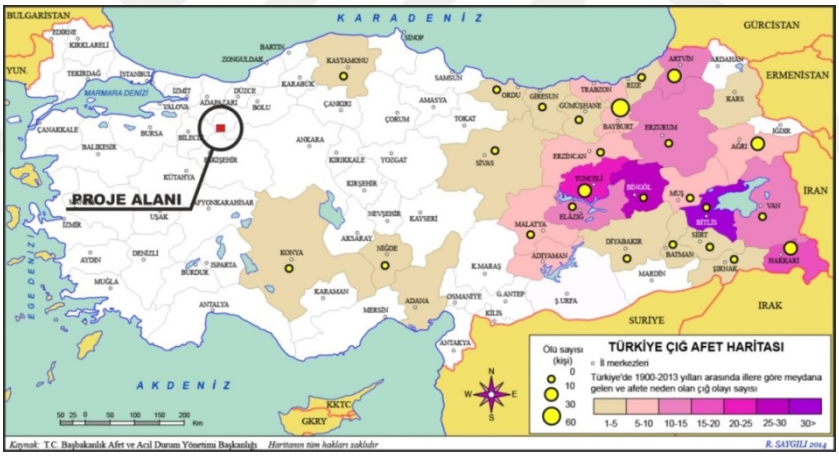
3.1.4. Doğal Afet Riski

Proje alanı az eğimli bir yamaç üzerindedir. Yamacın su havzası oldukça küçük olmakla beraber yağış anında yağmur suları doğrudan saha üzerine gelecektir. Yağmur sularının alana girmemesi için depolama alanı çevresinde kuşaklama kanalı oluşturulmuştur. Yağmur suları kuşaklama kanalı vasıtasıyla sahanın doğusunda bulunan kuru dereye yönlendirilmektedir. Proje alanında açılan bu kanallar vasıtasıyla proje alanına düşen yağmur sularının drenajı sağlanmış olacaktır. Proje alanı çevresinde gözlenen aktiflik ve derinliğine göre sınıflandırılan kayma hareketleri Şekil 3.12'de MTA tarafından oluşturulan Türkiye Heyelan Haritasında gösterilmektedir. Bu haritaya göre proje sahasında aktif veya aktif olmayan kayma, akma, krip gözlenmezken; çevresinde bu kütle hareketlerinden söz edilebilir.

1900-2013 yılları arasında illere göre meydana gelen ve afete neden olan çığ olayı sayısının yer aldığı Türkiye Çığ Afet Haritasında görüldüğü gibi proje alanı çığ olayının yaşanmadığı bölge içerisinde kalmaktadır (Şekil 3.13). Çığ riski Bolu ilinde kışın, karın çok yağdığı dağlık kesimlerde, özellikle sarp ve çıplak arazilerde var olan bir risktir. Ancak karın çok fazla yağmaması ve çok uzun süre yerde kalmaması bu riski azaltmaktadır.



Şekil 3.12. Proje alanı çevresi heyelan haritası (MTA)



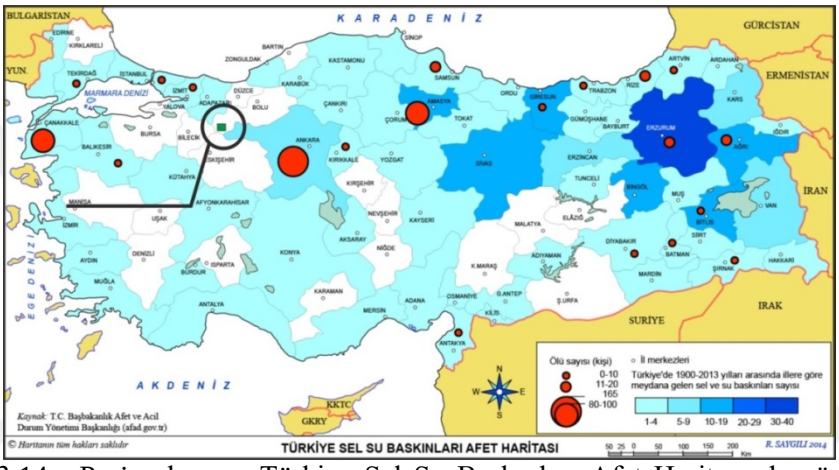
Şekil 3.13. Proje alanının Türkiye Çığ Afet Haritasında gösterimi (AFAD)

Şekil 3.14'de 1900-2013 yılları arasında illere göre meydana gelen sel ve su baskınları sayısı verilmiş olup proje alanı sel ve su baskınlarının yaşanmadığı bölge içerisinde kalmaktadır.

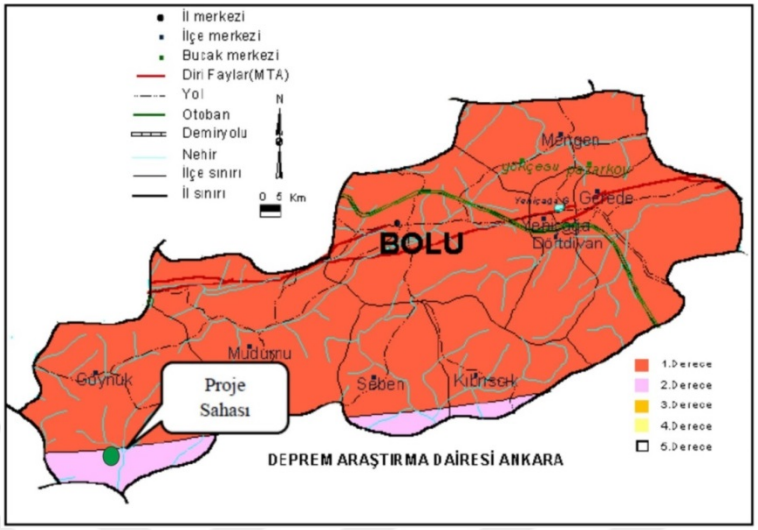
Proje alanı, deprem riski açısından Mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı 1996 basımı Türkiye Deprem Bölgeleri haritasındaki yeri şekil 3.15'de görüleceği

gibi 2. derecede deprem bölgesinde kalmakla beraber 1. derece sınırına çok yakın bir konumdadır. 2. deprem bölgeleri için beklenir yatay ivme 0,3G ile 0,4G arası olup yapılacak tüm yapılarda etkin yer ivmesi A0 = 0,30 alınmalı ve statik ve betonarme hesaplarında yönetmelikte belirtilen tüm parametrelere uyulmalıdır.

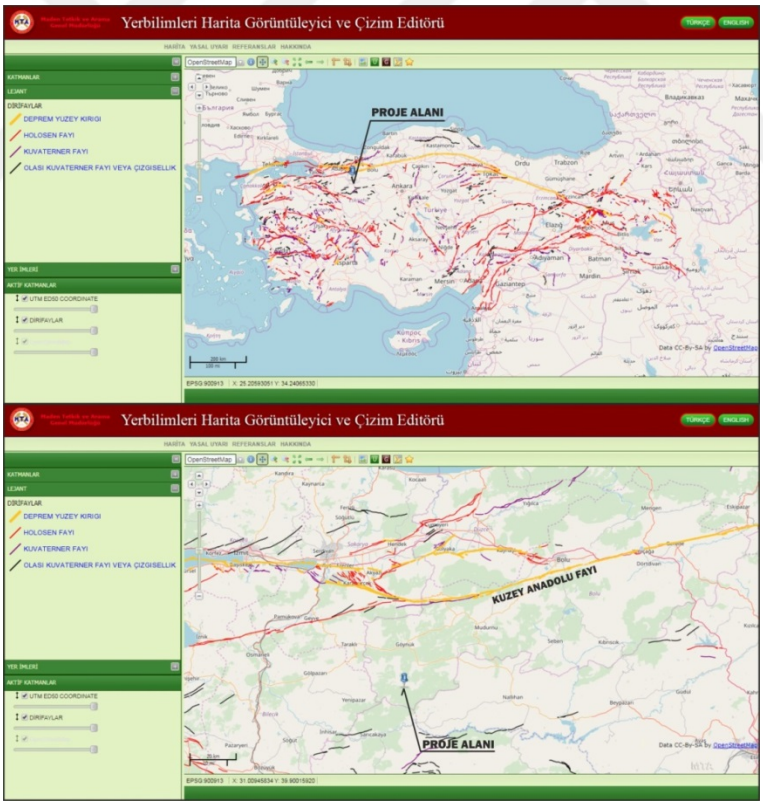
Ülkemizin en büyük ve aktif diri fayı olan Kuzey Anadolu Fay Kuşağı proje alanının yaklaşık 38km kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 3.16).



Şekil 3.14. Proje alanının Türkiye Sel Su Baskınları Afet Haritasında gösterimi (AFAD)



Şekil 3.15. Proje alanının Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki yeri (AFAD)

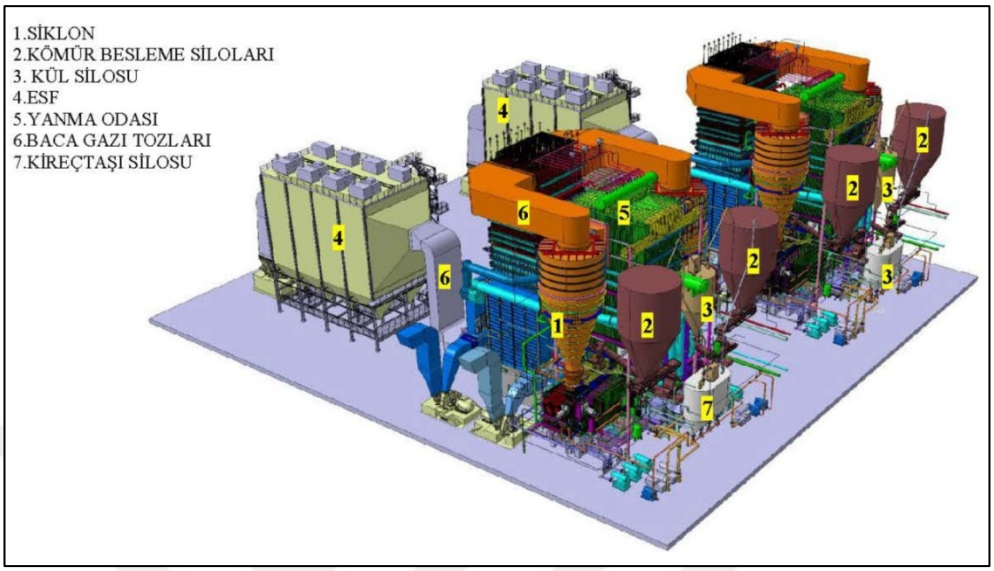


Şekil 3.16. Proje alanının Diri Fay Haritasında gösterimi (MTA)

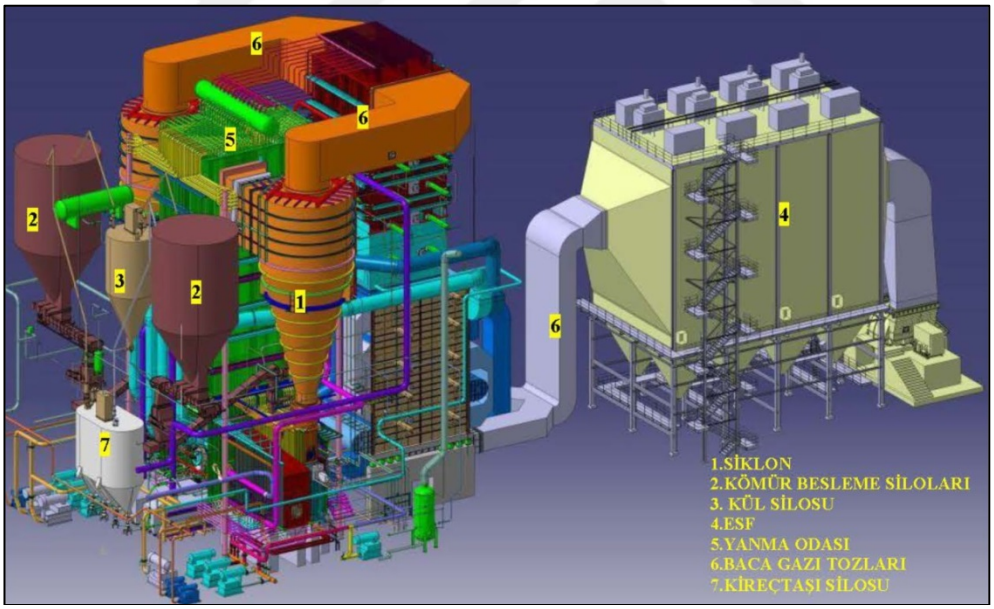
3.1.5. Depolanacak Atıklar

Aksa Göynük Enerji Termik Santrali (Şekil 3.17-18), kömür yakıtının kullanıldığı dolaşımlı akışkan yataklı kazan teknolojisine sahip bir enerji santralidir. Dolaşımlı akışkan yataklı kazanda akışkan yatakta yakma teknolojisinde genel olarak 12mm'den küçük boyuta kırılan kömür, yatak malzemesi içindeki oranları yaklaşık %2 olacak şekilde beslenerek, yukarı doğru akan hava sayesinde akışkan olan yatak malzemesi içinde anında tutuşarak yanmaya başlar. Yatak malzemesi, yakıtın külü ve SO_2 gazının tutulması için yatak bölgesine kömüre benzer boyutlarda beslenen kireçtaşı, kalsiyum sülfat ve bazen de kumdan oluşmaktadır. Yataktaki katıların sıcaklığı 750-900°C aralığında olurken, hava ve kömür besleme hızı ayarlanarak gereken miktarda enerjinin elde edilmesinde süreklilik sağlanır.

Termik santralde 2 adet dolaşımlı akışkan yataklı kazan bulunmakta olup, iki kazan için ortak 1 adet 900 m^3 kapasiteli uçucu kül silosu ve yatak külü silosu olup, her bir kazan için ise 1 adet 40 m^3 kapasiteli taban külü silosu bulunmaktadır. Her bir dolaşımlı akışkan yataklı kazanın yanma odasında yatak külü, taban külü ve uçucu kül oluşmaktadır. Taban ve yatak külü olarak adlandırılan kül, kazan altından alınmakta olan, nispeten parçacık boyutu büyük olan küllerdir. Uçucu kül ise, yanma reaksiyonu sonucunda kazanı üstten terk eden ve genel olarak gaz akışı ile taşınabilecek kadar küçük olan parçacıklardan oluşan küldür. Her üç kül tipi için, birbirinden bağımsız kül uzaklaştırma sistemleri bulunmaktadır. Kazanda oluşan iri partiküllü olan taban külü kazanın altındaki taban külü silosunda, uçucu külden daha büyük partiküllü olan yatak külü yatak külü silosunda, gazla karışıp geçen çok ince partiküllü uçucu kül ise sistem hava ön ısıtıcısı ve elektrostatik filtrelerde tutulmaktadır.



Şekil 3.17. Göynük Termik Santrali üç boyutlu görünümü-1



Şekil 3.18. Göynük Termik Santrali üç boyutlu görünümü-2

Aksa Göynük Enerji Termik Santralinde yakıt olarak linyit kömürü kullanılmaktadır. Tesisten çıkacak atıklar Kül (Uçucu Kül, Yatak Külü, Taban Külü), Alçıtaşı ve Ön Arıtma çamuru olmak üzere 3 gruptan oluşmaktadır (Şekil 3.19-21). Tesisten çıkan yıllık kül atıkları (uçucu kül, yatak külü, taban külü) toplamı nemlendirilmiş ve kireçli halde; 786600 ton/yıl (729600 m^3/yıl), alçı taşı 25 000 ton/yıl (16667 m^3/yıl) , Ön Arıtma Çamuru 5475 ton/yıl (4211 m^3/yıl) olmak üzere toplam 817 075 ton/yıl olarak öngörülmüştür.



Şekil 3.19. Uçucu kül-yatak külü siloları



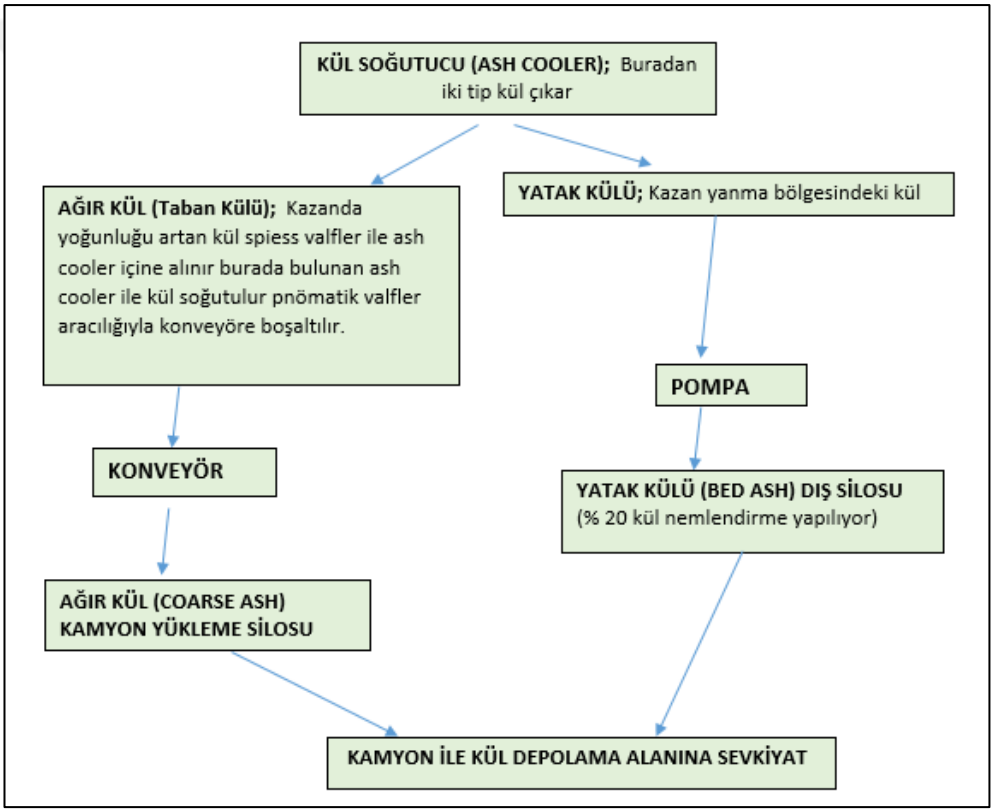
Şekil 3.20. Kaba (taban) külü siloları



Şekil 3.21. Alçıtaşı döküm noktası ve aktarma noktası

3.1.5.1. Yatak külü (Bed Ash) ve Taban Külü (Coarse Ash)

Kömürün yapısında bulunan ve yanma özelliği olmayan inorganik minerallerin iri taneli olanları yanma kazanının tabanına çöker ve ash cooler (kül soğutma) bölgesinde tane boyutuna göre Yatak Külü (Bed Ash) ve Taban Külü (Coarse Ash) olarak ikiye ayrılır. Bu küller aşağıdaki akım şemasındaki yolu takip ederek proje kapsamında oluşturulmuş düzenli atık depolama sahasına gönderilmektedir (Şekil 3.22).

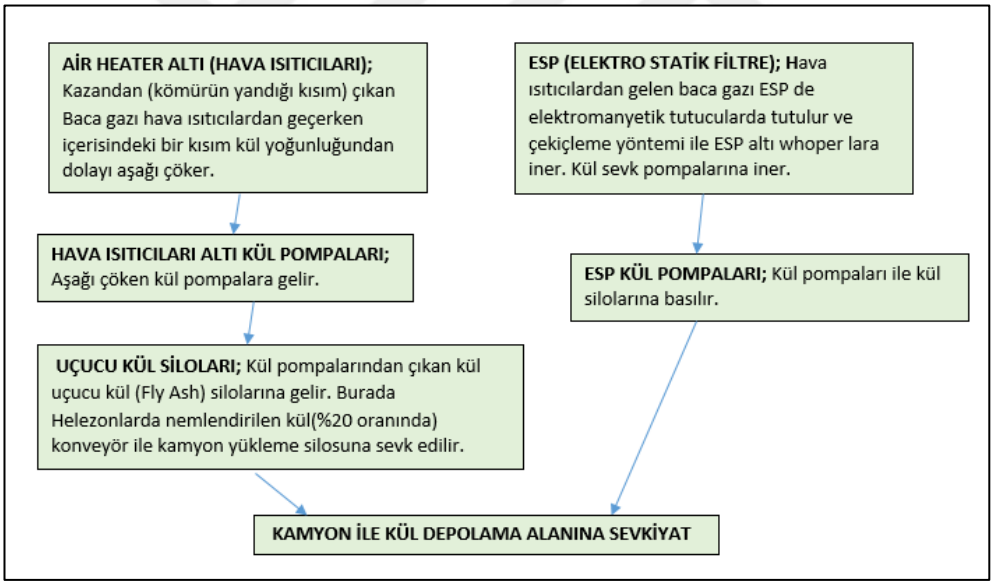


Şekil 3.22. Yatak külü kaynağı ve taşınma şekli

02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Atık Yönetimi Yönetmeliği"ne göre Yatak ve Taban Külü'nün atık kodu; ATIK KODU: 10 01 01 (10 01 04'ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozudur.

3.1.5.2. Uçucu Kül (Fly Ash)

Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden çıkacak en küçük boyuttaki atık, kömürün yapısında bulunan ve yanma özelliği olmayan inorganik minerallerin çok ince taneli olanları; kömürün yanması ile oluşan su buharı ve gazların meydana getirdiği Baca Gazı ile birlikte bacadan dışarı atılma potansiyeli taşıyan Uçucu Küldür. Tane boyu 0.5 – 200 µm arasında ve küresel şekilli olan bu küller Baca Gazı hattı üzerine yerleştirilen elektrostatik toz tutucular vasıtasıyla tutulacak ve aşağıdaki şemadaki yolu takip ederek proje kapsamında oluşturulan atık depolama alanına taşınmaktadır. Taşıma esnasında tozuma oluşturmaması için ağırlığının %20 si oranında nemlendirilmektedir. 2 tip uçucu kül kaynağı bulunmaktadır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Uçucu kül kaynağı ve taşınma şekli

02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Atık Yönetimi Yönetmeliği"ne göre Uçucu Külün atık kodu; ATIK KODU: 10 01 02 Uçucu Kömür Külüdür.

3.1.5.3. Alçıtaşı

Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden çıkacak üçüncü tür atık Desülfürizasyon ünitesinde oluşan Alçıtaşıdır. Aksa Göynük Enerji Termik Santralinde; 2 adet dolaşımlı akışkan yataklı kazanda ve BGD sisteminde SO_X gazlarını tutmak için kireç beslemesi yapılmaktadır. Bu durumda; SO_2 gazları ıslak kireçle tepkimeye girerek alçıtaşını oluşturmaktadır. Bu sayede SO_2 gazları tutulmuş olacaktır. Tepkime sonrasında ise alçıtaşı oluşmaktadır. Tepkime aşağıdaki gibidir (Şekil 3.24).

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow SO_3^{-2} + 2H^+$$

$$Ca^{+2} + SO_3^{-2} \longrightarrow CaSO_3$$

$$2CaSO_3 + O_2 + 4\,H_2O \longrightarrow 2\,CaSO_4.2H_2O \text{ (gypsum-alçıtaşı)}$$

Şekil 3.24. Alçıtaşı oluşumu

02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Atık Yönetimi Yönetmeliği"ne göre Alçıtaşının atık kodu; ATIK KODU: 10 01 07 Baca Gazı Kükürt Giderme İşleminden (desülfürizasyon) Çıkan Kalsiyum Bazlı Çamurlardır.

3.1.5.4. Ön Arıtma Çamuru

Mevcut Göynük Termik Santrali'nde proses amaçlı kullanılan su için; sertlik ve organik madde giderimi amaçlı ön arıtma işlemi gerçekleştirilmektedir. Arıtma işleminde takip edilecek proses şöyledir:

Ham su öncelikle mevcut depo girişinde ön klorlama işlemine tabi tutulur. Klorlamayla hem dezenfeksiyon hem de klorun oksitleyici özelliğiyle organik maddeye bağlı demir olması halinde demirin oksidasyonu sağlanır.

Sudaki bulanıklığı oluşturan kolloidal maddelerin sahip oldukları negatif elektriksel yükün nötralize edilip çarpıştırılmaları yoluyla giderilmesi için durultucu ünitesi girişinde önce koagülant dozlanır.

Sudaki geçici sertliğin giderilmesi ve yumaklaşmayı sağlamak üzere kireç tatbik edilir. Suya kireç katılarak yüksek pH derecesinde suda geçici sertlik oluşturan kalsiyum ve magnezyum bikarbonatlar, kalsiyum karbonat ve magnezyum hidroksite dönüşür. Durultucu merkezinde yer alan reaktör haznesine anyonik polimer dozajı yapılarak oluşan floklar irileştirerek çökelmesi ve sudan uzaklaştırılmaları sağlanır. Durultucu döner köprüye bağlı çamur sıyırıcıları ile çöken çamur durultucunun merkezinde yer alan çamur çukurunda toplanır. Buradan çamur pompası vasıtası ile çamur yoğunlaştırma havuzuna alınan çamur belli bir yoğunluğa ulaştıktan sonra pompa vasıtası ile Dekantör ünitesine gönderilir. Dekantörden çıkan ön arıtma çamuru römork vasıtası ile işletmeden uzaklaştırılmaktadır.

Durultucudan savaklanan arıtılmış suyun yüksek pH değeri durultucu ürün suyu havuzunda asit dozajı yapılarak düşürülür. Asit dozajı ile artık kalsiyum karbonat eriyik kalsiyum bikarbonat haline dönüştürülerek ileriki aşamalarda çökelerek borularda tıkanma ve filtrelerde çimentolaşma yapması önlenir. Bulanıklığı giderilen ve yumuşatılmış olan su kum filtrelerine beslenir ve içindeki çökelmeyen askıda katı maddelerin tutulması sağlanır. Böylece tasfiye edilmiş su, kum filtresi çıkışından alınarak arıtılmış su deposuna gönderilir.

02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Atık Yönetimi Yönetmeliği"ne göre Ön Arıtma Çamurunun atık kodu; ATIK KODU: 19 09 02 Su berraklaştırılmasından kaynaklanan çamurlardır.

3.1.6. Kullanılacak Malzemeler ve Temin Yerleri

Depolama sahası taban/yan ve üst örtü oluşturmada kullanılan/kullanılacak malzemelerin temin yerleri aşağıda verilmektedir.

Kil malzeme, taban sızdırmazlık tabakasında kullanılan, kil duvar dolgusunda ve sahada depolama faaliyeti tamamlandıktan sonra üst örtü oluşturmada kullanılacak kil malzeme Aksa Göynük Termik Santral tesisine ait ruhsatlı maden sahasında kömür damarının altında yer alan yeşil taban kili olarak adlandırılan birimden temin edilecektir.

Drenaj malzemesi, Kullanılan drenaj malzemesi piyasadan temin edilmiştir.

Tesviye malzemesi, Aksa Göynük Termik Santral tesisi kömür işletmesine ait pasa malzeme kullanılmış olup üst örtünün oluşturulmasında da yine aynı malzeme kullanılacaktır.

Bitkisel toprak, sıyırma kazısından temin edilen bitkisel toprak kullanılacaktır.

Jeomembran, jeotekstil, jeosentetik kil ve dreanaj kompozit malzemeleri piyasadan temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

Depolama sahasının jeolojik-jeoteknik özelliklerini, yeraltı su seviyesini saptamak amacıyla sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiş, sahanın 1:2.000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmıştır (EK.54). Sahadan alınan sondaj numunelerinde RQD, TCR ve SCR tayinleri yapılmıştır. Arazide yapılan permeabilite ve basınçlı su testi deneyleri ile zemininin geçirimliliği belirlenmiştir. Sondajlardan alınan örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik özellikler belirlenmek üzere, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Ankara'da 34 no.lu belge ile yetkilendirilen Erbey Geoteknik laboratuvarında deneyler yaptırılmıştır.

Sahanın hidrolojik-hidrojeolojik özellikleri belirlenmiştir. Sahanın jeolojik-jeoteknik, hidrojeolojik, hidrolojik özellikleri; topografyası ve yasal mevzuatlar dikkate alarak Netcad programında alana en uygun düzenli depolama sahası modeli tasarlanıp, üç boyutlu arazi modellemesi oluşturulmuştur. Bu modelleme üzerinden

duraylılık analizleri yapılmıştır. Netcad programı ile kazı-dolgu kübajları, kullanılacak malzeme kübajları hesaplanmıştır.

Depolanacak atıkların, kullanılacak kil ve dolgu malzemelerinin akredite firmalara yaptırılan laboratuvar deneyleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri saptanmıştır. Depolama sahasında alınacak sızdırmazlık önlemleri saptanmıştır. Sahada uygulanacak sızıntı ve yağmur suyu yönetim tekniği belirlenmiştir. Düzenli depolama tesisinin işletilmesinde gerekli tesis üniteleri belirlenmiştir. Depolama faaliyeti ve sonrasında yeraltı suyuna herhangi bir sızıntı olup olmadığını izlemek üzere açılması gereken referans ve gözlem kuyularının yerleri, sayıları ve derinlikleri saptanmıştır. Depolama projesi ile ilgili bu bilgilerin ayrıntıları Araştırma Bulguları bölümünde verilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Düzenli depolama sahası çamurtaşı, kumtaşı ile temsil edilen Yenipazar Formasyonu Taraklı üyesi ve kumtaşı, kiltaşından oluşan Kızılçay Formasyonu üzerindedir. Sahanın ve yakın çevresinin 1:2.000 ölçekli jeoloji haritası ve kesitleri EK.54'de verilmiştir.

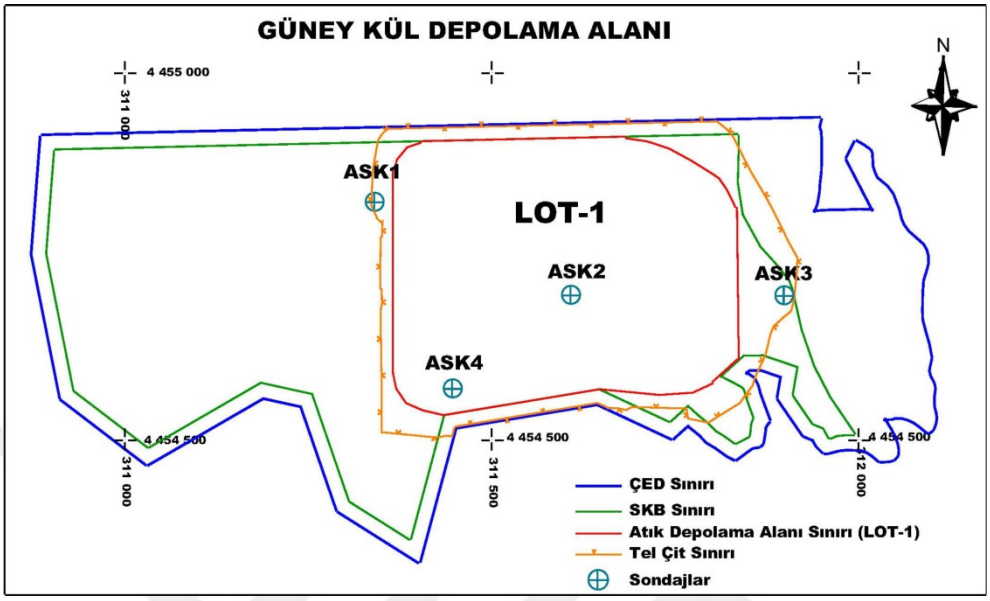
Bu bölümde; sahada açılan sondajlara ait bilgiler, saha ve laboratuvarda yapılan deneylere ilişkin sonuçlar ve hidrolojik-hidrojeolojik özellikler verilmiştir. Araziyi düzenli depolama sahası haline getirebilmek için oluşturulan tasarım modellemesinin ayrıntıları ve duraylılık analizleri yer almaktadır. Atığın ve dolgu işlemlerinde kullanılacak malzemelerin; fiziksel ve mühendislik özellikleri, yapılan sızdırmazlık işlemleri, yağmur ve sızıntı suyu yönetim tekniği, depolama tesisi üniteleri ve son olarak da yeraltı suyuna herhangi bir sızıntı olup olmadığını izlemek için açılan referans ve gözlem kuyularının bilgileri yer almaktadır.

4.1. Temel Sondajları

Kül depolamanın oturacağı alanın jeoteknik-mühendislik özelliklerini belirlemek üzere yerleri Şekil 4.1'de gösterilen, derinlikleri 20 ile 58 metre arasında değişen 4 adet sondaj açılmıştır. Bunlardan ASK-1 düzenli depolama sahasının kuzeybatısında; ASK-2 kuzeydoğu, ASK-3 güneydoğu ve ASK-4 güneybatı ucunda yer almaktadır. Sondajlarda tümüyle karotlu ilerleme yapılmıştır.

4.1.1. ASK-1 Sondajı

Sondajda yüzeyden itibaren 42,5m ye kadar pasa malzeme, 42,5-50m arasında yumuşak altere kil, 50-58m arasında gri çamur taşı kesilmiştir. Kuyuda yeraltı su seviyesi 35m olarak ölçülmüştür. ASK-1 sondajından 0 ile 42,5m arasında pasa malzemesi olduğundan karot yüzdesi çok düşük olup ayrıca su devretmemiştir (EK.1).



Şekil 4.1. Açılan sondajların yerleri

4.1.2. ASK-2 Sondajı

Sondajda 0-3m arasında toprak dokusu; 3-7,4m arasında Kızılçay formasyonunun kırmızı renkli yumuşak kil taşları; 7,4-17m arasında dayanımlı killi kumtaşı ve 17-20m arasında kırmızı çakıllı, kumlu kil taşı kesilmiştir. ASK-2 sondajında yeraltı suyu 5,8m ölçülmüştür (EK.2).

4.1.3. ASK-3 Sondajı

Toplam 40m derinliktedir. Kuyuda 0-3m arasında tamamen ayrışmış kil; 3-16,3m arası kırmızı kil taşı; 16,3-29,5m arası dayanımlı kırmızı kumlu kil taşı ve 29,5-40m arası çakıllı, karbonatlı dayanımlı kil taşı kesilmiştir. ASK-3 sondajında YASS 4,8m ölçülmüştür (EK.3).

4.1.4. ASK-4 Sondajı

Kuyuda 0-4m arasında tamamen ayrışmış kil; 4-7,3m arası ayrışmış kil taşı ve 7,3-30m arası Kızılçay formasyonunun dayanımlı kırmızı silttaşı-kumtaşı kesilmiştir. ASK-4 sondajında YASS 7,4m'de ölçülmüştür (EK.4).

4.2. Saha Deneyleri

4.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Düzenli depolama sahası üst kotlarında açılan sondajlarda ve kıvamın uygun olduğu kesimlerde SPT deneyleri yapılmıştır. SPT_N değerleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Düzenli depolama sahasında yapılan SPT sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	(0-15) Vuruş	(15-30) Vuruş	(30-45) Vuruş	SPT-N (30-45) Arası Toplam
ASK-1	45,00-45,45	42	50/10		
ASK-2	1,50-1,95	7	10	14	24
ASK-2	3,00-3,45	12	14	18	32
ASK-2	5,50-5,95	16	30	50	80
ASK-3	1,50-1,95	19	23	20	43
ASK-3	3,00-3,45	26	16	10	26
ASK-4	1,50-1,95	11	25	28	53
ASK-4	3,00-3,45	17	26	40	66

4.2.2. RQD, TCR, SCR Tayini

RQD: "Kaya Kalitesi Özelliği" ya da "Değiştirilmiş Karot Yüzdesi" olarak ifade edilebilen bu parametre, karotiyerin bir ilerlemesinde içerisine almış olduğu karot parçalarından, doğal süreksizliklerle birbirinden ayrılmış, boyu 10cm ve daha uzun

olan silindirik şeklini koruyabilmiş parçaların toplam uzunluğunun, ilerleme aralığı uzunluğuna oranının yüzde olarak ifadesidir.

RQD (%) : Bir ilerleme aralığında boyu 10cm ve 10cm'den büyük olan karotların toplam uzunluğu / İlerleme aralığının uzunluğu

SCR: "Silindirik Katı Parça Karot Yüzdesi" olarak da ifâde edilebilen bu parametre, karotiyerin bir ilerleme aralığında içerisine almış olduğu karot parçalarından, silindirik şeklini koruyabilmiş olanlarının, ilerleme aralığı uzunluğuna (manevra boyu) oranının yüzde olarak ifadesidir.

SCR (%) : Bir ilerleme aralığında silindirik şeklini (çapını) koruyan karot parçalarının toplam uzunluğu / İlerleme aralığının uzunluğu

Toplam Karot Verimi (TCR): Bu parametre, karotiyerin bir ilerleme aralığında (manevra boyu), içerisine aldığı doğal süreksizliklerle ayrılmış karot parçalarının toplam uzunluğunun, karotiyerin ilerleme aralığının uzunluğuna (manevra boyu, ilerleme boyu) oranının yüzde olarak ifâdesidir ve "Toplam Karot Yüzdesi" olarak da adlandırılır.

TCR (%) : Bir ilerleme aralığında (manevra boyu) karot parçalarının toplam uzunluğu / İlerleme aralığının (manevra boyu) uzunluğu

Sahada alınan karotlar üzerinde RQD, TCR ve SCR hesaplamaları yapılmış olup bunların sonuçları aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.2-4).

Çizelge 4.2. Kül depolama alanında yapılan sondajlardan elde edilen RQD, SCR ve TCR değerleri

SIRA	SONDAJ DERİNLİK	ASK-1		
		TCR(%)	SCR(%)	RQD(%)
1	0,0 - 20,0	25	13	0
2	20,0 - 34,0	36	18	0
3	34,0 - 44,0	50	25	0
4	44,0 - 45,0	70	50	0
5	45,0 - 48,0	40	17	0
6	48,0 - 50,0	80	35	0
7	50,0 - 52,0	70	70	0
8	52,0 - 55,0	47	47	0
9	55,0 - 58,0	30	17	0
ORTALAMA		**50**	**32**	**0**

Çizelge 4.2'nin devamı

SIRA	SONDAJ DERİNLİK	ASK-2		
		TCR(%)	SCR(%)	RQD(%)
1	0,0 - 2,0	75	75	0
2	2,0 - 4,0	68	68	0
3	4,0 - 6,0	95	95	0
4	6,0 - 8,0	100	100	50
5	8,0 - 10,0	100	100	100
6	10,0 - 12,3	100	87	43
7	12,3 - 14,3	100	100	85
8	14,3 - 15,3	100	100	70
9	15,3 - 18,0	74	59	30
10	18,0 - 20,0	90	40	0
ORTALAMA		**90**	**82**	**38**

Çizelge 4.2'nin devamı

SIRA	SONDAJ DERİNLİK			ASK-3		
				TCR(%)	SCR(%)	RQD(%)
1	0	-	1,5	100	47	13
2	1,95	-	3	100	38	0
3	3,45	-	6	60	31	6
4	6	-	8	100	100	75
5	8	-	10	100	100	95
6	10	-	12	50	50	50
7	12	-	14	100	80	50
8	14	-	16	100	100	75
9	16	-	18	90	90	75
10	18	-	20	100	100	100
11	20	-	22	100	100	85
12	22	-	24	85	85	85
13	24	-	26	65	65	65
14	26	-	28	100	100	65
15	28	-	30	100	35	13
16	30	-	32	100	100	85
17	32	-	34	100	100	95
18	34	-	36	100	95	55
19	36	-	38	100	100	80
20	38	-	40	100	95	80
ORTALAMA				**93**	**81**	**62**

Çizelge 4.2'nin devamı

SIRA	SONDAJ DERİNLİK			ASK-4		
				TCR(%)	SCR(%)	RQD(%)
1	0	-	2	73	15	0
2	2	-	3,5	97	40	0
3	3,5	-	5	100	85	33
4	5	-	8	100	87	28
5	8	-	10	100	90	43
6	10	-	12	50	30	13
7	12	-	14	80	68	33
8	14	-	15	50	0	0
9	15	-	18	67	57	43
10	18	-	20	50	50	35
11	20	-	23	67	62	50
12	23	-	26	67	67	22
13	26	-	28	100	95	90
14	28	-	30	95	75	50
ORTALAMA				**78**	**59**	**31**

Çizelge 4.3. Kül depolama sahasında açılan 4 sondajın ortalama TCR, SCR ve RQD değerleri

SONDAJ NO	TCR (%)	SCR (%)	RQD (%)
ASK-1	50	32	0
ASK-2	90	82	38
ASK-3	93	81	62
ASK-4	78	59	31
ORTALAMA	**78**	**64**	**33**

Çizelge 4.4. Kaya kalite göstergesi (Deer & Miller, 1966)

RQD	Sınıfı	Kaya Kalitesi
0-25	A	Çok zayıf
25-50	B	Zayıf
50-75	C	Orta
75-90	D	İyi
90-100	E	Çok iyi

Düzenli depolama sahasının üzerinde yer aldığı birimler ortalama RQD değerlerine (33) göre, **"Zayıf Kaya"** sınıfı içerisinde kalmaktadır.

4.2.3. Permeabilite ve BST Deneyleri

Depolama alanını oluşturan formasyonun geçirimlilik özelliğini saptamak amacıyla uygulanan Basınçlı Su Testi (BST) barajlarda yüksek hidrolik basınç altında geçirimliliği belirlemek amacıyla uygulanan bir yöntemdir. Lugeon deneyi olarak da bilinen bu deneyde zeminin geçirimliliğinin saptanması amacıyla basınç altında kuyuya su enjeksiyonu yapılmaktadır. Deneyin esası belirli bir basınç altında zeminin emdiği suyun debisini ölçmektir. Lugeon birimi (LU) 10 kg/cm^2 gerçek basınç altında 1 dakikada 1m uzunluğundaki deney zonunda litre olarak kaçan su miktarıdır. Depolama alanlarında açılmış sondaj kuyularında yapılmış olan sızma ve basınçlı su testi deneylerine göre depolama alanının zeminini oluşturan birimler geçirimsiz-az geçirimli özelliktedir. Depolama alanı tabanı ve yan yüzeylerde birimin geçirimsizliğini destekleyici olarak gerekli sızdırmazlık önlemleri alınmıştır.

Yapılan sondajlarda zeminin geçirimliliği, yüzeye yakın yerlerde permeabilite deneyi; daha derin kesimlerde basınçlı su testi ile belirlenmiştir (Çizelge 4.5-8).

Çizelge 4.5. Yapı yeri sondajlarında yapılan permeabilite deney sonuçları

Sıra no	Kuyu No	Deney Zonu (m)	Zaman (sn)	Su miktarı (Lt)	Kuyu Yarıçapı (cm)	Permeabilite K (m/sn)
1	ASK-1	47,5-50	1200	77	7,6	$7,29x10^{-5}$
2	ASK-2	0-2	1200	4	7,6	$3,6x10^{-7}$
3		2,5-4	1200	2,5	7,6	$1,1x10^{-7}$
4	ASK-3	0-2	1200	1,6	7,6	$1,5x10^{-7}$
5		2-4	1200	2,3	7,6	$6,6x10^{-8}$
6	ASK-4	0-2	1200	4	7,6	$3,66x10^{-7}$
7		2-3,5	1200	4,5	7,6	$2,3x10^{-7}$
8		3,5-5	1200	10	7,6	$2,3x10^{-7}$

Çizelge 4.6. Kayaların geçirimlilik derecesi sınıfları (USBR, 1980)

Geçirimlilik Derecesi(m/sn)	Kaya Sınıfı
$<10^{-8}$	Geçirimsiz
10^{-8}-10^{-7}	Az Geçirimli
10^{-7}-10^{-6}	Yarı Geçirimli
10^{-6}-10^{-5}	Geçirimli
$>10^{-5}$	Çok Geçirimli

Çizelge 4.7. Yapı yeri sondajlarında yapılan BST deney sonuçları

	Derinlik	**Permeabilite**		
	(m)	**Geçirimlilik Derecesi** (m/sn)	**Lugeon**	**Geçirimlilik**
SK-1	52-55	1,26E-07	1,26	Az Geçirimli Kaya
SK -2	5 - 10	3,93E-07	3,93	Az Geçirimli Kaya
	10 - 15	2,38E-07	2,38	Az Geçirimli Kaya
	15 - 20	1,84E-07	1,84	Az Geçirimli Kaya
SK- 3	7 - 10	8,77E-08	0,88	Geçirimsiz Kaya
	15 - 20	1,10E-07	1,10	Az Geçirimli Kaya
	20 - 25	1,10E-07	1,10	Az Geçirimli Kaya
	25 - 30	9,39E-08	0,94	Geçirimsiz Kaya
SK -4	5 - 10	3,87E-07	3,87	Az Geçirimli Kaya
	10 - 15	4,39E-07	4,39	Az Geçirimli Kaya
	15 - 20	1,86E-07	1,86	Az Geçirimli Kaya
	20-25	1,25E-07	1,25	Az Geçirimli Kaya
	25-30	3,14E-08	0,31	Geçirimsiz Kaya

Çizelge 4.8. Kayaların geçirimliliğe göre sınıflandırılması (Şekercioğlu, 1998)

Lugeon Geçirimlilik Değeri	Geçirimliliğe Göre Kaya Sınıfı
<1	Geçirimsiz Kaya
1-5 arası	Az Geçirimli Kaya
5-25 arası	Geçirimli Kaya
>25	Çok Geçirimli Kaya

Düzenli depolama sahasının üzerinde yer aldığı zemin yapılan permeabilite deneyleri ve basınçlı su testi deneylerine göre **"Geçirimsiz-Az Geçirimli"** sınıfındadır.

