ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuz Burak URAL

AEL/KIŞLAKÖY AÇIK MADEN İŞLETMESİ BATI NİHAİ ŞEVİNİN OLASILIĞA DAYALI DURAYLILIK VE RİSK ANALİZİ

İŞ GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2018

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AEL/KIŞLAKÖY AÇIK MADEN İŞLETMESİ BATI NİHAİ ŞEVİNİN OLASILIĞA DAYALI DURAYLILIK VE RİSK ANALİZİ

Oğuz Burak URAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞ GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 19/03/2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

……..	…….	...……
Prof. Dr. Özen KILIÇ	Prof. Dr. Ahmet M. KILIÇ	Dr. Öğr. Üye. A. Emre KELEŞ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL20178473

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AEL/KIŞLAKÖY AÇIK MADEN İŞLETMESİ BATI NİHAİ ŞEVİNİN OLASILIĞA DAYALI DURAYLILIK VE RİSK ANALİZİ

Oğuz Burak URAL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Özen KILIÇ
Yıl: 2018, Sayfa: 87
Jüri : Prof. Dr. Ahmet M. KILIÇ
: Prof. Dr. Özen KILIÇ
: Dr. Öğr. Üyesi A. Emre KELEŞ

Kışlaköy açık ocağındaki Batı Nihai şevinin duraylılık analizi olasılık teorisi kullanılarak hesaplanmış ve olası iş güvenliği riskleri değerlendirilmiştir. Çalışmada EÜAŞ Genel Müdürlüğü tarafından çeşitli tarihlerde yürütülen jeoteknik çalışmalardan üretilen veriler kullanılmıştır. Şev duraylılığı hem deterministik hem de olasılıklı yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında, şev kaymasını tetikleyebilecek deprem, yer altı su seviyesindeki değişiklikler gibi mekanizmaların şev duraylılığı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak yer altı su seviyesindeki değişikliklerin ve sismik yüklerin şev duraylılığı üzerinde risk yaratabileceği görülmüş ve Bati Nihai Şevi'nin statik şartlarda güvenli olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Açık ocak, Şev duraylılığı, Risk analizi, Afşin–Elbistan

ABSTRACT

MSc THESIS

STABILITY AND RISK ANALYSIS BASED ON THE PROBABILITY THEORY AT AEL/KISLAKÖY OPEN CAST MINE'S WESTERN FINAL SLOPE

Oğuz Burak URAL

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF OCCUPATIONAL SAFETY

Supervisor : Prof. Dr. Özen KILIÇ
Year: 2018, Pages: 87
Jury : Prof. Dr. Ahmet M. KILIÇ
: Prof. Dr. Özen KILIÇ
: Lecturer Dr. A. Emre KELEŞ

The stability analysis of the western final slope in Kışlaköy open cast mine is calculated by using probability theory and probable occupational risks are evaluated. In the study, data produced from geotechnical studies carried out by EÜAŞ General Directorate on various dates were used. Slope stability was estimated by using both deterministic and probabilistic methods. The Western ultimate slope is safe under static conditions. In this study, the effects of mechanisms such as earthquake, changes in groundwater level on the slope stability, which could trigger a slope failure, were investigated. As a result, it has been understood that changes in groundwater level and seismic loads may pose a risk to slope stability.

Key Words:Open cast mine, Slope stability, Risk analysis, Afşin–Elbistan

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Afşin-Elbistan havzasında 1981 yılında faaliyete geçen Kışlaköy Açık İşletmesi, 780 milyon ton rezerv ile ülkemizin önemli kömür işletmelerinden birisidir. Açık işletmede Temmuz 2017 tarihi itibariyle 402,2 milyon ton linyit üretimi ve 1,032 milyon m3 örtü ve ara kesme kazısı gerçekleştirilmiştir.

Ocakta doğu ve batı şevleri kalıcı şevler olarak tasarlanmış olup, batı şevi şimdiye kadar 3 defa heyelan geçirmiştir. Batı nihai şevi ise maden işletmesi için stratejik paya sahip olup, burada bir heyelan gerçekleşmesi durumunda, maden üretimi en az 1 yıl aksayacak ve 10 km uzunluğundaki bant konveyör sistemi tamamen zarar görecektir.

Madenin doğu şev sisteminin genel eğim açısı 10 derece civarında olup bu güne kadar üç defa heyelan geçirmiştir. Güney şev sisteminin genel eğim açısı, uygulanmakta olan Döner Kepçeli Ekskavatör tekniği gereği oldukça küçük olup 6 derece civarındadır. Batı nihai şevinin halen uygulanmakta olan genel eğim açısı ise 10 derece civarındadır. Batı nihai şevi maden işletmesi için son derece stratejik olup, burada bir heyelan gerçekleşmesi durumunda, maden üretimi en az bir yıl aksayabilecek ve bunun yanında şev sisteminin üzerinde bulunan yaklaşık 10 km uzunluğundaki bant konveyör sistemi tamamen hasar görebilecektir. Batı Nihai şevi, işletmenin üretim ve dekapaj kazı sistemi ve ocak içi ulaşımı için son derece önemli olup, üzerinde devamlı olarak en az 9 personel bulunmaktadır.

Güvenli şev tasarımı ya da güvenli şev açısının belirlenmesi mühendisliğin en karmaşık problemlerinden biridir. Problemi karmaşıklaştıran en önemli etken, şev duraylılığını belirlemekte kullanılan parametrelerin belirsizliğinden kaynaklanmaktadır. Analiz ya da tasarım parametrelerindeki belirsizliğin büyüklüğü, şevin kayma olasılığını belirleyen en önemli etken olduğundan, olasılık yöntemlerinin bu tip problemlere uygulanması ile belirsizliklerin analizlerde göz önüne alınması mümkün olabilmektedir.

Bu tez çalışmasında şev duraylılığını etkileyen parametreler ele alınmıştır. Bunun içinde statik ve sismik koşullar belirlenerek tek tek incelenmiştir. Sismik koşullar altında, yer altı su seviyesi, deprem yükünün etkisi ve kar yükünün etkisi hesaba alınmıştır.

Kışlaköy Açık İşletmesi, Batı Nihai Şevi statik koşullarda duraylılığını korumakta olup, topografyadan itibaren 22 m dolaylarında olan yer altı su seviyesinin azaltılması için, karstik sahada 998 adet, sedimanter sahada ise 101 adet drenaj kuyusu yardımıyla susuzlaştırma çalışması yapılmaktadır ve yılda 100 milyon ton su drene edilmektedir. Drenaj pompalarıyla yer altı su seviyesi 47 m seviyelerine indirildiğinde şevin kayma olasılığının %0,2 olacağı görülmüştür lakin drenaj pompalarının bozulması veya uzun süreli bir elektrik kesintisi sonucunda yer altı su seviyesi topoğrafyadan itibaren 5 m seviyelerine yükseldiğinde ise şevin kayma olasılığının %55'lere yükseldiği görülmüştür.

Depremsellik etkisi göz öüne alındığında, Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Ocağı Türkiye Deprem Bölgelerine göre 3. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Afşin-Elbistan Açık Ocağına en yakın aktif fay Sürgü Fayı olup, bu fay 40 km uzunluğundaki Göksün segmenti ile 60 km uzunluğundaki Ekinözü-Derbent segmentlerinden oluşmaktadır. Sürgü fayı üzerinde oluşabilecek maksimumum olası deprem büyüklüğü Ms= 7,4'tür, bu depremin ocak sahasında yaratabileceği en yüksek yer ivmesi ise 0,15 g olarak hesaplanmıştır. Bu şartlar altında şev duraylılığı analizlerine göre Batı Şevi'nin kayma olasılığı %98 olarak bulunmuştur.

Kar yükünün şev duraylılılığına etkisi incelendiğinde, Türkiye kar yağış haritasına göre 3.bölgede yer alan Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık ocağı havzasına şuana kadar yağan kar kalınlığı maksimum 1 m olarak ölçülmüştür. Bu durum göz önüne alındığında, dağılı yük sınıfına giren kar yükü 1,50 kN/m^2 olarak hesaplanmıştır. Bu yük altında da şevin kayma olasılığı %19 olarak bulunmuş ve bu şartlar altında şev için bir tehdit oluşturmadığı gözlemlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında desteğini ve engin bilgilerini esirgemeyen, en büyük yol göstericim, ışık kaynağım hocam ve beni bugünlere getiren değerli babam Sayın Prof. Dr. Suphi URAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca desteklerini esirgemeyen Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Özen KILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım

Jeoteknik konularda bana yardımcı olan Arş. Gör. Emre PINARCI'ya teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yapılmasında, elindeki verileri paylaşan Elektrik Üretim Anonim Şirketi, Maden İşletmeleri Daire Başkanlığı'na teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER VI
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR XIV
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Afşin-Elbistan Havzası Kışlaköy Sahası Batı Nihai Şevi ile İlgili Yapılan Jeoteknik Çalışmalar 5
2.2. Probabilistik Analize Dayalı Çalışmalar 6
3. MATERYAL VE METOT 8
3.1. Materyal 9
3.1.1. Çalışma Alanı 9
3.1.2. Çalışma Alanının Hidrojeolojisi ve Jeolojisi 12
3.2. Metot 17
3.2.1. Olasılığa Dayalı Şev Duraylılığı Hesaplamaları 19
3.3. Slide Programının Kullanılması 20
3.3.1. Proje Ayarlarının Yapılması 21
3.3.2. Sınırların Girilmesi 24
3.3.3. Grid Eklenmesi 27
3.3.4. Kayma Düzlemi Aralığının Girilmesi 28
3.3.5. Yenilme Türlerinin Girilmesi 32
3.3.5.1. Dairesel Kayma Düzlemleri 33
3.3.5.2. Dairesel Olmayan Kayma Düzlemleri 35