4.3. Laboratuvar Deneyleri

Sahada açılan sondajlardan alınan örnekler üzerinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Ankara'da 34 no.lu belge ile yetkilendirilen Erbey Geoteknik laboratuvarı tarafından yapılan deneylerle fiziksel ve mekanik özellikler belirlemiştir. Alınan örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.2). Laboratuvar deneylerine göre düzenli depolama sahasının üzerinde yer aldığı birimin Serbest basınç dayanımı (qu): 2,88 ile 105,55 kgf/cm^2 arasındadır. Ortalama serbest basınç dayanımı 60,61 kgf/cm^2 (5,94 Mpa) dır. Bu değerlere göre Kızılçay formasyonu ve Taraklı üyesi birimleri Deer ve Miller (1966)'ya göre **"Çok Düşük Dayanımlı Kaya"** sınıfına girmektedirler (Çizelge 4.9-10).

Çizelge 4.9. Sondajlardan alınan karotlar üzerinde yapılan deney sonuçları özeti

Sondaj No	**Derinlik *(m)***	**Birim Hacım Ağırlığı**	**Serbest Basınç Dayanımı**	**Kayada Üç Eksenli Sıkışma Dayanımı**		**Elastisite Modülü**	**Poisson Oranı**
		γ_n	*qu*	*Φ*	*c*	*Es*	*v*
		(gr/cm^3)	*(kgf/cm^2)*	*(°)*	*(kg/cm^2)*	*(kgf/cm^2)*	*Birimsiz*
ASK 2	9,3-9,7	2,15	62,63			164,327	0,33
ASK 2	12,6-12,9	2,11	57,68			225,505	0,33
ASK 2	14,9-15,3	2,19		9	22		
ASK 3	13,0-13,2	2,16	2,88		1,44		
ASK 3	32,7-32,9	2,17		27	22		
ASK 3	35,2-35,8	2,22		11	48		
ASK 4	7,3-7,5	2,4	105,55			270,357	0,33
ASK 4	8,1-8,4	2,41	74,33			211,845	0,34
ORTALAMA		**2,23**	**60,61**	**15,66**	**23,36**	**218,009**	**0,33**

No	NUMUNE Açı No	NUMUNE Numune No	Derinlik (m)	FİZİKSEL ÖZELLİKLER TAYİNİ: Su Muht. TS 1900-1 W(n) %	Dane Boyu Dağılımı -10 geçen %	Dane Boyu Dağılımı -200 geçen %	Likit Limit Çarpmalı Cihaz ile Tayini- Tek Nokta Yönt. ile Ölçüm (TS 1900-1) %	Plastik Limit ve Plastisite İndeksi Tayini (TS 1900-1) PL %	Plastik Limit ve Plastisite İndeksi Tayini (TS 1900-1) PI %	SINIF (TS 1500/ ARALIK 2000)	Özgül Ağırlık Tayini (TS 1900-1) GS	MEKANİK ÖZEL. TAYİNİ: Tabi Birim Ağırlık γn gr/cm3	Zeminde Serbest Basınç qu kg/cm2	Zeminde Serbest Basınç C kg/cm2	Üç Eksenli Kesme (UU) TS 1900-2 C kg/cm2	Üç Eksenli Kesme (UU) TS 1900-2 ϕ derece	Tek Yönlü Konsolidasyon TS 1900-2	Standart Proktor (TS 1900-1) γ yaş gr/cm3	Standart Proktor (TS 1900-1) γ kuru gr/cm3	Standart Proktor (TS 1900-1) Wopt %	Düşen Seviyeli Permeabilite (m/sn)	Kayaçlarda Tek Eksenli Basma Dayanımı Tayini (TS 2038) kg/cm2	İğne Deliği Sınırlı	Şişme Yüzdesi %	Şişme Basıncı kg/cm2	Direkt Kesme (UU) C kg/cm2	Direkt Kesme (UU) ϕ derece	ORGANİK MADDE %	Elastisite Modülü kg/cm2	Poisson Oranı
1	SK-3	UD	2.50-2.70	11.5	71.1	57.1	37.33	20.85	16.48	CI		2.01	0.20	0.10																
2	SK-3	KAROT-3	13.00-13.20	15.8	87.4	72.6	46.65	20.30	26.35	CI		2.16	2.88	1.44																
3	SK-2	KAROT-2	29.70-30.00	14.1	87.6	73.2	46.93	19.54	27.39	CI		1.96	0.60	0.30																
4	SK-4	SPT	1.50-1.95	6.5	77.6	20.3	36.33	23.20	13.12	SC																				
5	SK-4	SPT	3.00-3.45	9.2	77.4	16.1	27.92	17.56	10.36	SC																				
6	SK-2	UD	2.50-2.90	16.8	98.0	85.2	55.59	20.44	35.14	CH													2.78	0.326						
7	SK-2	SPT	1.50-1.95	15.9	98.2	87.9	40.27	18.18	22.09	CI																				
8	SK-4	KAROT	8.10-8.30									2.41										74.33						211845	0.34	
9	SK-2	KAROT	9.30-9.70									2.15										62.63						164327	0.33	
10	SK-3	KAROT	32.70-32.90									2.17			22	27														
11	SK-4	KAROT	7.30-7.50									2.40										105.54						270357	0.33	
12	SK-2	KAROT	12.60-12.80									2.11										57.68						229506	0.33	
13	SK-2	KAROT	14.90-15.30									2.19			22	9														
14	SK-3	KAROT	35.20-35.80									2.22			48	11														

Şekil 4.2. Sondajlardan alınan numunelerin laboratuvar sonuçları

Çizelge 4.10. Kayaların sınıflandırılması (Deer ve Miller 1966)

Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Direnci (MPa)
Çok Düşük Dirençli	<25
Düşük Dirençli	25-50
Orta Dirençli	50-100
Yüksek Dirençli	100-200
Çok Yüksek Dirençli	>200

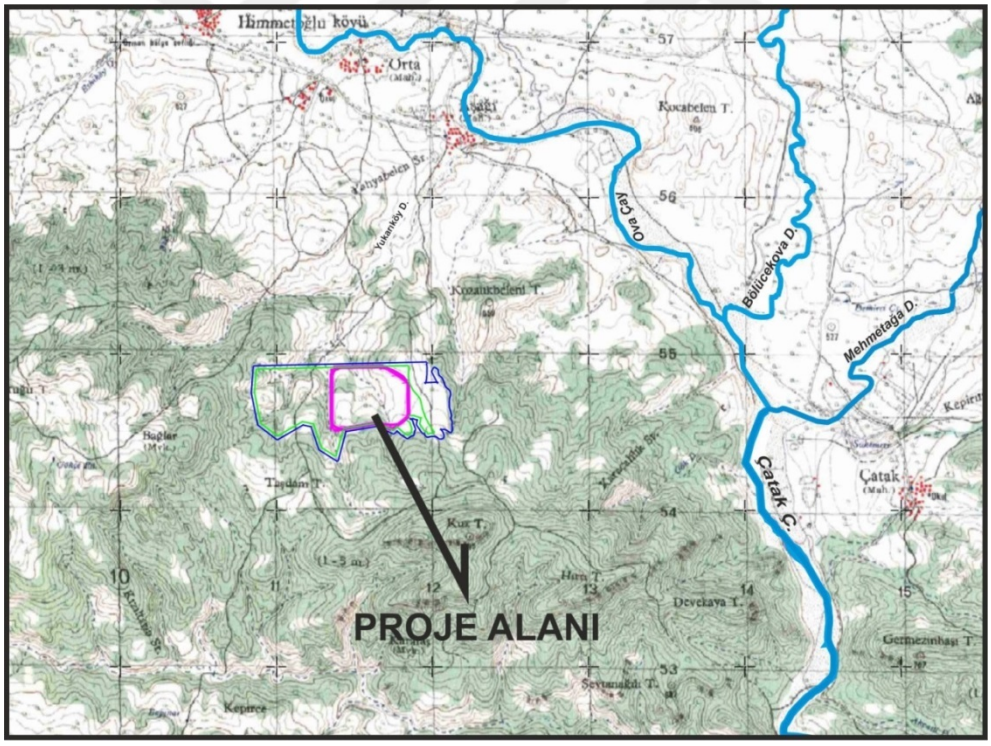
4.4. Hidrolojik Özellikler

İnceleme alanındaki yüzey suları Çatak Çayı ve kolları vasıtası ile Sakarya Havzasına boşalmaktadır. Çatak Çayı, Çatak Mah. kuzeyinde birleşen üç koldan oluşur (Şekil 4.3). Bunlar; batıdan kavuşan Ovaçay, kuzeyden kavuşan Bölücekova ve doğudan kavuşan Mehmetağa çaylarıdır. Her üç kol da kurak ve buharlaşmanın fazla olduğu çok sıcak aylar dışında akarsu barındırmaktadır. Düzenli depolama sahası aktif dere yataklarından uzaktadır. Topografik olarak sahanın güney kesimi daha yüksek kotlara sahip olup bu kısmın yağmur suları küçük kuru derecikler yoluyla sahaya ulaşır. Bu sular proje kapsamında oluşturulan kuşaklama kanalı vasıtasıyla saha dışındaki kuru dereye yönlendirilmektedir (Şekil 4.4).

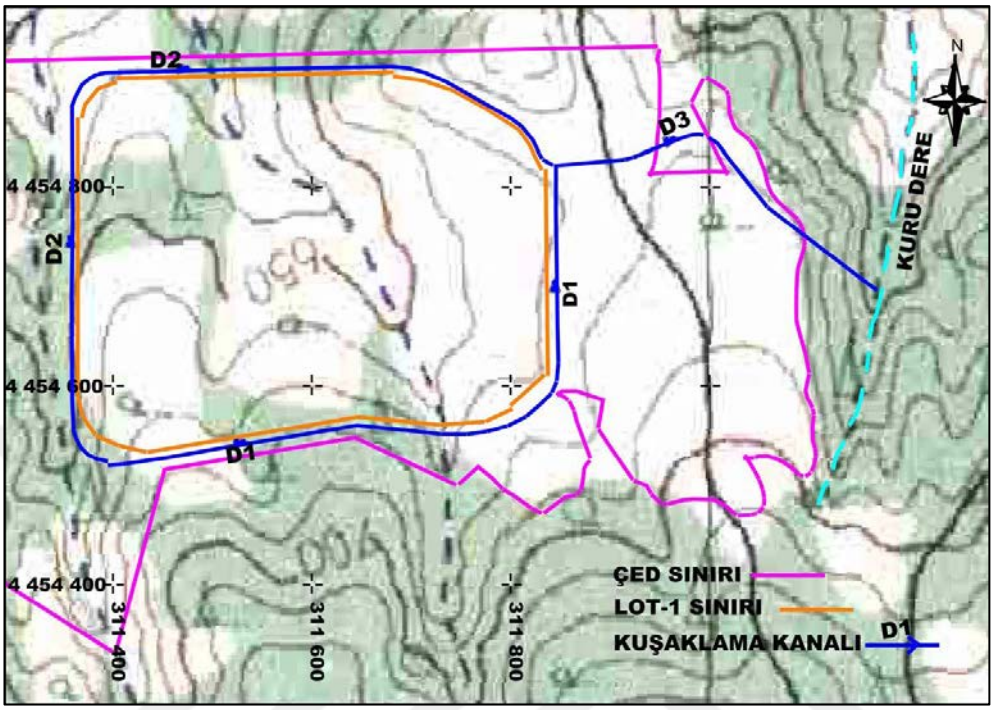
4.5. Hidrojeolojik Özellikler

Düzenli depolama sahası Yenipazar formasyonu Taraklı üyesi ve Kızılçay formasyonu üzerinde yer almaktadır. Düzenli depolama sahasının zeminini oluşturan bu formasyonlar kil içeriği açısından zengin olduğundan, saha gözlemlerine ve sahadan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine göre geçirimsiz-az geçirimli birimler olduğu saptanmıştır.

Ovada açılan sondaj kuyuları Bölücekova köyü güneyinde Selvipınar Kireçtaşından, diğerleri ise alüvyon içerisindeki çakıl mercek ve tabakalarından su almaktadırlar. Ova kuzeyinde Selvipınar Formasyonu çatlaklı ve kısmen de karstik yapısı ile bölgedeki yegane iyi akiferdir, ancak bu birim yapı yeri sahasında bulunmamaktadır.



Şekil 4.3. Proje alanı ve çevresini gösterir hidrolojik durum haritası



Şekil 4.4. Kuşaklama kanalı yerleşim güzergahı

İnceleme alanı içerisinde ise açılmış bir su kuyusu bulunmamaktadır. Proje alanı vadi şeklinde bir topografyaya sahiptir. Vadinin iki yakasında açılan sondajlarda ölçülen YASS verilerine göre yeraltı suyu akış yönü vadinin her iki kanadından da vadinin tabanına doğrudur. Açılan sondajlarda ölçülen YASS kotları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Sondajlarda yeraltı su seviyeleri

Sondaj No	YASS Derinlik (m)	Sondaj Kotu	YASS Kotu
ASK 1	35,00	679,40	644,40
ASK 2	5,80	653,00	647,20
ASK 3	4,70	681,30	676,60
ASK 4	7,40	668,80	661,40

4.6. Atıkların Analiz Sonuçları

4.6.1. Atıkların Fiziksel Özellikleri

Depolama tesisi projelendirilirken, tesisten çıkan atıkların nihai depolama formuna getirildikten sonraki halinin kimyasal özellikleri yanında fiziksel özelliklerinin de bilinmesi büyük önem taşır. Bu amaçla tesisten çıkan atık külden alınan temsili örnek üzerinde akredite bir laboratuvara hem tanımlama hem de mühendislik deneyleri yaptırılmıştır. Deney sonuçları çizelge 4.12'de verilmiştir.

Kül atığı, deney sonuçlarına göre, özellikle düşük kuru birim hacim ağırlığı nedeniyle taşıma gücü zayıf bir malzeme özelliği göstermektedir. Ancak, kompaksiyon deneyinde en yüksek yaş birim hacim ağırlığına ulaşmasını sağlayan optimum su içeriği W_{opt} = %37 olarak belirlenmiştir. Bu oran, atığın maksimum oranda sıkıştırılabileceği su içeriğine işaret etmektedir. Tesisten çıkacak kül atıklarının ağırlığının %37'si oranında nemlendirildikten sonra sıkıştırılması halinde taşıma gücünün ciddi oranda yükseleceğine işaret etmektedir.

Çizelge 4.12. Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden kaynaklı kül atıkları tanımlama ve mühendislik deney sonuçları

Tabii Birim Ağırlık (γ_n)	1,08 g/cm3
En Büyük Yaş Birim Hacim Ağırlığı	1,53 g/cm^3
En Büyük Kuru Birim Hacim Ağırlığı (γ_{kmax})	1,11 g/cm^3
Optimum Su İçeriği (W_{opt})	%37
Permeabilite Değeri: K	9.92 x 10^{-8} m/sn
Kohezyon (c)	0,18 kg/cm^2
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	34º
Organik Madde	%92
Tane Boyutu Dağılımı (-10 geçen)	%100
Tane Boyutu Dağılımı (-200 geçen)	%94,3

4.6.2. Atıkların Kimyasal Özellikleri

Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden çıkan kül atığının Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği AR-GE laboratuvarında yaptırılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Burada görüleceği gibi atığın büyük çoğunluğunu SiO_2 (silis), CaO (kireç) ve SO_3 (kükürt) bileşiklerinden oluşturmaktadır.

Çizelge 4.13. Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden kaynaklı kül atıkları kimyasal analiz sonuçları

Deney Adı	Ölçüm Sonucu	Birimi
Kızdırma kaybı	1,17	%
SiO_2	36,50	%
CaO	20,79	%
SO_3	12,10	%
Cl-	0,0177	%
Reaktif CaO	10,87	%
Serbest CaO	2,63	%
Reaktif SiO2	28,47	%
45 µ elek bakiyesi	22,5	%
Hacim genleşmesi	1	mm
Yoğunluk	2,55	t/m^3

4.6.3. Eluat Analizi Sonuçları

Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden çıkacak atıkların Eluat analizi yetkili ve akredite bir laboratuvarda yaptırılmıştır. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (ADDDY) Ek-2 listesinde yer alan atıkların düzenli depolanabilmesi için "Kabul Kriterleri Parametreleri" doğrultusunda yapılan ELUAT analiz sonuçlarına göre kül atıkları, ön arıtma çamuru **"Tehlikesiz Atık"** sınıfında olup "ADDDY" ne göre II. Sınıf Düzenli Depolama Tesisinde depolanabilme kriterlerini karşılamaktadır. Eluat analiz sonuçları Çizelge 4.14-15'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Kül atığı eluat analiz sonucu

Parametre / Birim	***Eluat Analiz Sonucu***	***Sınır Değerleri (ADDDY)***		
		İnert atık olarak muamele görecek atıklar	**Tehlikesiz atık olarak muamele görecek atıklar**	**Tehlikeli atık olarak muamele görecek atıklar**
Eluat Kriterleri L/S = 10 l/kg				
Arsenik (mg/l)	**0,166**	**≤ 0,05**	**0,05 – 0,2**	**< 0,2–2,5**
Baryum (mg/l)	**0,054**	**≤ 2**	**2 – 10**	**< 10 – 30**
Kadmiyum (mg/l)	**<0,001**	**≤ 0,004**	**0,004 – 0,1**	**0,1 – 0,5**
Krom (mg/l)	**<0,002**	**≤ 0,05**	**0,05 – 1**	**< 1 – 7**
Bakır (mg/l)	**0,0037**	**≤ 0,2**	**0,2 – 5**	**<5 – 10**
Cıva (mg/l)	**< 0,0005**	**≤ 0,001**	**0,001 – 0,02**	**<0,02 – 0,2**
Molibden (mg/l)	**0,0145**	**≤ 0,05**	**0,05 – 1**	**<1 – 3**
Nikel (mg/l)	**< 0,005**	**≤ 0,04**	**0,04 – 1**	**<1 – 4**
Kurşun (mg/l)	**< 0,005**	**≤ 0,05**	**0,05 – 1**	**<1 – 5**
Antimon (mg/l)	**< 0,005**	**≤ 0,006**	**0,006 – 0,07**	**<0,07 – 0,5**

Çizelge 4.14'ün devamı

Selenyum (mg/l)	**0,0376**	**≤ 0,01**	**0,01 – 0,05**	**<0,05 – 0,7**
Çinko (mg/l)	**< 0,001**	**≤ 0,4**	**0,4 - 5**	**<5 – 20**
Klorür (mg/l)	**<5**	**≤ 80**	**80 – 1500**	**<1500 – 2500**
Florür (mg/l)	**7,9**	**≤ 1**	**1 – 15**	**<15 – 50**
Sülfat (mg/l)	**1055**	**≤ 100-600**	**600 – 2000**	**< 2000- 5000**
Orijinal Atıkta Bakılacak Kriterler				
Toplam Organik Karbon (mg/kg)	**<15670**	**≤ 30000 (%3)**	**%5**	**%6**
BTEX (mg/kg)	**<2,5**	**6**	**-**	**-**
PCB (mg/kg)	**<0,007**	**1**	**-**	**-**
Mineral Yağ (mg/kg)	**17,7**	**500**	**-**	**-**
LOI (Yanma Kaybı) %	**3**	**-**	**-**	**100000 (%10)**
Çözünmüş Organik Karbon (mg/l)	**<1**	**≤ 50**	**50 – 80**	**80 – 100**
Toplam Çözünmüş Madde (mg/l)	**1893**	**≤ 400**	**400 – 6000**	**<6000 – 10000**
Fenol İndeksi (mg /l)	**0,095**	**≤ 0,1**	**-**	**-**
Nem %	**10**	**-**	**-**	**-**
pH	**10,04**	-	**-**	-

Çizelge 4.15. Ön arıtma çamuru eluat analiz sonucu

Parametre / Birim	***Eluat Analiz Sonucu***	***Sınır Değerleri (ADDDY)***		
		İnert atık olarak muamele görecek atıklar	**Tehlikesiz atık olarak muamele görecek atıklar**	**Tehlikeli atık olarak muamele görecek atıklar**
Eluat Kriterleri L/S = 10 l/kg				
Arsenik (mg/l)	**< 0,005**	**≤ 0,05**	**0,05 – 0,2**	**< 0,2–2,5**
Baryum (mg/l)	**0,054**	**≤ 2**	**2 – 10**	**< 10 – 30**
Kadmiyum (mg/l)	**<0,001**	**≤ 0,004**	**0,004 – 0,1**	**0,1 – 0,5**
Krom (mg/l)	**0,0086**	**≤ 0,05**	**0,05 – 1**	**< 1 – 7**
Bakır (mg/l)	**0,0097**	**≤ 0,2**	**0,2 – 5**	**<5 – 10**
Cıva (mg/l)	**< 0,0005**	**≤ 0,001**	**0,001 – 0,02**	**<0,02 – 0,2**
Molibden (mg/l)	**< 0,01**	**≤ 0,05**	**0,05 – 1**	**<1 – 3**
Nikel (mg/l)	**< 0,005**	**≤ 0,04**	**0,04 – 1**	**<1 – 4**
Kurşun (mg/l)	**< 0,005**	**≤ 0,05**	**0,05 – 1**	**<1 – 5**
Antimon (mg/l)	**< 0,005**	**≤ 0,006**	**0,006 – 0,07**	**<0,07 – 0,5**
Selenyum (mg/l)	**< 0,005**	**≤ 0,01**	**0,01 – 0,05**	**<0,05 – 0,7**
Çinko (mg/l)	**< 0,001**	**≤ 0,4**	**0,4 - 5**	**<5 – 20**
Klorür (mg/l)	**10**	**≤ 80**	**80 – 1500**	**<1500 – 2500**
Florür (mg/l)	**0,563**	**≤ 1**	**1 – 15**	**<15 – 50**
Sülfat (mg/l)	**146**	**≤ 100-600**	**600 – 2000**	**< 2000- 5000**

Çizelge 4.15'in devamı

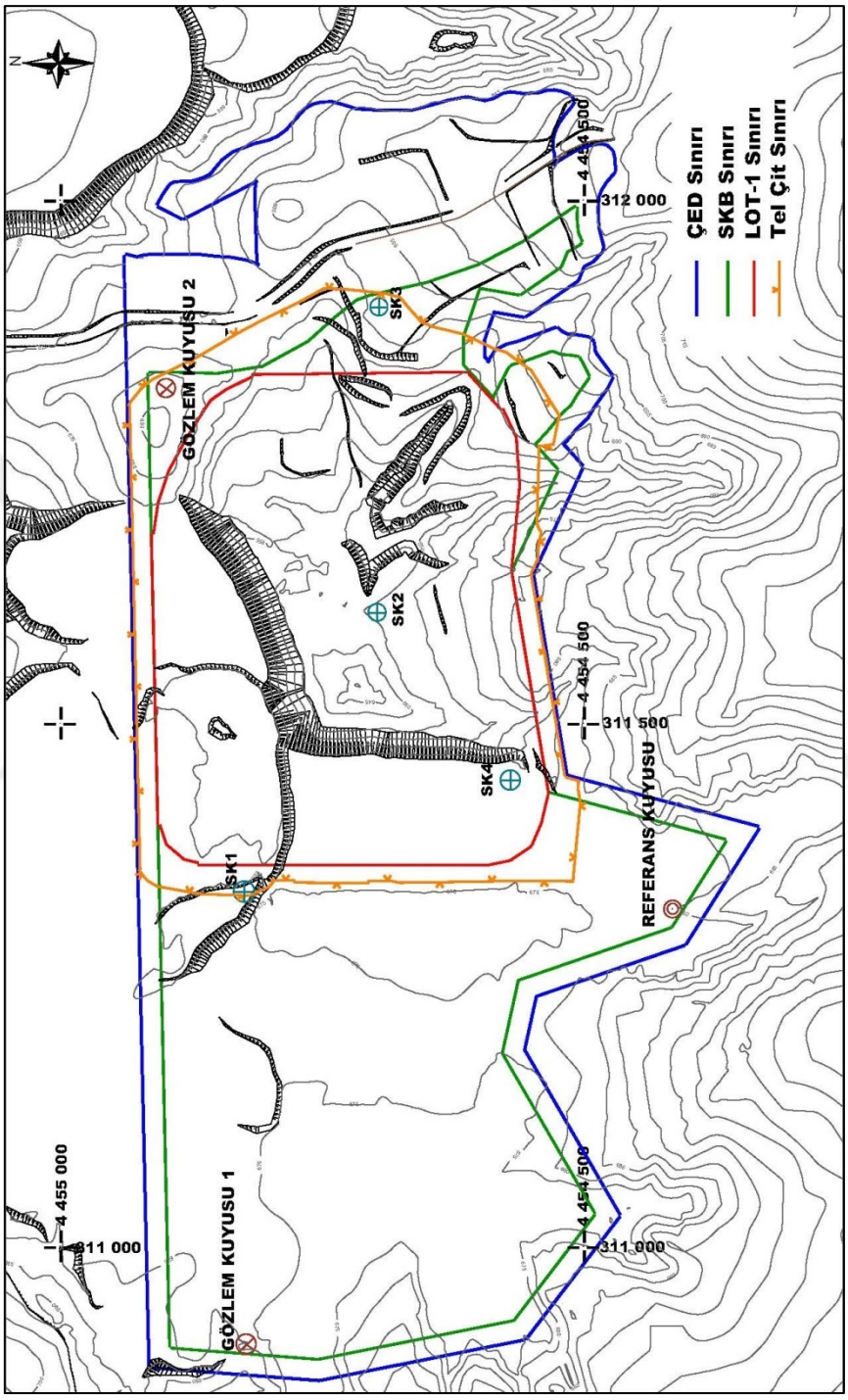
Orijinal Atıkta Bakılacak Kriterler				
Toplam Organik Karbon (mg/kg)	**<15670**	**≤ 30000 (%3)**	**%5**	**%6**
BTEX (mg/kg)	**<2,5**	**6**	**-**	**-**
PCB (mg/kg)	**<0,007**	**1**	**-**	**-**
Mineral Yağ (mg/kg)	**7,26**	**500**	**-**	**-**
LOI (Yanma Kaybı) %	**6**	**-**	**-**	**100000 (%10)**
Çözünmüş Organik Karbon (mg/l)	**11,21**	**≤ 50**	**50 – 80**	**80 – 100**
Toplam Çözünmüş Madde (mg/l)	**511**	**≤ 400**	**400 – 6000**	**<6000 – 10000**
Fenol İndeksi (mg /l)	**0,0058**	**≤ 0,1**	**-**	**-**
Nem %	**47**	**-**	**-**	**-**
pH	**11,10**	-	**-**	-

4.7. Sahanın Planlaması

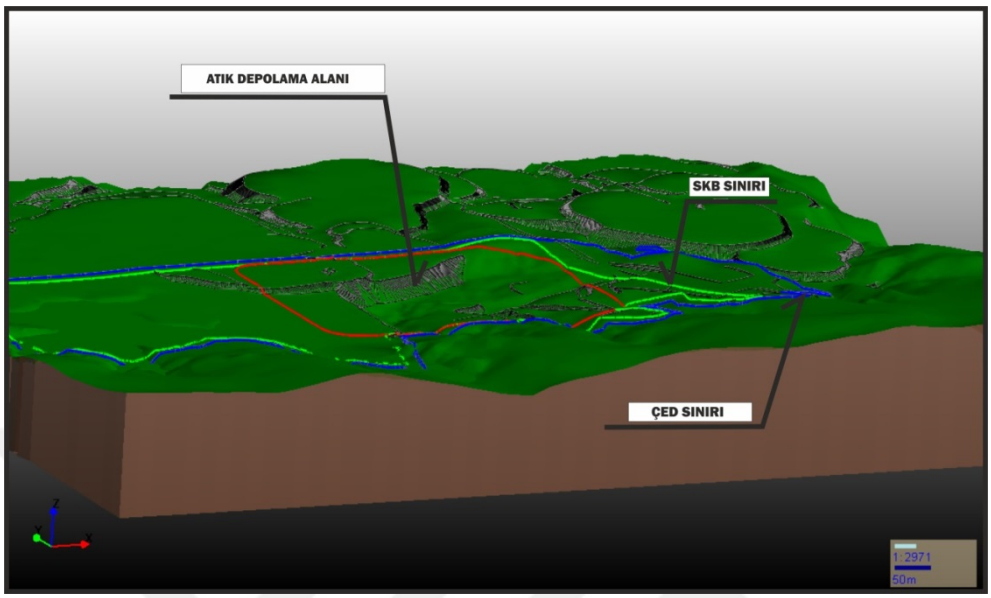
Aksa Göynük Enerji Termik Santralinde yakıt olarak kullanılan kömür, düşük kalorili ve kül oranı yüksek olan bir linyit cevheridir. Bu nedenle kullanılan kömürün %30'u oranında proses ürünü atığı olarak kül çıkmaktadır. Tesisten çıkan ve proje kapsamındaki depolama alanında depolanacak olan atığın yıllık miktarı 817.075 tondur. Düzenli depolama alanında atığın depolanabilmesi için hazırlanan uygulama projesinde çevre açısından son derecede güvenli, işlev açısından da bir o kadar kolay çalışan bir sistem esas alınmıştır. Projenin uygulandığı alan **ÇED Olumlu Kararı** alınmış toplam 50 Ha'lık alanın içinde yer almaktadır. Düzenli depolama tesisinin alanı (proje alanı) 211.273 m^2 (21,12 Ha), atık depolama alanı ise 159.185 m^2 (15,92 Ha) dir (Şekil 4.5-8).



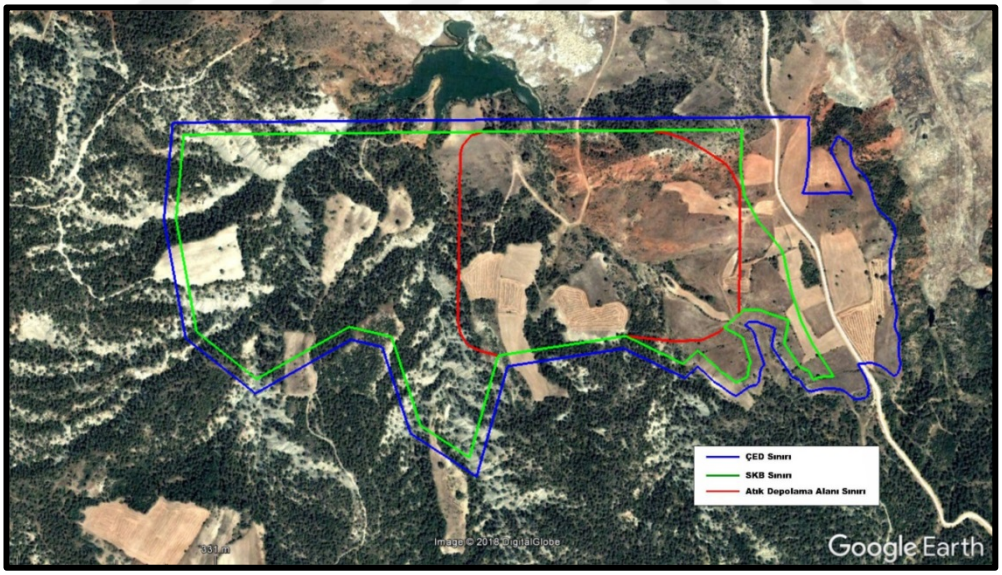
Şekil 4.5. Depolama sahasının proje aşamasındaki halihazır durumundan görünüm



Şekil 4.6. Depolama sahasının proje aşamasındaki halihazır durumu



Şekil 4.7. Depolama sahasının proje aşamasındaki halihazır durumunun 3d arazi modeli



Şekil 4.8. Depolama sahasının proje aşamasındaki halihazır durumunun uydu görüntüsü

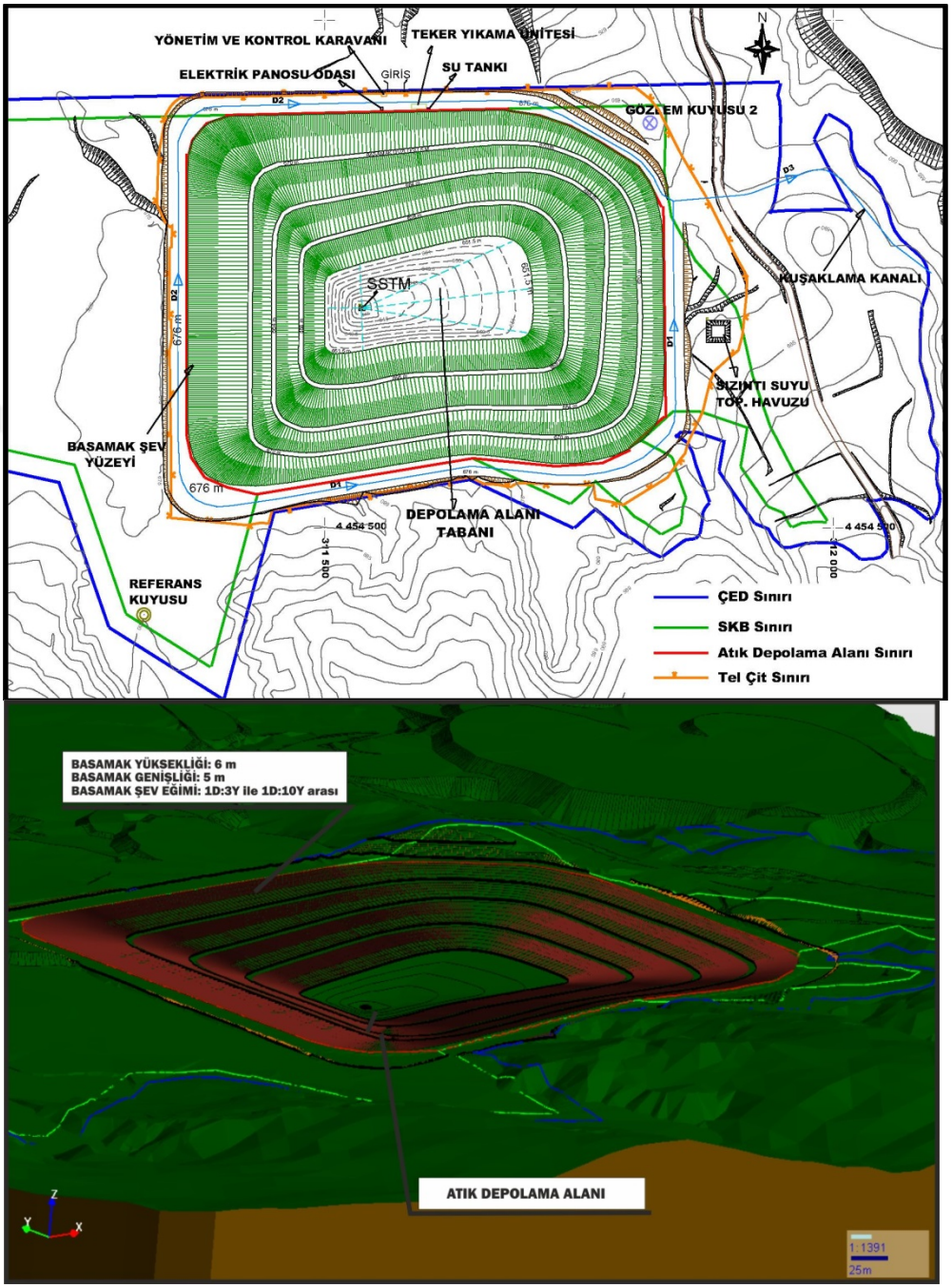
Alanda depolanacak atıkların ELUAT analiz sonuçlarına göre tehlikesiz atık sınıfında olması nedeniyle Düzenli Depolama Tesisi, 26.03.2010 Tarih ve 27533 Sayılı ADDDY'de öngörülen **II. Sınıf Depolama Tesisi** olarak projelendirilmiştir (Şekil 4.9-11).

Proje alanı sınırları tel çit ile çevrilerek, bir adet giriş kapısı yapılmıştır. Tel çit içinde kalan alanın etrafında tel çitten itibaren 20 metre genişliğinde bir alan Sağlık Koruma Bandı (SKB) olarak bırakılmıştır. Proje alanı içinde Atık Depolama Sahası, Yatay Drenaj Sistemi, Düşey Drenaj Bacası, Sızıntı Suyu Toplama Merkezi, Sızıntı Suyu Toplama Havuzu, Teker Yıkama Ünitesi ve diğer gerekli tesisler yer almaktadır (Şekil 4.12).

Atık Depolama Sahası alanı ve atık depolama kapasitesi Çizelge 4.16'da verilmiştir. Atık Depolama Alanı, Termik Santralden çıkacak kül, alçıtaşı ve ön arıtma çamuru atıklarının nihai olarak depolanacağı bir sahadır. Depolanacak atıklardan alınan örnek üzerinde 26.03.2010 Tarih ve 27533 Sayılı ADDDY Ek-2 listesi baz alınarak eluat analizi yaptırılmıştır. Analiz sonuçlarında tehlikesiz atık limit değerlerini sağlamaktadır. Atık depolama alanının oturacağı alanda sondajlar açılmış ve iki farklı yöntemle permeabilite deneyleri yapılmıştır. Bunlar zeminin kütlesel geçirimliliği için SIZMA deneyi, diğeri ise zemini oluşturan birimlerin basınç altında geçirimliliği için Basınçlı Su testi (BST veya LUGEON) deneyidir. Her iki deney sonuçlarına göre atık depolama alanının üzerinde yer aldığı alan **geçirimsiz-az geçirimli** birimlerden oluşmaktadır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.16. Düzenli depolama tesisi boyutları

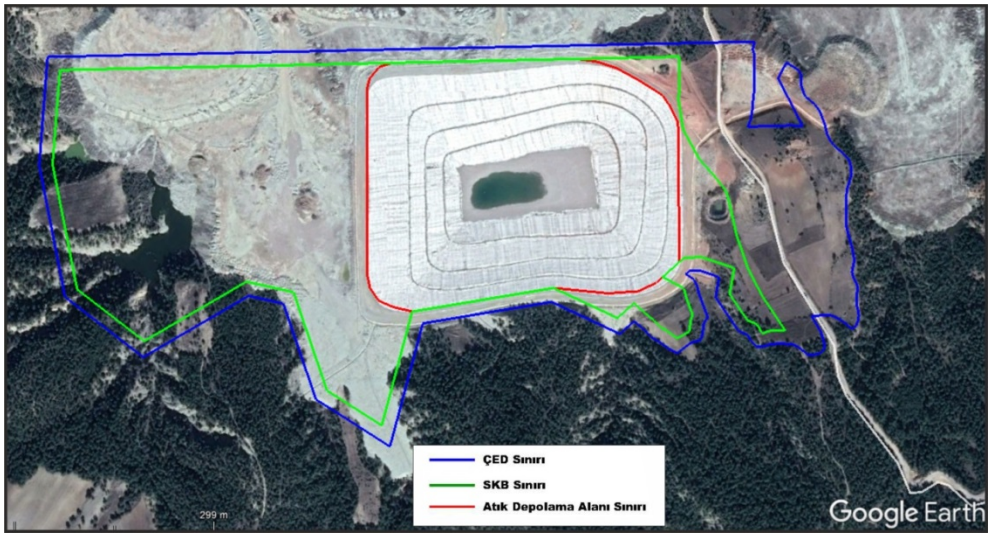
m^2	Proje Alanı	Atık Depolama Alanı	Taban Alanı	Üst Alanı	Depolama Hacmi
DÜZENLİ DEPOLAMA TESİSİ	211.273	**159.185**	18.449	16.212	**4.142.730**



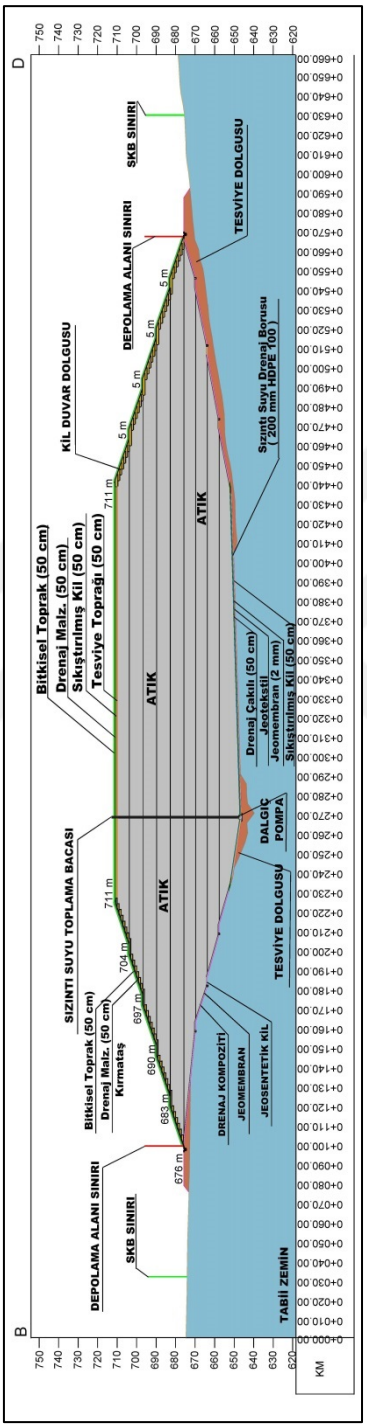
Şekil 4.9. Alanın düzenli depolama sahası olarak projelendirilmesiyle oluşan havuz kısmının arazi modeli



Şekil 4.10. Depolama sahasının yapımı tamamlanmış havuz kısmından görünüm



Şekil 4.11. Depolama sahasının yapımı tamamlanmış havuz kısmının uydu görüntüsü



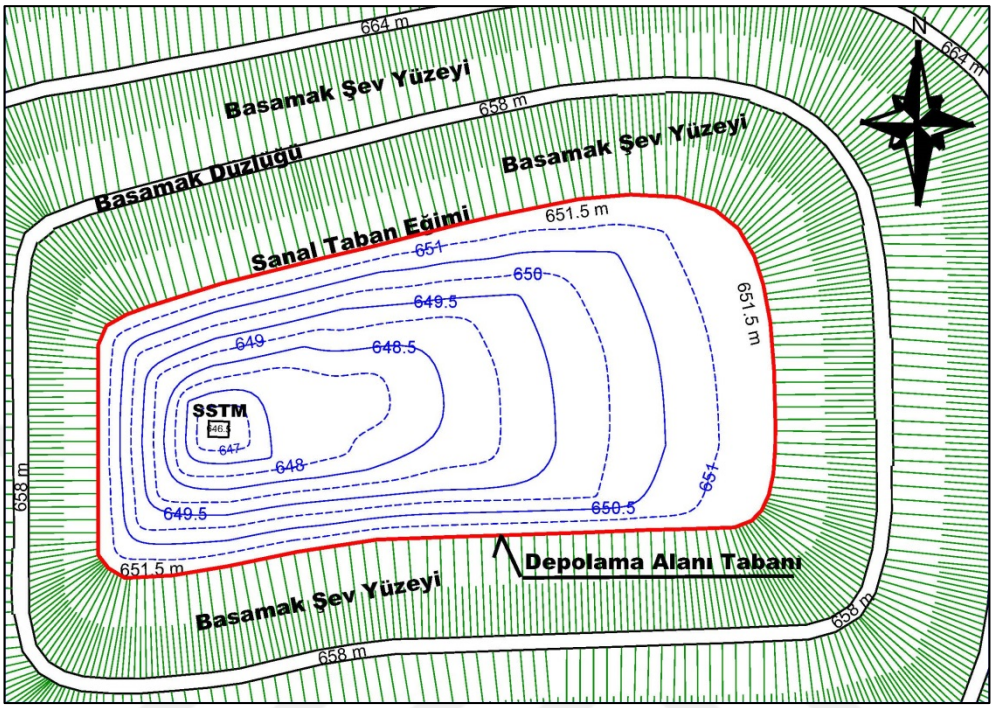
Şekil 4.12. Düzenli depolama alanı tasarımını gösterir kesit

Taban ve yan yüzey geçirimsizliğini desteklemek amacıyla 26.03.2010 Tarih ve 27533 Sayılı ADDDY hükümlerine göre II. Sınıf depolama tesisi için kabul edilen $K \leq 1x10^{-9}$ m/sn geçirgenlik katsayısını sağlayacak yapay jeolojik geçirimsizlik tabakası oluşturulmuştur. İşlemin ayrıntıları bölüm 4.11'de açıklanmıştır.

Depolama havuzunun en derin noktası 646,5m kotudur. Üst kot olarak da Kömür İşletmesinin Dış Döküm sahasının üst kotu olan 676m kotu esas alınmıştır. Depolama alanı hâlihazır durumda kısmen bir havuz görünümündedir. Proje, bu havuz görünümündeki alanı gerçek bir depolama alanı haline getirmek üzerine tasarlanmıştır. Depolama alanı 646,5-676m kotu arası atıkla dolduktan sonra 676m kotundan itibaren 710m kotuna kadar kil duvar ile yükselerek atık depolama işlemi yapılacak ve son olarak gerekli sızdırmazlık önlemleri alınarak üzeri kapatılacaktır.

646,5m kotu taban düzleminin en derin noktasını oluşturmaktadır. Bu noktada sızıntı suyu toplama merkezi (SSTM) inşa edilmiştir. Taban düzleminin her noktasından bu merkeze akış sağlayacak şekilde %3 eğim verilerek taban düzlemi oluşturulmuştur. Atık depolama alanı taban düzlemi ve sızıntı suyu toplama merkezini kesen kesitler alınarak merkeze doğru %3 olacak şekilde eğim doğrultuları oluşturulmuş ve doğrultulardan geçen eş yükselti eğrileri ile atık depolama alanı tabanı sanal eğim haritası elde edilmiştir (Şekil 4.13).

Düzenli depolama alanı ilk etapta tabana doğru daralan ve basamaklı şekilde tasarlanmıştır. Tabanda ve yan yüzeylerde bu düzenleme çalışması için bazı yerlerde kazı; bazı yerlerde dolgu yapılarak düzenli taban düzlemi ve kademe şevleri oluşturulacaktır. Tabandan itibaren depolama alanında 4 kademe oluşturularak 676m kotuna ulaşılmıştır. Her bir basamak yüksekliği 6m, basamak düzlüğü 5m, şev eğimi 1D:3Y ile 1D:10Y arasında değişmektedir. Bütün basamak yüksekliklerinin aynı eş yükseltiye sahip olması için 658m kotu ilk basamak düzlüğü kotu olarak seçilmiştir.



Şekil 4.13. Depolama alanı tabanı sanal eğim haritası

Düzenli depolama alanını projede öngörülen geometrik şekle getirmek için yapılacak kazı ve dolgu alanlarını belirlemek ve yapılacak kazı ve dolgu kübajlarını hesaplamak için sahanın Netcad programı ile modellemesi oluşturularak kübaj hesapları yapılmıştır. Şekil 4.12'de görüleceği gibi düzenli depolama alanını istenen şekle getirmek için;

- Bitkisel Toprak Sıyırma Kazısı
- Tesviye (Taban + Kademe Şevi) Dolgusu,
- Tesviye (Taban + Kademe Şevi) Kazısı,
- Kil Duvar Dolgusu yapımı gerekmektedir.

Depolama alanında ikinci etapta 676m kotundan itibaren düzenli depolama faaliyeti 710m kotuna kadar kil duvar dolgusu ile yükselerek devam edecektir. Bu

bölümde de depolama faaliyeti yine kademeler şeklinde olacaktır. Kil duvar dolgusu ile yukarıya doğru yükselirken kademelerin yüksekliği 7 metre, kademe düzlüğü 5m, yüzey eğimi 1D:3Y şeklinde olacaktır. Kil duvarın inşası atık dolumuyla eş zamanlı olarak 1 metre kalınlıkta kil malzemenin ($K \leq 1x10^{-9}$ m/sn) sıkıştırılarak serilmesiyle yapılacaktır.

Atık depolama işleminin en önemli kesimi ilk kademe dolgusudur. Atık depolama alanı sızıntı suyu drenaj sistemleri, sızıntı suyu toplama merkezi ve yapay jeolojik geçirimsizlik tabakası bu kademe içinde yer almaktadır. Atık depolama işlemi sürecinde bu sistemlerin zarar görmemesi büyük önem taşımaktadır.

Atık depolama alanının ilk kademesini oluşturan bölümün taban düzlemi %3 oranında eğimli, en derin noktasında sızıntı suyu toplama merkezi yer almaktadır. Atık dolum işlemi sızıntı suyu toplama bacasına uzak olan köşeden başlayarak ve atık depolama işlemi en son sızıntı suyu toplama bacasının etrafı yapılmıştır.

Atık depolama işlemi, sızıntı suyu toplama bacasının uzak noktasındaki bölümde oluşturularak kül depolama yolu üzerinden serbest yığın şeklinde damp edilmektedir. Sahanın atık bölümlerindeki yol eğimleri en fazla %9 olmalıdır. Araç yoğunluğu az ise eğim %12'ye çıkarılabilmektedir. Depolama alanı içerisinde dolgu yapılarak oluşturulacak kül depolama yolunun eğimi yaklaşık %10'dur. Kül depolama yolundan ilerleyerek atık döküm işlemi yapan kamyon işlemini tamamlayıp geri döndükten sonra bir diğer atık döküm kamyonu atık döküm alanına doğru ilerlemektedir. Serbest yığın şeklinde damp edilen atıklar iş makinası ile dikkatlice ilk kademe içine sürüklenmektedir.

Birinci kademe dolum işlemi tamamlandıktan sonra takiben sızıntı suyu toplama bacasının etrafı kapatılacak ve sızıntı suyu toplama bacasının yükseltme işlemi tamamlandıktan sonra ikinci kademe dolum işlemine geçilecektir.

İkinci ve sonraki kademelerin kademe yükseklikleri 6m olacaktır. Her kademe yükselimine paralel olarak sızıntı suyu toplama bacası da yükseltilecektir.

Sızıntı suyu toplama bacasının etrafındaki atık depolama işlemi de her zaman bir sonraki kademenin hazırlığı tamamlandıktan sonra gerçekleştirilecektir.

Atık depolama alanında depolama faaliyeti ile 676m kotuna gelindikten sonra atık depolama alanında kil duvar ile yükselen atık dolumu işlemine geçilecektir. 676m kotundan itibaren 34m yüksekliğe kadar (710m) atık dolum işlemi devam edecektir.

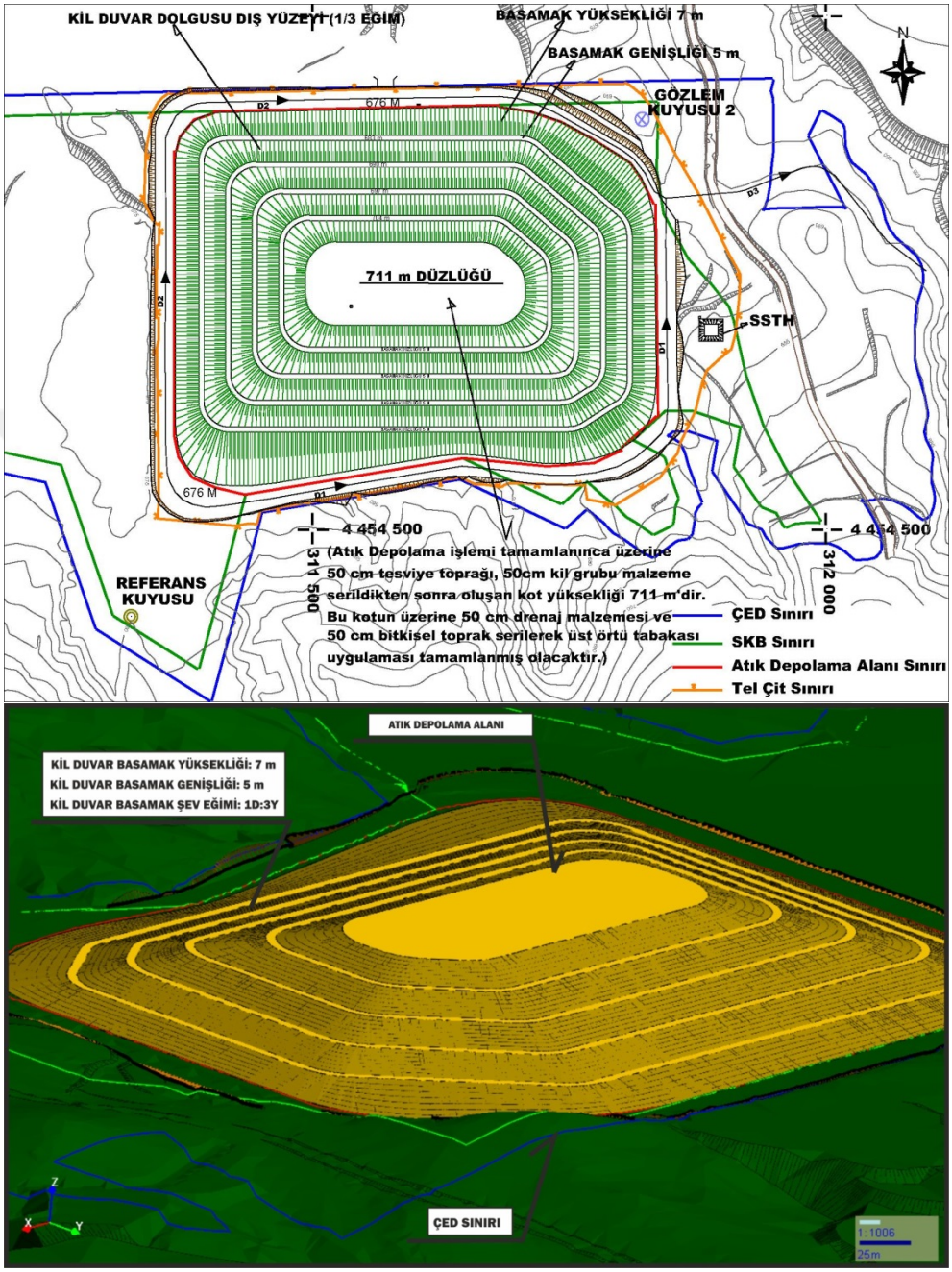
676m kotundan itibaren yukarıya doğru yükselen sistem uygulanacak depolama faaliyetinde atık depolama faaliyeti ile atık kenar örtüsü (kil duvar) eş zamanlı olarak sürdürülecektir (Şekil 4.14).

4.8. Kazı-Dolgu İşlemleri

Düzenli depolama alanı, basamaklı ve yan yüzeyleri eğimli (şevli)'dir. Şekil 4.15'de görüldüğü gibi basamak yüksekliği 6m, basamak genişliği 5m, şev eğimi 1D:3Y ile 1D:10Y arasında değişkenlik göstermektedir. Hem şev hem de basamak yüzeyinin olabildiğince düzgün ve pürüzsüz olması sağlanmıştır. Yüzey düzleme ve düzeltme işleminde iş makineleri kullanılmıştır (Çizelge 4.17). Düzenli depolama alanı tabanında aşağıda verilen koordinatlar merkez olacak şekilde kenarlardan merkeze doğru %3 eğim verilmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.17. Düzenli depolama alanını istenilen şekle getirmek için gerekli kazı kübajları

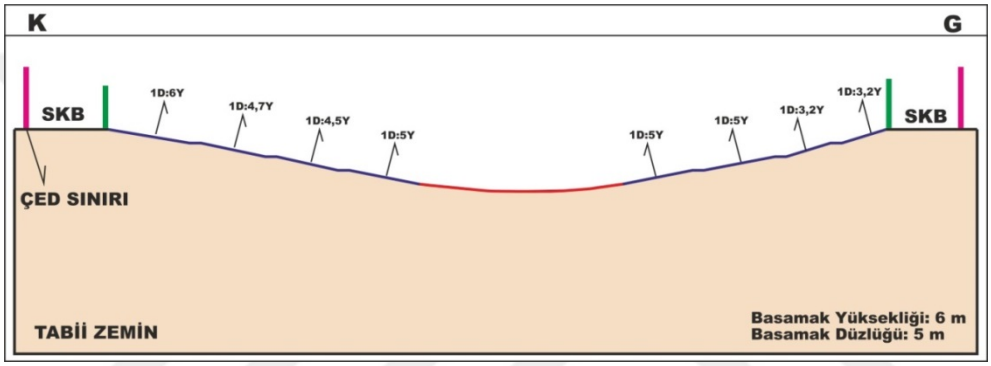
KAZI ŞEKLİ	**MİKTARI (m^3)**
Bitkisel Toprak Sıyırma Kazısı	67.000
Tesviye (Taban + Kademe Şevi) Kazısı	612.976
TOPLAM	679.976



Şekil 4.14. Alanın düzenli depolama sahası olarak projelendirilmesiyle oluşan nihai durumunun arazi modeli

Çizelge 4.18. Sızıntı suyu toplama merkezi köşe koordinatları

Nokta No	Y	X	Z
1	311535.524	4454717.660	646,5 m
2	311537.724	4454717.660	646,5 m
3	311537.724	4454715.460	646,5 m
4	311535.524	4454715.460	646,5 m



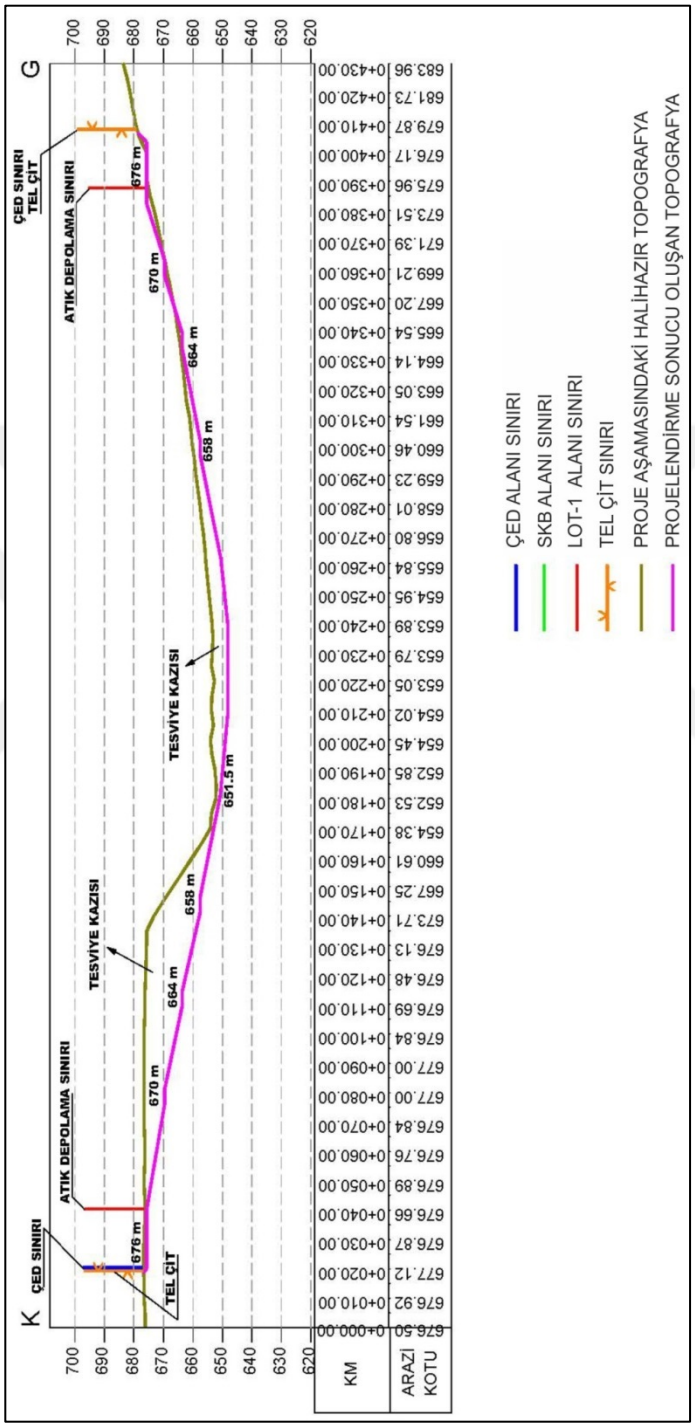
Şekil 4.15. Depolama havuzu basamak yüksekliği, basamak genişliği ve şev eğimleri planlamasının şematik gösterimi

Tesviye kazısı, depolama alanı tabanında 646,5-651,5m kotları arası eğimli bir yüzey oluşturabilmek için ve depolama havuzunun yan yüzeylerinde 6m yüksekliğinde, 5m palye genişliğinde kademe planını oluşturabilmek için yer yer yapılmış olan kazı işlemidir (Şekil 4.16-17).



Şekil 4.16. Depolama alanı kazı çalışmalarından görünüm

Sahayı düzenli atık depolama sahası haline getirebilmek için kazı çalışmalarının yanı sıra dolgu çalışmaları da yapılmıştır. Planlanan tasarım modeline göre oluşturulacak depolama faaliyeti için gerekecek dolgu kübajları Çizelge 4.19'da verilmiştir.

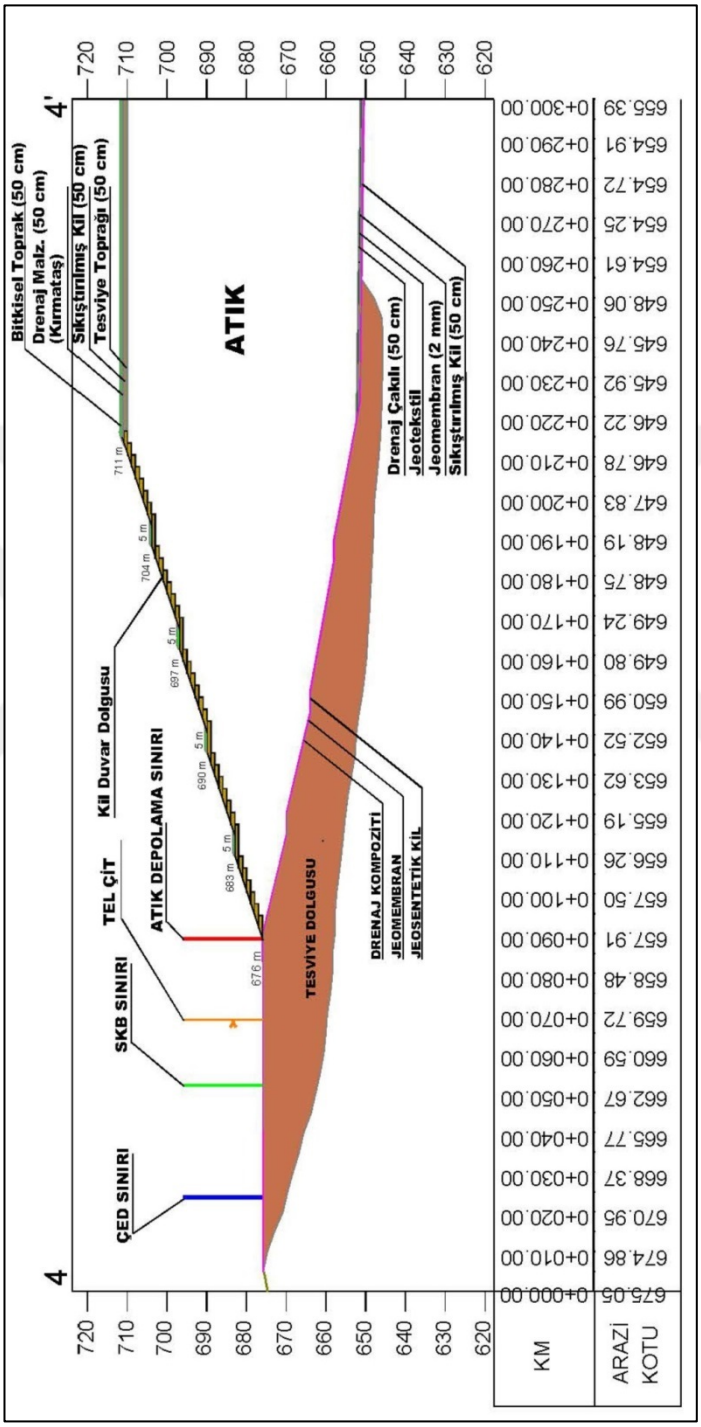


Şekil 4.17. Depolama projesinde planlanan tesviye kazısı kesiti

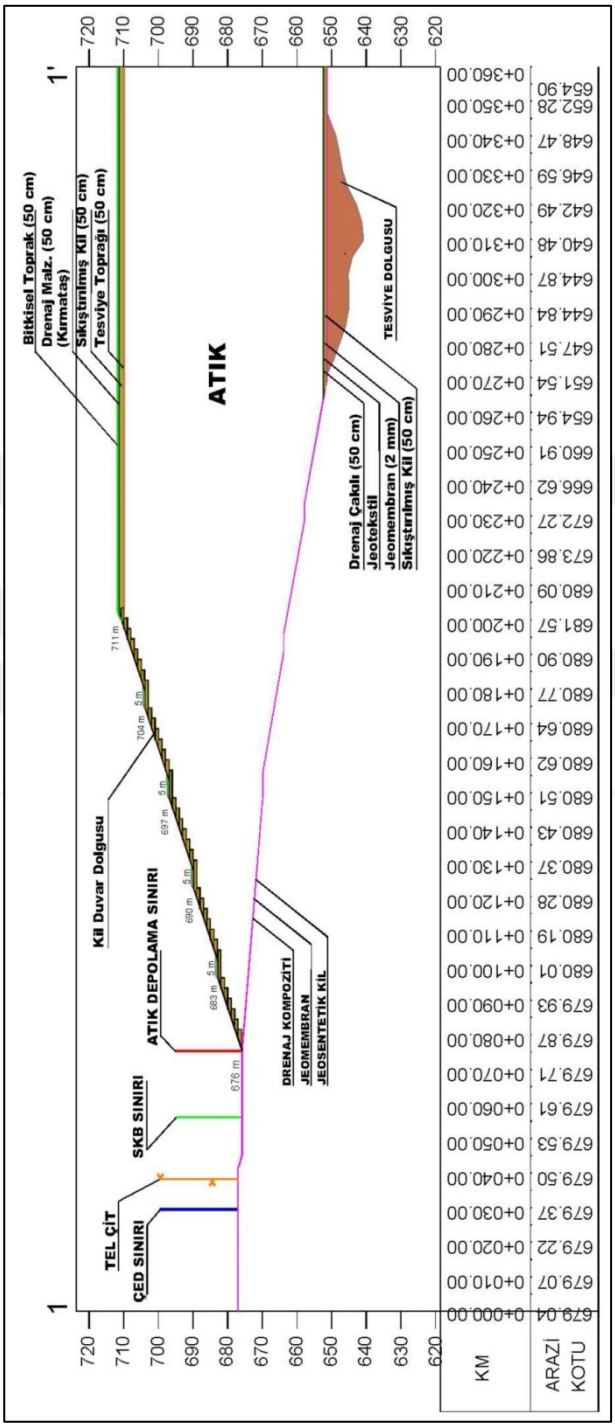
Çizelge 4.19. Seçilen modele göre yapılacak depolama faaliyeti için gerekli dolgu malzemeleri ve kübajları

DOLGU ŞEKLİ	Kübaj (m^3)
Tesviye (Taban + Kademe Şevi) Dolgusu	300.812
Kil Duvar Dolgusu	236.236
Taban Oluşturma	
Tabana Serilecek Kil Malzeme (50cm)	9.225
Tabana Serilecek Drenaj Malzemesi (50cm)	9.225
Üst Örtü Oluşturma	
Üst Örtü Tesviye Toprağı (50cm)	8.100
Üst Örtü Kil Kaplama (50cm)	8.100
Üst Örtü Drenaj Malzemesi (50cm)	8.100
Üst Örtü Bitkisel Toprak (50cm)	8.100

Tabandaki tesviye dolgusu, depolama alanı tabanında 646,5-651,5m kotları arası eğimli bir yüzey oluşturabilmek için yapılacak olan bir dolgu işlemidir. Tabanda sızıntı sularının bir noktada toplanabilmesi için bir merkez seçilmiş olup tüm yönlerden bu merkeze doğru %3 eğim oluşturulmuştur. Dolgu işleminden önce zeminin yüzeyindeki bitkisel toprak sıyrılmış ve kazı yapılması gereken kısımlar varsa kazılmış ve dış döküm sahasından sağlanan pasa malzeme 50cm lik katmanlar halinde serilip silindir ile sıkıştırılarak tesviye edilmiştir. Depolama havuzunun yan yüzeylerinde 6m yüksekliğinde, 5m palye genişliğinde kademe planını oluşturabilmek için bazı kısımlarda yapılmış olan dolgu işlemi diğer bir tesviye dolgusudur. Kademe şevi tesviye dolgusunda da yine kömür üretiminden kaynaklı pasa malzeme kullanılmış olup silindir ile sıkıştırılarak kademe şevi dolgusu yapılmıştır (Şekil 4.18-21).



Şekil 4.18. Depolama projesinde planlanan tesviye dolgusu kesiti-1



Şekil 4.19. Depolama projesinde planlanan tesviye dolgusu kesiti-2

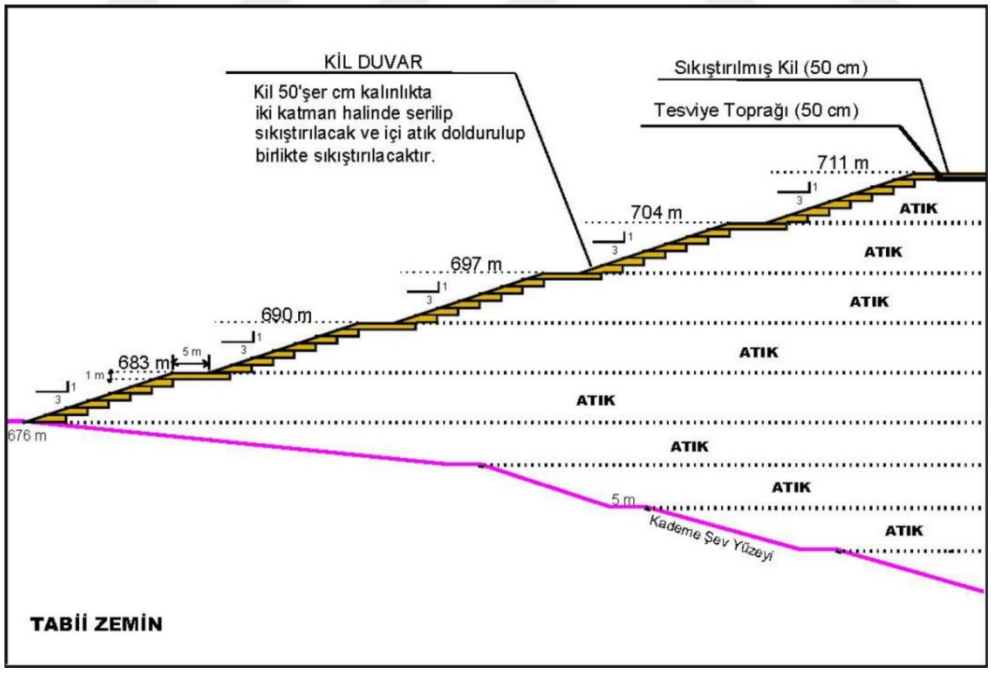


Şekil 4.20. Depolama alanı dolgu çalışmalarından görünüm



Şekil 4.21. Depolama alanı şev düzenleme çalışmalarından görünüm

Depolama havuzunun üst kotundan (676m'den) itibaren 711m kotuna kadar 1D:3Y şev eğiminde, 7m yüksekliğinde, 5m basamak düzlüğü oluşturacak şekilde kil duvar dolgusu ile yükselinecektir. Kil duvarın inşaası atık dolumuyla eş zamanlı olarak 1 metre kalınlıkta (50cm + 50cm) kil malzeme serilip sıkıştırılarak yapılacaktır. Kil duvar dolgusunda kömür damarının altında yer alan kil malzeme ($K \leq 1x10^{-9}$ m/sn geçirgenlik katsayısını sağlayan özellikte kil malzeme) kullanılacaktır. Kil malzeme, proktor deneyleri ile belirlenmiş olan en büyük kuru yoğunluk ve optimum su içeriğinde (γ_{kmax}=1,61 g/cm^3, W_{opt}=%21,7) nemlendirildikten sonra 50'şer cm kalınlıkta, atık dolumuyla eş zamanlı serilip sıkıştırılacaktır. Sıkıştırma işlemi 50 tonluk vibrasyonlu silindir ile en az üç pas olarak uygulanacak ve her katman bir sonraki katmanın seriminden önce, mutlaka sıkışma denetimine tabi tutulacak ve sahada yapılan kum konisi deneyi gibi kompaksiyon kontrol yöntemiyle en az %98 sıkışma oranı sağlandığından emin olunduktan sonra serime geçilecektir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Kil duvar dolgusu kesiti

4.9. Şev Duraylılık (Stabilite) Analizi İşlemleri

Duraylılık analizleri oluşturulan projedeki kazı ve dolgu şevleri dikkate alınarak Şekil 4.23'da verilen kesit güzergahları üzerinde yapılmıştır. Depolama sahası projelendirilirken sızdırmazlık işlemleri detayı, depolama tesisine ait ünite detaylarına geçilmeden önce kazı ve dolgu işlemleri sonucu oluşturulan depolama sahası modelinin duraylılık analizleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Atık depolama yapılmadan önce şevlerde gerçekleştirilen duraylılık analiz sonuçları

Kesit Hattı	Güvenlik Sayısı			
	Kuru		Suya Doygun	
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
2-2'	1,94	1,26	1,94	1,26
4-4'	3,50	1,85	3,31	1,75

Kesit güzergahları üzerinde atık depolama alanının kazı ve dolgu şevleri için uzun süreli durum gözetilerek durağan (statik) ve deprem (dinamik) koşullarına göre kuru ve suya doygun koşullar için analizler gerçekleştirilmiştir.

AKSA Enerji Üretim A.Ş'ye ait kül atıklarının depolanması planlandığı "1 No.lu Düzenli Kül Depolama Alanında" Düzenli Depolama Alanının projelendirilmiş modelinde şev stabilite analizleri, limit denge analiz metodu ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Limit denge analiz metodu, dairesel olarak kayan bir kütlenin dilimlere ayrılarak analiz edilmesine dayanmaktadır (Fellenius, 1927; Bishop, 1955). İki boyutta limit denge analizlerinin uygulandığı bu metod, zaman içinde bilgisayar teknolojisindeki ilerlemelere paralel olarak gelişerek daha kullanılır hale gelmiştir (Spencer, 1967; Nash, 1987; Morgenstern, 1992; Duncan, 1996). Bu yöntemde kritik kayma dairesine ait şevde güvenlik katsayısı (FS), yerinde tutucu kuvvetlerin, şevi kaydırmaya çalışan kuvvetlere bölünmesi ile elde edilir. Güvenlik katsayısının 1

veya 1 den büyük olduğu durumlarda (FS≥1), şevin dengede olduğu (stabil olduğu) kabul edilir.

Şev duraylılık analizlerinde Rocscience Slide V6 (2012) yazılımı kullanılmıştır. Düzenli depolama alanı, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında II. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte belirtilen II. Derece deprem bölgeleri için önerilen maksimum zemin ivmesi 0.3g-0.4g'dir (AİGM, 2007).

Düzenli depolama alanının kaya litolojisinden oluştuğu düşünülerek, Birinci tasarım deprem ivmesi-OBE ve ikinci tasarım deprem ivmesi-SSE kapsamında değerlendirilmesi yapılarak etkili olacak yatay zemin ivmesinin 0,15g ve düşey zemin ivmesinin 0,075g olarak kabulü yapılmıştır. Bu değerler, depremli (dinamik) stabilite analizlerinde kullanılmıştır.

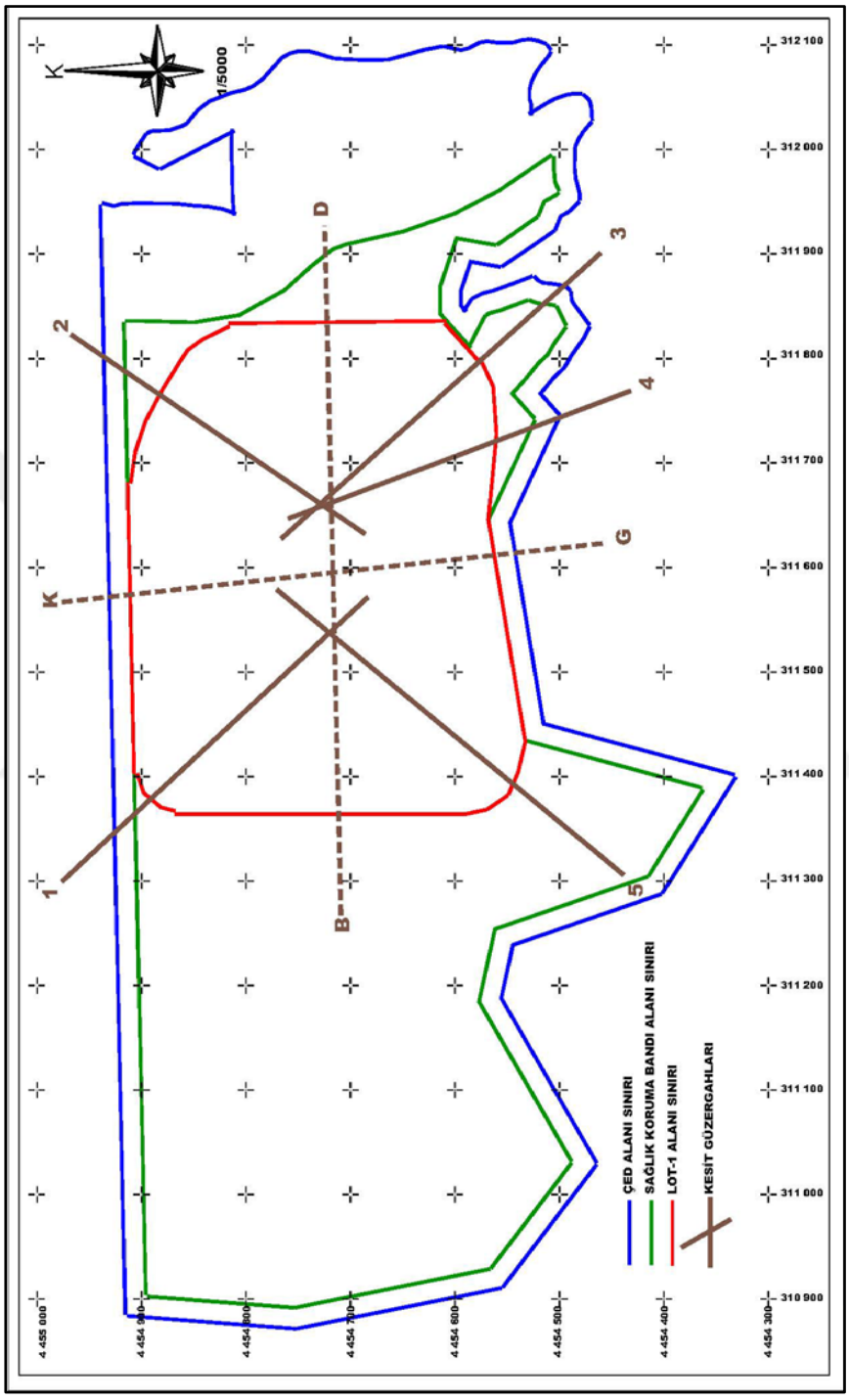
Gerçekleştirilen şev stabilite analizlerindeki girdi parametreleri, şevin geometrisi; kil duvar dolgusunun; tesviye dolgusu olarak kullanılacak pasa dolgu malzemesinin; ana kayanın ve kül atığının birim hacim ağırlığı (γ), içsel sürtünme açısı (ϕ) ile kohezyon (c) değerlerinden oluşmaktadır. Ayrıca analizlerde drenaj malzemesi ve düzenli depolama tamamlandıktan sonra serilen bitkisel toprağın da malzeme özellikleri kullanılmıştır.

Düzenli depolama alanın farklı koşullar altındaki (suya doygun ve dinamik koşullarda) duraylılık davranışlarının belirlenebilmesi amacıyla Şekil 4.23'daki alanda önerilmiş olan 7 farklı kesitte şev duraylılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Düzenli depolama alanında, kazı şevlerindeki eğimler 1D:3Y – 1D:10Y arasında; basamak yüksekliği 6m ve basamak genişliği 5m olarak tasarlanmıştır. Kazı yapılarak oluşturulan depolama havuzunda depolama faliyeti tamamlandıktan sonra yukarı doğru kil duvar dolgusu ile yükselecek şekilde depolama planlanmıştır. Kil duvar dolgusu basamak yüksekliği 7m, basamak genişliği 5m, şev eğimleri 3Y:1D şeklinde planlanmıştır. Bu depolama planına göre oluşturulmuş kesit hatlarında dairesel şekilde gerçekleşebilecek kayma olasılığını belirleyebilmek için limit denge analiz yöntemleri uygulanmıştır.

Limit denge prensibine göre analiz edilen kesitler, uygulanacak yüklere göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Durağan (statik) ve deprem (dinamik) durumu dikkate alınarak gerçekleştirilmiş şev stabilite analizleri sonucu oluşan güvenlik katsayısı değerleri Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Nihai projeye göre gerçekleştirilen duraylılık analiz sonuçları (Sahada atık depolanmış durumda)

Kesit Hattı	Güvenlik Sayısı			
	Kuru		Suya Doygun	
	Statik	Dinamik	Statik	Dinamik
1-1'	3,28	2,07	3,25	2,05
2-2'	3,31	2,09	3,10	2,00
3-3'	3,26	2,04	3,16	1,96
4-4'	3,22	2,04	2,66	1,66
5-5'	3,31	2,10	3,28	2,04
D-B Batı Kısmı	3,32	2,09	3,23	2,04
D-B Doğu Kısmı	3,24	2,04	2,69	1,69
K-G Kuzey Kısmı	3,23	2,04	3,21	2,00
K-G Güney Kısmı	3,22	2,03	3,07	1,93



Şekil 4.23. Kesit güzergahları

Düzenli depolama alanı oluşturmak amacıyla yapılan düzenlemedeki kesit hatlarında dolgu şevlerinde statik ve dinamik koşullarda güvenlik katsayısının 1'in üstünde olduğu saptanmıştır. Düzenli depolama alanında sistematik bir şekilde atığın su ile etkileşiminin önlenmesi durumunda şevlerin duraylı olduğu görülmektedir. Şev yüksekliğinin artması ile ters orantılı olarak güvenlik katsayısı değerleri görünür şekilde azalmaktadır.

Aksa Göynük Enerji Termik Santrali'nin 1 No.lu Düzenli Kül Depolama Alanı kül atıklarının bertarafı amacıyla oluşturulan depolama alanında temel kaya konumundaki kiltaşı-kumtaşı - marn ardalanmalı biriminin kazılması ile tabana doğru basamaklı daralan bir şekil oluşturulmuşur. Kazı yapılan alanda depolama tamamlandıktan sonra yukarıya doğru kil duvar dolgusu ile yükselen depolama tasarımı planlanmaktadır. Depolama sahasında düzenli depolama yapılmadan önce ve bu sahada düzenli depolamadan sonra oluşabilecek efektif gerilme dağılımları ile toplam deformasyonlar belirlenmiştir (EK.5-48).

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak belirlenen efektif gerilme dağılımına bakıldığında D-B yönlü kesitte herhangi bir depolama yapılmadan şev tabanında dinamik koşullarda 70 kPa, gerilmenin oluşacağı belirlenmiştir. Düzenli depolama gerçekleştikten sonra oluşan dolgu şevinin topuğunda ise 144 kPa'lık bir gerilme oluşmuştur. D-B yönlü kesitte nihai depolama sonucu, şevin batı kısmının topuğunda toplam deformasyonun 80cm'ye ulaştığı belirlenmiştir. Bu hatdaki gerilme dağılımları ile toplam deformasyon dağılımları şu şekildedir (EK.49-50).

4.10. Kullanılacak Malzemelerin Teknik Özellikleri

4.10.1. Kil Malzeme

Proje kapsamında tabanda 50cm kalınlığında 9.225 m^3, üst örtüde 50cm kalınlığında 8.100 m^3, kil duvar dolgusunda 236236 m^3 kil kullanılacağı hesaplanmıştır. Dolguda kullanılan kil $K \leq 1x10^{-9}$ m/sn geçirimsizlik değerini sağlamaktadır. Kullanılacak kil malzemesinden numune alınarak yetkili zemin

mekaniği laboratuvarında malzeme tanımlama ve mühendislik deneyleri yaptırılmış olup sonuçları aşağıdaki çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Kil malzemenin tanımlama ve mühendislik deney sonuçları

Atterberg (Kıvam Limitleri)	
LL	%99,16
PL	%32,17
PI	%66,99
En büyük kuru birim hacim ağırlık (γ_{kmax})	1,61 g/cm^3
Optimum Su İçeriği (W_{opt})	%21,7
Permeabilite Değeri: K	9,24x10^{-10} m/sn – 9,08x10^{-11} m/sn
Kohezyon (c)	103,64 kPa
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	18,6º

4.10.2. Drenaj Malzemesi

Tabanda; 50cm kalınlığında (9.225 m^3), %7,48 $CaCO_3$ içerikli drenaj çakılı kullanılmıştır. Sahada depolama faaliyeti tamamlandıktan sonra üst örtü oluşturulmasında; 50cm kalınlığında (8.100 m^3), drenaj malzemesi (kırma taş) kullanılacak olup bu malzeme Aksa Göynük Termik Santral tesisi uhdesinde olan kalker ruhsatlı sahadan temin edilecektir.

4.10.3. Tesviye Toprağı

Tesviye malzemesi, tabanda ve kademe şevleri yüzeylerinde tesviye amaçlı dolgu işleminde kullanılmıştır. Sahada depolama faaliyeti tamamlandıktan sonra da üst örtü oluşturulmasında kullanılacaktır. Bu işlemde 8.100 m^3 tesviye malzemesi kullanılacaktır. Projelendirmede depolama alanı taban ve yan yüzeylerinde tesviye amaçlı 300.812 m^3 tesviye dolgusu kullanılacağı hesaplanmıştır. Kullanılacak dolgu malzemesinden numune alınarak yetkili zemin mekaniği laboratuvarında malzeme tanımlama ve mühendislik deneyleri yaptırılmış olup sonuçları aşağıdaki çizelge 4.23'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Tesviye dolgularında kullanılacak malzemenin tanımlama ve mühendislik deney sonuçları

Tabii Birim Ağırlık (γ_n)	1,7 g/cm3
Atterberg (Kıvam Limitleri)	
LL	%29,7
PL	%23,3
PI	%6,4
Elek Analizi	
-10 No	%60,6
-200 No	%29,6
En büyük kuru birim hacim ağırlık (γ_{kmax})	1,941 g/cm^3
Optimum Su İçeriği (W_{opt})	%17,3
Permeabilite Değeri: K	3,79x10^{-6} m/sn
Kohezyon (c)	0,40 kg/cm^2
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	38,6º

4.10.4. Bitkisel Toprak

Sahada depolama faaliyeti tamamlandıktan sonra üst örtü oluşturulmasında 50cm kalınlığında (8.100 m^3) kullanılacaktır.

4.10.5. Jeomembran

Yan yüzeyde pürüzlü 2mm kalınlığında, tabanda düz 2mm kalınlığında jeomembran kullanılmıştır. Jeomembranın teknik özellikleri çizelge 4.24-25'de verilmiştir. Proje kapsamında tabanda 20.955 m^2, yan yüzeylerde 172.461 m^2 jeomembran kullanılacağı hesaplanmıştır.