3.3.6. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması 38
3.3.7. Diğer Yüklerin Eklenmesi 41
3.3.7.1. Su Tablasının Eklenmesi 41
3.3.7.2. Dağılı Yüklerin Eklenmesi 43
3.3.7.3. Sismik Yüklerin Eklenmesi 45
3.3.8. Analiz Yöntemlerinin Seçilmesi 47
3.3.9. Hesaplama 48
3.3.10. Sonuç 49
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 51
4.1. Proje Ayarlarının Yapılması 51
4.2. Sınırların Girilmesi 54
4.3. Grid Eklenmesi 57
4.4. Kayma Düzlemi Sınırlarının Değiştirilmesi 58
4.5. Yenilme Türlerinin Girilmesi 59
4.6. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması 59
4.7. Statik Koşullar İçin Duraylılık Problemi 65
4.8. Dinamik Yükler Altında Duraylılık Probelmi 66
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 81
5.1. Sonuçlar 81
5.2. Öneriler 82
KAYNAKLAR 85
ÖZGEÇMİŞ 87

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Çalışma alanının aylara göre ortalama, en yüksek ve en düşük sıcaklıkları.....10
Çizelge 3.2. Şev duraylılık hesaplarında kullanılan sabit büyüklükler.....19
Çizelge 3.3. Şev duraylılık hesaplarında kullanılan tesadüfi büyüklükler.....19
Çizelge 3.4. Slide programı kullanılırken izlenmesi gereken adımlar.....21
Çizelge 4.1. Materyallerin tanımlanmasında kullanılan özellikler.....60
Çizelge 4.2. Birimlere ait jeoteknik parametrelerin istatiksel dağılımları.....61
Çizelge 4.3. Ambraseys ve Jackson ile Campbell'e göre Çöllolar ocak sahasını etkileyebilecek fayların üretebilecekleri maksimum olası deprem büyüklükleri ve bu depremlerin ocak sahasında yaratacağı maksimum yer ivme değerleri.....70
Çizelge 4.4. Eğime bağlı olarak azaltma değeri.....75
Çizelge 4.5. Zati karyükü değerleri kN/m^2.....76

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Kışlaköy ocağının ve nihai şevlerin genel görünümü 1
Şekil 3.1. Yer bulduru haritası 10
Şekil 3.2. Çalışma alanındaki yıllık sıcaklık ve yağışların ortalama değerleri 11
Şekil 3.3. Batı şevi gerisinde yer alan yer altı suyu drenej kuyusu ve derinlik ölçmeye uygun olarak tasarlanmış kapağı 12
Şekil 3.4. Batı şevine ait jeolojik enine kesit 13
Şekil 3.5. Turkuvaz renkli taban kili 14
Şekil 3.6. Krem renkli siltli kil tabakasının görünümü 14
Şekil 3.7. BC 52-Güney tarafındaki gidya tabakalarının görünümü 15
Şekil 3.8. Proje ayarlarının seçilmesi 22
Şekil 3.9. Proje ayarları penceresi 22
Şekil 3.10. Proje ayarları-metot sekmesi altında yöntemlerin seçilmesi 23
Şekil 3.11. İstatiksel yöntemlerin belirlenmesi 24
Şekil 3.12. Harici sınırların eklenmesi 25
Şekil 3.13. Komut satırına koordinatların girilmesi 25
Şekil 3.14. Oluşturulan harici sınırların görüntüsü 26
Şekil 3.15. Grid eklenmesi 27
Şekil 3.16. Grid ekleme penceresi 27
Şekil 3.17. Otomatik grid ile oluşturulmuş kayma merkezi gridi görüntüsü 28
Şekil 3.18. Geçerli yüzeyler için eğim sınırlarını filtreleme 29
Şekil 3.19. Şev sınırları ve yarıçap artışını kullanarak, kayma dairesi oluşturma 30
Şekil 3.20. Kayma düzlemi sınırlarının değiştirilmesinin gösterimi 31
Şekil 3.21. Kayma düzlemi sınırları değiştirme penceresi 31
Şekil 3.22. Yüzey özelliklerinin seçilmesi 32
Şekil 3.23. Yüzey seçenekleri penceresi 33

Şekil 3.24. Dairesel kayma ve metotları penceresi 34
Şekil 3.25. Dairesel olmayan kayma ve metotları penceresi.....35
Şekil 3.26. Aktif, pasif ve merkez bloklarının görüntüsü 36
Şekil 3.27. Tek bir eğim sınırı için olası başlangıç noktaları.....37
Şekil 3.28. Çift eğim sınırı için olası başlangıç noktaları 37
Şekil 3.29. Malzeme özelliklerinin tanımlanması penceresi.....38
Şekil 3.30. Malzeme özellikleri penceresi 39
Şekil 3.31. Materyal sınırının eklenmesi için yapılması gereken adımlar 39
Şekil 3.32. Materyal sınırı eklenmesi.....40
Şekil 3.33. Materyal sınırına ait olan materyalin atanması.....40
Şekil 3.34. Materyalin atandıktan sonraki görüntüsü.....41
Şekil 3.35. Su tablasının eklenmesi için gerekli adımlar 42
Şekil 3.36. Eklenmiş su tablasının görüntüsü 42
Şekil 3.37. Su tablasının etkilediği materyallerin seçilmesi.....43
Şekil 3.38. Dağılı yüklerin eklenmesi.....44
Şekil 3.39. Dağılı yük ekleme penceresi.....44
Şekil 3.40. Dağılı yük eklendikten sonraki görüntü.....45
Şekil 3.41. Sismik yüklerin eklenmesi için izlenmesi gereken adımlar.....46
Şekil 3.42. Sismik yük penceresi 46
Şekil 3.43. Sismik yük değeri girildikten sonraki durum.....47
Şekil 3.44. Analiz yöntemlerinin seçilmesi adımları 47
Şekil 3.45. Hesap işleminin seçilmesi adımları.....49
Şekil 3.46. Sonuç işleminin seçilmesi adımları.....49
Şekil 3.47. Arama sonuçları sayfası.....50
Şekil 4.1. Proje ayarları menüsü genel proje ayarları penceresi 51
Şekil 4.2. Proje ayarları metot seçimi penceresi 52
Şekil 4.3. Proje ayarları, yer altı suyu ayarları penceresi.....53
Şekil 4.4. Proje ayarları, istatiksel analiz yöntemleri penceresi.....54
Şekil 4.5. Afşin–Elbistan batı şevi kesiti.....55

Şekil 4.6. Slide programına görsel/imaj dosyasının atılması için adımlar 56
Şekil 4.7. Slide programına görsel/imaj dosyası atılırken yapılması gereken seçenekler 57
Şekil 4.8. Kesit görseli eklenerek şev dış sınırlarının çizilmiş hali.....58
Şekil 4.9. Kayma düzlemi sınırı, başlangıç ve bitiş noktaları 58
Şekil 4.10. Yenilme türleri ve yüzey tiplerinin seçilmesi 59
Şekil 4.11. Sınırları çizilmiş ve tanımlanmış materyallerin görüntüsü 60
Şekil 4.12. Statik koşullar için oluşturan şev modeli görüntüsü 65
Şekil 4.13. Statik koşullar için şev duraylılığı sonuçları görüntüsü.....66
Şekil 4.14. Elbistan (Sürgü) fayı ve segmentleri.....67
Şekil 4.15. 62 yıllık deprem büyüklüklerinin dağılımı 68
Şekil 4.16. 5,7 Büyüklüğündeki depremin etkisinde şev duraylılığı sonuçları görüntüsü.....69
Şekil 4.17. 7,2 Büyüklüğündeki depremin etkisinde şev duraylılığı sonuçları görüntüsü.....71
Şekil 4.18. YASS'ın Topoğrafyadan itibaren 47 metre düşürülmesi durumunda şev duraylılığı sonuçları görüntüsü.....72
Şekil 4.19. YASS'ın topografyadan itibaren 5 metre kadar yükselmesi durumunda şev duraylılığı sonuçları görüntüsü.....74
Şekil 4.20. TS 498-1997, Ek-2' kar yağış haritası 75
Şekil 4.21. Kar yükü etkisi altında şev duraylılığı sonuçları görüntüsü.....77
Şekil 4.22. 1 m kar yağışı için duraylılık analizi sonuçları görüntüsü 78
Şekil 4.23. 2 m kar yağışı için duraylılık analizi sonuçları görüntüsü 79