Çizelge 4.24. HDPE Jeomembran (düz) teknik özellikleri

TEST	TEST METODLARI	BİRİM	DEĞER
Kalınlık	DIN EN ISO 9863-1	mm	2
Yoğunluk	DIN EN ISO 1183-1/A	g/cm^3	≥ 0,94
Kopma Mukavemeti	DIN EN ISO 527-3	N/mm^2	≥ 26
Kopmadaki Uzama	DIN EN ISO 527-3	%	>700
Akmadaki Gerilme Mukavemeti	DIN EN ISO 527-3	N/mm^2	≥ 16
Su Geçirgenliği	EN 14150	m^3/m^2d	$< 10^{-6}$
Yırtılmaya Karşı Direnç	DIN ISO 34-1/B(a)	N	>280
Hava Şartlarından Etkilenme	EN 12224	%	1-10
Oksadisyon Testi	EN 14575	%	25
Yangın Testi	EN 11925-2	-	Class E
Delinme Dayanımı	DIN EN ISO 12236	N	>4900
Gerilme Çatlağına Karşı Direnç	ASTM D 5397	h	≥ 200
Karbon Siyahı	ASTM 1603	%	2-3
Karbon Siyahı Dağılımı	ASTM-D 5596	Kategori	$1/2^b$
Boyutsal Stabilite	DIN 53377 (120 °C / 1h)	%	±2
Oksidatif İndüksiyon Süresi	ASTM-D 3895	min	≥ 100

Çizelge 4.25. HDPE Jeomembran (pürüzlü) teknik özellikleri

TEST	TEST METODLARI	BİRİM	DEĞER
Hammadde			HDPE
Yoğunluk	ENISO 1 183-1	gr/cm^3	0,935-0,965
Kalınlık	-	-	HD 2000
Birim Ağırlık	EN1849-2	mm	2
Akma Mukavemeti	EN ISO 527	N/mm^2	>14
Akmadaki Uzama	EN ISO 527	%	>12
Kopma Mukavemeti	EN ISO 527	N/mm^2	>10
Kopmadaki Uzama	EN ISO 527	%	>100
Delinme Dayanımı	ASTM D 4833	N	530
Yırtılma Direnci	ISO 34-1	N/mm	>120
Su Geçirgenliği	EN 14150	m^3/m^2.gün	< 10^{-6}
Karbon Siyahı Muhtevası	ASTM D 1603	%	2-3
Karbon Siyahı Dağılımı	ASTM D 5596	Kategori	1/2^b
Erime Akış İndeksi	EN ISO 1133	gr /10 min	2,16 kg 190°C;<1 5,0 kg 190°C;<3
Açık Hava Şartlarına Direnç	EN 12224	%	<25
Oksidasyon Direnci	EN 14575	%	<25
Gerilme Çatlağına Direnç	EN 14576 ASTM D 5397	h	>200
Oksidatif İndüksiyon Süresi (OIT)	ASTM D 3895	≥100	≥100
Yangın Testi	EN ISO 11925-2	-	Class E
Katı Sıvı Özütlemesine Karşı Direnç	EN 14415	%	METOD A,B; <5 METOD C;<25

4.10.6. Jeotekstil

Depolama sahası projelendirilirken depolama sahası tabanında kullanılacak jeotekstil miktarı 20.955 m^2'dir. Teknik özellikleri çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Jeotekstil teknik özellikleri

TEST	TEST METODLARI	BİRİM	DEĞER	TOLERANS
Birim Yüzey Ağırlığı	TS EN ISO 9864	g/m^2	1000	**-%10**
Kalınlık	TS EN ISO 9863-1	mm	6,5	**-%10**
Çekme Mukavemeti	TS EN ISO 10319	kN/m	70/95	**-%10**
Kopmadaki Uzama	TS EN ISO 10319	%	55/60	**-%10**
Statik Delme	TS EN ISO 12236	N	12500	**-%10**
Dinamik Delme	TS EN ISO 13433	mm	1	**-%10**
Su Geçirgenliği	TS EN ISO 11058	m/sn	15	**-%10**
Karakteristik Açıklık	TS EN ISO 12956	mm	0,04	**-%10**
Hammadde	-	-	POLİPROPİLEN	

4.10.7. Jeosentetik Kil

Depolama sahası projelendirilirken sahanın yan yüzeylerinde kullanılacak jeosentetik kil miktarı 172.461 m^2 hesaplamıştır. Teknik özellikleri çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Jeosentetik kil örtü teknik özellikleri

ÖZELLİKLER	DEĞERLER	STANDARTLAR	TOLERANS
Jeotekstil Tabakalar: **Üst Tabaka (polipropilen örgüsüz)**			
Birim Alan Başına Kütle	≥ 200 g/m^2	EN ISO 9864 (EN 965)	-
Jeotekstil Tabakalar: **Üst Tabaka (polipropilen örgülü)**			
Birim Alan Başına Kütle	≥ 100 g/m^2	EN ISO 9864 (EN 965)	-
Bentonit Tabakası (Sodyum Bentonit Tozu)			
Birim Alan Başına Kütle	4.500 g/m^2	EN 14196	-
Şişme İndisi	>24 ml/2g	ASTM-D-5890	-
Sıvı Kaybı	<18 ml	ASTM-D-5891	-
Su İçeriği	%10	DIN18121/ISO 11465 (5 hrs, 105º C)	+%10
Montmorillonit İçeriği	>%80	XRD	-
Geosentetik Kil Örtü			
Birim Alan Başına Kütle	>5000 g/m^2	EN 14196	-
Kalınlık	>6mm	EN ISO 9863-1	-
Çekme Dayanımı	>12.5	ASTM-D-5887	-
Delinme	2150	EN ISO 12236	-%10
Geçirimlilik/k-değeri (Permeabilite)	<2x10 $^{-11}$ m/s	ASTM-D-5887	-
Flux (Değişkenlik) İndisi	(5x10^{-9} m^3/m^2)/s	ASTM-D-5887/DIN 18130	-
Soyulma Direnci	65 N/10cm	ASTM-D-6496	-
Asgari Rulo Eni Genişlik x uzunluk/çap	5m x 40m 5m x 40m	-	-%10

4.10.8. Drenaj Kompoziti

Depolama sahası projelendirilirken depolama sahası yan yüzeylerinde kullanılacak drenaj kompoziti 172.461 m^2 olarak hesaplanmıştır. Teknik özellikleri çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Drenaj kompoziti teknik özellikleri

ÖZELLİKLER	DEĞER	BİRİM	TOLERANS	TEST METODLARI
GEONET KOMPOZİT				
Çekme Dayanımı ID/IDD	13/11	kN/m	-%10	EN ISO 10319
Azami Yükte Uzama ID/IDD	40/50	%	-%10	EN ISO 10319
Birim Yüzey Ağırlığı	≥750	g/m^2	-%10	EN ISO 9864
Kalınlık	4,4	mm	-%10	EN ISO 9863-1
Su Debisi İmalat Yönünde 20 kPa yük altında 100 kPa yük altında 200 kPa yük altında	 İ=1.0 0,70 İ=1.0 0,45 İ=1.0 0,35	l/(mxs)	+%30	EN ISO 12958
GEONET				
Hammadde	YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN	-	-	-
Yoğunluk	≥%94	gr/cm^3	-%10	EN ISO 1183
Karbon Siyahı	1-3	%	-%10	ASTM D 1603

Çizelge 4.28'in devamı

Kalınlık	>4	mm	-%10	EN ISO 9863-1
Birim Yüzey Ağırlığı	≥400	g/m^2	-%10	EN ISO 9864
ÜST JEOTEKSTİL				
Hammadde	POLİPROPİLEN	-		
Birim Yüzey Ağırlığı	200	g/m^2	-%10	EN ISO 9864
Kalınlık	1,0	mm	-%10	EN ISO 9863-1
Çekme Dayanımı ID/IDD	4/5	kN/m	-%10	EN ISO 10319
Delinme Mukavemeti	2500	N	-%10	EN ISO 12236
Karakteristik Açıklık Ölçüsü	60-70	mm	±%10	EN ISO 12956
Su Geçirgenliği VI_{H50} İndisi Depi $_{H50}$	30	l/sm^2	±%10	EN ISO 11058
UV Dayanımı	>80	%	±%10	EN 12224

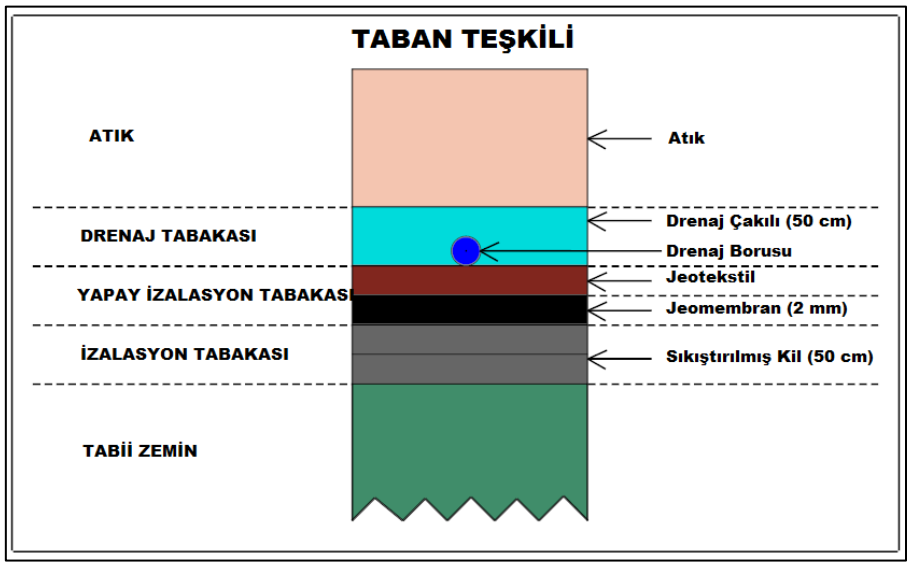
4.11. Sızdırmazlık İşlemleri

Depolama alanlarının taban zeminini oluşturan birimler Yenipazar formasyonuna ait Taraklı Üyesi ile Kızılçay formasyonundan oluşmaktadır. Depolama alanlarında yer alan formasyonlara ait birimlerin geçirgenlik özelliklerini saptamak amacıyla her iki formasyonu da kapsayan 4 adet sondaj açılmış ve sondajlar sırasında her manevrada Sızma ya da Basınçlı Su Testi (BST) deneyleri yapılarak formasyonların permeabilite özelliği belirlenmiştir. Ayrıca sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde zemin tanımlama, kompaksiyon ve laboratuvarda permeabilite deneyleri yapılmıştır.

4.11.1. Taban Sızdırmazlık İşlemleri

Depolama alanı taban oluşturma Şekil 4.24'de görüldüğü gibi 4 katmandan oluşur. Birinci katman, Düzenli Depolama Sahası tabanına 25'er cm kalınlıkta iki katman halinde serilip sıkıştırılmış kil tabakasıdır (Şekil 4.25). Kaplama işleminden önce kil, proktor deneyi ile saptanmış olan optimum su içeriğinde nemlendirildikten sonra 25cm kalınlıkta iki katman halinde serilip sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma işlemi 50 tonluk vibrasyonlu silindir ile yapılmış, mutlaka sıkışma denetimine tabi tutularak ve en az %98 sıkışma oranı sağlandığından emin olunduktan sonra serime geçilmiştir.

İkinci katman, kil tabakası üzerine serilen jeomembran örtüdür. Jeomembran örtü olarak 2mm kalınlığında HDPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen) malzeme kullanılmştır (Şekil 4.26). Üçüncü katman, jeomembranın üzerine, onu korumak amacıyla serilen jeotekstil tabakasıdır (Şekil 4.27). Dördüncü ve sonuncu katman ise 50cm drenaj tabakasıdır (Şekil 4.28-29). Drenaj tabakasının alt kısmında sızıntı sularını toplayan perfore borulardan oluşan bir drenaj boru sistemi yer almaktadır.



Şekil 4.24. Taban oluşturma şematik gösterimi



Şekil 4.25. Depolama alanı tabanı kil çalışmalarına ait görünüm



Şekil 4.26. Jeomembran uygulaması



Şekil 4.27. Depolama alanı tabanı jeotekstil uygulamasına ait bir görünüm



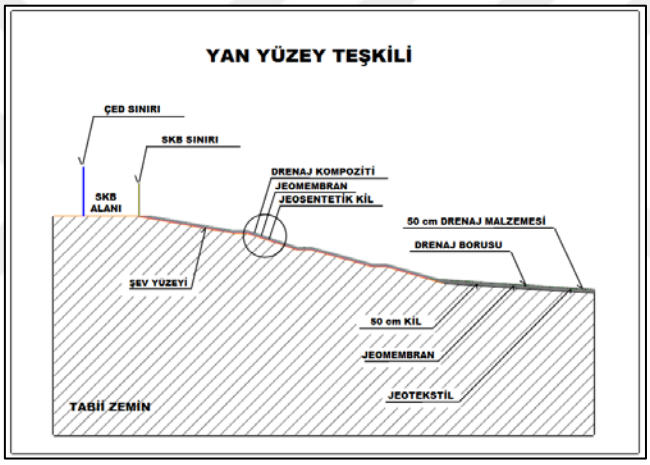
Şekil 4.28. Depolama alanı tabanına serilen drenaj malzemesine ait görünüm-1



Şekil 4.29. Drenaj malzemesi uygulamasına ait görünüm-2

4.11.2.Yan Yüzey Sızdırmazlık İşlemleri

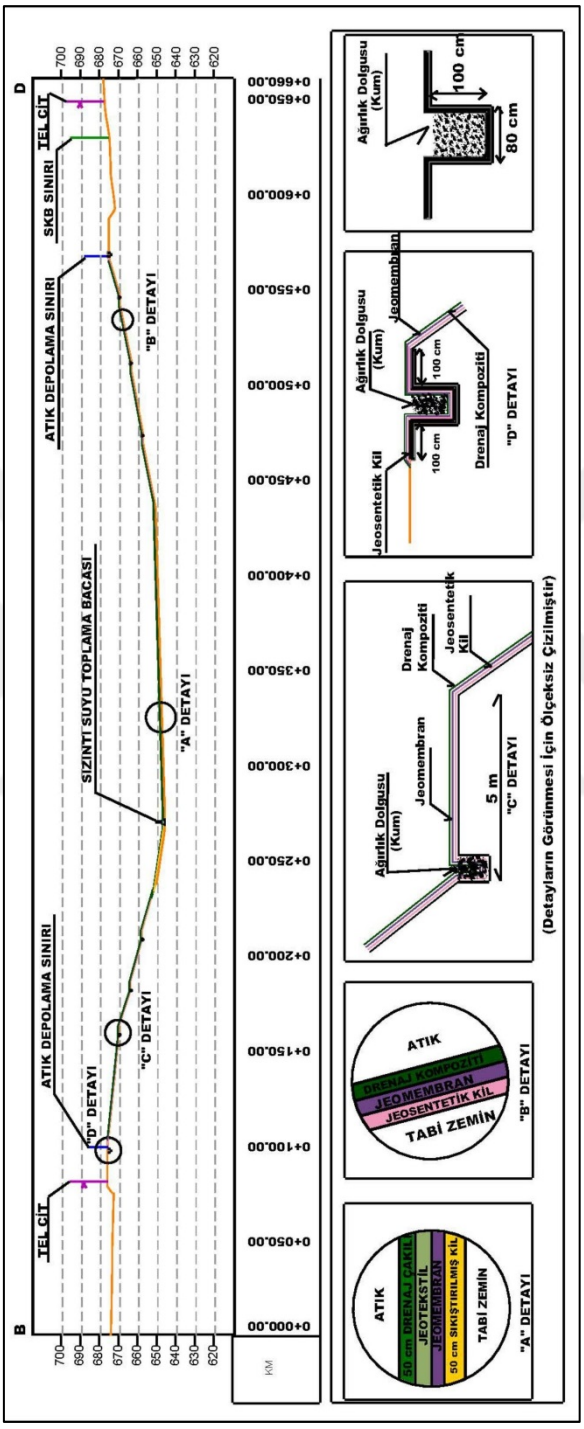
Yan yüzey yapay jeolojik sızdırmazlık tabakası Şekil 4.30'da görüldüğü gibi üç katmandan oluşmaktadır. Birinci katman, Jeosentetik Kil Örtüdür (Şekil 4.31). Jeosentetik Kil Örtü; 1 metre sıkıştırılmış kil uygulamasının sağladığı geçirgenlik değerini 10mm'den daha az kalınlıkta bir jeosentetik kil örtü olarak, tek başına sağlamakta ve geçirimsizlik için oldukça güvenilir bir hidrolik bariyer oluşturmaktadır (Çizelge 4.27). İkinci katman, pürüzlü jeomembrandır (Şekil 4.32). 2mm kalınlığa sahip pürüzlü HDPE jeomembrandır. Yan yüzey yapay jeolojik sızdırmazlık tabakasının üçüncü katmanı drenaj kompozitidir (Şekil 4.33).



Şekil 4.30. Yan yüzey sızdırmazlık işlemi şematik gösterimi



Şekil 4.31. Depolama alanı tabanı yan yüzeyleri jeosentetik kil serim işlemi



Şekil 4.32.Yapay sızdırmazlık malzemesi ankraj detayları kesiti



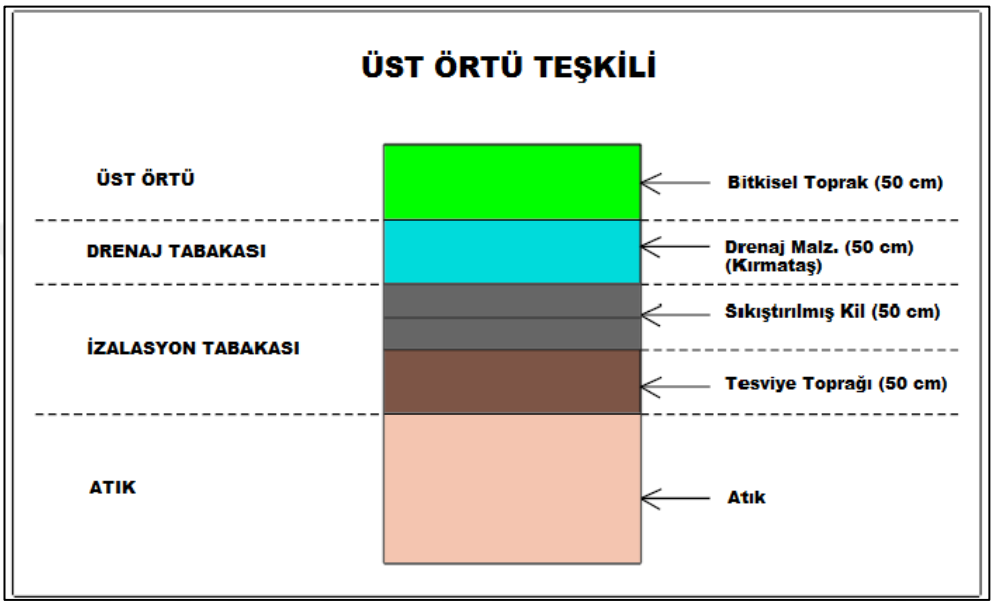
Şekil 4.33. Jeokompozit malzeme uygulamasına ait bir görünüm

4.11.3.Üst Örtü Sızdırmazlık İşlemleri

Depolama projede öngörülen seviyeye kadar yapıldıktan sonra üzeri (26 Mart 2010 tarih ve 27533 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren ADDDY ve 28.05.2014 Tarih ve 2014/13 sayılı "Düzenli Depolama Tesisleri Uygulama Projesi Hazırlanmasına İlişkin Genelge" kapsamında oluşturulacak II. sınıf depolama alanları için öngörülen niteliklere sahip) bir "Üst Örtü" ile kapatılacaktır. Üst örtü Şekil 4.34'de görüldüğü gibi dört tabakadan oluşmaktadır. Atık depolama sahası projede öngörülen seviyede dolduktan sonra üzeri 50cm tesviye toprağı (pasa malzeme) ile tesviye edilecektir.

Tesviye toprağı tabakasının üzerine 25'er cm kalınlıkta iki katman halinde $k = 1x10^{-9}$ m/sn permeabilite değerini sağlayan kil malzeme serilip sıkıştırılacaktır. Kaplama işleminden önce kil, proktor deneyleri ile saptanmış olan optimum su içeriğinde nemlendirildikten sonra 25cm kalınlıkta iki katman halinde serilip sıkıştırılacaktır. Sıkıştırma işlemi 50 tonluk vibrasyonlu silindir ile en az üç pas olarak uygulanacak ve her katman bir sonraki katmanın seriminden önce, mutlaka sıkışma denetimine tabi tutulacak ve en az %98 sıkışma oranı sağlandığından emin

olduktan sonra serime geçilecektir. Kil malzeme üzerine 50cm kalınlığında drenaj malzemesi (kırma taş) serilecektir. Drenaj tabakasının üzerine 50cm kalınlığında bitkisel toprak serilerek bitkilendirilecektir.



Şekil 4.34. Üst örtü oluşturma şematik gösterimi

4.12. Sızıntı Suyu Drenaj ve Deşarj Sistemi

4.12.1. Yatay Drenaj Sistemi

Sızıntı suyu drenaj boruları, oluşması muhtemel sızıntı sularını Düzenli Depolama Sahasının tabanında toplayarak Sızıntı Suyu Toplama Merkezi'ne taşıyacak olan drenaj boru sistemidir. Sistem, atık depolama alanı tabanına sızması olası sızıntı sularını toplayabilecek şekilde döşenmiş HDPE esaslı perfore borulardan oluşmaktadır. Sızıntı suyu borularının tıkanma riskinin önüne geçmek amacıyla Ø 200mm HDPE100 perfore delikli boruları tercih edilmiştir. Depolama sahası projelendirilirken döşenecek boru uzunluğu 604m olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Sızıntı suyu drenaj borularına ait görünüm

4.12.2. Düşey Drenaj Sistemi

Düşey Drenaj Sistemi atıkla temas eden yağmur sularından kaynaklanabilecek sızıntı sularını toplayıp deşarj edilmesini sağlayan bir sistemdir. Şekil 4.36'da görüldüğü gibi sistem üç gruptan oluşur;

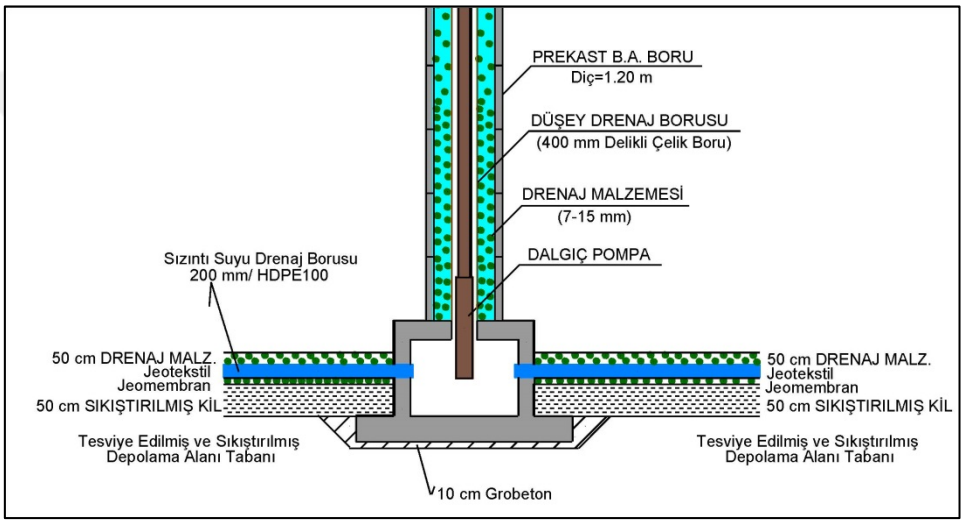
- Sızıntı Suyu Toplama Bacası
- Sızıntı Suyu Toplama Merkezi
- Dalgıç Pompa

Sızıntı Suyu Toplama Bacası, atıkla temas eden yağmur sularının kısa süre içinde, beklemeden doğrudan Sızıntı Suyu Toplama Havuzuna aktarılmasını sağlayan drenaj sistemidir. Sistem: ortada bir "düşey drenaj borusu", kenarında "drenaj tabakası", bu tabakayı muhafaza eden ve düşey drenaj borusu ile beraber 1'er m eklenerek (3m'lik kademeler oluşturularak) yükselen betonarme halka yapıdan oluşmaktadır. Yapının toplam yüksekliği depolama tamamlandığında 65m olacaktır.

Düşey Drenaj Borusu (DDB); 400mm çapında delikli çelik borudan oluşmaktadır. Atık depolama etaplarına göre eklenerek monte edilecektir. Her bir kademede 3 metre yüksekliğinde olacak ve tabanda Sızıntı Suyu Toplama Merkezi üst tablasında bırakılan boşluğa yerleştirilmiştir. Ayrıca etrafını saran betonarme yapı elemanlarınca da desteklenerek dik durması sağlanamaktadır. Toplam düşey drenaj borusu uzunluğu depolama tamamlandığında 65m olacaktır.

Betonarme halka yapı; düşey drenaj borusunun ayakta durmasını sağlayacak, 12cm kalınlığında, düşey drenaj bacası ile beraber eklenerek yükselecek prefabrik betonarme halka yapıdır. Düşey Drenaj Borusu ile Betonarme Halka Yapı arası 7/15mm boyutunda drenaj malzemesi ile doldurulacaktır. Betonarme halka yapıda her segmentte Ø70mm 4x4=16 adet/1m drenaj deliği yer almaktadır. Toplam betonarme halka yapı borusu uzunluğu depolama tamamlandığında 65m olacaktır.

Drenaj tabakası; düşey drenaj borusunun etrafında yağmur sularının kolayca drene olabilmesi için borunun etrafında drenaj tabakası oluşturulmuştur. Drenaj tabakasını ayakta tutmak ve korumak için etrafı prefabrik 12cm kalınlığında betonarme halka yapı ile çevrilmiştir. Drenaj tabakasında 7/15mm boyutunda drenaj malzemesi kullanılmıştır. Düşey drenaj bacasında kullanılacak drenaj malzemesi miktarının depolama tamamlandığında 205 m^3 olacağı hesaplanmıştır.





Şekil 4.36. Depolama sahasında yapılan düşey drenaj sistemi

Sızıntı Suyu Toplama Merkezi, hem sızıntı suyu drenaj borularının hem de düşey drenaj bacasının birleştiği bir merkez konumunda olan betonarme bir depodan ibarettir.

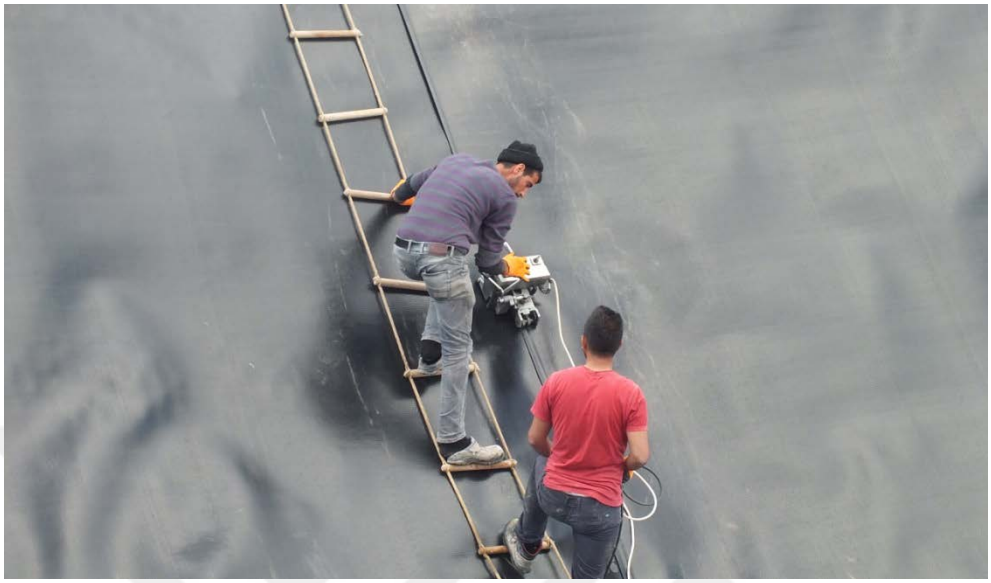
Depo, yatay kesitinde dış çapı 2,20m, iç çapı 1,7m, iç yüksekliği 1,2 metre olan donatılı, sülfat içeriğine karşı dayanımlı betonarme bir yapı olarak projelendirilmiştir. Merkeze, Şekil 4.36'da görüldüğü gibi yanlardan sızıntı suyu drenaj boruları, üstten de düşey drenaj borusu bağlanmaktadır.

Dalgıç Pompa, atıkla temas edecek yağmur sularının birikeceği Sızıntı Suyu Toplama Bacası içinden sürekli deşarj edilmesini sağlayacak kapasitededir. Aylık yağış ortalamaları dikkate alındığında en yüksek yağışın olduğu Aralık ayında depolama alanına gelecek günlük su miktarı 331 m^3/gün olacaktır. Bu miktar dikkate alınarak 10 l/sn debili bir pompa öngörülmüştür. Bu pompa havuza gelecek en yüksek sızıntı suyunu yaklaşık 10 saatte geri pompalama kapasitesine sahip olacaktır. 1 adet dalgıç pompanın yanında 1 adet de yedeği bulunacaktır.

4.12.3. Sızıntı Suyu Toplama Havuzu (SSTH)

Atıkla temas edecek yağmur suları Sızıntı Suyu Toplama Merkezinde toplandıktan sonra pompa yardımıyla SSTH'na pompalanmakta ve burada bir süre dinlendirildikten sonra yine pompa yardımı ile depolama alanı üzerine pulvarize şekilde püskürtülerek bertaraf edilmektedir. Proje kapsamında 5m derinliğinde, 528 m^2 alanda SSTH yapılmıştır. Planlanan alanın yan yüzeyleri 1D:1Y eğimle, 5 metre derinlikte kazılarak ve tüm yüzey silindir ile sıkıştırıldıktan sonra 2mm kalınlıkta jeomembran ile kaplanmıştır. SSTH'nda birikecek en fazla su miktarı Mart ayında gerçekleşecek olup 1.044 m^3'tür. Yapılması planlanan SSTH'nun en büyük hacmi yaklaşık 1.738 m^3 olup ihtiyacı karşılayacak boyuttadır (Şekil 4.37-38).





Şekil 4.37. Düzenli depolama tesisinde oluşturulan sızıntı suyu toplama havuzu çalışmalarına ait görünüm



Şekil 4.38. Düzenli depolama tesisinde oluşturulan sızıntı suyu toplama havuzundan görünüm

4.12.4. Sızıntı Suyu Drenajı ve Bertarafı

Atıktan sızıntı suyu oluşması beklenmemektedir. Yağmur sularına bağlı sızıntı suyu oluşumu olasıdır. Bölgenin meteorolojik şartları sızıntı suyu oluşumunda etken olacaktır. Sızıntı suyu oluşumunda yağışın yanı sıra, buharlaşma ve depolanacak atığın sıcaklığından kaynaklı su kaybı önemli bir etken olacaktır.

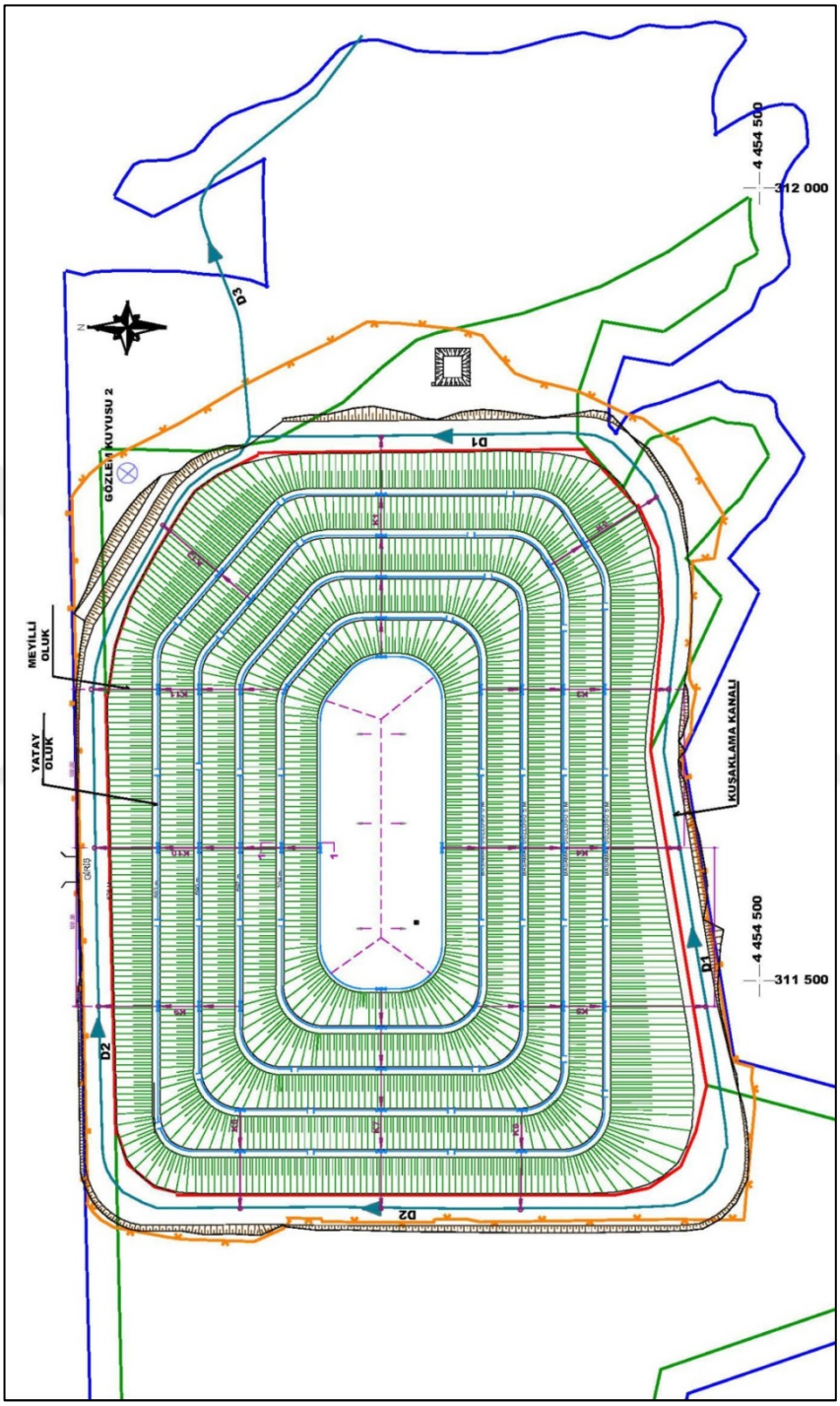
Kül, atık depolama sahasına 39-56ºC sıcaklığı arasında (ortalama 45°C) gelmektedir. Bu sıcaklık kül üzerine verilen suyun bir kısmını tutmayı bir kısmını da buharlaştırmayı sağlamaktadır. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Ankara'da 34 no.lu belge ile yetkilendirilen Erbey Geoteknik laboratuvar tarafından yapılan deneylerde külün optimum su içeriği %37 olarak saptanmıştır. Bunun %15'i küle kazan çıkışı soğutmak amaçlı katılmaktadır. Külün geçirimlilik katsayısı 9,92 x 10^{-8} m/sn olup çok az geçirimli sınıfındadır. Sızıntı suyu toplama havuzu hesabı için geçirimsizlik ve kapileriteden dolayı atık, %10 suyu bünyesinde rahatlıkla tutabilecektir.

Atık Depolama Alanı yüzeyine düşecek yağmur sularının atık bünyesinde kalabilmesi sınırlı olacağından kül yüzeyi buharlaşması ve meteorolojik kaynaklı buharlaşmadan arta kalan tüm yağmur sularının doğrudan sızıntı suyu toplama havuzuna geçeceği öngörülmüştür.

Uzun erimli istatistik verilere göre Bolu İli yıllık ortalama yağış miktarı 553,5mm ve yıllık ortalama buharlaşma miktarı 831,8mm'dir. Yağmur suyu nedeniyle sızması olası sular atık depolama alanı tabanına yerleştirilen sızıntı suyu drenaj sistemi vasıtasıyla sızıntı suyu toplama ve deşarj bacasında birikerek, baca içine yerleştirilen dalgıç pompa vasıtasıyla aşamalı olarak çekilip plastik boru ile sızıntı suyu toplama havuzuna aktarılacaktır. Burada toplanacak sızıntı suları zaman zaman pompa vasıtasıyla atık üzerine pulvarize şekilde püskürtülerek buharlaşması sağlanacaktır. Böylece sızıntı suyu nihai olarak bertaraf edilmiş olacaktır.

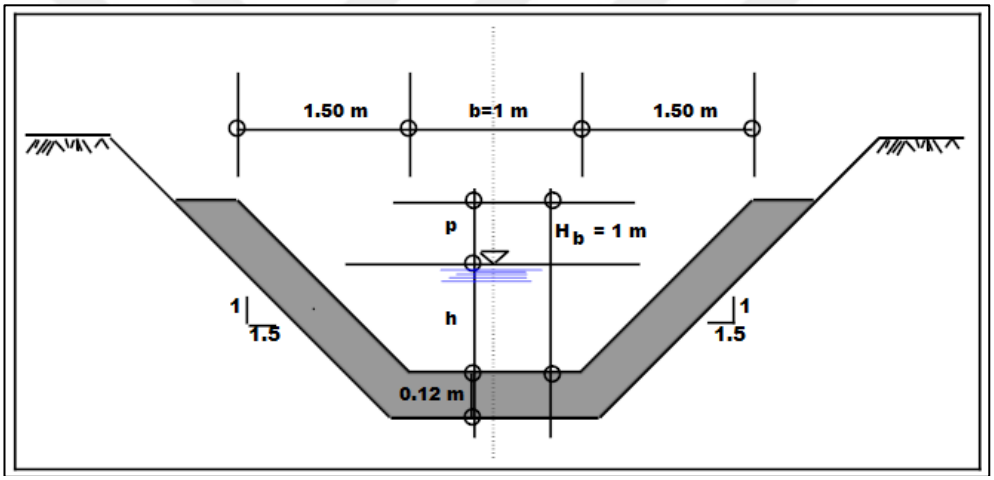
4.12.5. Yağmur Suyu Toplama Sistemi

Düzenli Depolama Sahası dışında akışa geçen yüzey suyunun, atık döküm sahasına girmesini engellemek amacıyla sahanın çevresinde "Kuşaklama Kanalı" projelendirilmiştir. "Kuşaklama Kanalı" vasıtasıyla yağmur suyunun depolama sahası çevresinden drenajı sağlanmaktadır (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Projelendirilen yağmur suyu toplama sistemi yerleşim planı

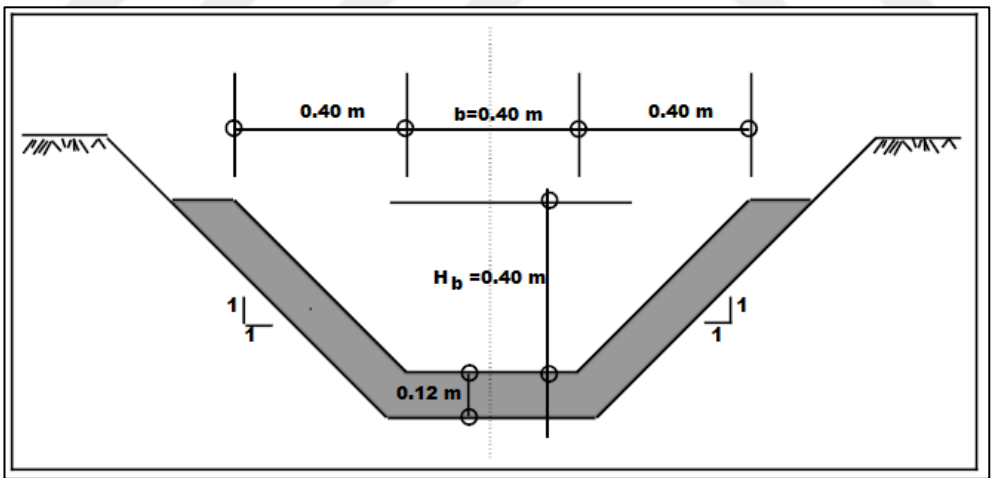
Kuşaklama kanalı yağmur sularını tahliye etmek için yapılan açık trapez bir kanaldır. Projelendirilen kanalın uzunluğu 1.911m'dir. D1 Kuşaklama Kanalında kesit Km. 0+000-0+768 arasında b= 1m, Hb= 1,0m, D2 Kuşaklama Kanalında ise Km. 0+000-0+835 arasında b= 0,40m, Hb= 0,40m ve D3 Kuşaklama Kanalında kesit Km. 0+000-0+300 arasında b= 1m, Hb= 1m olacak şekilde seçilmiştir. Kanalın boyutlandırılması ilgili hesaplamalar sonucunda projelendirilmiştir. Sahanın çevresine inşa edilen kuşaklama kanalının ucu sahanın dışına doğru yönlendirilerek proje alanının doğu kısmında bulunan kuru dereye bağlanmıştır (Şekil 4.40-44).



Şekil 4.40. D1, D3 Kuşaklama kanalları tip en kesiti



Şekil 4.41. Düzenli depolama sahasında yapılan D1, D3 kuşaklama kanalı çalışmalarından bir görünüm



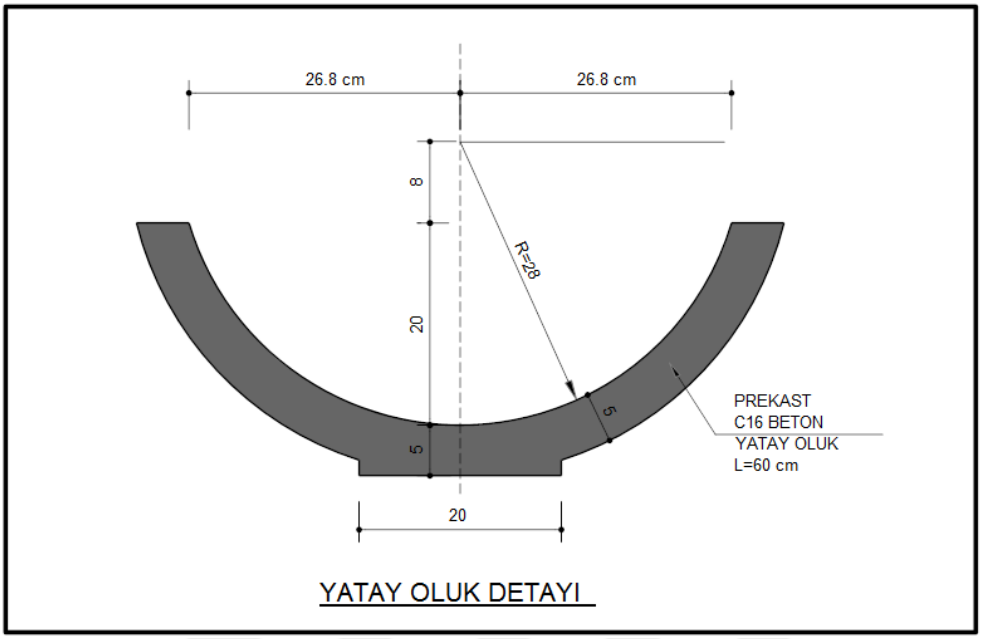
Şekil 4.42. D2 Kuşaklama kanalı tip en kesiti



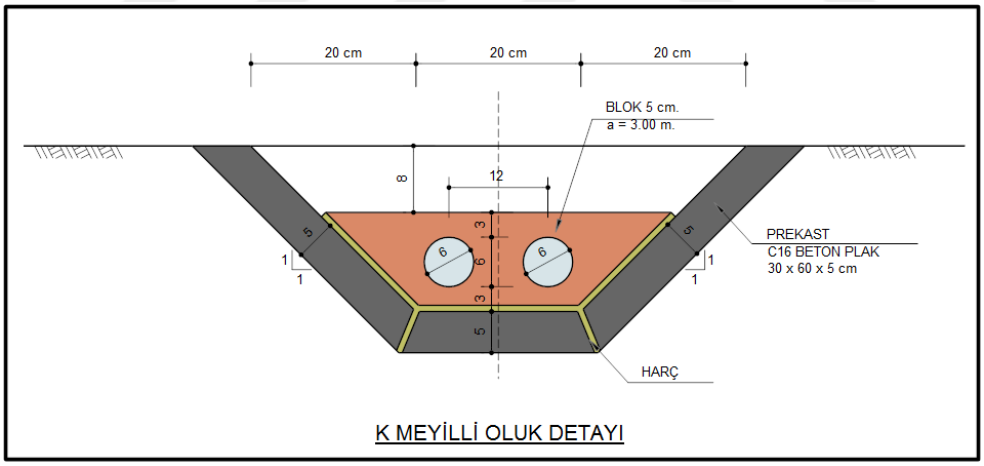
Şekil 4.43. Düzenli depolama sahasında yapılan D2 kuşaklama kanalı çalışmalarından bir görünüm



Şekil 4.44. Kuşaklama kanalı yol geçişinde yapılan menfez



Şekil 4.45. Yatay oluk yağmur suyu drenaj kanalı tip en kesiti



Şekil 4.46. Meyilli oluk yağmur suyu drenaj kanalı tip en kesiti

Yağmur Suyu Drenaj Kanalı, depolama tamamlandıktan sonra oluşacak üst bölüme (depolama alanı üst yüzeyi), basamak düzlüklerine, yan şev yüzeyleri üzerine yapılacak olup, yağmur sularının aşınmaya neden olmaması için oluşturulacak beton kanallardır. Kademeler arası basamak düzlüğünde ve depolama

alanı üst yüzeyinde yapılacak kanallar yatay oluk şeklinde (Şekil 4.45), yan şev yüzeylerine yapılacak kanallar meyilli oluk şeklindedir (Şekil 4.46). Proje kapsamında yapılması planlanan yatay oluk kanalının toplam uzunluğu 4.368m, meyilli oluk kanalının toplam uzunluğu 1.319m 'dir.

4.12.6. Sızıntı Suyu Yönetimi

Atık Depolama Alanında oluşabilecek sızıntı suları yağmur sularından kaynaklanacaktır. Atık Depolama Alanı yüzeyine düşen yağmur suları, genelde açık yüzey buharlaşması yoluyla buharlaşarak ortamdan uzaklaşma potansiyeline sahiptir. Uzun erimli istatistik verilerine göre Bolu İli yıllık ortalama yağış miktarı 553,5mm ve yıllık ortalama buharlaşma miktarı 831,8mm'dir. Ayrıca külün depolama alanına getirildiğindeki sıcaklığı buharlaşmadan kaynaklı su kaybının artmasında önemli bir etken olacaktır. Külün sıcaklığından kaynaklı buharlaşma miktarı yaz aylarındaki sıcaklık farkından dolayı kışın kül yüzeyine temas eden suyun buharlaşması artacaktır. Bu verilere göre atık yüzeyine düşecek yağmur suları buharlaşarak ortamdan uzaklaşma potansiyeline sahiptir. Ancak yağışların, buharlaşmanın ve külün sıcaklığından kaynaklı buharlaşma miktarının aylara ve günlere göre dağılımı birbirine eşit olmadığından buharlaşmanın yetersiz kaldığı zamanlarda atık depolama havuzlarında su birikimi oluşabilecektir.

Çizelge 4.29'da sızıntı suyu toplama havuzuna geçme potansiyeli, yüzey buharlaşma yoluyla atık depolama alanından uzaklaşma potansiyeli olan ve külün sıcaklığından dolayı atık depolama alanından uzaklaşma potansiyeli su miktarları verilmiştir. Çizelge 4.29'da depolama alanında aylara göre su sirkülasyonu sonunda sızıntı suyu havuzunda birikecek potansiyel sızıntı suyu miktarı verilmiştir. Buna göre Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları dışındaki diğer aylarda buharlaşma miktarının yağış miktarından fazla olmasından dolayı sızıntı suyu toplama havuzunda birikecek su olmayacaktır. Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında sızıntı suyu toplama havuzunda birikecek potansiyel su miktarı düzenli olarak geri pompalanarak atık üzerine püskürtülecek ve buharlaşması

sağlanacaktır. Geri pompalama işlemi için havuz içine yerleştirilecek dalgıç pompa kullanılacaktır. Seçilecek pompanın basma yüksekliği havuz ile Atık Depolama Alanı üst kotu arasındaki yükseklik dikkate alınarak Hm= 38m alınmıştır. Pompanın debisini belirlerken de havuza gelecek günlük en fazla su miktarı dikkate alınmıştır. Aylık ortalamalar dikkate alındığında en yüksek yağışın olduğu Aralık ayı dikkate alınırsa havuza gelecek günlük su miktarı 331 m^3/gün olacaktır. Bu miktar esas alınarak 10 l/sn debili bir pompa tercih edilmiştir. Bu pompa havuza gelecek en yüksek sızıntı suyunu yaklaşık 10 saatte geri pompalama kapasitesine sahiptir.

Geri pompalanan sızıntı suları atık yüzeyine pulvarize şekilde püskürtülecektir. Bu işlemle, bir taraftan sızıntı suyu buharlaştırılarak bertaraf edilirken diğer taraftan da atığın yüzeyinde kuruma ve tozumanın önüne geçilmiş olacaktır. Sızıntı suyu toplama havuzunda çöken malzeme tekrar depolama alanına götürülecektir.

Depolama sırasında atık alanına düşen yağmur suları düşey dren bacasına yönlendirilecek olup düşey dren bacasında tıkanıklık olması durumunda tıkanıklık noktasından basınçlı su uygulamasıyla tıkanıklık giderilecektir.

Çizelge 4.29. Sızıntı suyu toplama havuzunda birikecek aylık su miktarları

SİRKÜLASYON		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylul	Ekim	Kasım	Aralık
YAĞIŞ	Q_{AYS} (m^3)	9,032	7,097	8,23	8,151	9,457	8,309	4,815	3,918	4,264	6,814	7,128	9,882
	Q_{SSTHYS} (m^3)	30	24	28	27	32	28	16	13	14	23	24	33
	Q_{ASS} (m^3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Toplam (Q_t)	**9,063**	**7,121**	**8,257**	**8,179**	**9,489**	**8,336**	**4,831**	**3,931**	**4,279**	**6,837**	**7,152**	**9,915**
BUHARLAŞMA	Ω_{AYB} (m^3)	79	0	157	12,18	17,624	21,952	26,342	24,123	16,523	9,457	2,061	393
	Ω_{SSTHB} (m^3)	0	0	0	41	59	74	88	81	55	32	7	1
	$\Omega_{Kül\ SK}$ (m^3)	7,638	7,605	7,508	7,296	7,069	6,841	6,5	6,679	6,939	7,199	7,443	7,573
	Toplam (Ω_T)	**7,716**	**7,605**	**7,665**	**19,517**	**24,752**	**28,866**	**32,93**	**30,883**	**23,517**	**16,688**	**9,511**	**7,967**
Fark (Q_T -Ω_t)		**1,347**	**-484**	**593**	**-11,338**	**-15,263**	**-20,53**	**-28,099**	**-26,951**	**-19,238**	**-9,851**	**-2,359**	**1,948**
TOPLAM (m^3)		**936**	**452**	**1,044**	**-10,294**	**-25,557**	**-46,087**	**-74,186**	**-101,137**	**-120,375**	**-130,227**	**-2,359**	**-410**

Q_{AYS}	Atık Yüzeyine Düşen Yağmur Suyu
Q_{SSTHYS}	Sızıntı Suyu Toplama Havuzuna Düşen Yağmur Suyu
Q_{ASS}	Atıktan Sızacak Sızıntı Suyu
Ω_{AYB}	Atık Yüzeyi Yüzey Buharlaşması
Ω_{SSTHB}	Sızıntı SuyuToplama Havuzu Yüzey Buharlaşması
$\Omega_{Kül\ SK}$	Kül deki su kaybı

4.13. İşletme Üniteleri

Atık depolama alanına hayvanların girişlerini ve izinsiz giriş-çıkışları engellemek amacıyla alanın tüm çevresi tel çit ile çevrilmiştir (Şekil 4.47). Atık Depolama Sahasına giriş-çıkışların kontrol altına alınması, atık kabul kriterlerine uygun olmayan atıkların sahaya girmesine engel olmak amacıyla depolama alanı giriş kapısı yapılmıştır (Şekil 4.48).

Yönetim işlemleri Aksa Göynük Termik Santral tesisindeki binalardan sağlanmaktadır. Gerekli durumlarda depolama sahası alanında yönetim ve kontrol karavanı konuşlandırılacaktır. Giriş kapısı yanında konuşlandırılacak olan karavan 2,5x5m boyutunda, içinde idari bölüm, çay ocağı ve duş-WC bulunacaktır. Atık sahasına izin kapsamındaki atığın dışında herhangi bir atık depolanmayacaktır.

Aksa Göynük Termik Santral tesisinde kantar mevcut olup santralden kaynaklı oluşacak olan söz konusu atıklar depolama sahasına gelmeden önce mevcut kantarda tartılmaktadır (Şekil 4.49).



Şekil 4.47. Depolama sahası çevresine yapılan tel çite ait görünüm

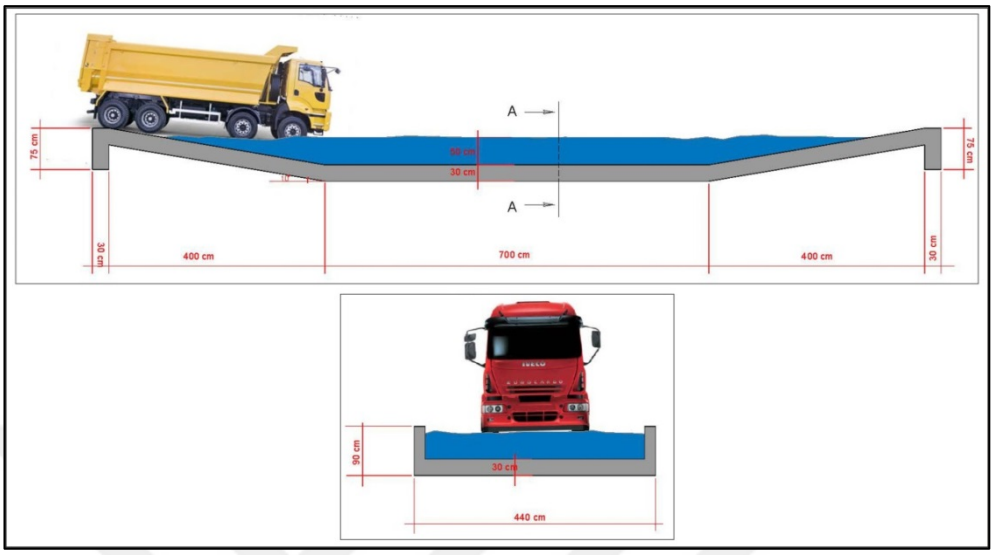


Şekil 4.48. Tesiste yer alan giriş kapısına ait görünüm



Şekil 4.49. Termik santralde yer alan mevcut kantara ait bir görünüm

Atık kamyonlarının tesis dışına atıktan kaynaklı kirlilik taşımaması için atıklarını boşaltan kamyonların tekerleklerini yıkamak amacıyla, kamyonların atıklarını boşalttıktan sonra dönüş yolu üzerinde ve çıkış kapısına yakın bir noktada inşa edilmiştir. Tekerlek Yıkama ünitesi 4,40 metre genişliğinde, 15 metre uzunluğunda, 30cm beton kalınlığında bir platform şeklinde ve 50cm derinliğinde su içerisinden taşıt geçecek şekilde projelendirilmiştir. Ünite içerisinde çöken malzeme depolama alanına aktarılacaktır. Yıkama suyu ise atık depolama alanına boru yardımıyla aktarılacaktır (Şekil 4.50-51).



Şekil 4.50. Projelendirilen teker yıkama ünitesi



Şekil 4.51. Tesiste yer alan teker yıkama ünitesinden görünüm

Su Tankeri, tekerlek yıkama ünitesinin ve yönetim-kontrol karavanının su ihtiyacını karşılayacaktır. 10 ton kapasiteli olan tankere su Aksa Göynük Enerji Termik Santral tesislerinden sağlanacaktır. Atıksu toplama sistemi/fosseptik; atık depolama tesisinde yönetim-kontrol karavanın yapılması durumunda, oluşacak evsel nitelikli atık sular için kartuş depolar kullanılacak ve Aksa Göynük Termik Santral tesisinde yer alan paket atık su arıtma ünitesine boşaltılacaktır.

4.14. Referans ve Gözlem Kuyuları

Referans kuyusu yeraltı suyu akış yönü dikkate alınarak atıklardan kaynaklı sızıntı sularının ulaşmayacağı üst kotlarda, memba tarafında planlanmıştır (Çizelge 4.30). Bu kuyudan atık depolama yapılmadan önce alınan su örneğinin içerikleri tüm ileri aşamalarda referans değerler olarak alınacaktır (Şekil 4.52).

Çizelge 4.30. Referans kuyusunun koordinatları

REF.KUYUSU	ED50 6°	ED50 3°
X	4454414.849	4454132.328
Y	311322.555	566631.025
Z	679,5m	679,5m



Şekil 4.52. Açılan referans kuyusuna ait bir görünüm

Gözlem kuyuları yeraltı suyu akış yönünde, depolama alanı taban kotundan daha düşük kotlarda, mansap tarafında planlanmıştır (Çizelge 4.31). Bu kuyulardan Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nün belirleyeceği dönemlerde numune alınarak

referans değerleri ile karşılaştırılacaktır. Proje kapsamında açılan 1 adet Referans ve 2 adet Gözlem Kuyusunun yerlerinin uygunluğu ve sayılarının yeterliliği konusunda proje aşamasında DSİ 53. Şube Müdürlüğü'nden proje aşamasında görüş alınmıştır (Şekil 4.53). Referans ve gözlem kuyuları sondaj logları EK.51-53'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Gözlem kuyuları koordinatları

GÖZLEM KUYUSU-1	ED50 6°	ED50 3°
X	4454822.320	4454525.499
Y	310906.199	566201.123
Z	679,5m	679,5m
GÖZLEM KUYUSU-2	ED50 6°	ED50 3°
X	4454899.000	4454633.031
Y	311820.000	567111.824
Z	688m	688m



Şekil 4.53. Açılan gözlem kuyusu-1'e ait görünüm

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yüksek Lisans tezi olarak belirlenen bu çalışma; Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden çıkan atıkların depolanacağı, Bolu ili, Göynük ilçesi, Himmetoğlu köyü mevkiinde bulunan Güney Kül Depolama Alanı (Lot-1)'nın **II. Sınıf Düzenli Atık Depolama Sahası** olarak planlanması ve inşaat dönemi çalışmalarını içermektedir. Buna göre;

a) Depolama sahası 50 hektarlık **ÇED Olumlu Kararı** alınan alan içerisinde yer almaktadır. Düzenli depolama tesisinin toplam alanı 21,12 hektar, atık depolama alanı ise 15,92 hektardır.

b) Düzenli depolama sahası; çamurtaşı, kumtaşı ile temsil edilen Yenipazar Formasyonuna ait Albiyen-Üst Paleosen yaşlı Taraklı Üyesi ve kumtaşı, kiltaşından oluşan Paleosen-Alt Eosen yaşlı Kızılçay Formasyonu üzerindedir.

Taraklı Üyesi laminalı çamurtaşı ve kumtaşı ardalanmasından oluştuğundan eklemlenme sık olup metrede 15-25 adetdir. Kızılçay Formasyonu'nda eklem pek izlenmez. Bunun nedeni hem birimin masif yapısı hem de killi seviyelerin fazla olmasıdır.

c) Kül depolama sahasının oturacağı alanın jeoteknik-mühendislik özelliklerini belirlemek üzere derinlikleri 20 ile 58 metre arasında değişen 4 adet sondaj açılmıştır. ASK-1 sondajında YASS 35m'de, ASK-2 sondajında YASS 5,8m'de, ASK-3 sondajında YASS 4,8m'de, ASK-4 sondajında YASS 7,4m'de ölçülmüştür. Depolama alanı tasarımı yapılırken yeraltı su seviyesi ve yasal mevzuatlarda istenilen %3 taban eğimi şartı dikkate alınarak depolama alanı taban kotu 646,5-651,5m arasında belirlenmiştir.

d) Sahada yapılan sondajlardan elde dilen karotlar üzerinde yapılan değerlendirmelere göre RQD (kaya kalite göstergesi), TCR (toplam karot

verimi) ve SCR (sağlam karot verimi) değerleri sırasıyla ortalama %33, %78 ve %64'tür. Düzenli depolama sahasının üzerinde yer aldığı birimler ortalama RQD değerlerine (33) göre, **"Zayıf Kaya"** sınıfındadır.

e) Yapılan sondajlarda zeminin (ana kayanın) geçirimliliği, permeabilite ve basınçlı su testi deneyleri ile belirlenmiştir. Yapı yeri sondajlarında yapılan permebilite deney sonuçlarına göre $7{,}29x10^{-5}$ - $6{,}6x10^{-8}$ m/sn aralığında değerler elde edilmiştir. Yapı yeri sondajlarında yapılan basınçlı su testi deney sonuçlarına göre $1{,}10x10^{-7}$ - $9{,}39x10^{-8}$ m/sn aralığında sonuçlara ulaşılmıştır. Düzenli depolama sahasının bulunduğu zeminde yapılan permeabilite deneyleri ve basınçlı su testi deneylerine göre depolama sahasının temelini oluşturan ana kayanın "**Geçirimsiz-Az Geçirimli"** sınıfında olduğu saptanmıştır.

f) Sahada açılan sondajlardan alınan örnekler üzerinde fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemek üzere yaptırılan laboratuvar deney sonuçlarına göre düzenli depolama sahasının bulunduğu birimin Serbest basınç dayanımı (qu): 2,88 - 105,55 kgf/cm^2 arasındadır. Ortalama serbest basınç dayanımı 60,61 kgf/cm^2 (5,94 Mpa)'dır. Bu değerlere göre Kızılçay Formasyonu ve Taraklı Üyesi birimleri Deer ve Miller (1966)'a göre **"Çok Düşük Dayanımlı Kaya"** sınıfına girmektedirler.

Atığın Tabii birim ağırlığı (γ_n): 1,08 g/cm^3; En büyük yaş birim hacim ağırlığı: 1,53 g/cm^3; En büyük kuru birim hacim ağırlığı (γ_{kmax}): 1,11 g/cm^3; Optimum su içeriği (W_{opt}) %37; Permeabilite değeri (K): $9.92x10^{-8}$ m/sn; Kohezyon değeri (c): 0,18 kg/cm^2 ve İçsel sürtünme açısı (Ø): 34°'dir.

Depolama sahasının taban sızdırmazlık işlemlerinde kullanılan kil malzeme, santrale ait sahada kömür damarının altında yer alan yeşil taban kilinden temin edilmiştir. Depolama işlemi tamamlandıktan sonra üst örtüde yine aynı malzeme kullanılacaktır. Birimde yer alan kil, ADDDY'de öngörülen $K \leq 1{,}0x10^{-9}$ m/sn geçirimsizlik değerini

sağlamaktadır. Kil malzemenin Likit limiti (LL): %99,16; Plastik limiti (PL): %32,17; Plastisite indisi (PI): %66,99; En büyük kuru birim hacim ağırlığı (γ_{kmax}) 1,61 g/cm^3; Optimum su içeriği (W_{opt}): %21,7; Permeabilite değeri (K): 9,24x10^{-10} m/sn - 9.08x10^{-11} m/sn arasında; Kohezyon değeri (c): 103,64 kPa ve İçsel sürtünme açısı (Ø): 18,6°'dir.

Tesviye dolgu işlemlerinde tesisin kömür işletmesine ait pasa malzeme kullanılmıştır. Depolama tamamlandıktan sonra da üst örtüde yine aynı malzeme kullanılacaktır. Dolgu Malzemesinin Likit limiti (LL): %29,7; Plastik limiti (PL): %23,3; Plastisite indisi (PI): %6,4; Tabii birim ağırlığı (γ_n): 1,7 g/cm^3; En büyük kuru birim hacim ağırlığı (γ_{kmax}): 1,941 g/cm^3; Optimum su içeriği (W_{opt}): %17,3; Permeabilite değeri (K): 3,79x10^{-6} m/sn; Kohezyon değeri (c): 0,40 kg/cm^2; İçsel sürtünme açısı (Ø): 38,6°'dir.

g) Atık depolama sahasının Netcad programında yapılan modelleme çalışmasında depolama hacmi 4.142.730 m^3 olarak hesaplanmış olup, Aksa Göynük Enerji Termik Santralinin yaklaşık 5,5 yıllık ihtiyacını karşılayacak boyuttadır.

h) Proje alanı modellemesinde depolama sahasının en düşük kotu 646,5m ve en yüksek kotu 711m olarak projelendirilmiştir. Sahayı düzenli depolama sahası haline getirebilmek için; basamak yüksekliği 6-7m; basamak düzlüğü 5m ve şev eğimleri 1D:3Y ile 1D:10Y arasında değişkenlik gösterecek şekilde tasarlanmıştır.

i) Oluşturulan model için seçilen 7 adet kesit güzergahı üzerinde atık depolama alanının kazı ve dolgu şevleri için durağan (statik) - deprem (dinamik) koşullarına göre, kuru - suya doygun ortam şartları için analizler gerçekleştirilmiştir. En düşük güvenlik katsayısı 4 no.lu kesitte elde edilmiş olup dinamik ve suya doygun koşullarda iken 1,66'dır. Düzenli depolama alanında sistematik bir şekilde atığın su ile etkileşiminin önlenmesi durumunda, şevlerin duraylı olduğu saptanmıştır. Şev

yüksekliğinin artması ile ters orantılı olarak güvenlik katsayısı değerleri görünür şekilde azalmaktadır.

j) Sahayı projede öngörülen şekle getirmek, yapılacak kazı-dolgu alanlarını belirlemek ve yapılacak kazı-dolgu kübaj hesapları Netcad programı ile yapılmıştır. Gerekli toplam kazı kübajı 679.976 m^3 ve dolgu işlemlerinde kullanılacak malzemelerin toplam kübajı 587.898 m^3'tür. Kazı-dolgu şekli ve kübajlarına göre detayları Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.19'da verilmiştir.

k) Depolama alanına düşen yağmur sularından kaynaklı olası sızıntı sularının, depolama sahası tabanına döşenmiş yatay drenaj boruları vasıtasıyla depolama tabanının en düşük kotunda (646,5m) oluşturulan sızıntı suyu toplama merkezinde toplanması tasarlanmıştır. Yağmur suyundan kaynaklı sızması olası sular, atık depolama alanı tabanına yerleştirilen sızıntı suyu drenaj sistemi vasıtasıyla sızıntı suyu toplama ve deşarj bacasında biriktirilmektedir. Daha sonra baca içine yerleştirilen dalgıç pompa ile aşamalı olarak çekilip plastik boru yardımıyla sızıntı suyu toplama havuzuna aktarılmaktadır. Burada toplanan sızıntı suları zaman zaman pompa vasıtasıyla atık üzerine pülvarize şekilde püskürtülerek buharlaşma sağlanır. Böylece sızıntı suyu nihai olarak bertaraf edilmektedir.

l) Düzenli Depolama Sahası dışında akışa geçen yüzey suyunun, atık döküm sahasına girmesini engellemek amacıyla sahanın çevresinde "Kuşaklama Kanalı" oluşturulmuş ve sahanın doğusunda yer alan kuru dereye bağlantısı yapılmıştır. Kanalın uzunluğu 1.911m'dir.

m) Depolanacak malzemeden dolayı yeraltı suyuna herhangi bir sızıntı olup olmadığını izlemek üzere bir adet referans kuyusu ve iki adet gözlem kuyusu açılmıştır. Referans kuyusu, yeraltı suyu akış yönü dikkate alınarak atıklardan kaynaklı sızıntı sularının ulaşmayacağı üst kotlarda memba tarafında açılmıştır. Gözlem kuyuları ise yeraltı suyu akış yönünde depolama alanı taban kotundan daha düşük kotlarda mansap tarafında açılmıştır.

n) Yağmur suyu drenaj kanalı depolama tamamlandıktan sonra üst bölüme, basamak düzlüklerine ve yan şev yüzeylerine yağmur sularının aşınmaya neden olmaması için oluşturulacak olan beton kanallardır. Bu kanallar kademeler arası basamak düzlüğünde ve depolama alanı üst yüzeyinde yatay oluk şeklinde; yan şev yüzeylerine ise meyilli oluk şeklindedir. Proje kapsamında yapılması planlanan yatay oluk kanalının toplam uzunluğu 4.368m, meyilli oluk kanalının toplam uzunluğu 1.319m'dir.

o) Aksa Göynük Enerji Termik Santralinden çıkan kül atıkları eluat analiz sonuçlarına göre "Tehlikesiz Endüstriyel Atık" sınıfındadır. Depolama projesi; ilgili yönetmeliğine göre hazırlanmış olup T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 05.06.2017 Tarih ve 51475790-145.02-E.7257 Sayılı yazı ile onaylanmıştır. Sahada devam eden depolama faaliyet aşamalarında yine Onaylı Depolama Projesine uygun çalışılmalıdır. Böylelikle söz konusu endüstriyel atıkların düzenli depolanması, çevresel açıdan en uygun bertarafı sağlamış olacaktır.

KAYNAKLAR

ABACI, Ş., 1993. Relative Permeability of Unconsolidated Materials With Reference to Gas Mıgration From Landfill, University of Nottingham, Department of Mineral Resources Engineering, Nottingham.

ABACI, Ş., 1997. Katı Atık Depolama Alanlarının Hidrojeolojik Açıdan Değerlendirilmesi, Su ve Çevre Sempozyumu, İstanbul, s.403-409.

AKAY, A., 1998. Gökköy (Balıkesir) Atık Depolama Sahasının Düzenlenmesi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, 88s.

AKBULUT, S., 1995. Katı Atık Depolarının Geoteknik Yönden Değerlendirilmesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 118 s.

AKYÜZ, S., 2010. Kargı Baraj Yeri (Çorum) Litolojik Birimlerin Geçirgenlik Özellikleri Yönünden İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 147s.

ALİKALFA, A. 2017. Aksa Göynük Enerji Termik Santrali Kül Depolama Tesisi Jeoteknik Etüt Raporu, Bolu.

AMIN, A.A., 2000. Designing Sustainable Landfill for Jeddah City, Saudi Arabia, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 58(4):265-273.

BAGCHI, A., 1994. Design, Consruction and Monitoring of Landfill, Second Edition, Wiley-Interscience Publication, Newyork, 376p.

CAN, R., 2016. Açık Maden İşletmelerinde Katı Atık Depolama Teknikleri: Örnek Uygulama Soda Sanayii A.Ş. Proses Atıklarının Karadiken Kalker İşletme Sahasına Depolanması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 91s.

ÇETİN H., 1995. Design Methods, Technologies, And Site Selection in Land Disposal Of Waste in The United States, Geosound, p.173-190.

ÇINAR, B., 2007. Osmaniye Çağşak Amanos Kırmızı Mermerlerinin Fiziko-mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 57s.

ENÇEV Enerji Çevre Yatırımları ve Danışmanlığı Haritacılık İmar İnşaat A.Ş., 2017. Aksa Göynük Enerji Üretim A.Ş. Aksa Göynük Enerji Termik Santrali Güney Kül Düzenli Depolama Tesisi, Bolu İli, Göynük İlçesi, Himmetoğlu Köyü, Nihai ÇED Raporu, Ankara.

ERDAL, Ü., 2006. Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Seçiminde Jeolojik Faktörlerin Maliyetlere Etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 69s.

ERSOY, H., 2007. Trabzon İli Katı Atıkları İçin Düzenli Depolama Yeri Seçimi ve Önerilen Düzyurt Düzenli Depolama Alanının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 268s.

GEDİK, İ. ve AKSAY, A. 2002. 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No. 38, Adapazarı H25 Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

İO ÇEVRE ÇEVRE ÇÖZÜMLERİ, NORM LTD., 2006. Mersin Büyükşehir Belediyesi, Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi Uygulama Projesi., İstanbul.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)., 1998. The Study on Regional Solid Waste Management For Adana-Mersin In The Republic of Turkey, Progress Report, Kokusai Kogyo Co., Ltd., Mersin, 200p.

KARACA, C., HALİSDEMİR, B., PEHLİVAN, E., 2001. Ülkemizde Katı Atık Probleminin Mevcut Durumu, İleriye Dönük Çözüm Önerileri ve Mersin Örneği, IV. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Mersin, s. 275-285.

KARACA, C., 2008. Mersin Kenti İçin Alternatif Katı Atık Düzenli Depolama Alanlarının Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 156s.

KESER, S., 2008. Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarında Oluşan Çöp Sızıntı Suları ve Arıtılması Üzerine İncelemeler, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 204s.

KULAÇ, A., 2006. Eskişehir Tepebaşı Belediyesi İçin Katı Atık Yönetim Sistemi Seçiminde Analitik Serim Süreci (ANP) Yaklaşımı, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 162s.

KUTAY,A., 1994. Katı Atıkların Depolanmasında Karşılaşılan Geoteknik Problemler, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 150s.

OKAY, A.İ. ve TÜYSÜZ, O. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey, Geological Society, London, Special Publications 1999; v. 156; p. 475-515

PALABIYIK, H., 2001. Belediyelerde Kentsel Katı Atık Yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi Örneği, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 484s.

SAVAŞ, E., KORKANÇ, M., 2010. Kırıkkale Katı Atık Deponi Alanı'nın Jeolojik-Jeoteknik İncelemesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi 34 (2), Ankara.

SÜRÜCÜ, G., 1990. Katı Atıkların Düzenli Depolanması. Katı Atıkların Tanımı, Toplanması ve Uzaklaştırılması Kurs Notları, Boğaziçi Üni., İstanbul.

ŞİMŞEK, C., FİLİZ, Ş., 2005. Torbalı (İzmir) Katı Atık Depolama Sahasının Jeolojik ve Hidrojeolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:7, Sayı:2, s:39-56, İzmir.

TAHTASIZOĞLU, B., 2010. Katı Atık Depolama Alanlarının Dizayn Kriterlerinin İncelenmesi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 204s.

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI, 2010. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, 26.03.2010 Tarih ve 27533 Sayılı Resmi Gazete.

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI, 2014. Bolu İli 1:100 000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı.

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI, 2014. Düzenli Depolama Tesisleri Uygulama Projesi Hazırlanmasına İlişkin Genelge, 28.05.2014 Tarih ve 2014/13 Sayılı Genelge.

TCHOBANOGLOUS G., THEISEN H., and VIGIL S., 1993. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill Companies, Incorporated, New York , 978p.

TÜRKMEN, S., TAGA, H., 2005. Engineering Geological Assessment of The Diyarbakır Solid Waste Landfill Site (SE Turkey), Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 64(4):433-440.

USBR, 1980. Earth Manual, Second Edution, United States Bureau of Reclamation, Reprint, 810p.

YERÇET YERBİLİMLERİ VE ÇEVRE ETÜT MÜH. MÜŞ. İNŞ. TURZ. TİC. VE SAN.LTD.ŞTİ. 2017. AKSA Göynük Enerji Termik Santrali Güney Kül Depolama Alanı LOT-1 Uygulama Projesi.

YEŞİLNACAR, M, İ., 2000. GAP Bölgesi Tehlikeli Atıkları İçin Jeolojik Yer Seçimi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 113s.

YEŞİLNACAR, M. İ., ÇETİN, H., 2005. Site selection for hazardous wastes: A case study from the GAP area, Turkey., Engineering Geology, 81:371-388.

İNTERNET, 2018.

https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Duzenli_Depolama_Tesis_Saha_Yon_ve_isletme_kilavuzu.pdf

http://aygunhoca.com/kpss/72-turkiye-haritalari/2780-turkiye-levha-haritasi.html

https://tr.scribd.com/doc/115370559/Bas%C4%B1ncl%C4%B1-Su-Testi-Lugeon-Deneyi-ve-Enjeksiyon-Uygulamalar%C4%B1-%C4%B0T%C4%B0RME-TEZ%C4%B0

https://www.afad.gov.tr

http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx

https://4.bp.blogspot.com/-bEui3GtjW4M/U_t4ub8WZ_I/AAAAAAAATfc/sjLFSZi3-fc/s1600/bolu_turkiye_haritasinda_yeri_nerede.jpg

https://www.google.com/maps

http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/images/1-500000-heyelan-haritalari/zonguldak_paftasi_heyelan_haritasi.jpg

http://cografyaharita.com/turkiye-dogal-afet-haritalari.html

http://personel.klu.edu.tr/dosyalar/kullanicilar/orhan.arkoc/dosyalar/dosya_ve_belgeler/B%C3%B6l%C3%BCm10.pdf

(Erişim tarihi: 29 Ekim 2018)

ÖZGEÇMİŞ

19.09.1988 yılında Adana'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Adana'da tamamladı. 2006 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden 2010 yılında dereceyle mezun oldu. Lisans eğitimi başında kazanmış olduğu Türk Eğitim Vakfı bursiyerliğini her dönem üstün başarı göstererek dört sene boyunca devam ettirdi.

2010 yılında başladığı Yerçet Yerbilimleri Çevre Etüt Mühendislik Müşavirlik İnşaat Turizm San. ve Tic. Ltd. Şti.'nde Jeoloji Mühendisi olarak iş hayatına devam etmektedir.

2012 yılında Ankara'da Netcad Firması tarafından düzenlenen, dünya genelinde 16 ülkenin katıldığı Uluslararası Netcad Kullanıcıları Konferansı Ödüllü Poster Yarışmasında "Atık Depolama Projesi" konulu poster çalışmasıyla birinci oldu. 2014 yılında Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2015 yılında evlendi.

EKLER

EK.1. ASK-1 sondajı ve karotları



EK.2. ASK-2 sondajı ve karotları



EK.3. ASK-3 sondajı ve karotları







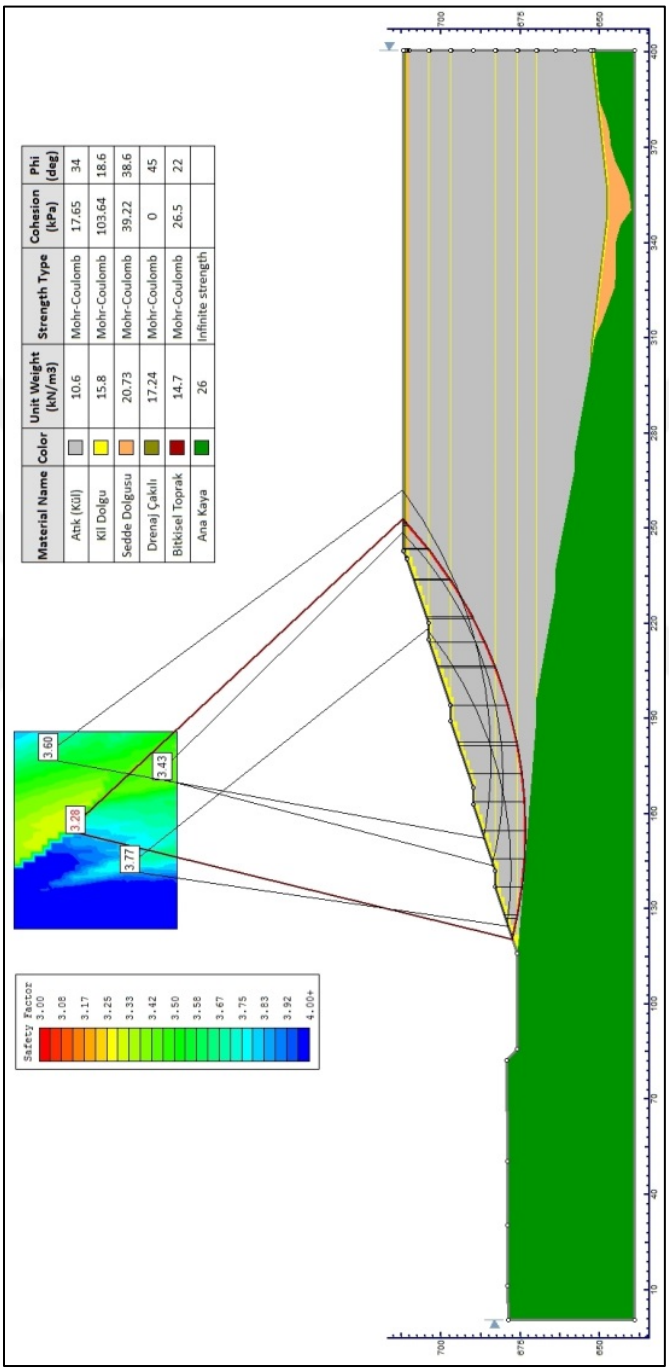
EK.4. ASK-4 sondajı ve karotları



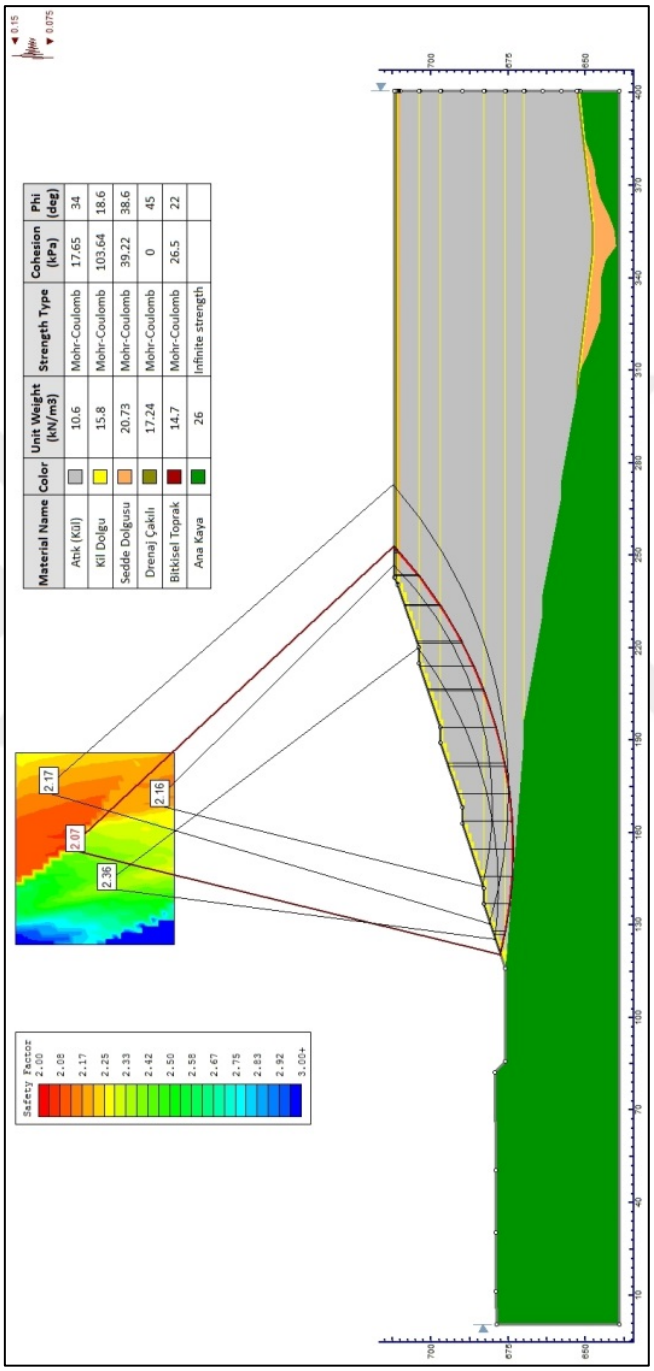




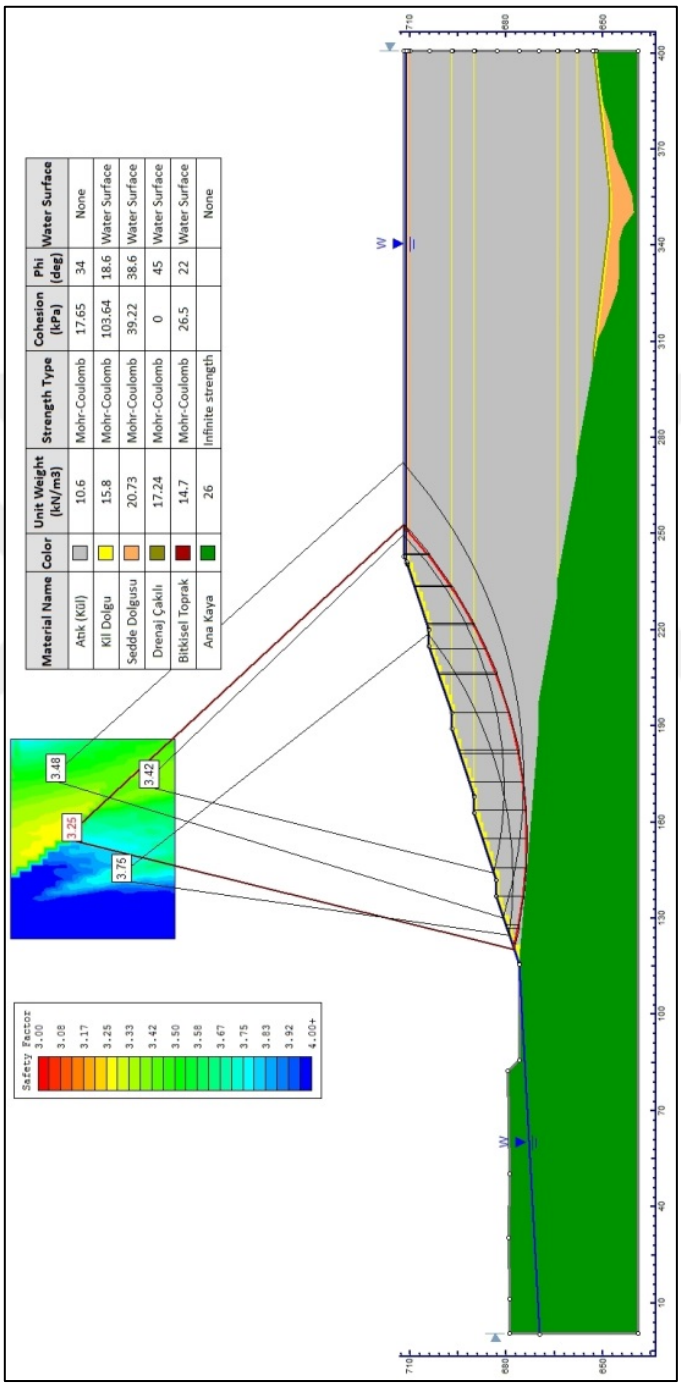
EK.5. 1-1' Kesiti stabilite analizi (statik-kuru durum)



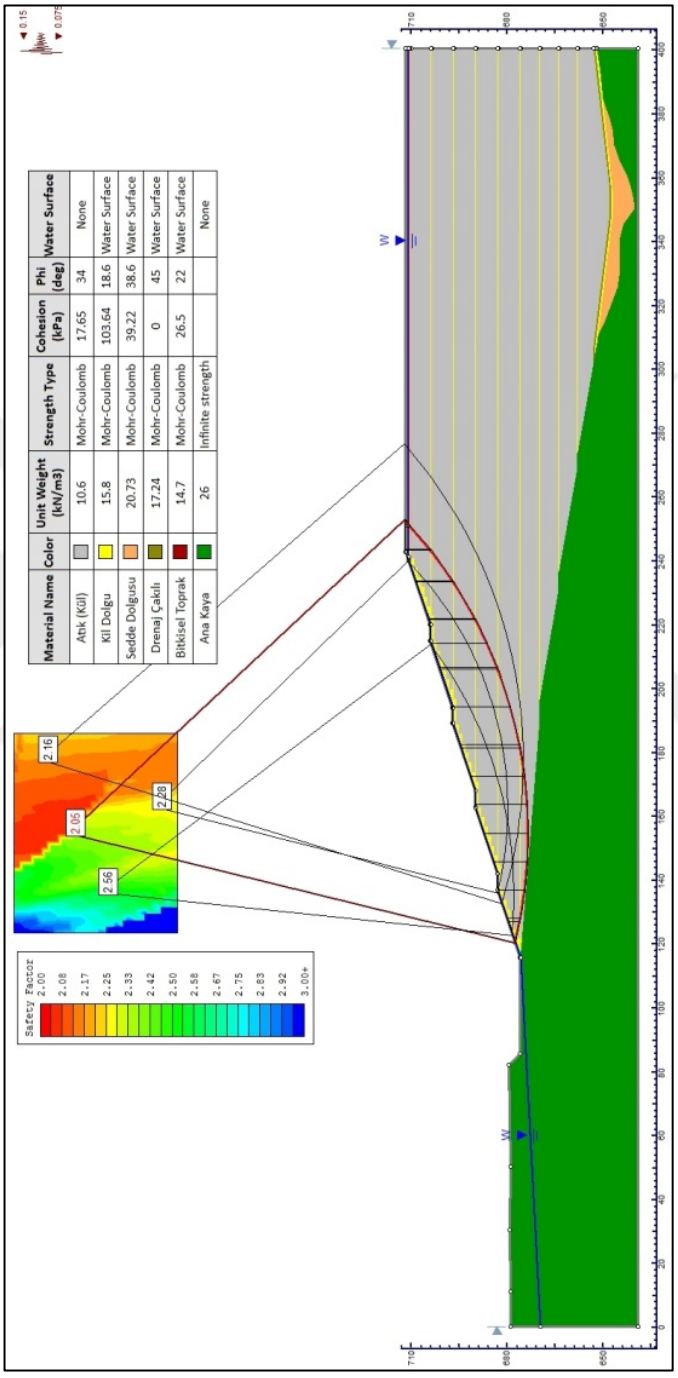
EK.6. 1-1' Kesiti stabilite analizi (dinamik-kuru durum)