SİMGELER VE KISALTMALAR

AEL : Afşin–Elbistan Linyitleri

B : Batı

cm : Santimetre

D : Doğu

$d_ç$: Çatı kar kalınlığı

(EÜAŞ) : Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü

EXP : Eksponansiyel

FS : Güvenlik katsayısı

GD : Güney doğu

i : Hidrolik eğim

K : Kuzey

K : Permeabilite katsayısı

km^2 : Kilometre kare

m : Metre

m^2 : Metre kare

m^3 : Metreküp

Ms : Deprem büyüklüğü

MTA : Maden tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

MW : Mega watt

Ort : Ortalama

PF : Yenilme olasılığı

PGA : Maksimum yer ivmesi

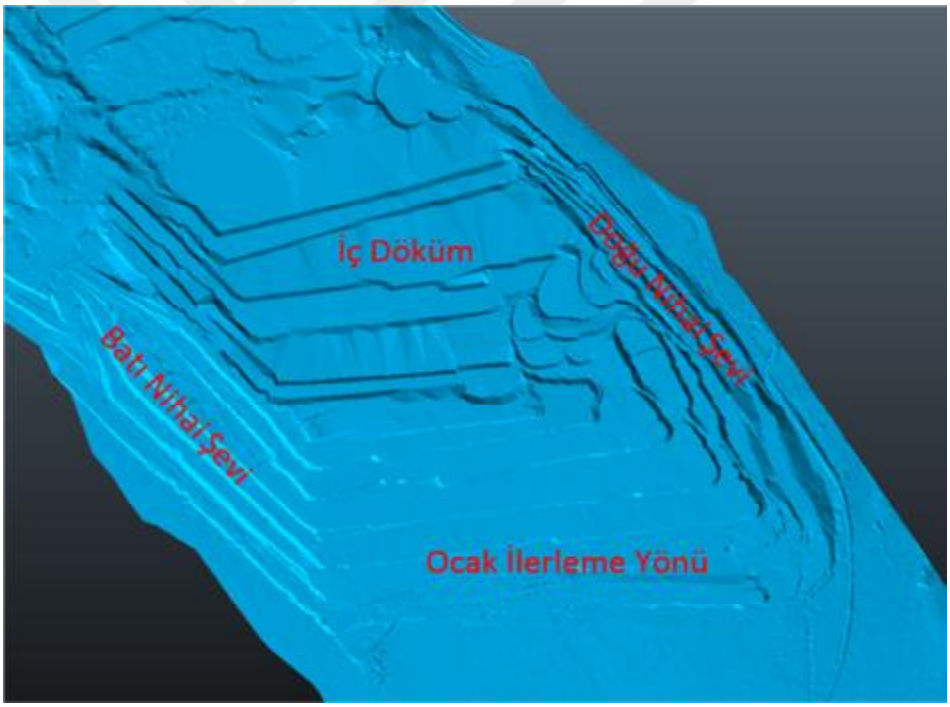
P_k : Kar yükü

P_{k0}	: Zati kar yükü
R	: Fayın uzaklığı
Std	: Standart sapma
V	: Hız
YAS	: Yer altı suyu
YASS	: Yer altı suyu seviyesi
α	: Arazi eğimi
ρ	: Kar yoğunluğu

1. GİRİŞ

Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü (EÜAŞ)'ne bağlı Afşin-Elbistan Linyitleri 1981 yılından itibaren fiili olarak kazı faaliyetlerine başlamıştır. Döner kepçeli ekskavatör+bant konveyör+dökücü tekniği ile madencilik faaliyetlerini sürdüren Afşin-Elbistan Linyitleri İşletme Müdürlüğü Kışlaköy Açık İşletmesinde 2017 yılsonu itibariyle 402,2 milyon ton linyit üretimi ve 1,038 milyon m^3 örtü ve ara kesme kazısı gerçekleştirmiştir (EÜAŞ, 2018).

Kışlaköy Açık Maden İşletmesi, ortalama 2000 m genişliğinde, 3500 m uzunluğunda ve 135 m derinliğinde bir çukur görünümündedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Kışlaköy ocağının ve nihai şevlerin genel görünümü

Madenin doğu şev sisteminin genel eğim açısı 10 derece civarında olup bu güne kadar üç defa heyelan geçirmiştir. Güney şev sisteminin genel eğim açısı, uygulanmakta olan Döner Kepçeli Ekskavatör tekniği gereği oldukça küçük olup 6 derece civarındadır. Batı nihai şevinin halen uygulanmakta olan genel eğim açısı ise 10 derece civarındadır. Batı nihai şevi maden işletmesi için son derece stratejik olup, burada bir heyelan gerçekleşmesi durumunda, maden üretimi en az bir yıl aksayabilecek ve bunun yanında şev sisteminin üzerinde bulunan yaklaşık 10 km uzunluğundaki bant konveyör sistemi tamamen hasar görebilecektir. Batı Nihai şevi, işletmenin üretim ve dekapaj kazı sistemi ve ocak içi ulaşımı için son derece önemli olup, üzerinde devamlı olarak en az 9 personel bulunmaktadır.

Güvenli şev tasarımı ya da güvenli şev açısının belirlenmesi mühendisliğin en karmaşık problemlerinden biridir. Problemi karmaşıklaştıran en önemli etken, şev duraylılığını belirlemekte kullanılan parametrelerin belirsizliğinden kaynaklanmaktadır. Analiz ya da tasarım parametrelerindeki belirsizliğin büyüklüğü, şevin kayma olasılığını belirleyen en önemli etken olduğundan, olasılık yöntemlerinin bu tip problemlere uygulanması ile belirsizliklerin analizlerde göz önüne alınması mümkün olabilmektedir (Düzgün ve ark., 2002). Doğal veya insanlar tarafından açılmış olan şevlerin duraylılık hesapları, geleneksel olarak, deterministik yaklaşımlarla belirlenmekte ve bir şev güvenlik faktörü ile sonuçlanmaktadır. Deterministik yaklaşımlarla yapılan duraylılık hesaplamalarında belirsizlikleri sistemli olarak modelleme imkanı olmadığından, genellikle, tasarım parametreleri ölçümlerle mühendislik tecrübesinin birleştirilmesi sonucunda belirlenmektedir. Ancak şunu da vurgulamamız gerekir ki, olasılıklı yöntemler mühendislik tecrübesini göz ardı etmek için değil, aksine, problemin çözümünü desteklemek için kullanılmalıdır. Bu nedenle şev tasarımında olasılıklı yöntemlerin kullanılması hem tasarımcı mühendisleri desteklemekte hem de tasarımdaki güvenirliğin olasılık olarak belirlenmesine imkan vermektedir. Tüm bu özelliklerinden dolayı olasılıklı yöntemlerin şev duraylılığı hesaplamalarında kullanılması son yıllarda giderek artmaktadır (Nadim ve ark., 2005).

Olasılıklı yöntemlerin en önemli üstünlüğü, analizlerde kullanılan parametrelerde var olan belirsizliklerin, olasılık dağılımları yolu ile hesaplamalara dahil edilebilmesidir.

Bu çalışmada, Kışlaköy açık ocağındaki Batı Nihai şevinin duraylılık analizi olasılık teorisi kullanılarak hesaplanmış ve olası iş güvenliği riskleri değerlendirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Afşin-Elbistan Havzası Kışlaköy Sahası Batı Nihai Şevi ile İlgili Yapılan Jeoteknik Çalışmalar

1981 yılında faaliyete geçen Afşin-Elbistan Linyit Havzasına ait ilk çalışma Pierschke (1976) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, Kışlaköy Maden Ocağı için şev stabilitesi analizi yapılarak nihai şevlerin genel şev açıları 18° olarak belirlemiştir.

Koçak ve arkadaşları (1985), Kışlaköy Açık İşletmesi'nde batı nihai şevine yönelik yaptıkları stabilite çalışmaları sonucunda güvenli olarak çalışabilecek genel şev açısını 11,3° olarak önermişlerdir.

Kılıç ve Onur (2001), Açık işletmelerde, üretim çalışmalarının yanı sıra dekapaj malzemelerinin nasıl depolanacağı önemli bir sorun oluşturmaktadır. Stoklama işinin düzenli ve emniyetli bir biçimde yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada Afşin-Elbistan Linyitleri Açık İşletmesinin iç döküm sahası ile ilgili dinamik duraylılık analizleri, bölgenin deprem tehlikesi açısından önemi de dikkate alınarak, gerçekleştirilmiştir. Kullanılan veriler sahada ayrıntılı olarak incelenmiş ve hesaplamalar Fransa (Ecole des Mines Paris)'da geliştirilen dinamik duraylılık hesaplama programları ile gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalarda üç değişik su durumu ve deprem etkisi göz önüne alınmıştır. Analizler, Bishop, Carter ve Sarma yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

Ural ve Yüksel (2004), Kışlaköy Açık İşletmesinde duraylılık konusunda yaptıkları araştırmada, stabiliteyi etkileyen başlıca faktörlerin; yeraltı su seviyesi, gri gidya biriminin ve linyit damarının altındaki siyah kil tabakasının zayıf jeokteknik özellikleri olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, çalışma alanında yer alan birimlerin makaslama dayanımı değerlerinin, artık makaslama dayanımı değerleri ile temsil edildiğini ifade etmektedirler.

Akbulut ve arkadaşları (2007), Afşin Elbistan havzasında şev stabilitesine yönelik yapılan çalışmalarda litolojik birim ve jeolojik yapıya bağlı olarak gelişebilecek duraysızlıkların modellerini ortaya koymuş ve Kışlaköy açık işletmesi için güvenli şev geometrilerini belirleyerek Batı ve Doğu şevleri için genel eğim açısını 10° önermişlerdir.

Akbulut ve arkadaşları (2014), Kışlaköy Açık Ocağı'nın jeoteknik etüt ve şev boyutlandırması amacıyla gerçekleştirilen ve toplam derinliği 3393,20 m olan 35 adet jeoteknik sondaj yapmışlardır. Ayrıca yüzeyde gözlenemeyen tektonik yapı ve litolojik değişimlerin ortaya konulabilmesi için yapılan toplam 250 adet Düfley Elektrik Sondajı (DES)'na ait verileri bu çalışmada kullanmışlardır. Gerçekleştirilen stabilite analizleri ile linyit horizonu arasında yer alan siyah renkli ve yüksek plastisiteli kil bantlarının şevlerin duraylılığını kontrol eden en önemli birim olduğu belirlenmiştir. Genel şev duraylılık analizleri sonlu elemanlar ve limit denge yönteminde bloklu kayma modeline uygun olarak ve farklı yeraltı su koşullarına göre yapılmıştır. Analizlerde dilimlere etki eden gerilmeler dilimin orta noktası esas alınarak ve sonlu elemanlar kullanılarak duraylılık analizleri yapılmış olup, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Buna göre dilimlere etki eden gerilmelerinin sonlu elemanlar yöntemi ile belirlenmesi durumunda hesaplanan güvenlik katsayıları basamak bazında %1 ile %7, genel şev açılarında ise %1 ile %23 arasında daha yüksek çıktığı ortaya konmuştur.

2.2. Probabilistik Analize Dayalı Çalışmalar

Gui ve arkadaşları (2000), hidrolik iletkenliğin, bir dolgu barajının stabilitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Hidrolik iletkenlik dağılım, lognormal dağılıma takiben rastgele bir alan olarak ele alınmıştır ve barajdaki su akışını taklit etmek için bi model yaratmışlardır ve elde edilen sonuçlarda ne standart sapmanın ne de güvenlik katsayısının farklı bölgelerde sabit olmadığını görmüşlerdir.

McGuire (2001), yapmış olduğu çalışmada deterministik ve probabilistik yöntemlerin sismik yükler üzerindeki etkilerini karşılaştırmıştır.

Nadim ve arkadaşları (2005), eski bir heyalan bölgesinde yer alan Ormen–Lange gaz havzasının, deniz altı heylan risklerini incelemişlerdir

Lindholm (2005), Norveç Denizi'ndeki Ormen-Lange gaz havzası için sismik tehlike değerlendirmesi kabuk modelleme yapılarak hesaplanmıştır. Elde edilen bilgiler sonucunda kalın tabakalı havzalarda deprem yükünün azaldığı tespit edilmiştir.

Park (2005), Kuzey Karolina da bulunan Interstate Highway 40 otoyolu projesinde yol kenarında açılacak olan şevlerin duraylılıkları probabilistik analiz yöntemi kullanılılarak algoritmalar geliştirilmiştir. Elde edilen bilgiler doğrultusunda yamaç eğimlerinin 45° olması kararına varılmıştır.

Pınarcı ve arkadaşları (2017), AEL/Kışlaköy açık ocağındaki litolojik birimlerin jeoteknik özelliklerini incelemiş ve probabilistik analizlerde kullanılmak üzere bir veri seti oluşturmuşlardır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ili sınırları içerisinde kalan Afşin-Elbistan Linyit havzasında bulunan Kışlaköy Açık Ocağı'nın Batı Nihai Şevi seçilmiş olup, zeminlerin kohezyon, içsel sürtünme açıları, yoğunluk ve benzeri jeoteknik parametrelerine ilişkin veriler aşağıdaki kaynaklardan temin edilmiştir:

- TKİ-AEL Kışlaköy Linyit İşletmesi Batı Şevi Stabilite Etüdü (Koçak ve ark., 1985)
- Analyse de la Stabilité Des Talus de la Mine de Lignite D'Afşin-Elbistan. (Kılıç, 1996)
- Geotechnical Characterization of Lignite-Bearing Horizons in the Afsin Elbistan Lignite Basin (Ural, 2004)
- Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Kömür İşletmesi 2. Kısım 1. Bölüm Şev Stabilitesi Çalışması (Akbulut ve ark., 2008)

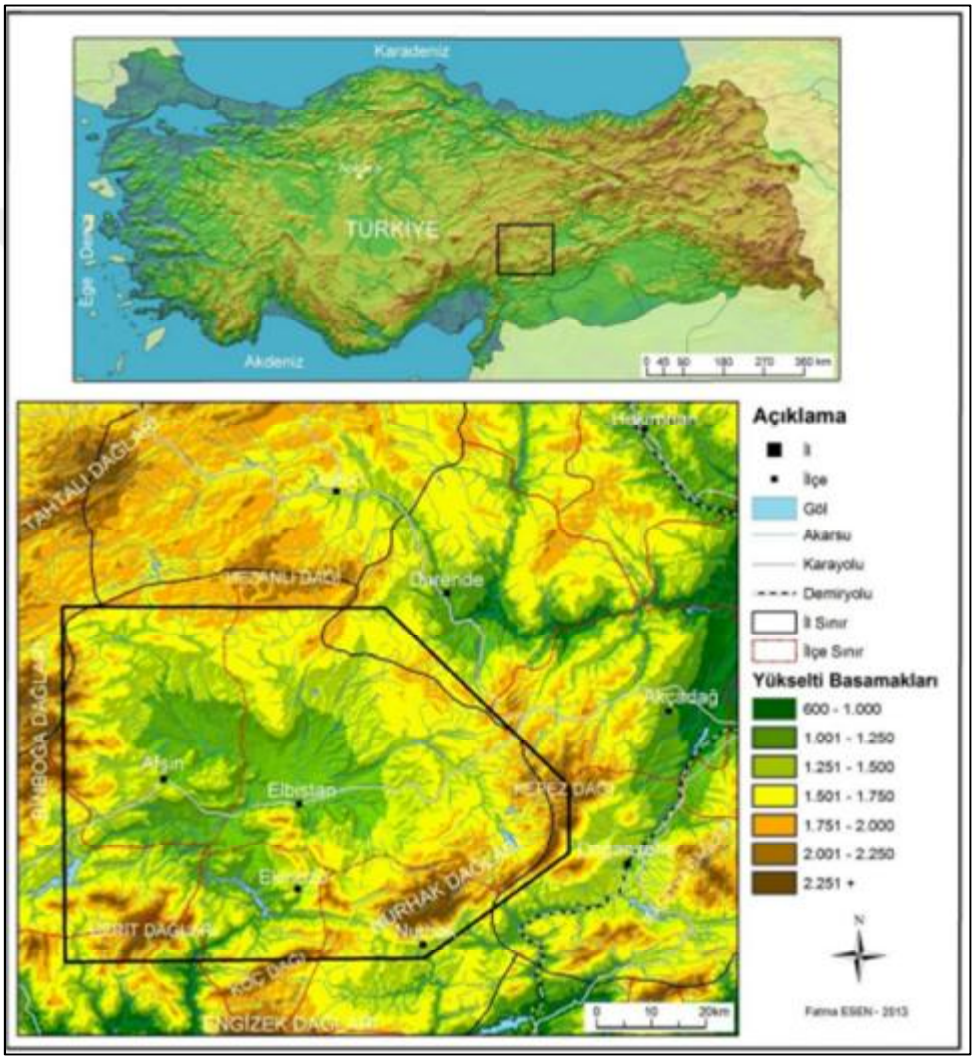
3.1.1. Çalışma Alanı

Afşin-Elbistan linyit havzası Kahramanmaraş İli'ne bağlı Afşin ve Elbistan ilçeleri sınırları içersinde, Afşin ilçesi'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 3.1).

Havzadaki en önemli akarsu kaynağı Ceyhan nehri olup, debisi ortalama $8m^3$/sn'dir, Ceyhan nehrinin havza içindeki önemli kolu Hurman çayı olup, Afşin-Elbistan havzasının batısından başlayıp güneyinden havzayı terk etmektedir (Akbulut, 2009).

Afşin-Elbistan havzası deniz etkisinden çok uzakta olup bu bölgede karasal iklim hakimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Meteoroloji

Genel Müdürlüğü verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 9° C'dir, Ortalama en yüksek sıcaklık 37,5° C ile Temmuz ayında olup ortalama yağış miktarı 419 mm'dir (Çizelge 3.1 ve Şekil 3.2, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2014).

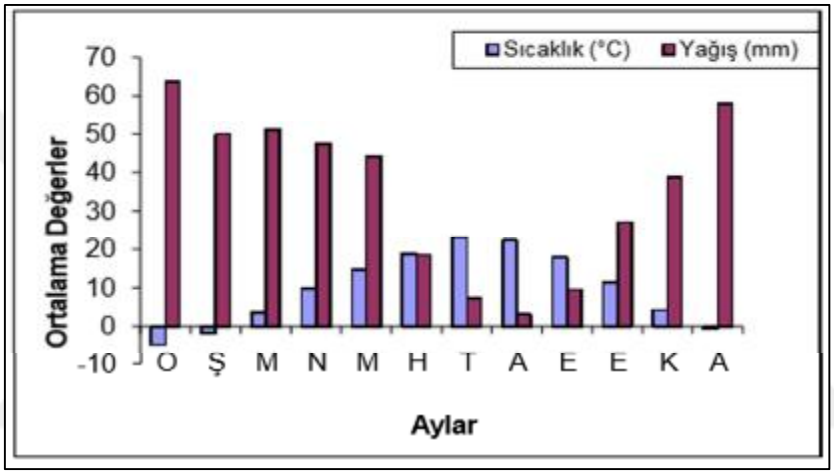


Şekil 3.1. Yer bulduru haritası

Çizelge 3.1. Çalışma Alanının aylara göre ortalama, en yüksek ve en düşük sıcaklıkları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2014)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık

Ortalama Sıcaklık (°C)	-4,8	-1,7	3,6	9,8	14,8	18,9	23,0	22,3	18	11,4	4,3	-0,5	9,9
Ortalama Yüksek Sıcaklık (°C)	11,8	16,9	21	26,8	32	33,4	37,5	37,3	33,6	29,6	21,4	14,2	37,5
Ortalama Düşük Sıcaklık (°C)	-26,6	-26,8	-20,7	-7	-1,7	2	4,8	4,8	-0,4	-8	-16,2	-20,5	-26,8
Ortalama Yağış (mm)	63,8	50	51,1	17,4	44,2	18,6	7,4	3,1	9,6	27,1	38,9	58	419,20



Şekil 3.2. Çalışma alanındaki yıllık sıcaklık ve yağışların ortalama değerleri (Metoroloji Genel Müdürlüğü, 2014)

Bu havza Ülkemiz linyit yatakları içinde en büyük rezerv oranına sahip olup, elektrik enerjisi üretimi bakımından önemli potansiyeline sahiptir. 1966 yılında MTA ve bir Alman firması işbirliği ile detaylı arama çalışmaları başlamış, 1967 yılı itibariyle havzada düşük kalorili bol miktarda linyit rezervi olduğu saptanmıştır. 1968 yılı yatırım programı ile bu linyitlerden faydalanarak bir termik santral kurulmasına karar verilmiş, 1973 yılında her biri 344 MW gücünde dört ünite olarak yapımına başlanan santralin ilk ünitesi Temmuz 1984'te üretime başlamıştır.