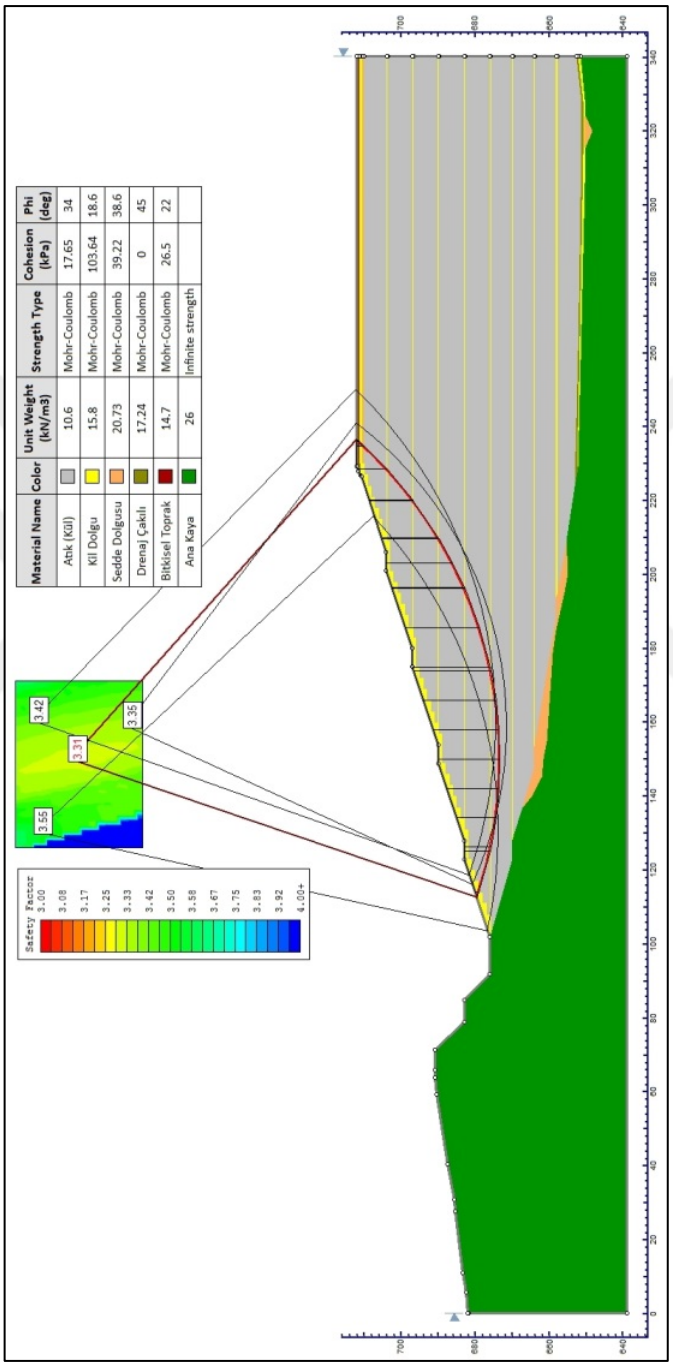
EK.7. 1-1' Kesiti stabilite analizi (statik-suya doygun durum)



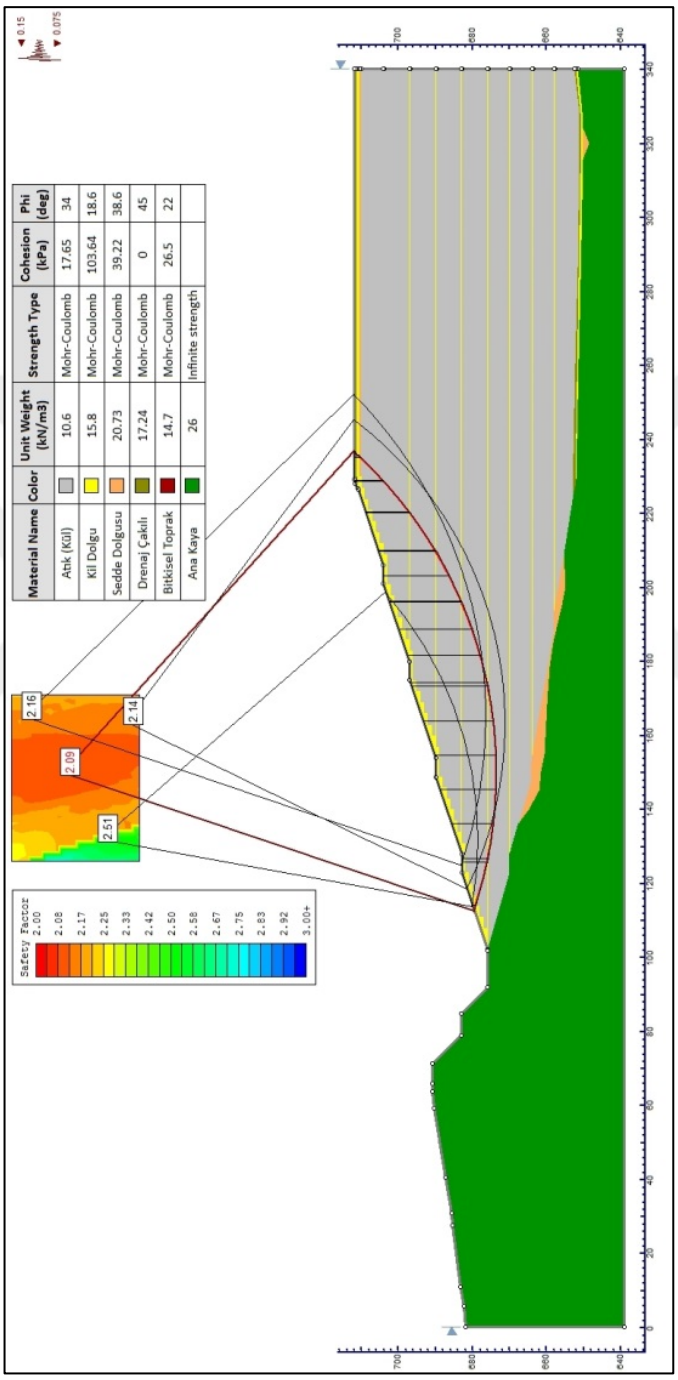
EK.8. 1-1' Kesiti stabilite analizi (dinamik-suya doygun durum)



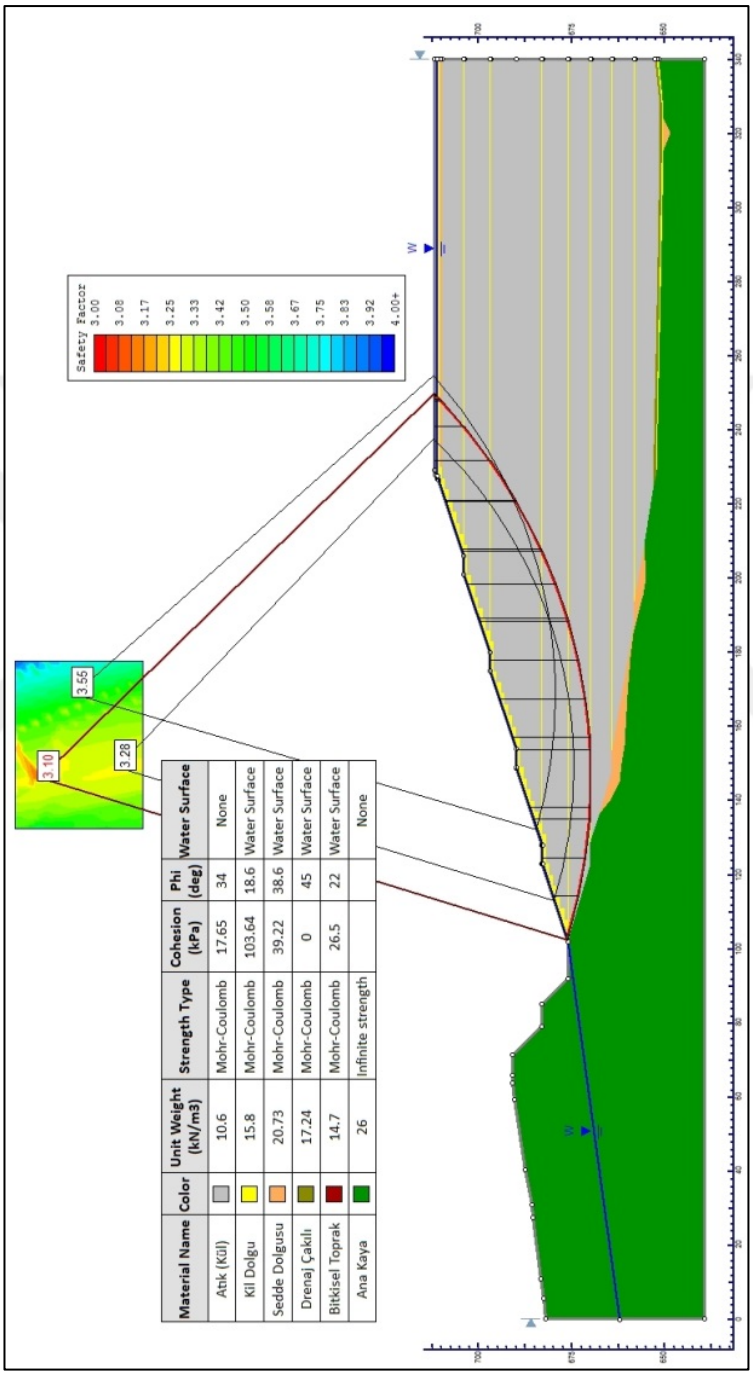
EK.9. 2-2' Kesiti stabilite analizi (statik-kuru durum)



EK.10. 2-2' Kesiti stabilite analizi (dinamik-kuru durum)

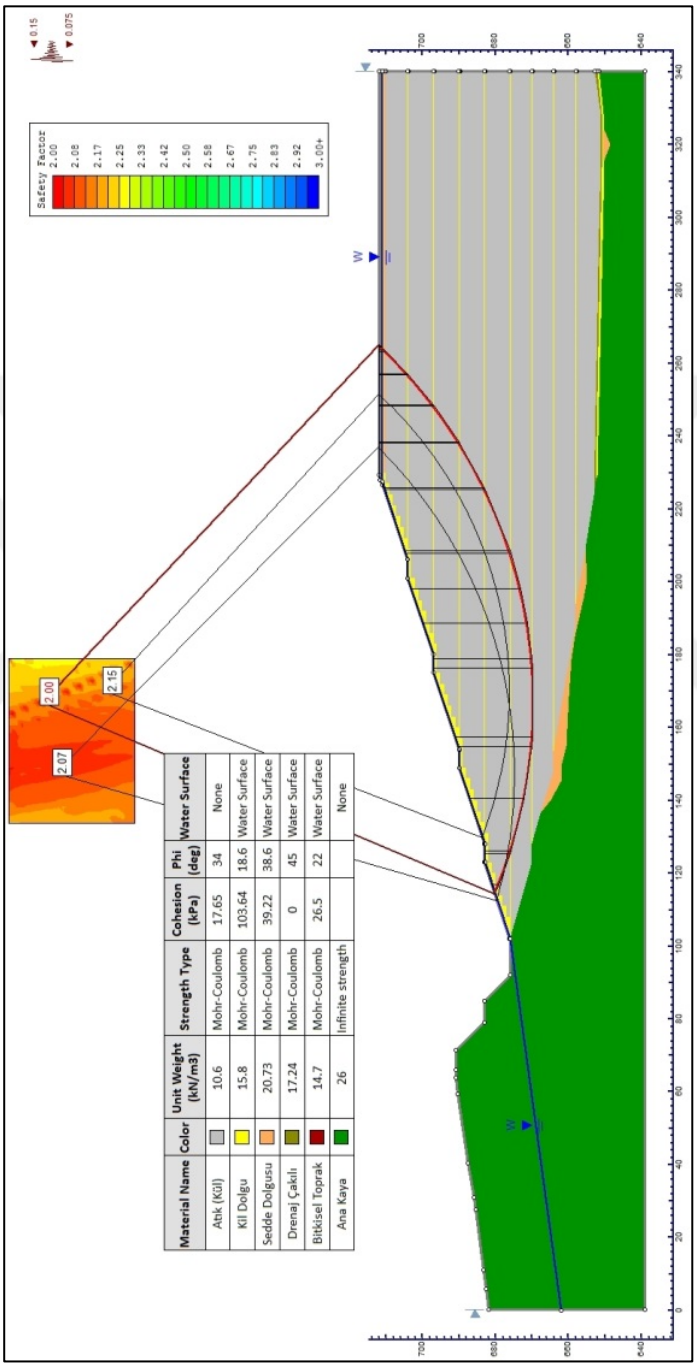


EK.11. 2-2' Kesiti stabilite analizi (statik-suya doygun durum)

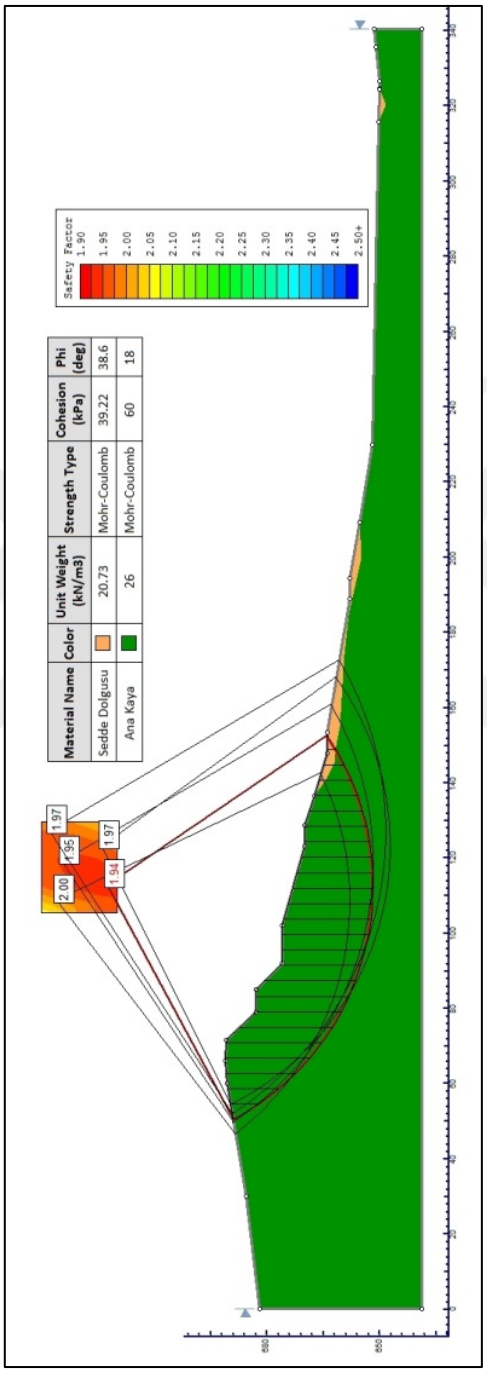


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
Atık (Kül)		10.6	Mohr-Coulomb	17.65	34	None
Kil Dolgu		15.8	Mohr-Coulomb	103.64	18.6	Water Surface
Sedde Dolgusu		20.73	Mohr-Coulomb	39.22	38.6	Water Surface
Drenaj Çakılı		17.24	Mohr-Coulomb	0	45	Water Surface
Bitkisel Toprak		14.7	Mohr-Coulomb	26.5	22	Water Surface
Ana Kaya		26	Infinite strength			None

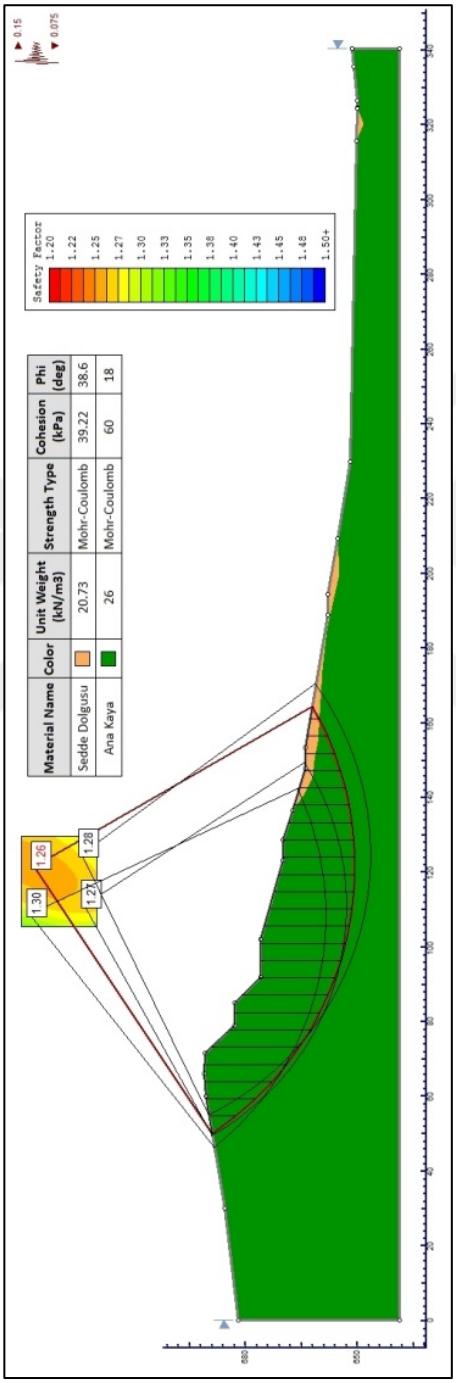
EK.12. 2-2' Kesiti stabilite analizi (dinamik-suya doygun durum)



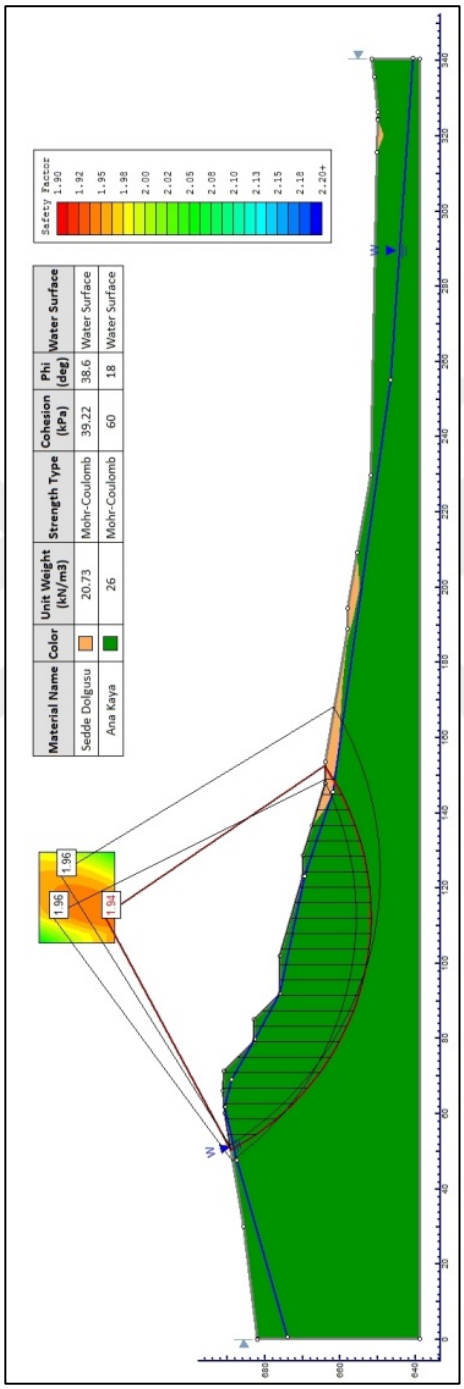
EK.13. 2-2' Kesiti stabilite analizi (boş-statik-kuru durum)



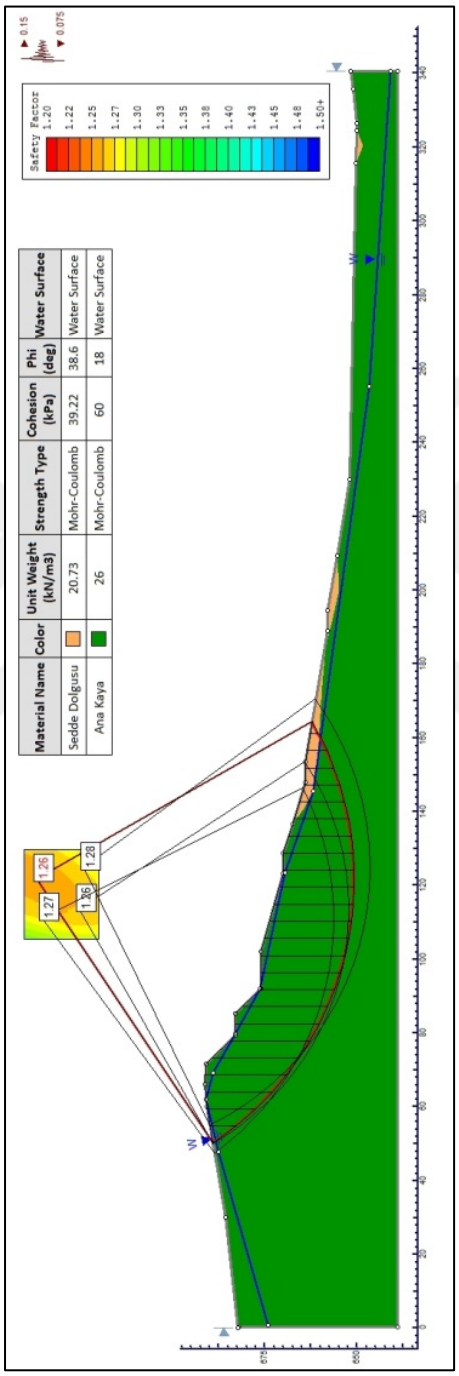
EK.14. 2-2' Kesiti stabilite analizi (boş-dinamik-kuru durum)



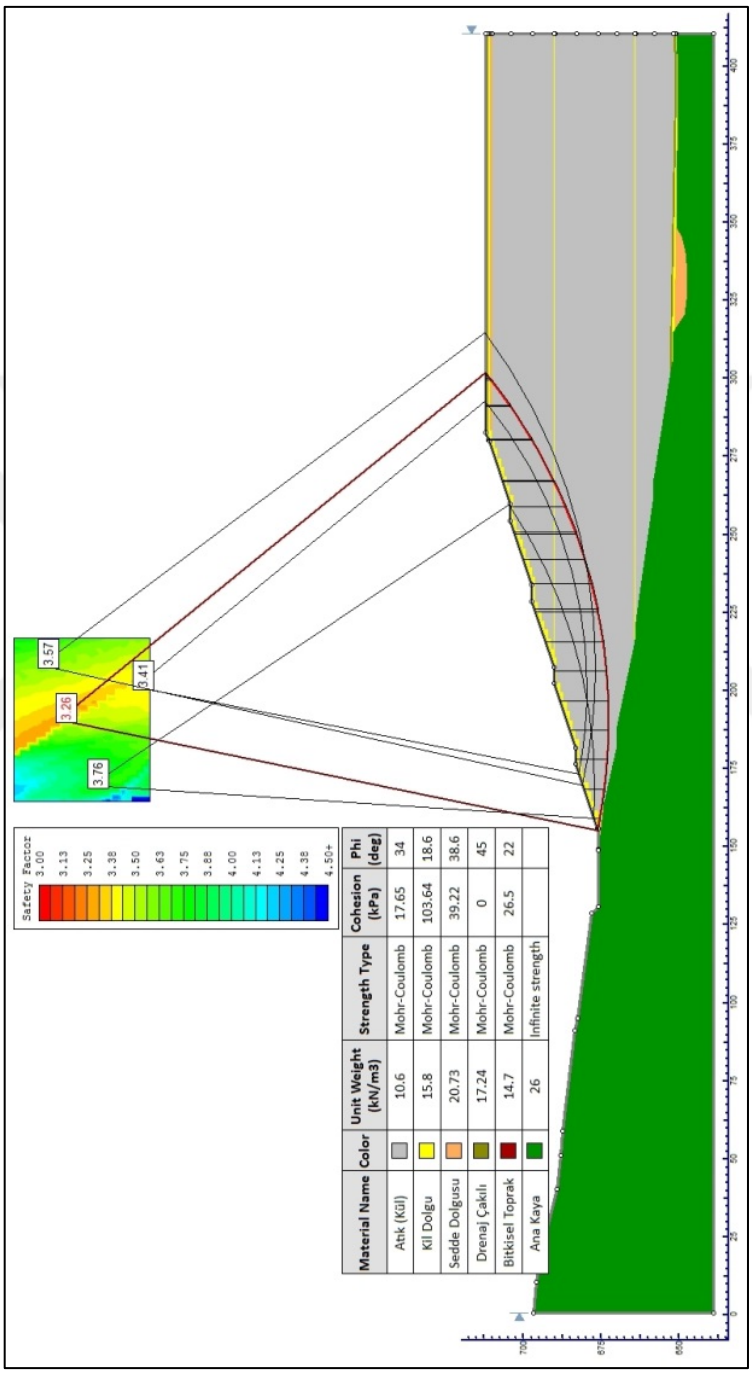
EK.15. 2-2' Kesiti stabilite analizi (boş-statik-suya doygun durum)



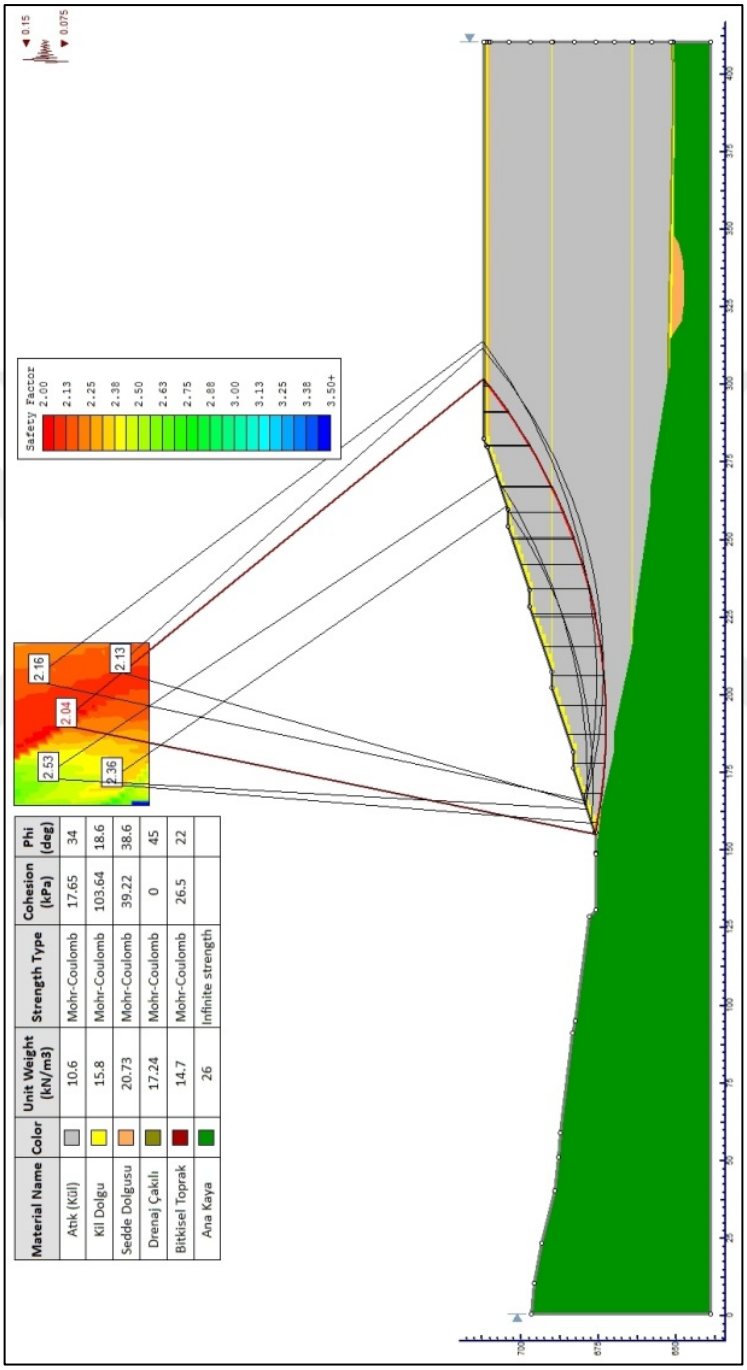
EK.16. 2-2' Kesiti stabilite analizi (boş-dinamik-suya doygun durum)



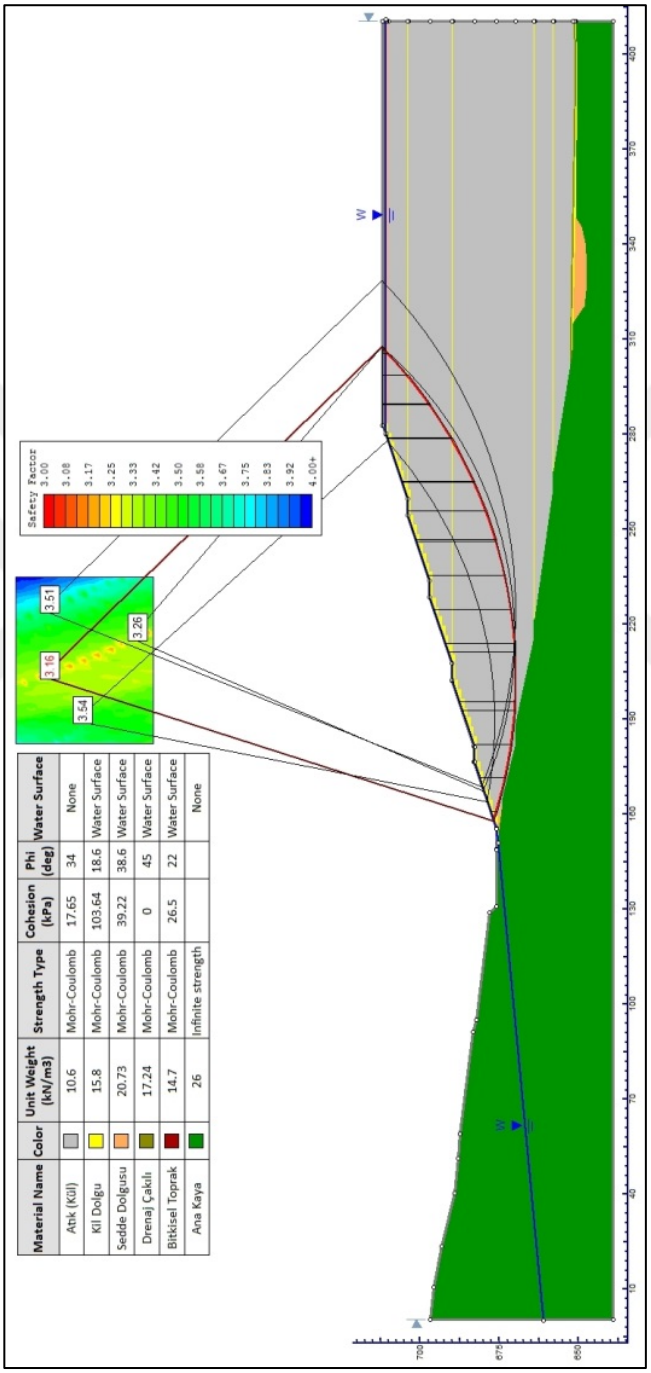
EK.17. 3-3’ Kesiti stabilite analizi (statik-kuru durum)



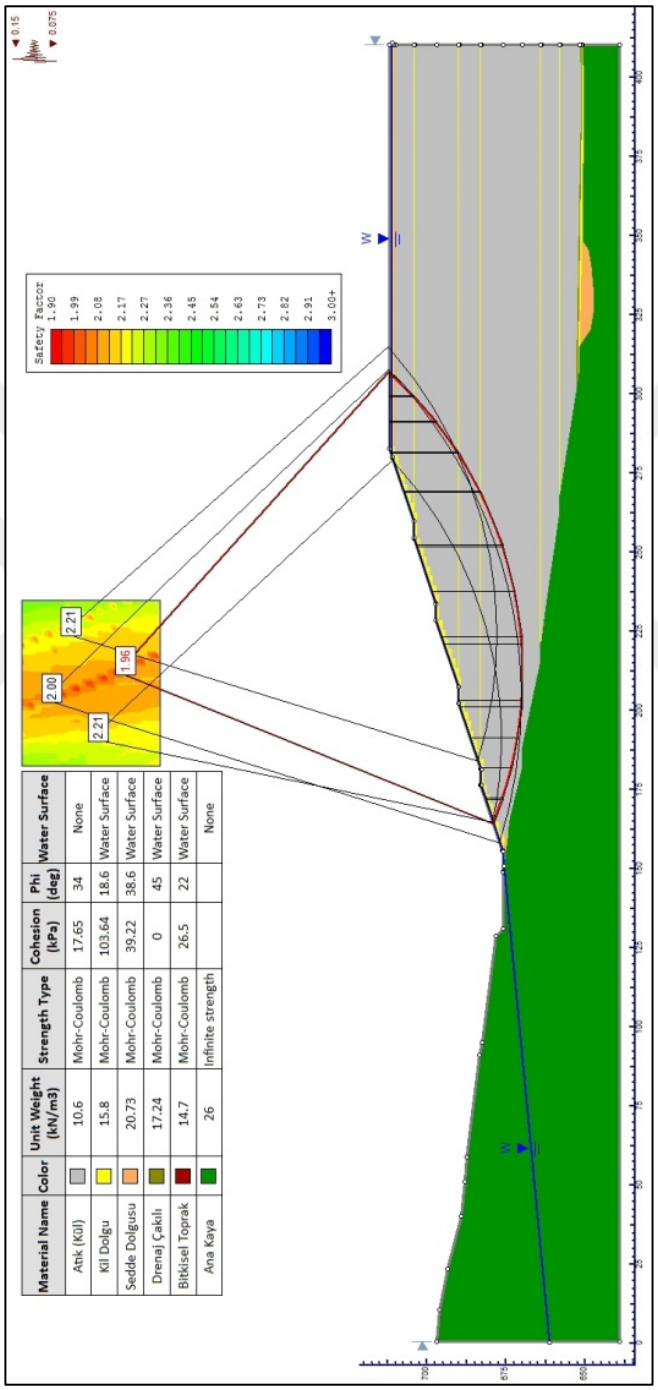
EK.18. 3-3’ Kesiti stabilite analizi (dinamik-kuru durum)



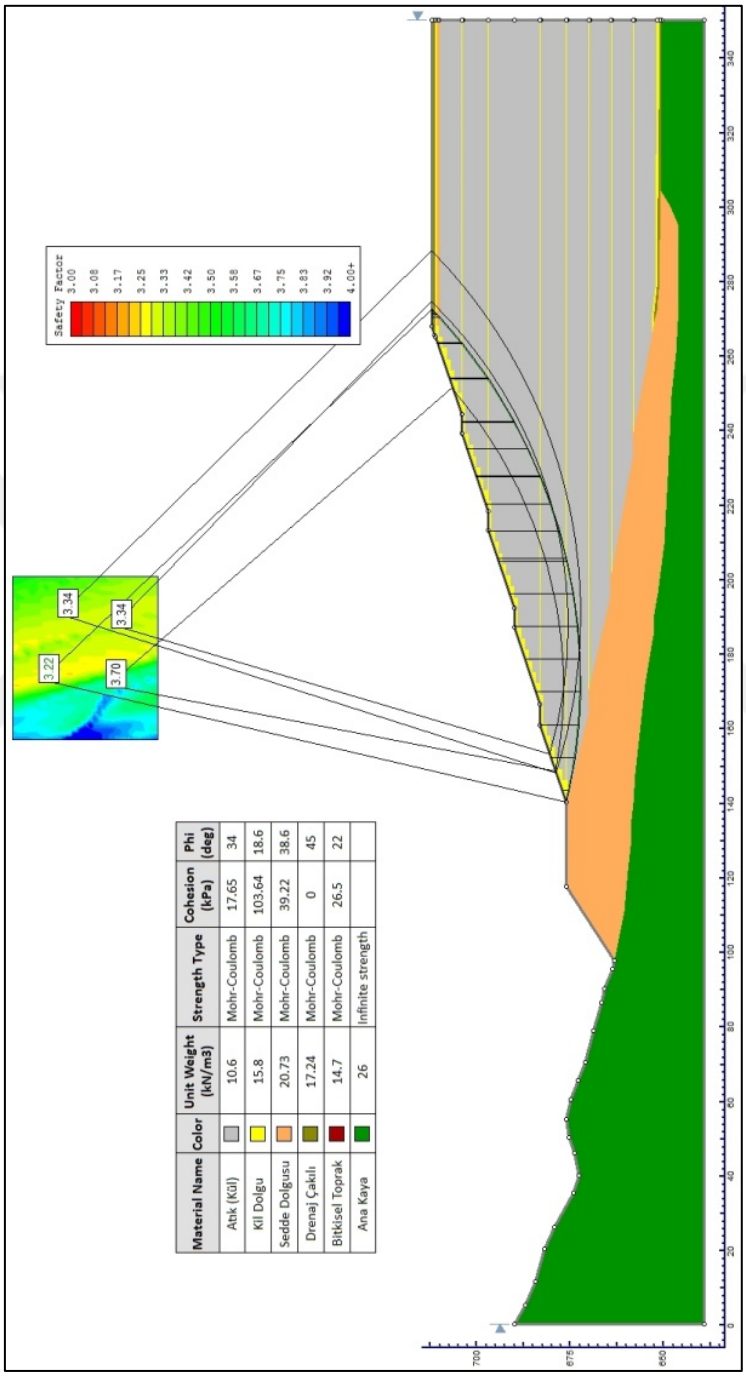
EK.19. 3-3’ Kesiti stabilite analizi (statik-suya doygun durum)



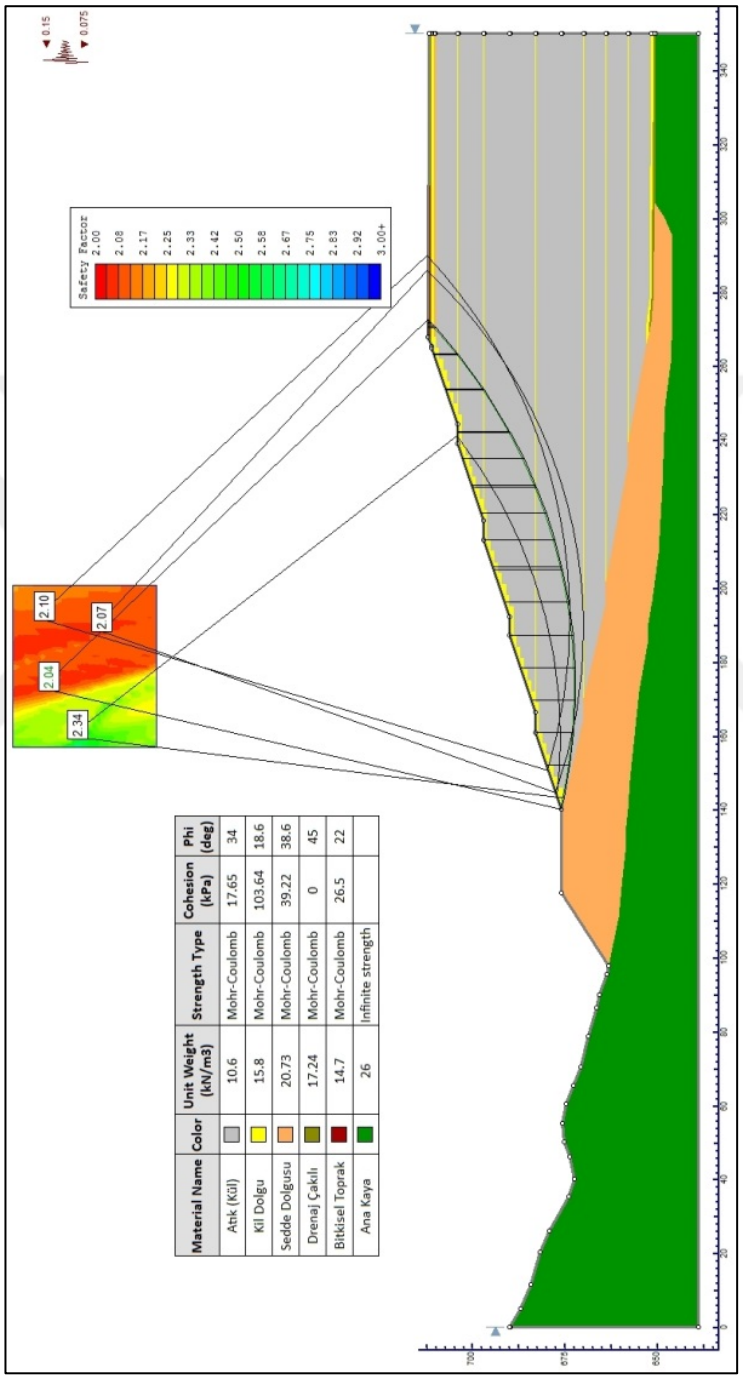
EK.20. 3-3’ Kesiti stabilite analizi (dinamik-suya doygun durum)



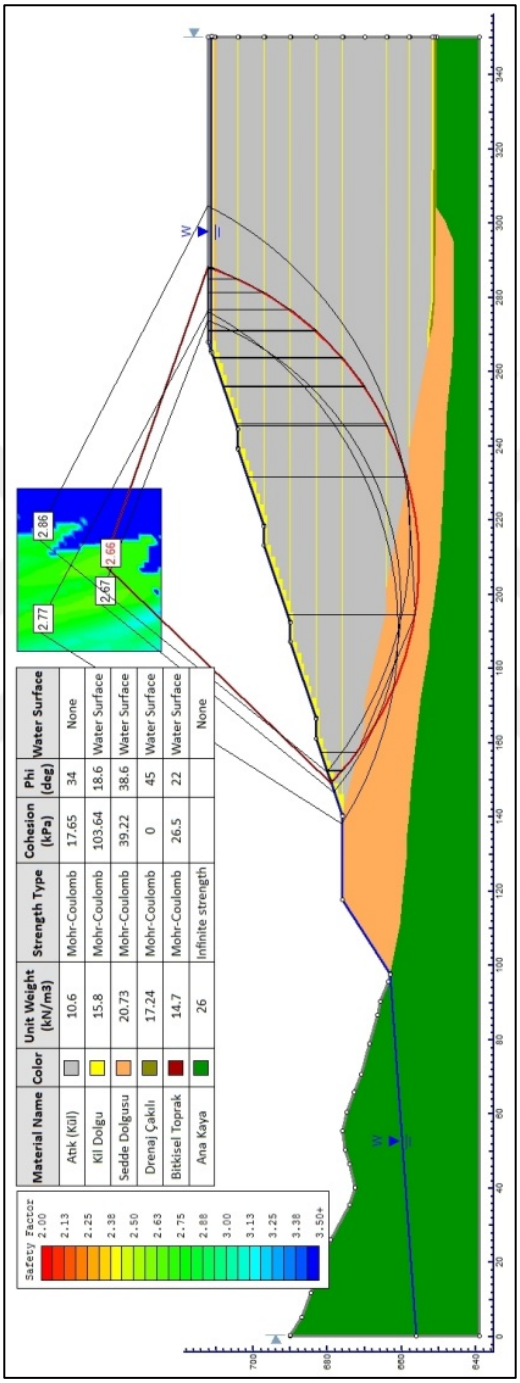
EK.21. 4-4’ Kesiti stabilite analizi (statik-kuru durum)