3.1.2. Çalışma Alanının Hidrojeolojisi ve Jeolojisi

Hidrojeolojik koşullar: Batı şevinde yer alan basamaklar ile şev üstü ve şev gerisinde yerinde gözlemler yapılmış; bazı kuyularda YAS derinlikleri ölçülerek bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Batı şevi gerisinde yer alan gözlem kuyularında yer Altı Su Seviyesi (YASS) derinliği 22,00 m dolaylarında ölçülmüştür. Sahada yer alan YAS kuyuları, derinlik ölçümlerinin yapılmasına olanak verecek şekilde teçhiz edilmişlerdir (Şekil 3.3.). Drenaj kuyularının uzun süre devre dışı kalması durumunda YASS topografyaya 5,00 m kalacak şekilde yükselebilmektedir. Bu nedenle YAS drenaj kuyularının sağlıklı bir şekilde çalıştırılması için EÜAŞ/AEL İşletme Müdürlüğü tarafından büyük gayret gösterilmektedir.

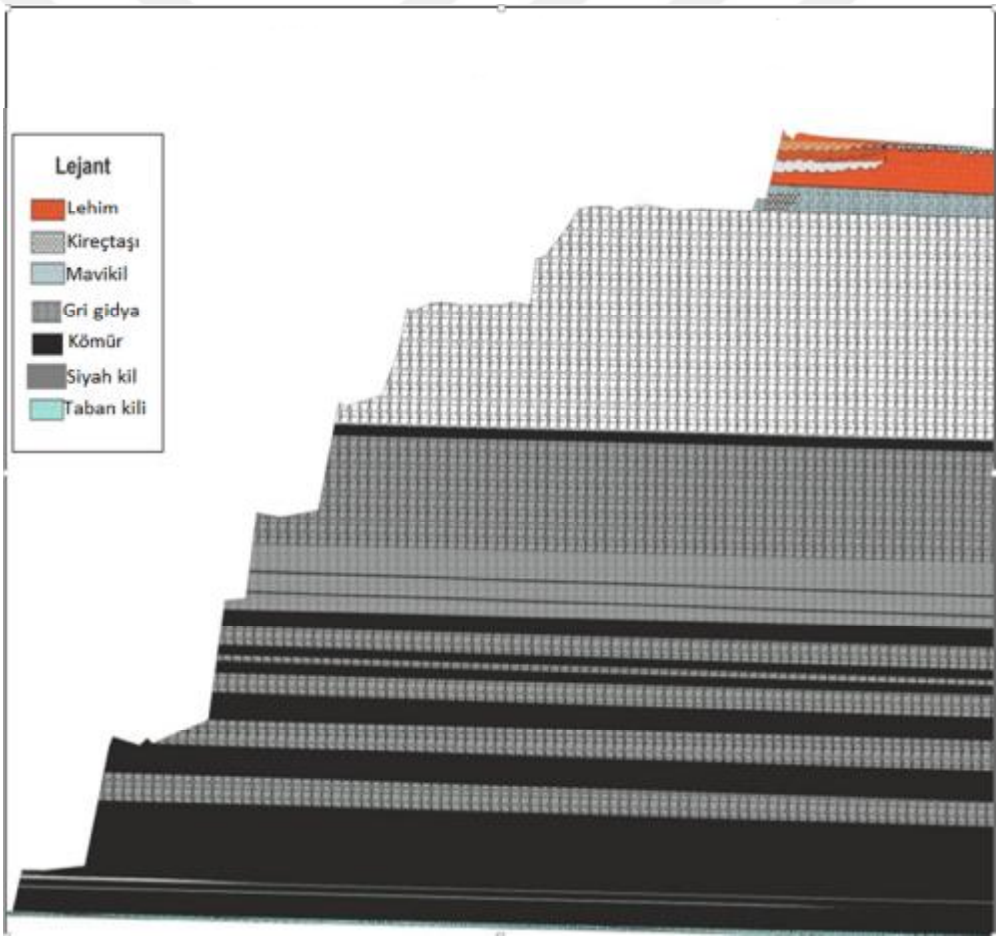


Şekil 3.3. Batı şevi gerisinde yer alan yer altı suyu drenej kuyusu ve derinlik ölçmeye uygun olarak tasarlanmış kapağı

Üst alüvyon akifer tamamen yüksek geçirgen olan Lehim ağırlıklı materyalden oluşmuştur. Şev gerisindeki arazilerde işlemeli tarım yapılması, yüzey pürüzlülüğünü arttırmaktadır. Bu nedenle, gerek yağışlardan, gerekse işletme aşamasında YAS kuyularından çekilen suların araziye deşarj olması durumunda bu sular yüzeyde göllenerek tekrar üst alüvyon akifere deşarj olacaktır.

Şev Jeolojisi: Batı şevinde yapılan saha çalışmalarında, ocağın en derin yerinden geçecek şekilde alınan bir kesit boyunca şev jeolojisi detay olarak

çalışılmış ve şeve ait detay jeolojik enine ve sütun kesitler elde edilmiştir (Şekil 3.4). Buna göre en altta turkuvaz renkli taban kili bulunmaktadır (Şekil 3.5). Bu kil üzerine kömür seviyelerine geçmeden önce 70 cm kalınlığında krem renkli, dokunulduğunda sabunumsu kayganlık hissi veren siltli kil seviyesi bulunmaktadır (Şekil 3.6). Daha sonra, 6. Basamağın şev aynasındaki kömürlü seviyeler gelmektedir. Kömür içerisinde alt seviyelerde 50-70 cm aralıklarla kalınlığı 3-10 cm arasında değişen killi seviyeler bulunmakta ve aynanın üst seviyelerinde bunların kalınlığı yer yer 30-40 cm'ye ulaşmaktadır.



Şekil 3.4. Batı şevine ait jeolojik enine kesit



Şekil 3.5. Turkuvaz renkli taban kili (Akbulut ve ark., 2008).



Şekil 3.6. Krem renkli siltli kil tabakasının görünümü (Akbulut ve ark.,2008).

5. Basamakta bulunan “BC52” bant konveyör hattının Batısındaki şevde kalınlıkları 30-60 cm arasında değişen kömür tabakaları ile ardalanmalı olarak kalınlıkları 40-70 cm arasında değişen ve üst seviyelere doğru kalınlaşan Gidya tabakaları bulunmaktadır (Şekil 3.7). Bu şevin en üst seviyesinde 70 cm kalınlıkta bol Gastropoda fosilli Gidya tabakası bulunmaktadır. Bu şevde ayrıca K20°D doğrultulu, 81°GD eğim yönlü ana çatlak sistemi ölçülmüştür.



Şekil 3.7. BC 52-Güney tarafındaki Gidya tabakalarının görünümü (Akbulut ve ark., 2008)

4. Basamak “BC 42-Batı” tarafında kalan şev aynası ağırlıklı olarak Gidya seviyelerinden oluşmakta olup çatlak sistemine uygun bloklu yenilmeler içermektedir. Alt kısımlar yer yer 10-15 cm kalınlığında ince kömürlü ve fosilli seviyeler içermektedir. Burada Gidya seviyelerinde yapılan ölçümlerde doğrultusu K30°D, eğimi ise 80°GD ana çatlak sistemi ile doğrultusu D-B, eğimi ise 66°K olan ikincil (tali) çatlak sistemi ölçülmüştür.

4. Basamak "BC 42-Batı" tarafında kalan şev aynası alttaki şev ile hemen hemen aynı özellikte devam etmekte, ancak üst seviyelerde ardalanmalar incelerek bir kaç cm. kalınlığa düşmektedir. Şevin üst seviyelerinde gri renkli olan Gidya bej rengine dönüşmektedir.

Bu şevde yapılan ölçümlerde ana çatlak sisteminin doğrultusu K30°D, eğimi ise 90° olarak ölçülmüştür. Tali çatlak sisteminin doğrultusu ise K70°B, eğimi, 84°KD olarak ölçülmüştür. Diğer bir ölçümde ise doğrultu D-B, eğim ise 83°G olmuştur.

"BC32-Batı" şevinde bej gidya içerisinde K30°D doğrultuya sahip ana çatlak sistemi ile bunlara dik K60°B doğrultulu ve eğimleri yaklaşık 90 derece olan süreksizlikler ölçülmüştür. BC42'nin tabanı Bej gidya-Gri gidya kontağı üzerinde yer almaktadır.

"BC 22-Batı" şevinde şev tabanından itibaren 6 m yüksekliğe kadar Gidya birimi devam etmekte, bu seviyeden itibaren ise tabanı düzensiz dokanaklı olarak gölsel kireçtaşları başlamaktadır. Gidya biriminin ilk 1 m'sinde bir kaç cm kalınlıkta gri ve bej Gidya seviyeleri ile ardalanmalı olarak 1-2 cm kalınlıkta kömürlü seviyeler bulunmakta, daha sonra 2 m. kalınlığında 50-60 cm kömürlü bir seviyenin ardından Gri ve Bej gidya ardalanmaları görülmektedir. Daha sonra gölsel kireçtaşlarına kadar önce Gri gidya, daha sonra ise bol fosilli çamurtaşı seviyesi bulunmaktadır.

En üstte bulunan "BC 12- Batı" şevinde önce kalınlığı 2-3 m arasında değişen Mavi kil seviyeleri, daha sonra Lehim, Çakıltaşı ve en üstte 50-60 cm kalınlıkta organik toprak tabakası (A-Horizonu) bulunmaktadır. Ancak, Batı şevinin "BC 12- Batı" nolu bu en üst basamak şevinde Mavi kil'den sonraki stratigrafi şev boyunca aynı kalmayıp değişiklik sunmaktadır. Örneğin, bazı yerlerde Lehim birimi üzerine çapraz tabakalı kumtaşı, ince çakıltaşı seviyeleri gelirken, bazı yerlerde kaliçi nodül ve damarları içeren kaliçili Lehim seviyeleri, diğer bazı yerlerde oluşumu tamamlanmış kaliçi veya orta-iyi çimentolu çakıltaşı seviyeleri gelmektedir (Akbulut ve ark., 2008).

3.2. Metot

Şev duraylılığı ile ilgili bir risk analiz çalışması aşağıdaki aşamaları içerir:

1. Şev duraylılığına neden olabilecek tetikleyici mekanizmaların incelenmesi,
2. Deprem yükü etkisinin şevi oluşturan katmanların jeomekanik parametrelerin üzerindeki etkilerinin incelenmesi
3. Deprem yüklerini hesaplamaya dahil etmeden olasılığa dayalı statik şev duraysızlığının hesaplanması,
4. Şev duraylılığını tetikleyebilecek büyüklükteki bir deprem yükü ve benzeri tetikleyici etkilerin ortaya çıkma olasılığının hesaplanması,
5. Muhtemel deprem yükü ve benzeri tetikleyici etkilerin ortaya çıkma olasılığının da hesaplamaya dahil ederek şev yenilmesi olasılığının belirlenmesi
6. Olası bir şev kayması durumunda maruz kalınabilecek risklerin hesaplanması (Nadim, 2005).

Batı Nihai Şevi halen kazılarak ortaya çıkarılmış olduğu için, öncelikle geometrik parametreleri sabit kabul ederek olasılığa bağlı bir şev modeli oluşturulmuştur.

Bu durumda limit denge teoremine göre şev duraylılığının modellenmesinde kullanılacak sabit ve değişken paremetreler şunlardır;

- ***Sabit Değişkenler*:**
  - Şevin genel eğim açısı,
  - Basamak şev açısı,
  - Şev yüksekliği
  - Dilim genişlikleri ve yüksekliklerdir.

- ***Tesadüfi Değişkenler:***
  - Zeminlerin içsel sürtünme açıları,
  - Zemin kohezyonları,
  - Yoğunluk,
  - Yer altı su seviyesi,
  - Kar örtüsü kalınlığı,
  - Birim hacim ağırlığıdır.

Duraylılık olasılığı hesaplanacak olan Batı Nihai şevindeki jeolojik birimler tamamen zemin özelliği göstermekte olup, dizilişleri topoğrafyadan itibaren şu şekildedir: lehim-mavi kil-kireç taşı-gri gidya-linyit-siyah kil-taban kili. Gidya dışındaki zemin birimleri yüksek plastisiteli CH zemin grubundandır. Her zemin grubu lokasyon farklılıklarına bağlı olarak bazı sapmalar göstermektedir. Gidya ise; inorganik, plastisitesi çok düşük, az killi ve genel olarak silt boyutunda olup, diğer zeminlerden çok farklı bir özelliğe sahiptir (Ural ve Yüksel, 2004).

Şev duraylılık hesaplarında kullanılan sabit büyüklükler: Şev yüksekliği, Basamak yükseklikleri ve şev açıları, Genel eğim açısı, Basamak genişlikleri, Yeraltı suyu birim hacim ağırlığı. Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Tesadüfî değişkenler ve bunlara ilişkin büyüklükler ise Çizelge 3.3'de verilmiştir. Zeminlerin kohezyonları, içsel sürtünme açıları, birim hacim ağırlıkları, gözenek basıncı ve yeraltı su tablası ise tesadüfi değişkenlerdir.

Şevin statik denge durumu ve güvenlik katsayısının hesaplanması için limit denge teorisi ve dilimler metodu ile Spancer yaklaşımı kullanılmıştır. Daha sonra hesaplamaya olası deprem yükleri de ilave edilerek şevin kayma olasılığı bulunmuştur.

Çizelge 3.2. Şev duraylılık hesaplarında kullanılan sabit büyüklükler

Şev yüksekliği	130 metre
Ortalama basamak yüksekliği	18 metre
Basamak Ş-şev açısı	35 derece
Genel eğim açısı	10 derece
Ortalama basamak genişlikleri	60 metre
Yeraltı suyu birim hacim ağırlığı	1 t/m^3

Çizelge 3.3. Şev duraylılık hesaplarında kullanılan tesadüfi büyüklükler (EÜAŞ, 2015)

	Zemin kohezyonu		İçsel sürtünme açısı (derece)		Malzeme birim hacim ağırlığı (t/m^3)	
	Ort.	Std. sapma	Ort.	Std. sapma	Ort.	Std. sapma
Lehim	33,40	2,24	18,92	3,85	18,35	0,81
Mavi kil	36,04	4,84	3,67	3,67	17,56	0,46
Gri gidya	40,31	6,89	27,16	5,32	15,05	1,17
Linyit	57,03	6,86	29,87	6,32	12,47	1,30
Siyah kil	30,96	6,81	12,22	2,67	15,76	0,70
Taban kili	36,43	4,41	23,32	3,51	17,01	1,21
Kireçtaşı	20,78	3,6	26,8	2,1	27	2,6

3.2.1. Olasılığa Dayalı Şev Duraylılığı Hesaplamaları

Probabilistik yöntemler belli şartlar altında şev yenilme olasılığını inceler. Analizlerde rastgele değişkenler olarak göz önüne alınan farklı değerlerin dağılım fonksiyonları bilinmelidir. Malzeme özelliklerine dair belirsizlikler çok fazla miktarda veriye ihtiyaç duyulması anlamına geldiği için bu yöntemlerin kullanımı daha zordur. Emniyet katsayısı tekrarlı süreçleri kullanarak bu fonksiyonlardan hesaplanır. Olasılık yoğunluk fonksiyonları ve emniyet katsayısının olasılık dağılımı oluşturulabilir ve emniyet katsayısının özel bir oluşma olasılığı için şev duraylılık eğrileri elde edilebilir (De Vallejo ve Ferrer, 2002).

Probabilistik analizlerin şev duraylılığı uygulamalarındaki mevcut durumu tasarım sürecinde şevin yenilmesi durumunda hesaplanan güvenlik katsayısı kullanılarak, bilgi yetersizliği, zemin parametreleri ve saha stratigrafisi ile ilişkili belirsizliklerin hesaba katılmasına dayanmaktadır. İdeal koşullarda güvenli tasarım için güvenlik katsayısının en az 1 olması gerekmektedir fakat bütün bu belirsizliklerden dolayı güvenlik katsayısının daha yüksek değerlerde alınması önerilmektedir. Geçmiş tecrübelere dayanılarak 1,3 ile 1,5 arasında bir güvenlik katsayısı yenilmeleri en aza indirgeyen güvenlik katsayısı olarak kabul edilir.

Saha karakterizasyonu ile ilgili farklı belirsizlik seviyelerini kapsayan tüm durumlar için sıklıkla aynı minimum güvenlik katsayısı gereklidir. Benzer şekilde, aynı güvenlik katsayısına sahip iki şev, belirsizlikleri en aza indirgemek amacıyla sahanın ne kadar iyi karakterize edildiğine bağlı olarak oldukça farklı güvenlik seviyelerine sahip olabilir. Bu tür belirsizlik seviyelerini hesaba katarak şevin performansını değerlendirmek için probabilistik yöntem dikkate alınmalıdır. Probabilistik analizlerde son sonuç yenilme olasılığı (PF) veya yetersiz performans olasılığı olacaktır (Abramson ve ark., 2002). Jeoteknik çalışmalarda belirsizliklerin bir kısmının giderilmesi mümkün iken bir kısmının giderilmesi mümkün olmamaktadır.

Bir şevin duraylılığını etkileyen belirsiz parametreler, probabilistik formülasyonda rastgele değişkenler olarak ele alınır. Parametrelerin deterministik analizlerde tek bir değere sahip olduğu varsayılmaktadır ancak probabilistik analizlerde olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanan bir dizi değere sahip olacaktır.