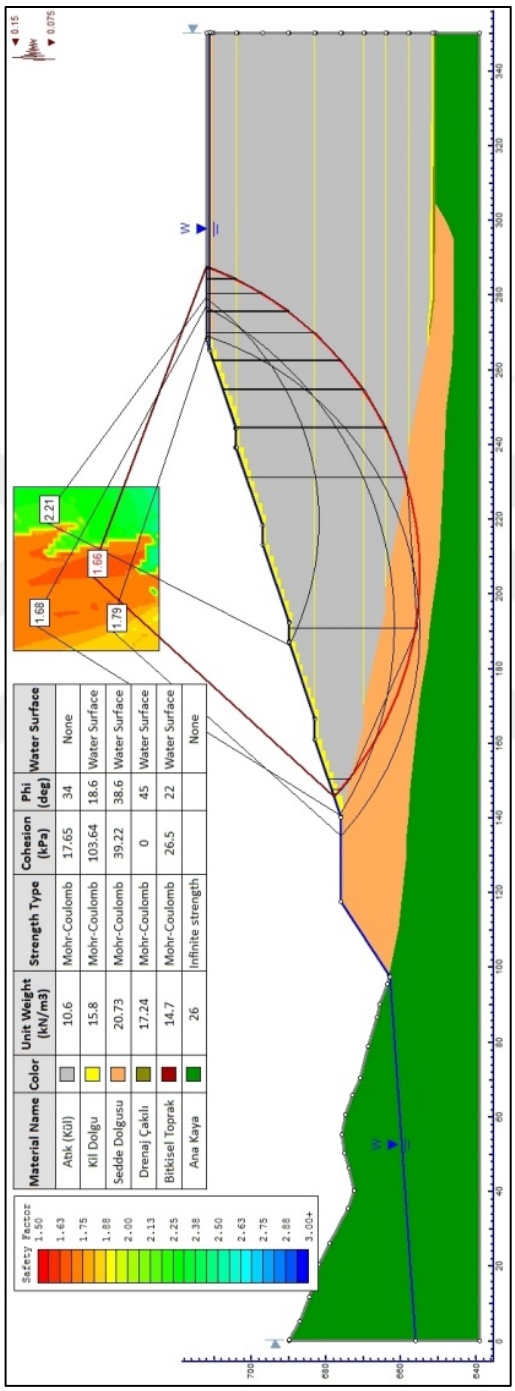
EK.22. 4-4’ Kesiti stabilite analizi (dinamik-kuru durum)



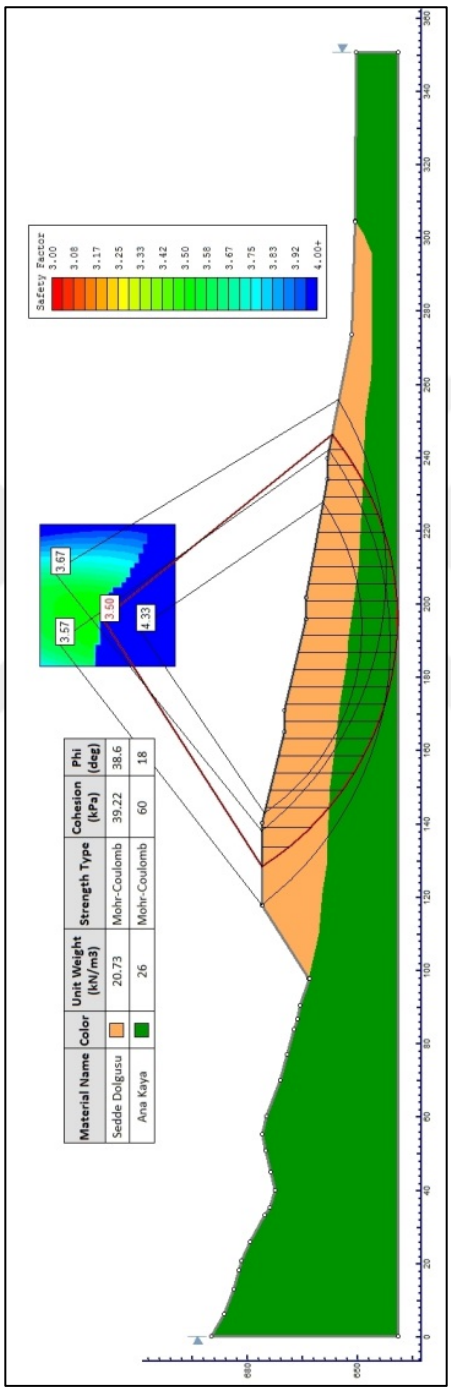
EK.23. 4-4’ Kesiti stabilite analizi (statik-suya doygun durum)



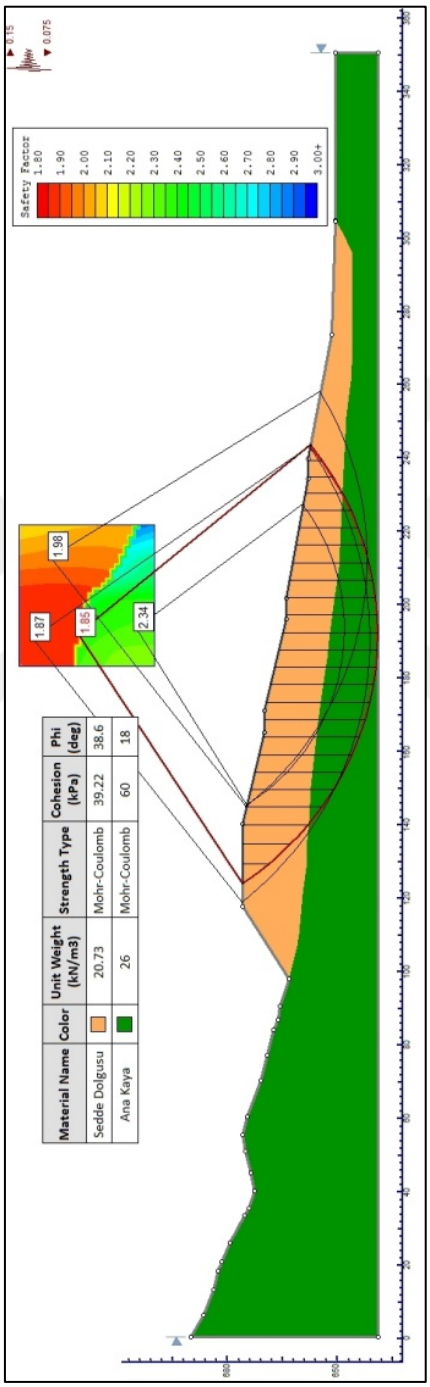
EK.24. 4-4’ Kesiti stabilite analizi (dinamik-suya doygun durum)



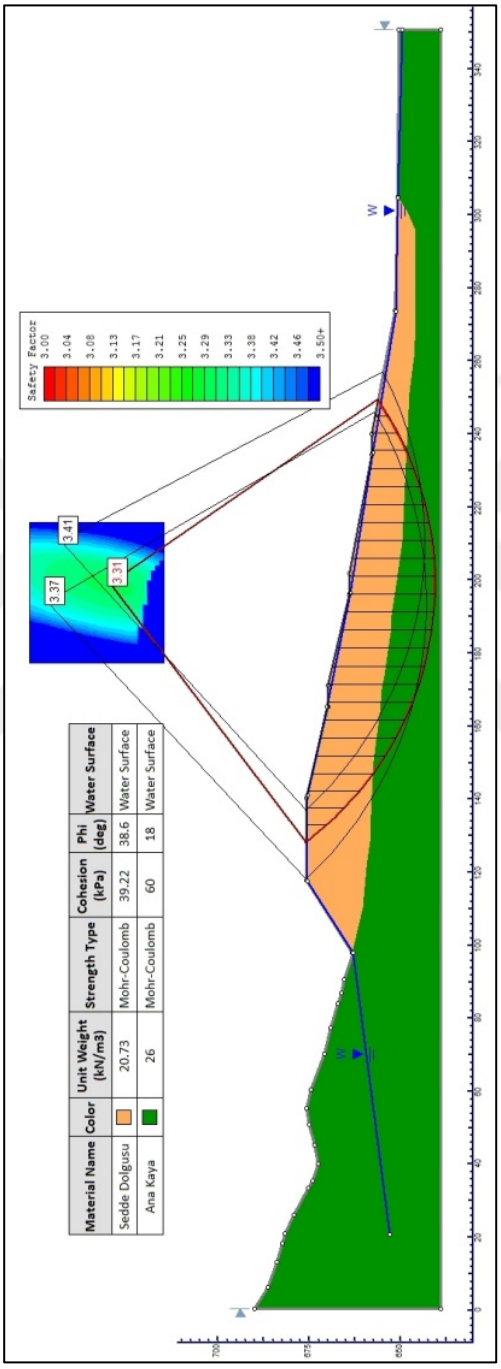
EK.25. 4-4’ Kesiti stabilite analizi (boş-statik-kuru durum)



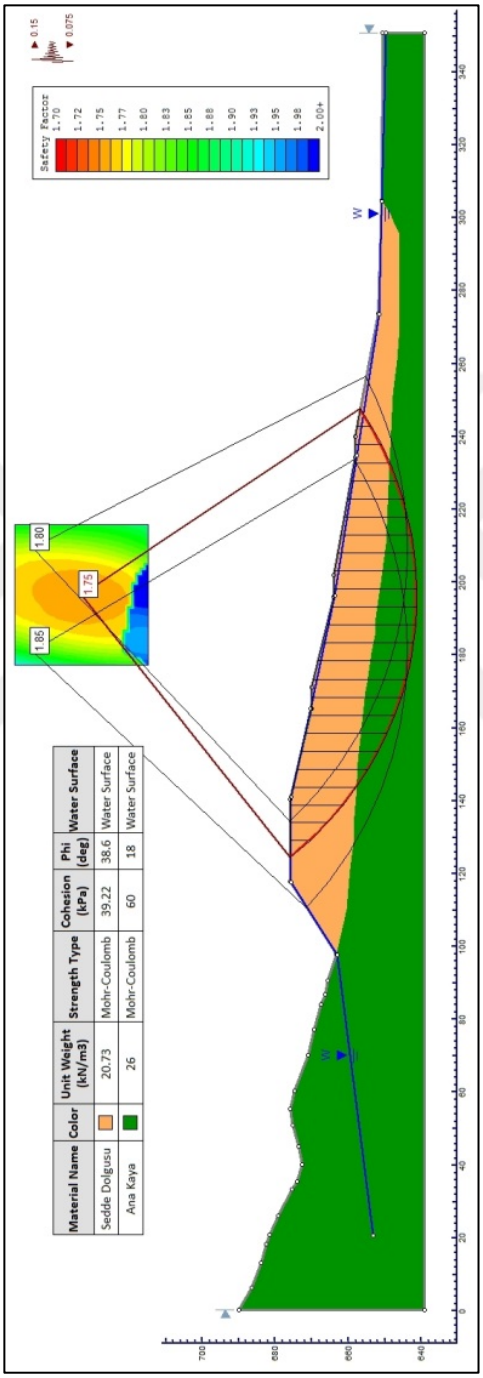
EK.26. 4-4’ Kesiti stabilite analizi (boş-dinamik-kuru durum)



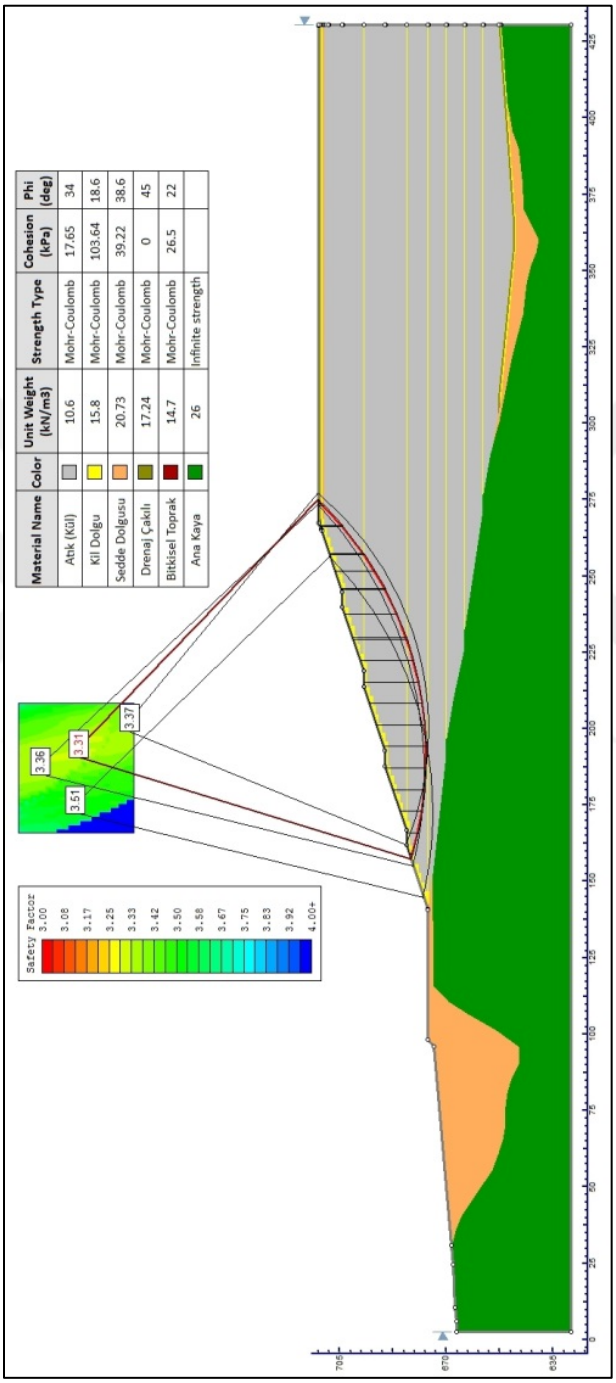
EK.27. 4-4’ Kesiti stabilite analizi (boş-statik-suya doygun durum)



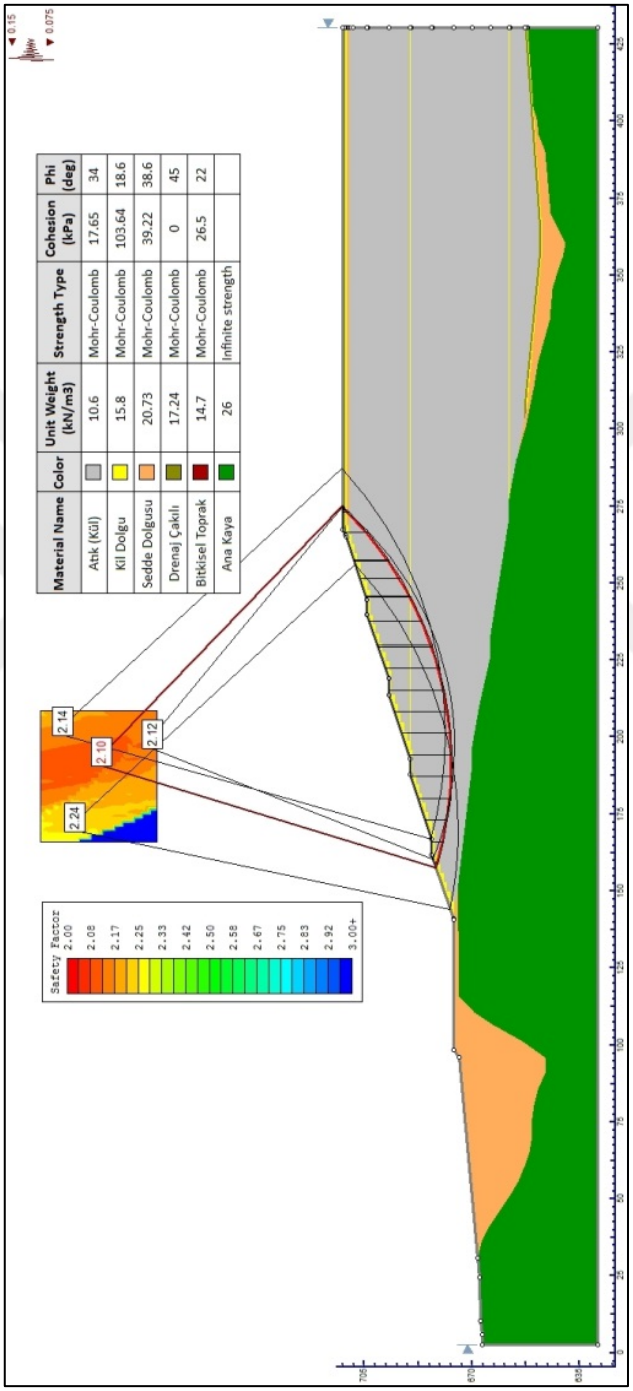
EK.28. 4-4’ Kesiti stabilite analizi (boş-dinamik-suya doygun durum)



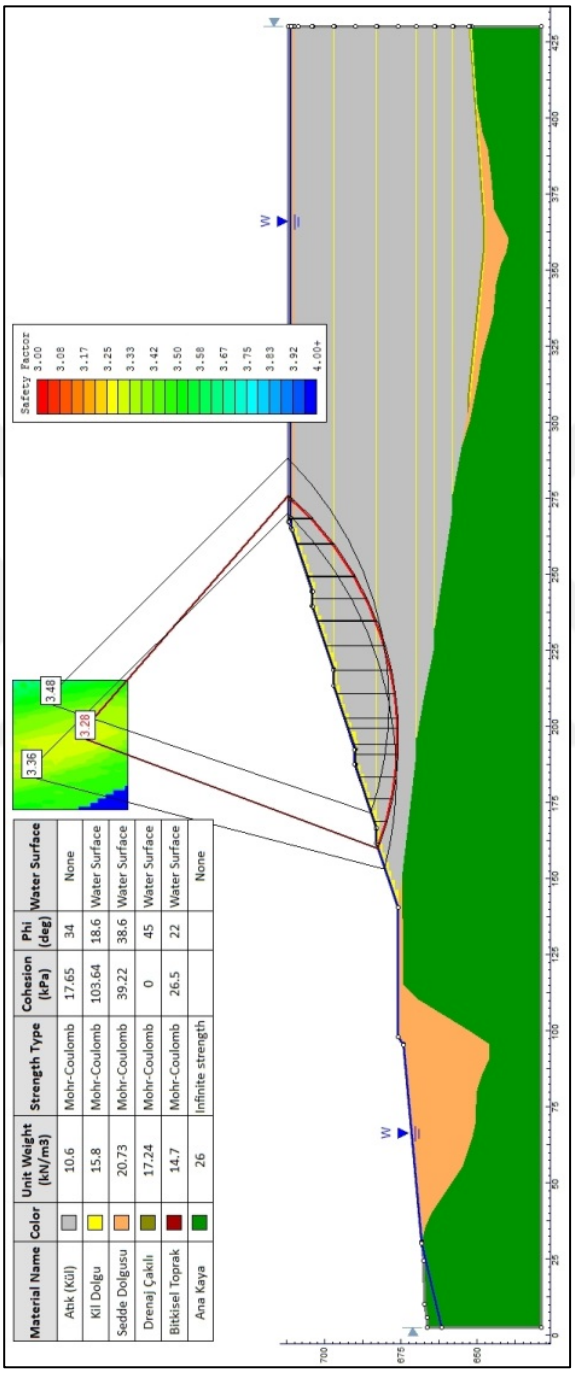
EK.29. 5-5’ Kesiti stabilite analizi (kuru-statik durum)



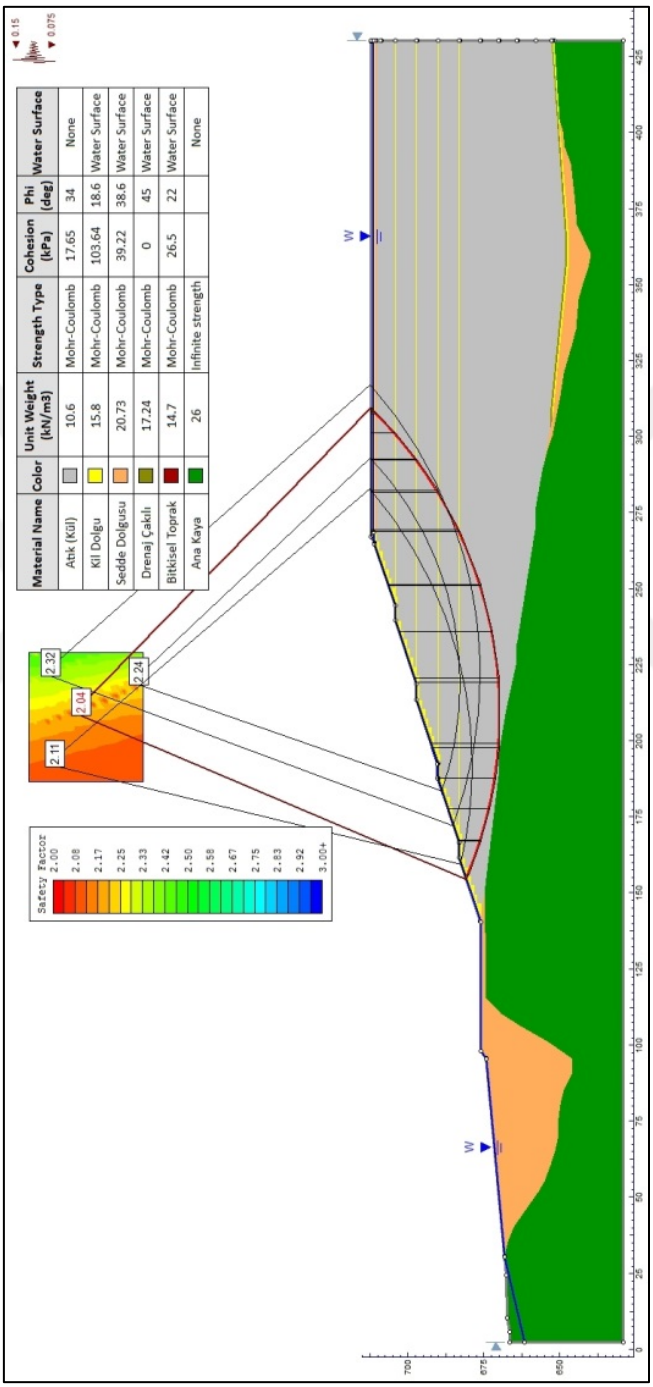
EK.30. 5-5’ Kesiti stabilite analizi (kuru-dinamik durum)



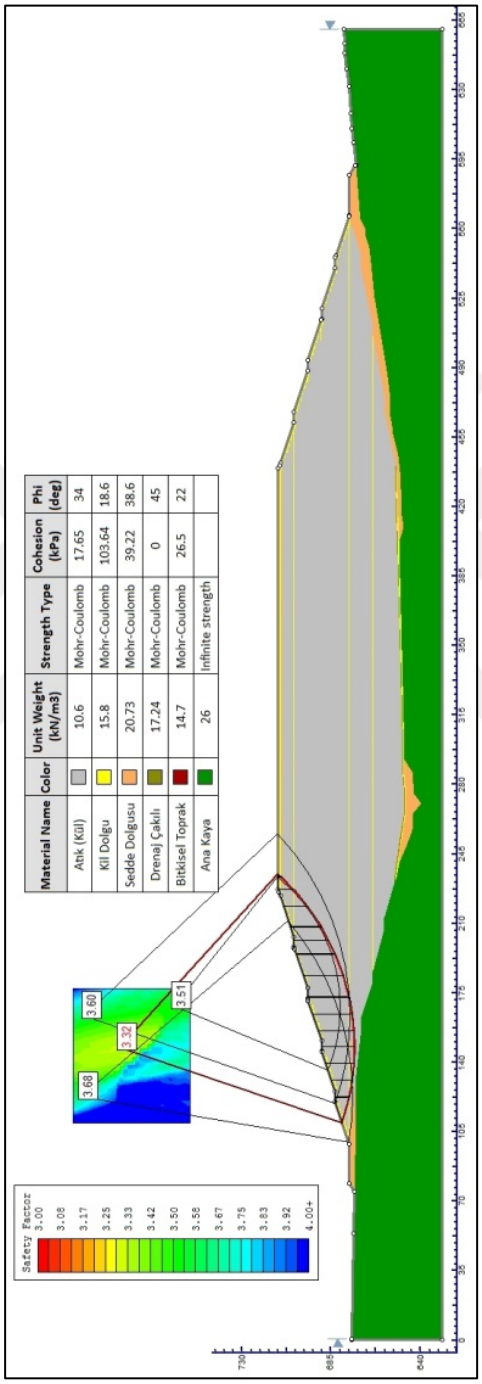
EK.31. 5-5’ Kesiti stabilite analizi (statik-suya doygun durum)



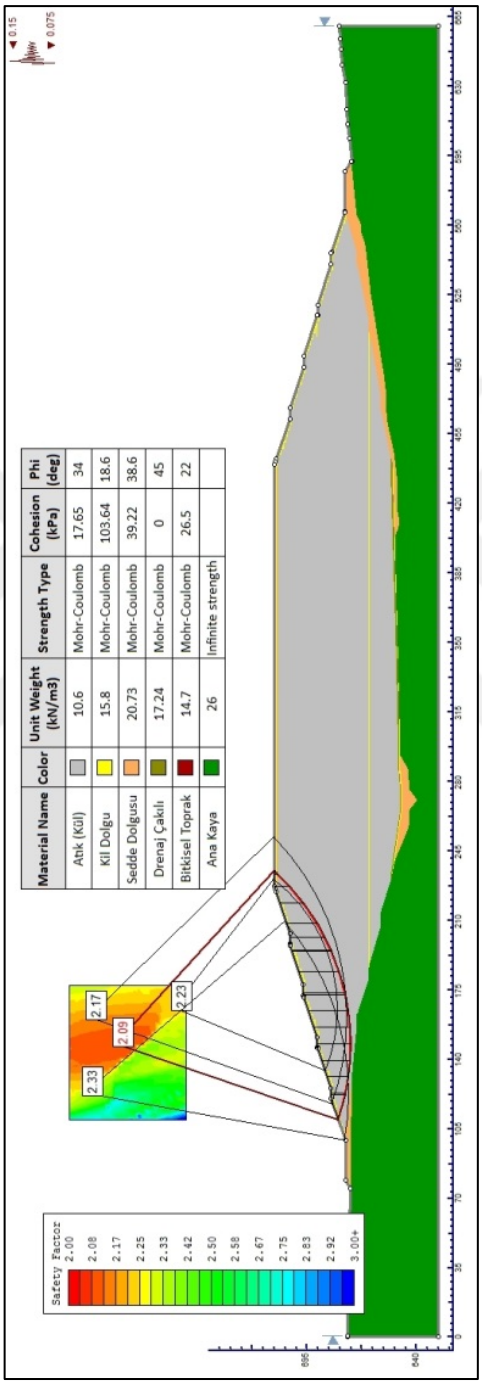
EK.32. 5-5’ Kesiti stabilite analizi (dinamik-suya doygun durum)



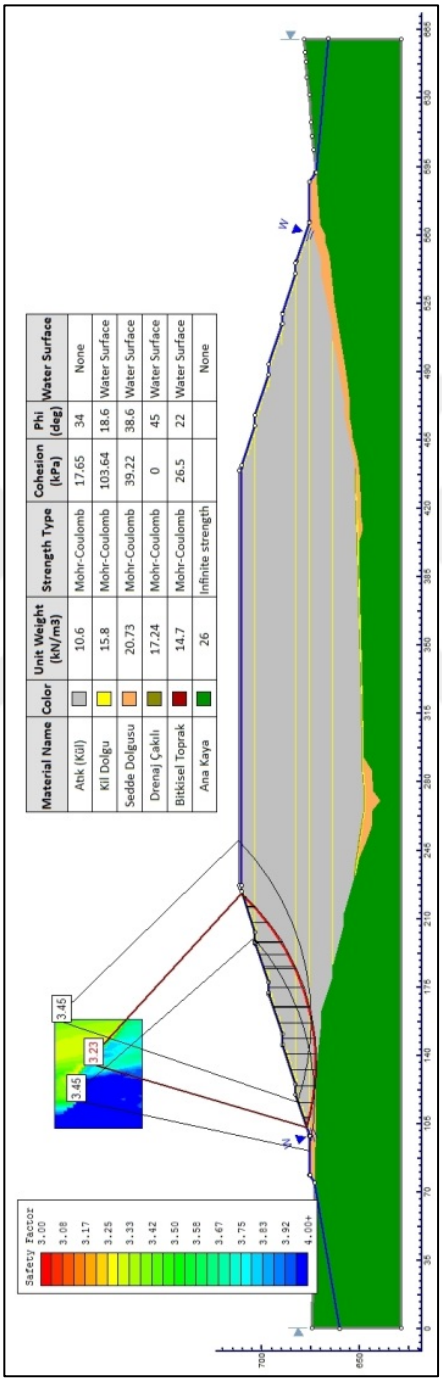
EK.33. D-B Kesiti batı kısmı stabilite analizi (kuru-statik durum)



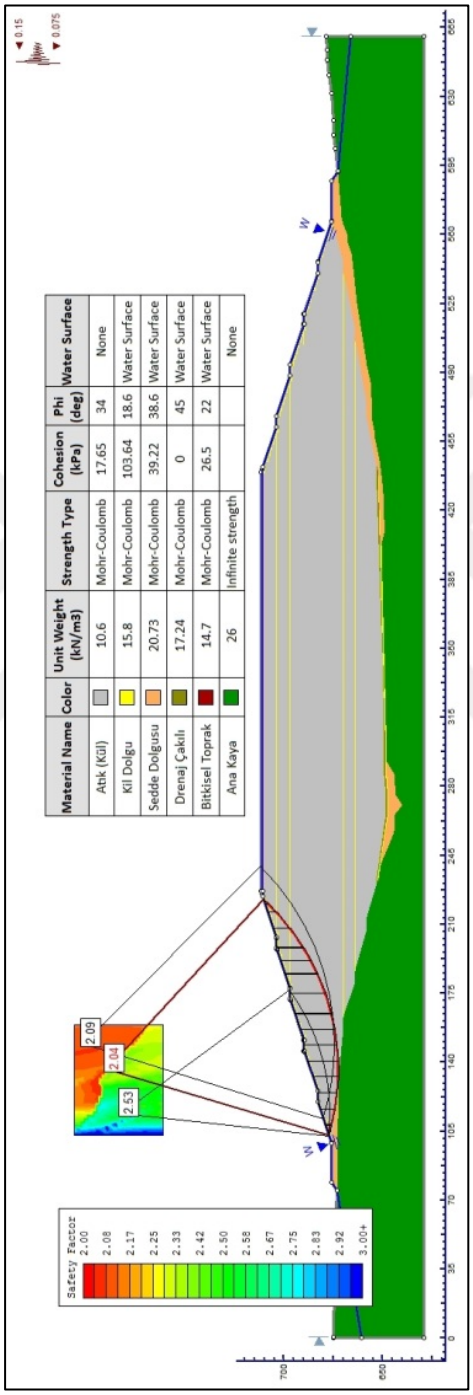
EK.34. D-B Kesiti batı kısmı stabilite analizi (dinamik- kuru durum)



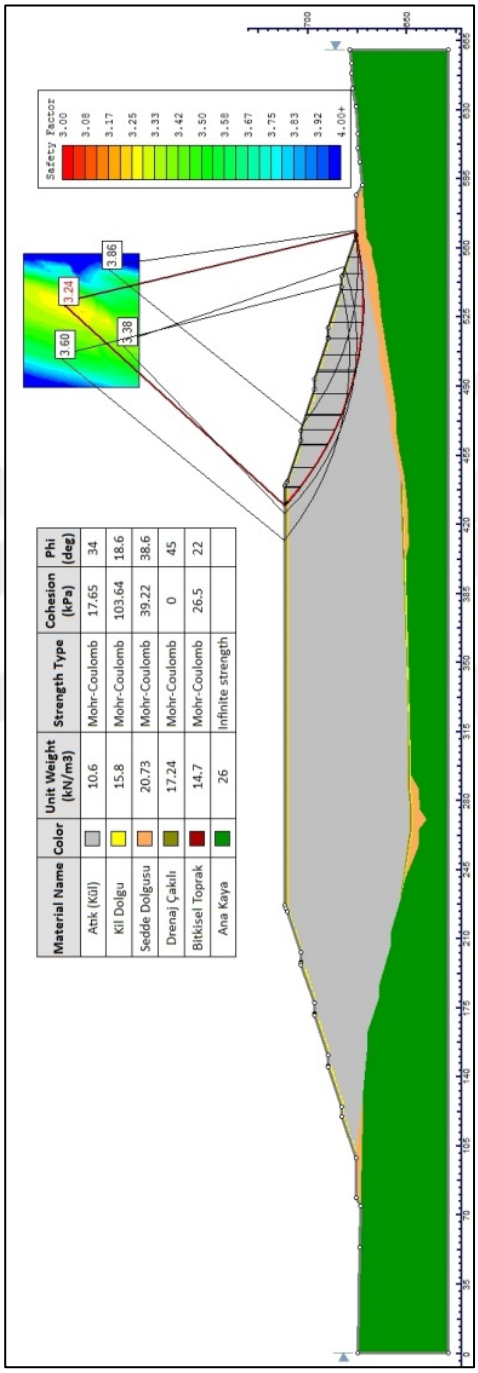
EK.35. D-B Kesiti batı kısmı stabilite analizi (statik-suya doygun durum)



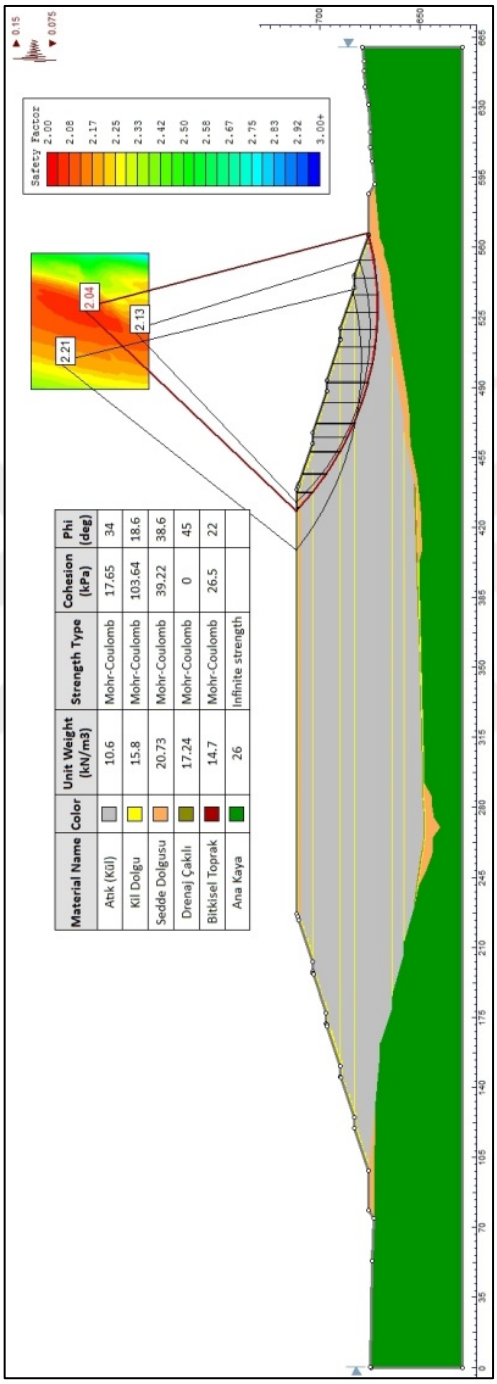
EK.36. D-B Kesiti batı kısmı (dinamik-suya doygun durum)



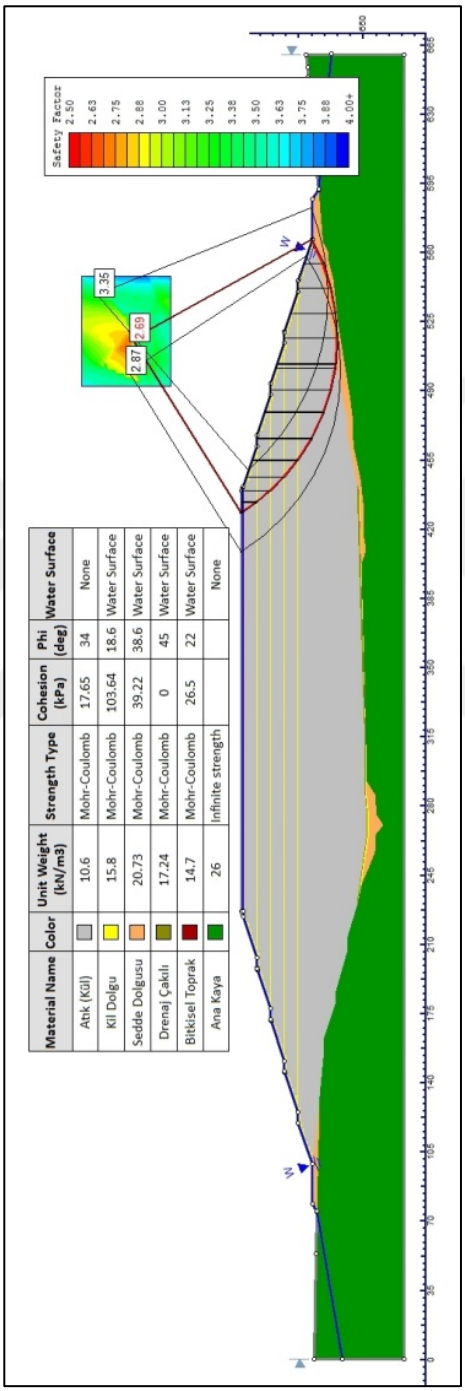
EK.37. D-B Kesiti doğu kısmı stabilite analizi (statik-kuru durum)



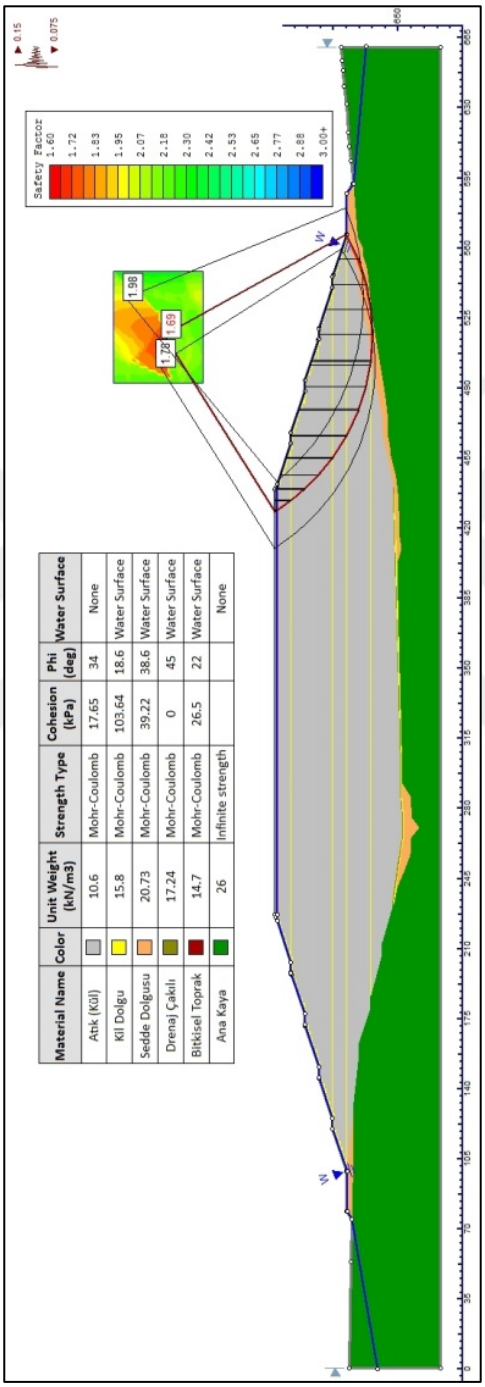
EK.38. D-B Kesiti doğu kısmı stabilite analizi (dinamik-kuru durum)



EK.39. D-B Kesiti doğu kısmı stabilite analizi (statik-suya doygun durum)

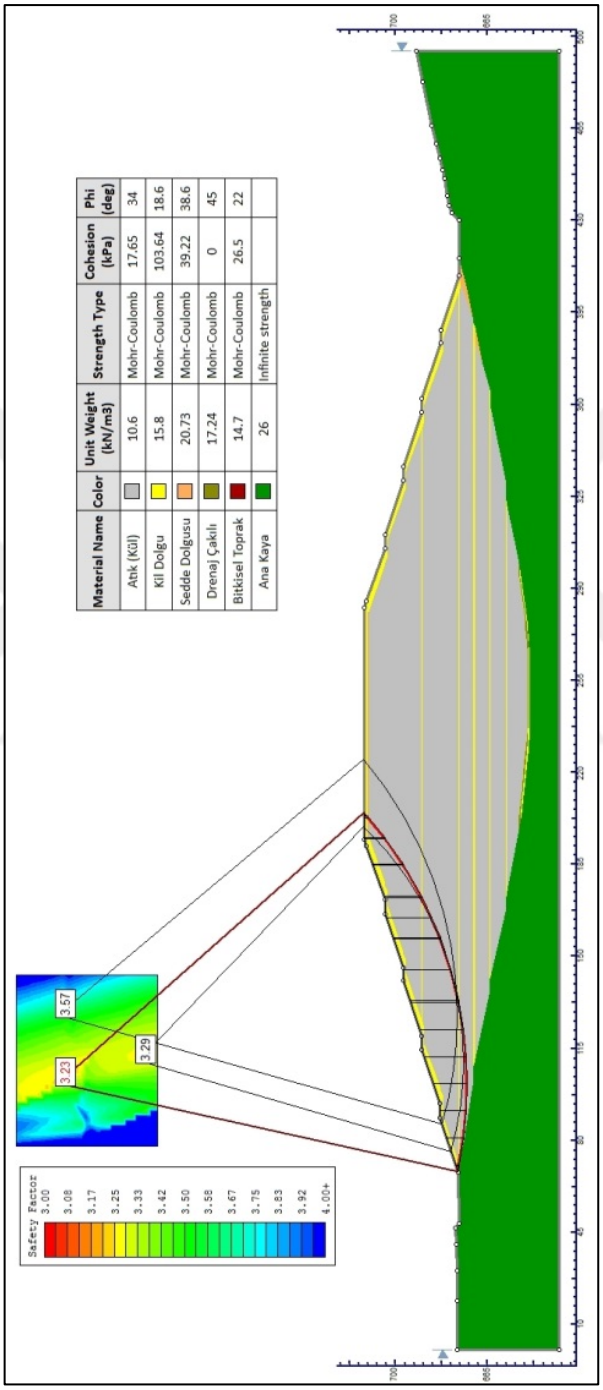


EK.40. D-B Kesiti doğu kısmı stabilite analizi (dinamik-suya doygun)

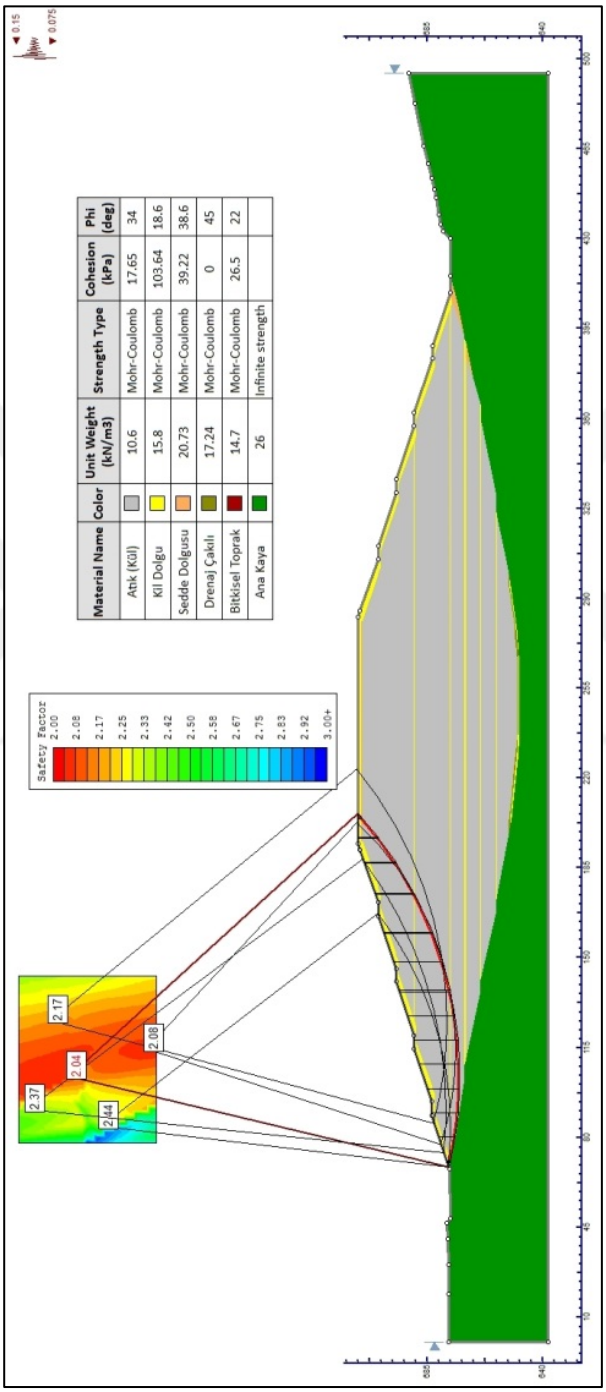


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface
Atık (Kül)		10.6	Mohr-Coulomb	17.65	34	None
Kil Dolgu		15.8	Mohr-Coulomb	103.64	18.6	Water Surface
Sedde Dolgusu		20.73	Mohr-Coulomb	39.22	38.6	Water Surface
Drenaj Çakılı		17.24	Mohr-Coulomb	0	45	Water Surface
Bitkisel Toprak		14.7	Mohr-Coulomb	26.5	22	Water Surface
Ana Kaya		26	Infinite strength			None