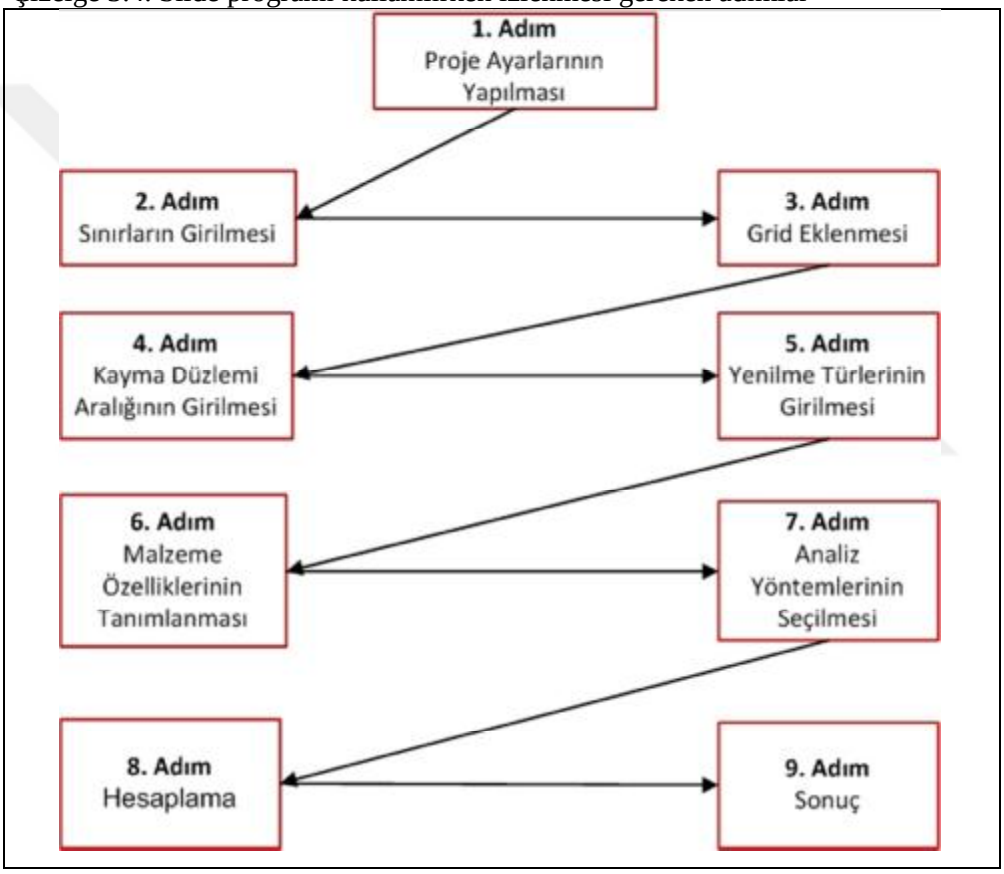
3.3. Slide Programının Kullanılması

Slide programı, kapsamlı olasılık analiz özelliklerine sahiptir. Malzeme özellikleri, yükler ve YASS konumu da dahil olmak üzere hemen hemen her giriş parametresine istatistiksel dağılımlar tanımlanabilmektedir. Güvenilirlik endeksinin

olasılığı hesaplanır ve eğim tasarımı ile ilgili başarısızlık riskinin objektif bir ölçümü sağlanır. Duyarlılık analizi, bireysel değişkenlerin yamacın emniyet faktörü üzerindeki etkisini belirlemenizi sağlar.

Slide programı kullanılarak bir model oluşturulması Çizelge 3.4'de verilen adımlar izlenerek yapılmaktadır.

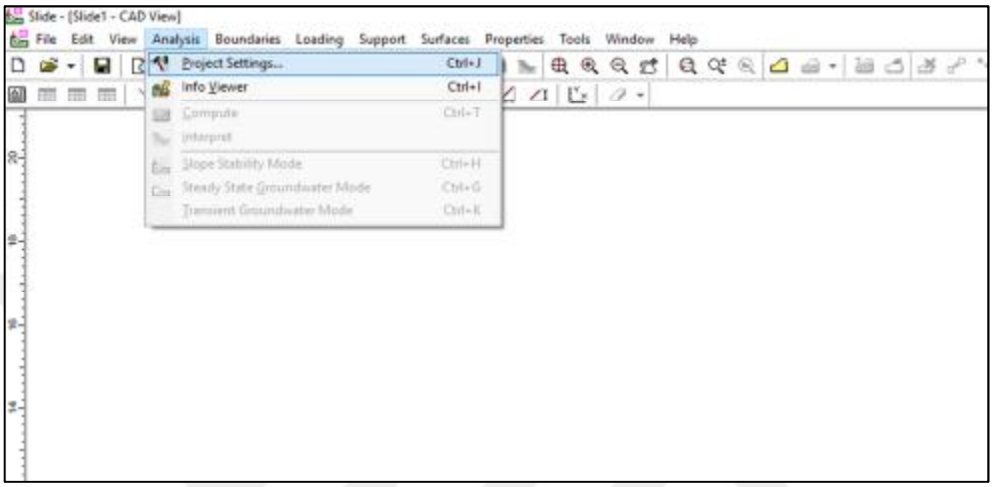
Çizelge 3.4. Slide programı kullanılırken izlenmesi gereken adımlar



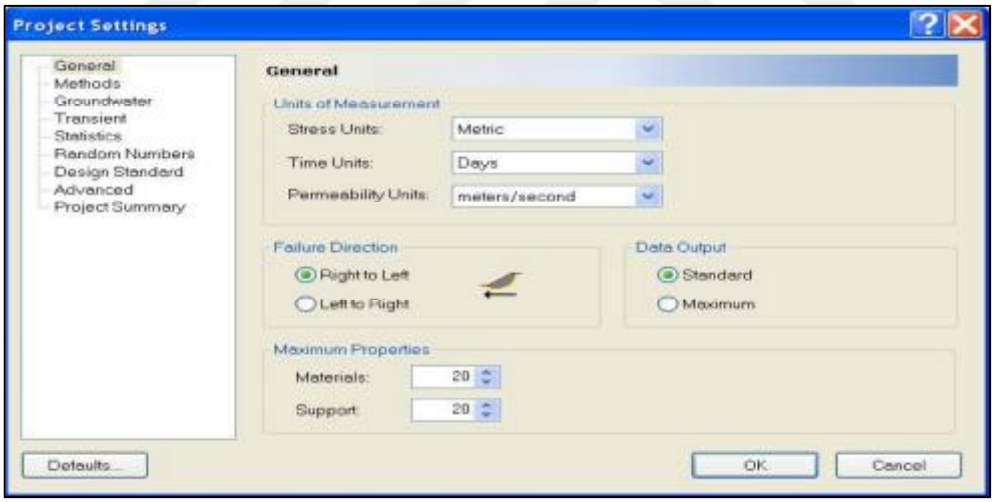
3.3.1. Proje Ayarlarının Yapılması

Proje Ayarları, Olası kayma yönü, Yenilme türü, Analiz Yöntemleri ve Yeraltı Su Seviyesi gibi ana analiz parametreleri için ana analiz parametrelerini yapılandırmak için kullanılır.

Proje ayarlarının yapılması için; işlem çubuğundan “Analysis” ve altından “Project Settings” seçeneği seçilir (Şekil 3.8 ve Şekil 3.9).



Şekil 3.8. Proje ayarlarının seçilmesi

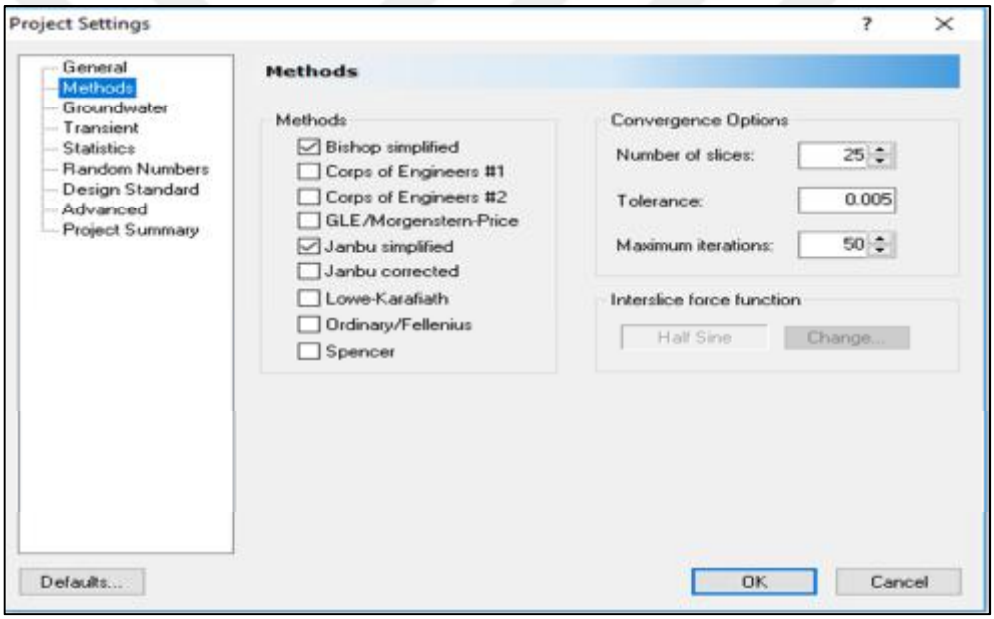


Şekil 3.9. Proje ayarları penceresi

Kutunun solundaki listeden sayfanın adını seçerek erişebilirsiniz (ör. Genel, Yöntemler, Yeraltı Suları vb.)

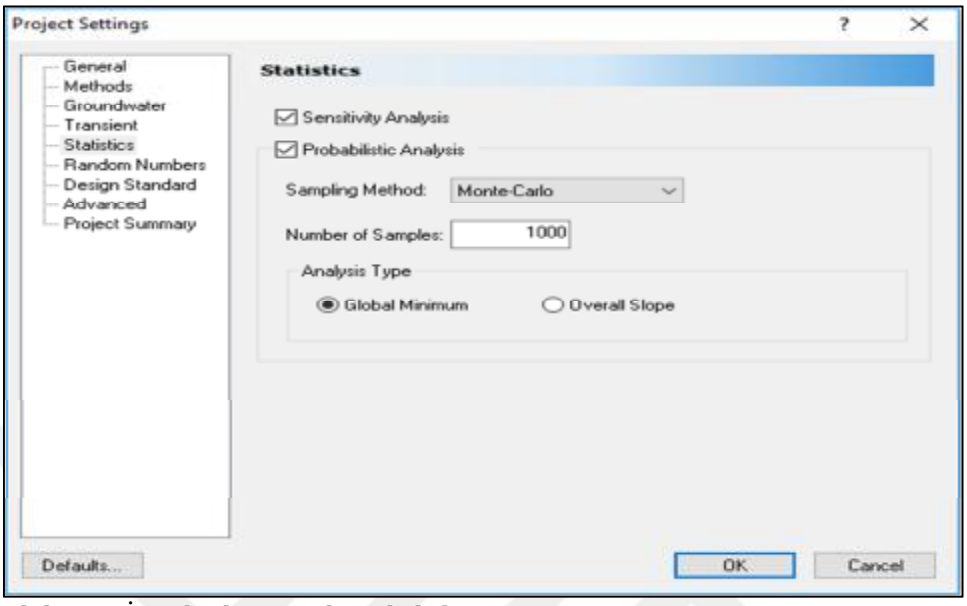
Genel sayfasında (General), Stres Birimleri (Stress units) seçeneğinin Metrik olarak ayarlanmıştır. Bu seçim, analizde kullanılan uzunluk, kuvvet, stres ve birim ağırlık birimlerini belirler.