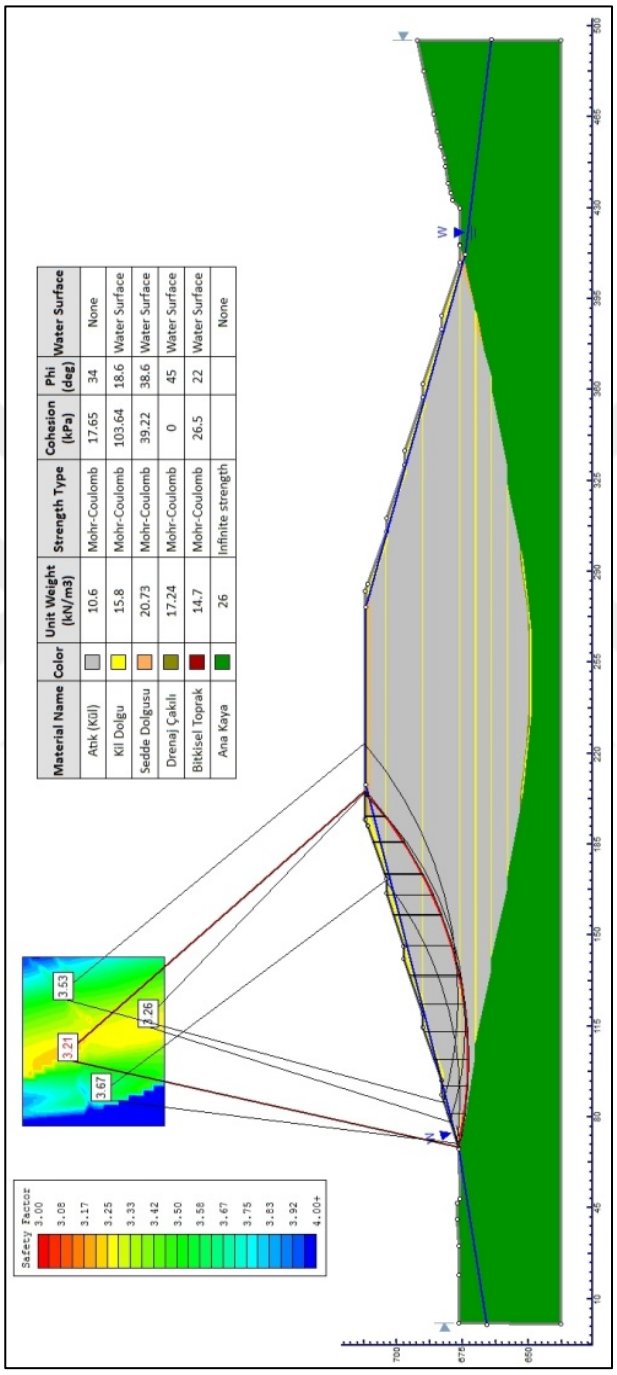
EK.41. K-G kesiti kuzey kısmı stabilite analizi (statik-kuru durum)



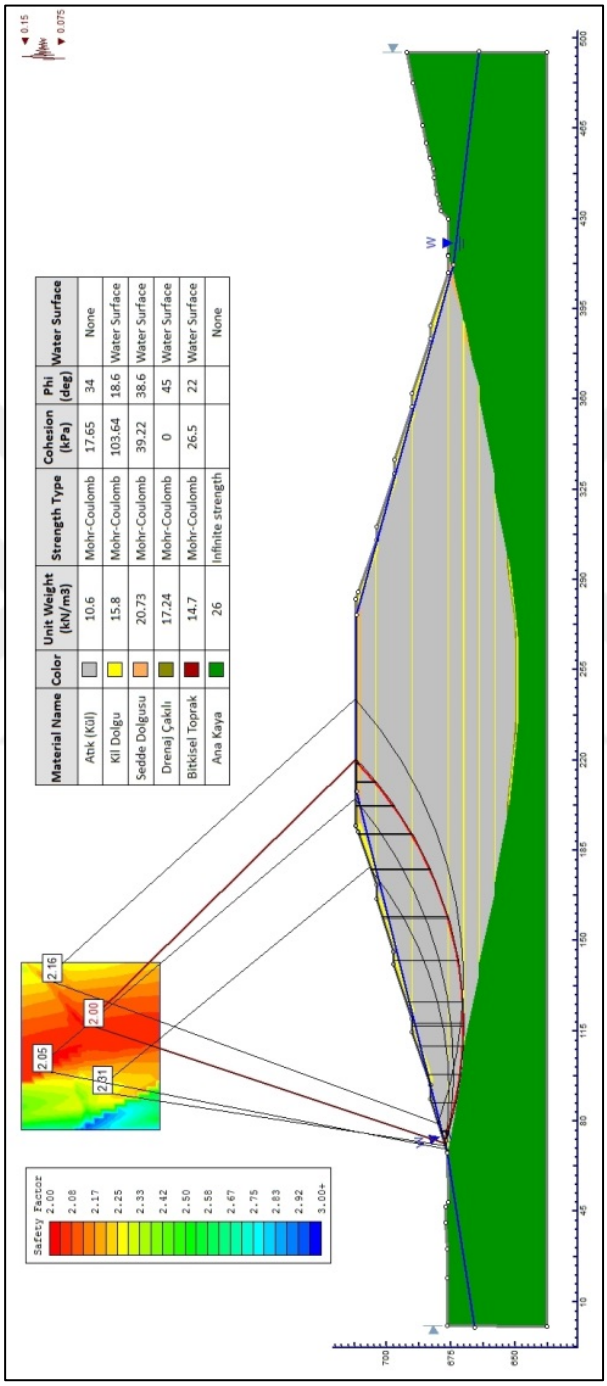
EK.42. K-G Kesiti kuzey kısmı stabilite analizi (dinamik-kuru durum)



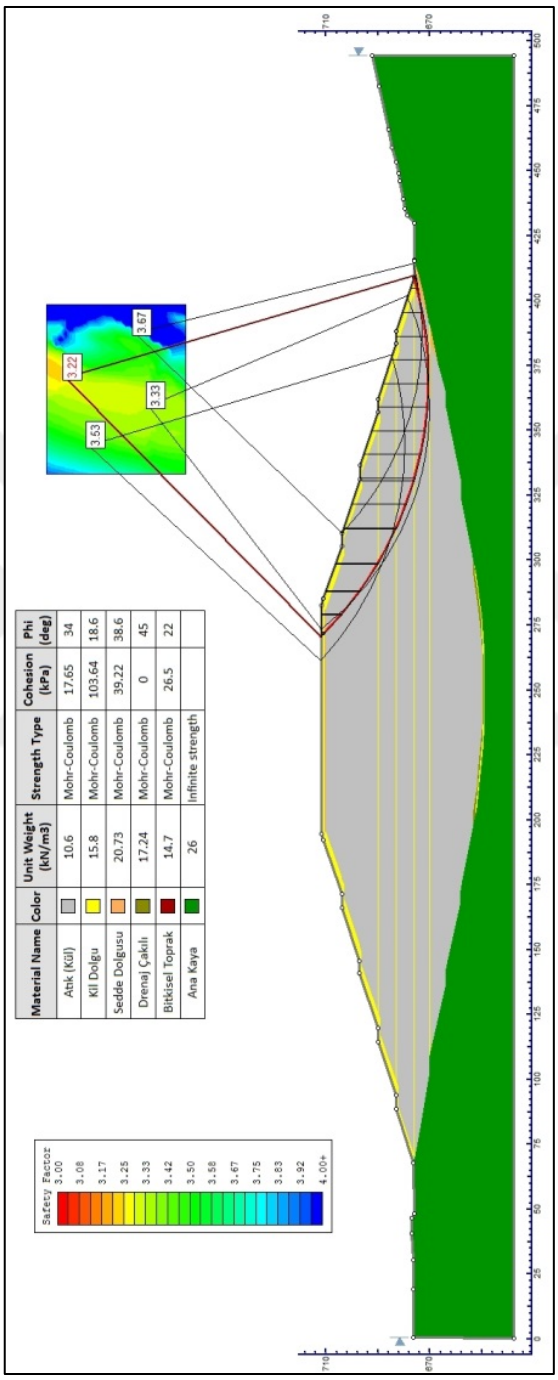
EK.43. K-G kesiti kuzey kısmı stabilite analizi (statik-suya doygun)



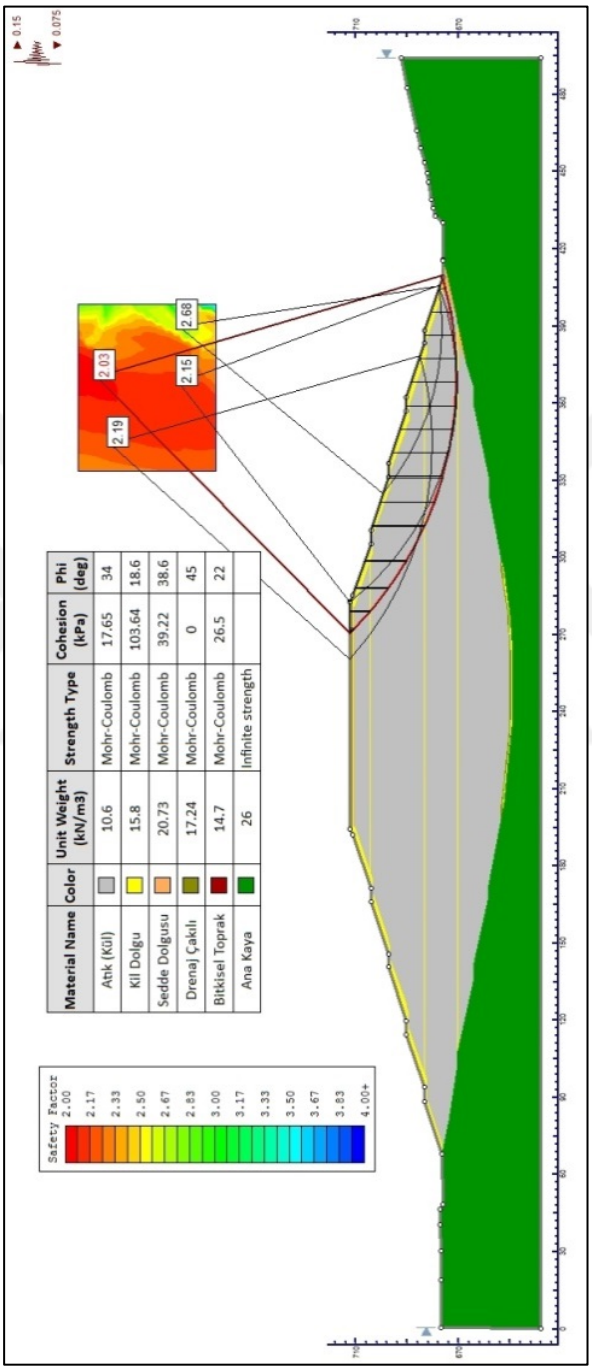
EK.44. K-G Kesiti kuzey kısmı stabilite analizi (dinamik-suya doygun)



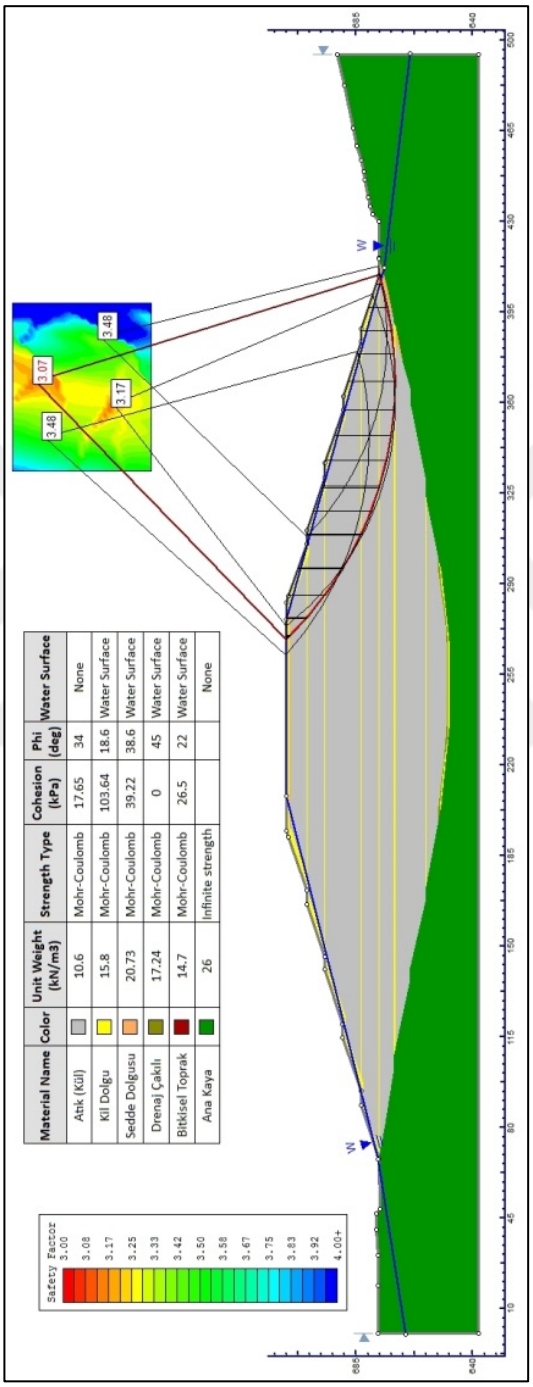
EK.45. K-G Kesiti güney kısmı stabilite analizi (statik-kuru durum)



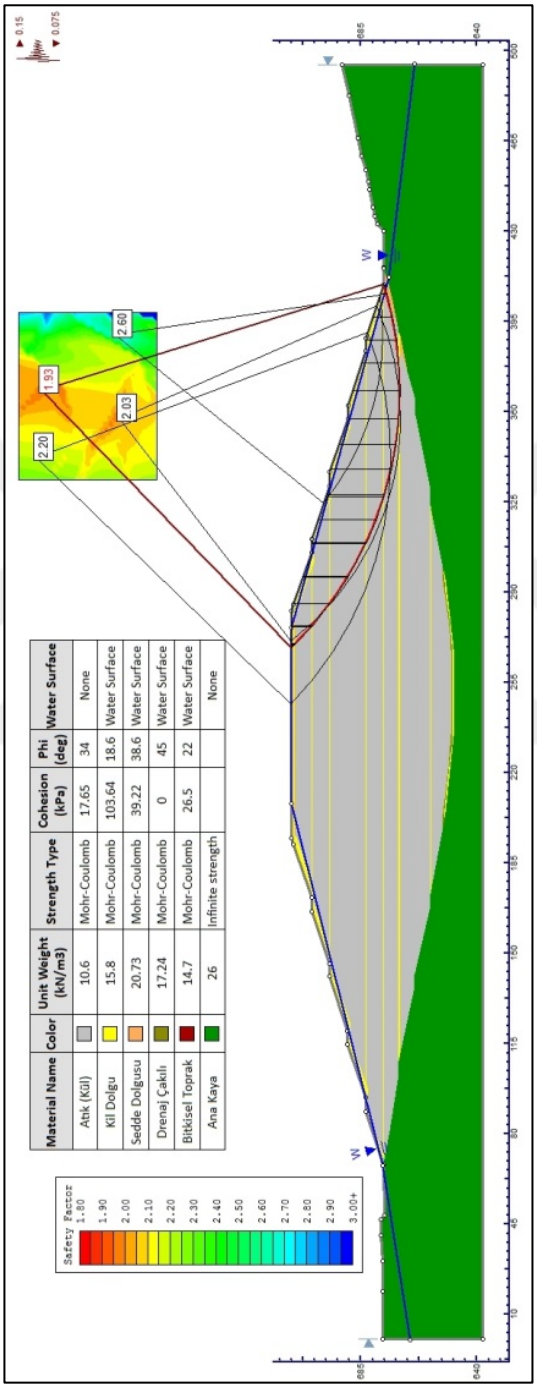
EK.46. K-G Kesiti güney kısmı stabilite analizi (dinamik-kuru durum)



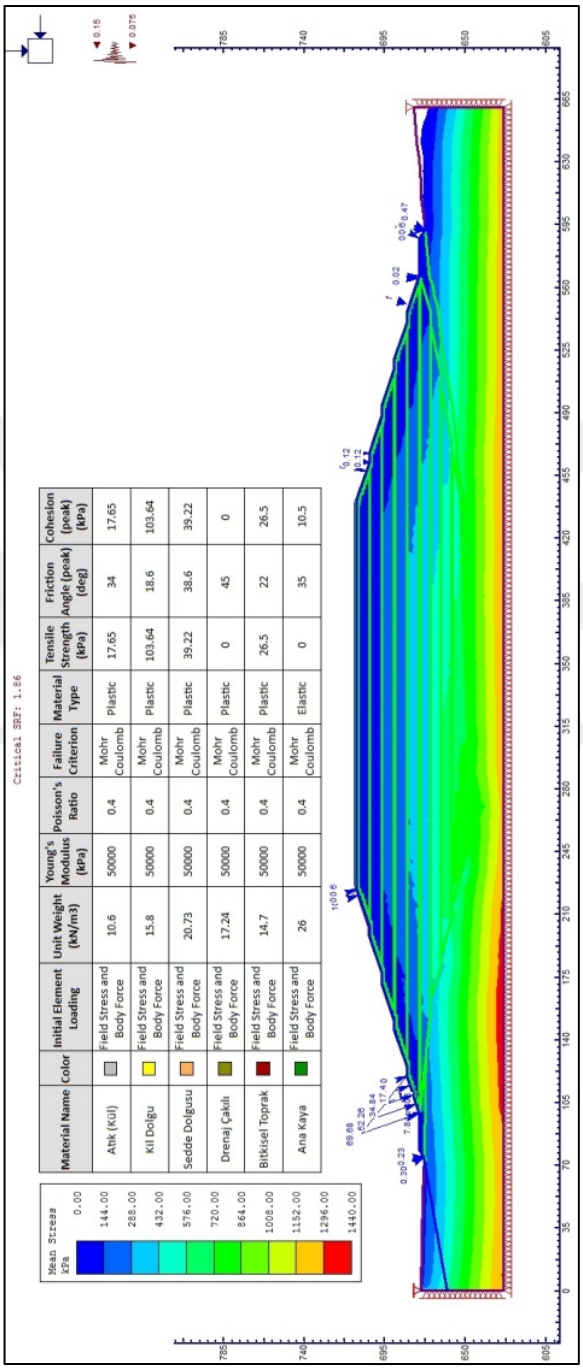
EK.47. K-G Kesiti güney kısmı stabilite analizi (statik-suya doygun)



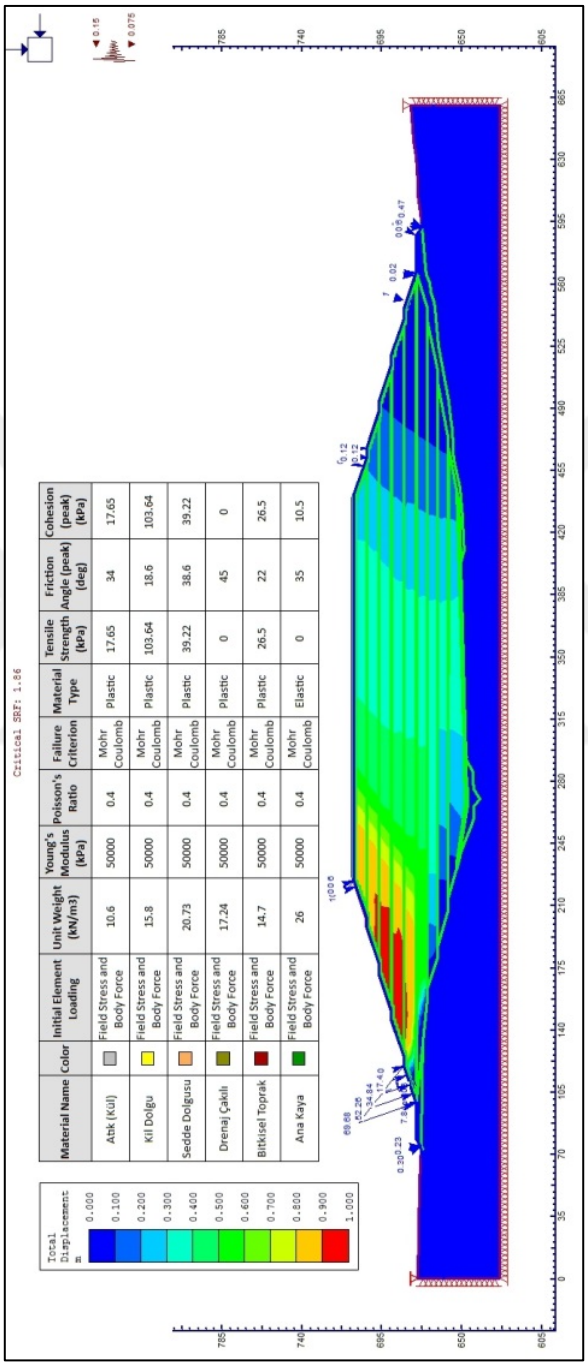
EK.48. K-G Kesiti güney kısmı stabilite analizi (dinamik-suya doygun)



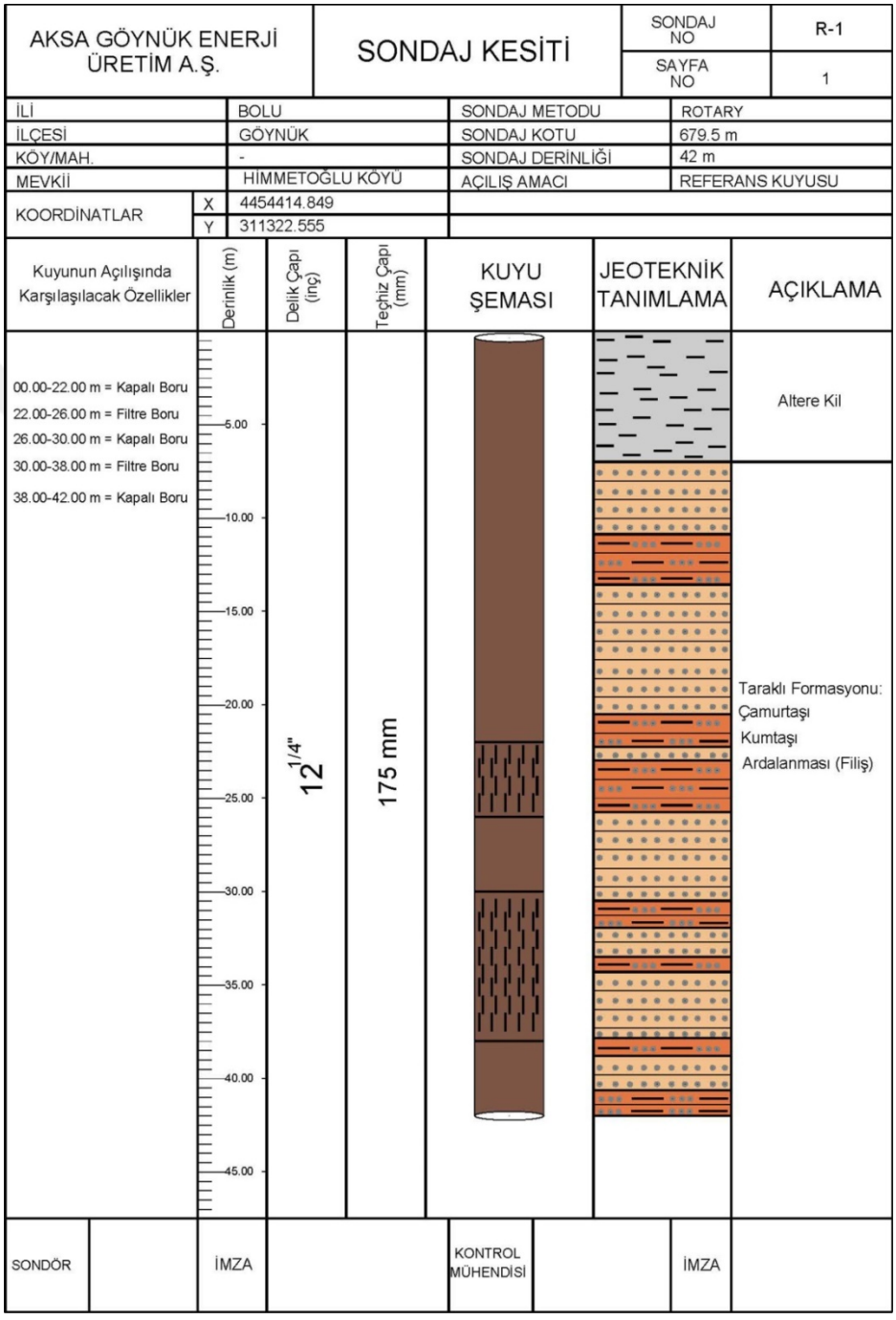
EK.49. D-B Kesiti gerilme dağılımı



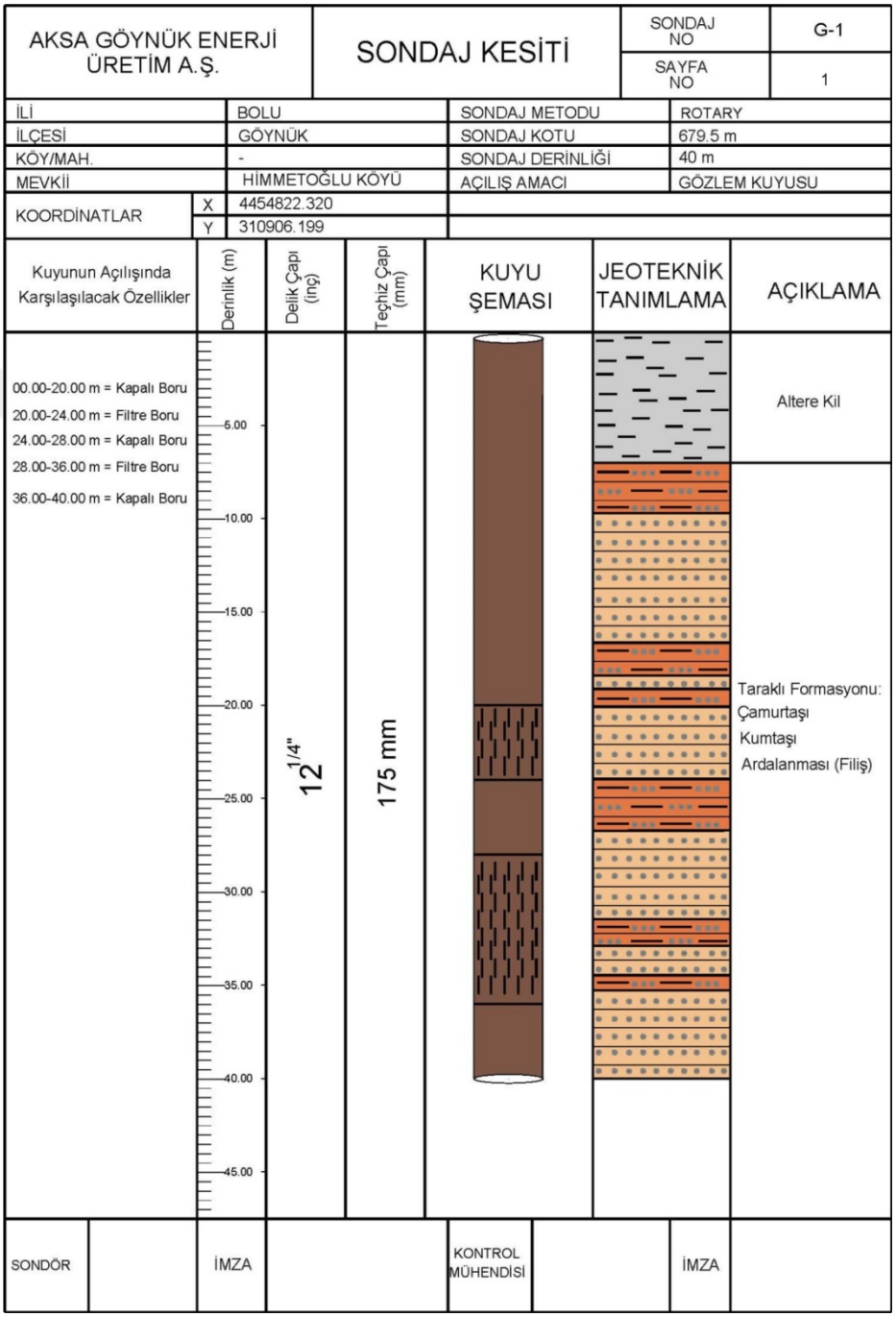
EK.50. D-B Kesiti deformasyon dağılımı



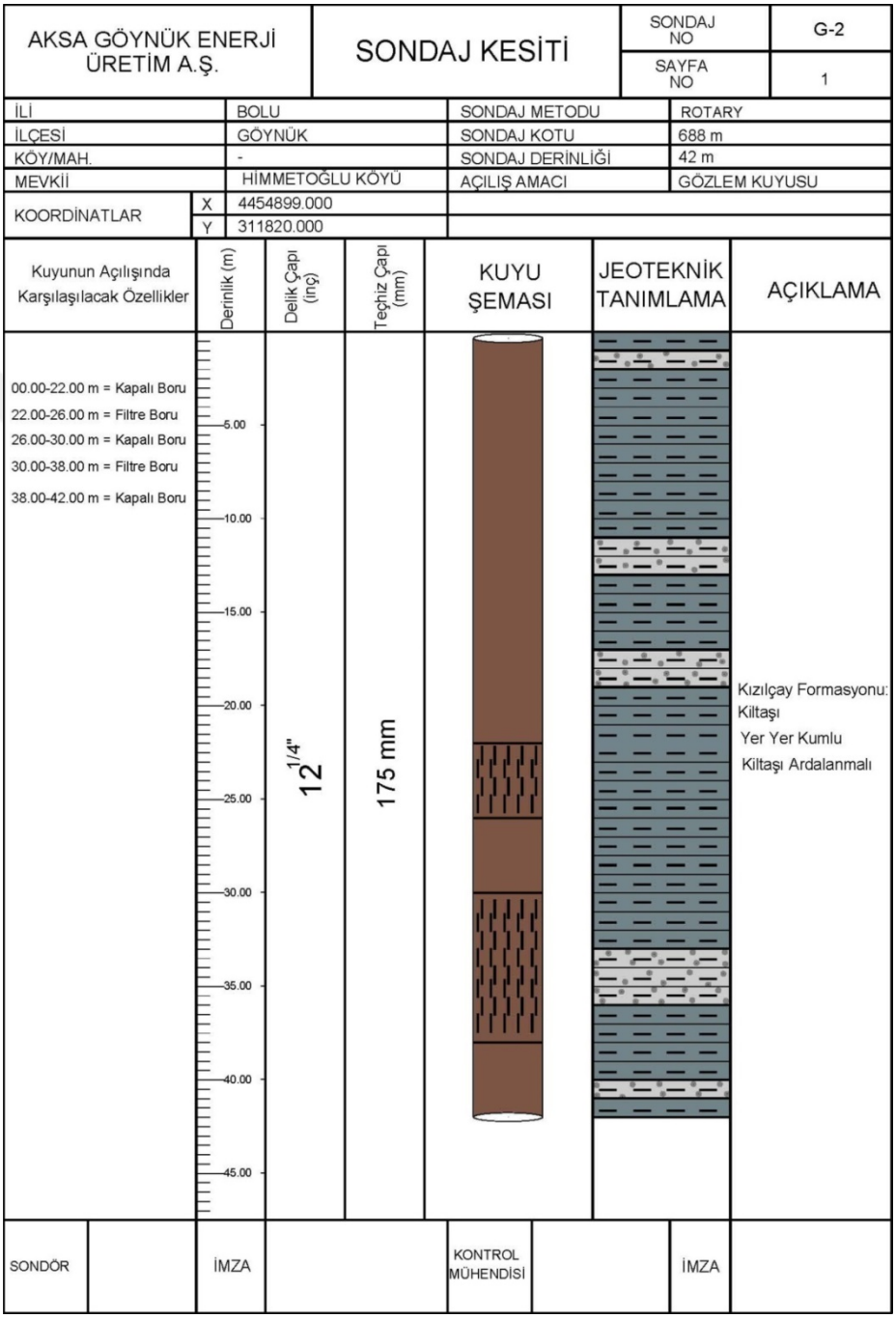
EK.51. Referans kuyusu sondaj logu



EK.52. Gözlem kuyusu-1 sondaj logu

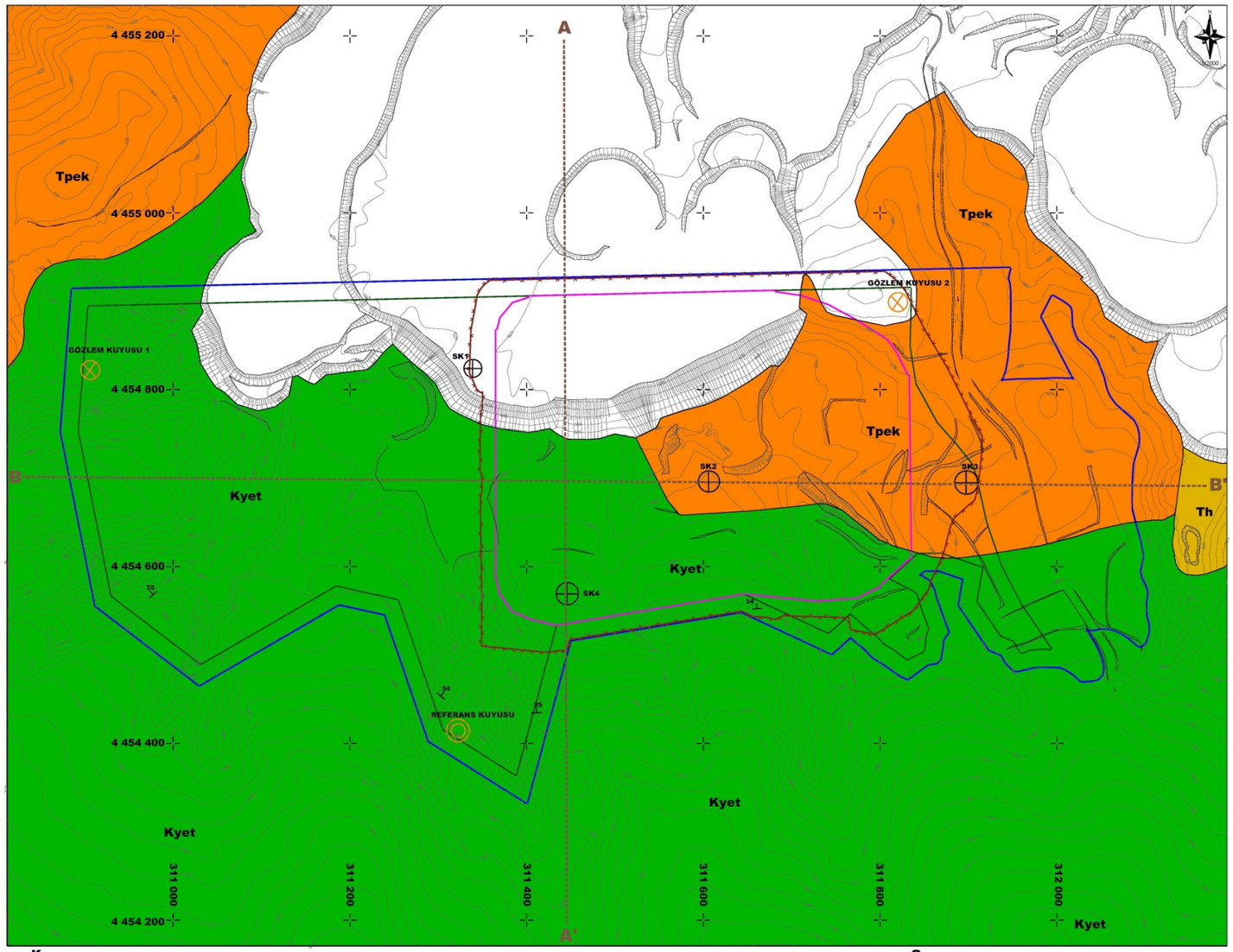


EK.53. Gözlem kuyusu-2 sondaj logu



EK.54.

PROJE ALANI VE YAKIN ÇEVRESİ 1/2000 ÖLÇEKLİ JEOLOJİ HARİTASI VE KESİTLERİ



ÇED ALANI VE SINIR KOORDİNATLARI

NoktaNo	Y	X
1	311947.221	4454937.734
2	311944.410	4454926.172
3	311946.384	4454919.506
4	311946.959	4454910.468
5	311947.130	4454902.544
6	311947.005	4454885.831
7	311946.798	4454866.701
8	311944.907	4454849.828
9	311944.022	4454836.661
10	311941.304	4454821.355
11	311936.963	4454810.064
12	311956.364	4454811.388
13	311975.728	4454811.612
14	311999.736	4454812.560
15	312019.290	4454811.898
16	311982.750	4454882.642
17	311994.773	4454906.431
18	312004.701	4454900.816
19	312014.161	4454894.337
20	312016.216	4454890.088
21	312017.145	4454872.020
22	312020.750	4454861.560
23	312023.421	4454855.971
24	312037.542	4454844.275
25	312045.110	4454833.901
26	312048.745	4454824.319
27	312052.790	4454813.844
28	312056.064	4454800.096
29	312059.744	4454791.833
30	312066.053	4454783.261
31	312076.301	4454774.116
32	312086.550	4454764.971
33	312090.487	4454757.799
34	312092.431	4454750.254
35	312092.763	4454740.565
36	312090.231	4454730.752
37	312086.028	4454717.037
38	312085.299	4454708.483
39	312084.603	4454694.429
40	312084.404	4454675.520
41	312084.661	4454663.633
42	312089.924	4454643.659
43	312094.055	4454629.221
44	312097.408	4454611.291
45	312095.066	4454600.592
46	312093.745	4454594.038
47	312095.682	4454586.274
48	312101.045	4454575.755
49	312102.155	4454569.558
50	312100.662	4454557.951
51	312101.058	4454543.640
52	312103.412	4454535.202
53	312104.053	4454528.141
54	312102.717	4454521.148
55	312099.813	4454513.328
56	312094.399	4454509.331
57	312090.730	4454511.435
58	312081.316	4454519.232
59	312074.222	4454524.091
60	312065.560	4454528.124
61	312057.710	4454530.149
62	312047.808	4454530.044
63	312044.021	4454528.633
64	312032.921	4454528.417
65	312042.602	4454512.693
66	312047.180	4454504.054
67	312050.763	4454493.877
68	312052.224	4454485.972
69	312051.813	4454478.444
70	312046.589	4454472.651
71	312040.253	4454471.137
72	312037.499	4454470.311
73	312017.731	4454478.812
74	312010.347	4454483.461
75	312003.061	4454486.378
76	311983.130	4454487.052
77	311972.254	4454486.096
78	311956.721	4454481.975
79	311951.385	4454482.156
80	311941.957	4454491.430
81	311937.222	4454500.075
82	311923.739	4454505.558
83	311910.409	4454526.883
84	311898.877	4454541.593
85	311889.159	4454556.220
86	311894.253	4454586.056
87	311865.983	4454595.654
88	311849.886	4454595.591
89	311844.211	4454590.468
90	311847.215	4454588.904
91	311856.127	4454582.947
92	311860.982	4454573.198
93	311863.759	4454562.421
94	311870.660	4454543.491
95	311877.431	4454525.350
96	311873.348	4454520.775
97	311870.981	4454515.828
98	311870.434	4454508.933
99	311868.068	4454494.716
100	311864.163	4454490.763
101	311855.327	4454489.648
102	311852.130	4454488.028
103	311831.181	4454472.553
104	311820.674	4454477.779
105	311803.648	4454489.982
106	311792.247	4454496.652
107	311782.694	4454506.874
108	311768.931	4454518.023
109	311766.443	4454520.277
110	311745.204	4454501.099
111	311642.964	4454548.878
112	311449.392	4454516.653
113	311400.244	4454332.758
114	311289.069	4454402.988
115	311239.898	4454545.897
116	311187.665	4454557.357
117	311029.474	4454465.775
118	310912.038	4454555.603
119	310972.991	4454752.176
120	310885.382	4454913.774

ALANI : 50.01 Ha.

ATIK DEPOLAMA ALANI VE SINIR KOORDİNATLARI

NoktaNo	Y	X
D1	311365.546	4454867.992
D2	311369.020	4454881.937
D3	311383.462	4454899.146
D4	311402.554	4454905.439
D5	311681.028	4454911.723
D6	311710.949	4454907.300
D7	311741.365	4454897.190
D8	311771.324	4454880.967
D9	311800.434	4454862.816
D10	311809.409	4454856.671
D11	311819.682	4454842.019
D12	311832.229	4454816.633
D13	311834.578	4454608.716
D14	311800.140	4454577.632
D15	311772.901	4454564.916
D16	311727.490	4454561.796
D17	311645.805	4454569.626
D18	311433.398	4454534.265
D19	311405.297	4454540.842
D20	311383.055	4454550.375
D21	311369.768	4454570.017
D22	311365.546	4454590.381

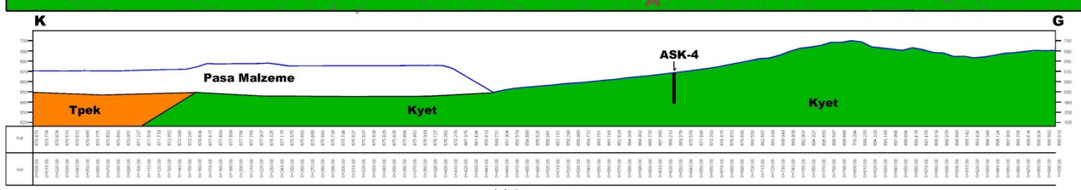
ALANI : 15.92 Ha.

REFERANS VE GÖZLEM KUYULARI KOORDİNATLARI

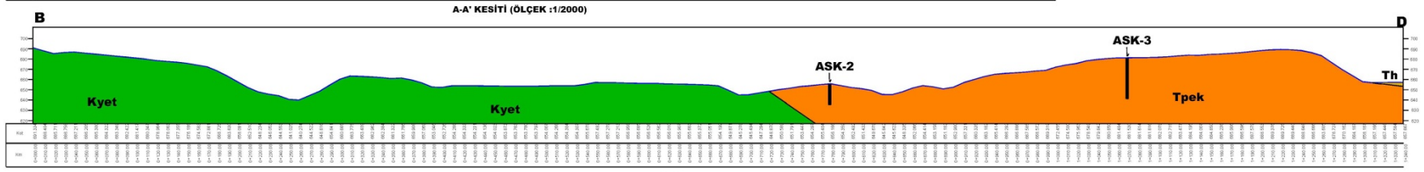
NoktaNo	Y	X
GK_1	310906.199	4454822.320
GK_2	311620.000	4454899.000
R_1	311322.555	4454414.849

SONDAJ NOKTALARI KOORDİNATLARI

NoktaNo	Y	X
ASK1	311338.820	4454824.340
ASK2	311606.230	4454697.087
ASK3	311897.590	4454695.450
ASK4	311445.130	4454569.570



A-A' KESİTİ (ÖLÇEK :1/2000)



B-B' KESİTİ (ÖLÇEK :1/2000)

- Th — Üst Miyosen Himmetoğlu Formasyonu
- Tpek — Paleosen-Alt Eosen Kızılçay Formasyonu
- Kyet — Albiyen-Üst Paleosen Taraklı Üyesi
- ÇED Sınırı
- SKB Sınırı
- Atık Depolama Alanı Sınırı
- Tel Çit Sınırı
- Referans Kuyusu
- Gözlem Kuyusu
- Sondaj Kuyusu
- Doğrultu-Eğim
- Kesit Güzergahı
- Pasa Malzeme