- Failure direction seçeneği seçilerek olası kayma düzleminin yönü sağdan sola (right to left) veya soldan sağa (left to right) olarak seçilebilmektedir.
- Methods seçeği ile hesaplanamın yapılacağı yöntem veya yöntemler belirlenmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Proje ayarları-metot sekmesi altında yöntemlerin seçilmesi

- Statistics seçeneği seçilerek duyarlılık analizi (sensitivy analysis) ve olasılığa dayalı duyarlılık analizi (probabilistic analysis) seçenekleri belirlenerek istatistiksel analiz yöntemleri seçilir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. İstatiksel yöntemlerin belirlenmesi

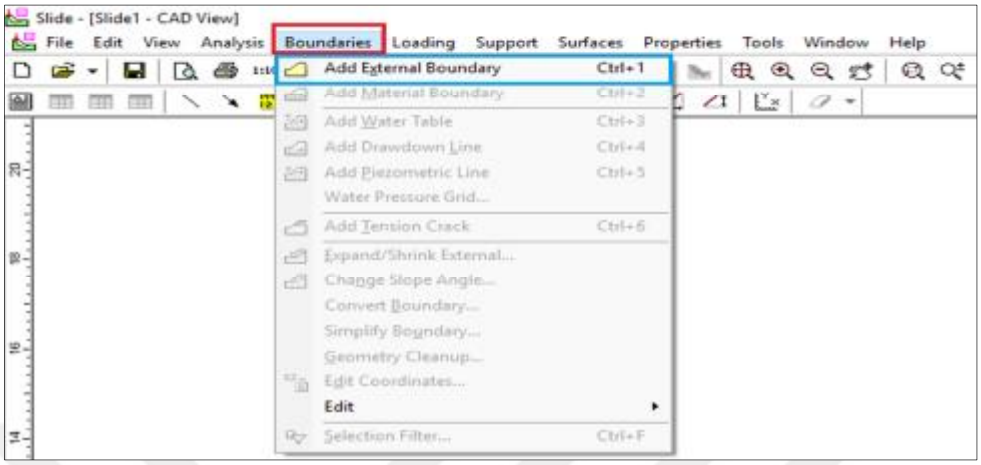
3.3.2. Sınırların Girilmesi

Her model için tanımlanması gereken ilk sınır Harici Sınırdır (external boundary).Harici sınır, analiz etmek istediğiniz bölgeyi kapsayan kapalı bir çoklu çizgidir. Genel olarak:

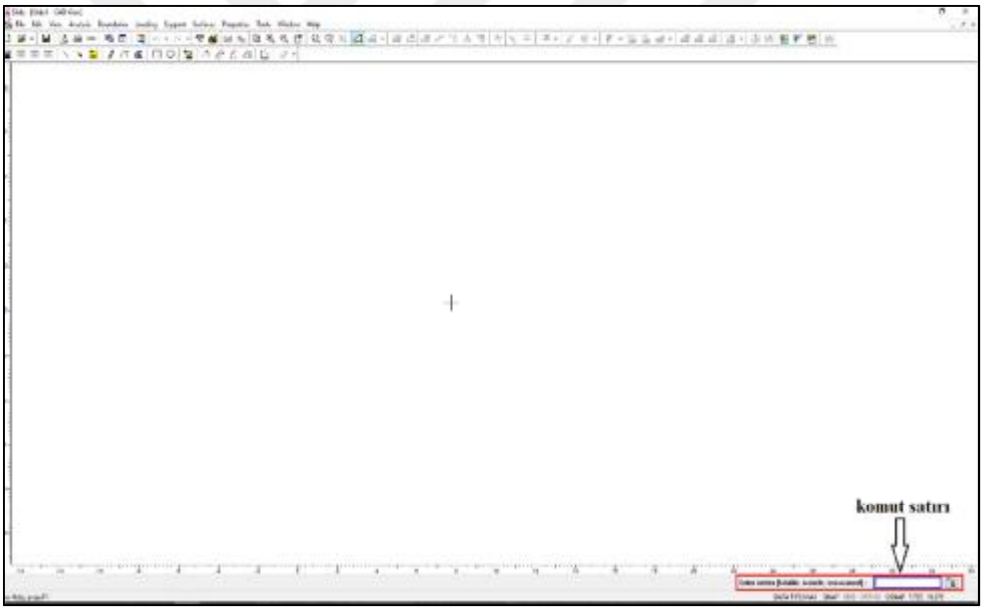
- Harici Sınırın üst bölümleri, incelemekte olduğunuz şev yüzeyini temsil eder.
- Harici Sınırın sol, sağ ve alt kapsamları keyfi olup, kullanıcının sorunun eksiksiz bir analizi için gerekli gördüğü ölçüde uzatılabilir.

Harici Sınırı eklemek için, araç çubuğundan veya “Sınırlar” menüsünden “Harici Sınır Ekle'yi” seçin, (boundaries sekmesi altında add external boundary) özelliği seçilir (Şekil 3.12).

Bir sonraki işlemde, ekranın sağ alt tarafında bulunan komut satırından koordinatlar girilir (Şekil 3.13).



Şekil 3.12. Harici sınırların eklenmesi



Şekil 3.13. Komut satırına koordinatların girilmesi

- Aşağıdaki örnekte, koordinatların girilmesi daha net olarak görülecektir.

Enter vertex [esc=cancel]: 0 0

Enter vertex [u=undo,esc=cancel]: 130, 0 (1. nokta)

Enter vertex [u=undo,esc=cancel]: 130, 50 (2. nokta)

Enter vertex [c=close,u=undo,esc=cancel]: 80, 50 (3. nokta)

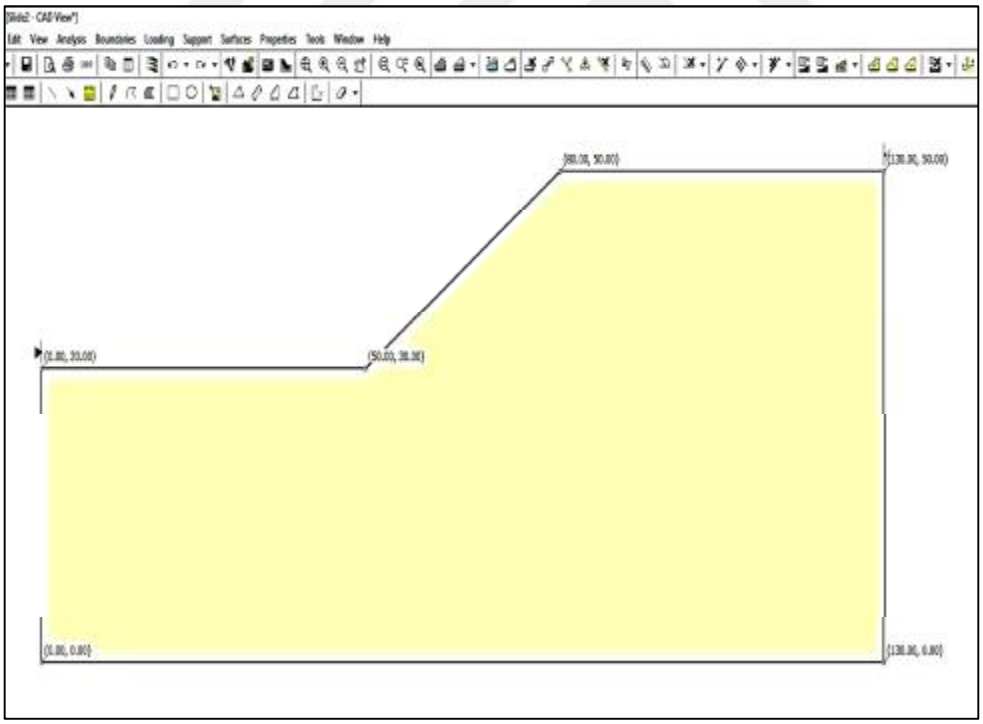
Enter vertex [c=close,u=undo,esc=cancel]: 50, 30 (4. nokta)

Enter vertex [c=close,u=undo,esc=cancel]: 0, 30 (5. nokta)

Enter vertex [c=close,u=undo,esc=cancel]: c (sınırların kapatılması)

Komut satırına noktaların koordinat değerleri girildikten sonra, son nokta için “c” girildiğinde ilk ve son köşeler otomatik olarak bağlanır, sınır kapanır ve harici sınır ekle seçeneğinden çıkar.

Sınırlar komutsal olarak girilebileceği gibi el ile çizilerek de belirlenebilmektedir, koordinatlar girildikten sonra şev görüntümüz Şekil 3.14’deki gibi olacaktır.

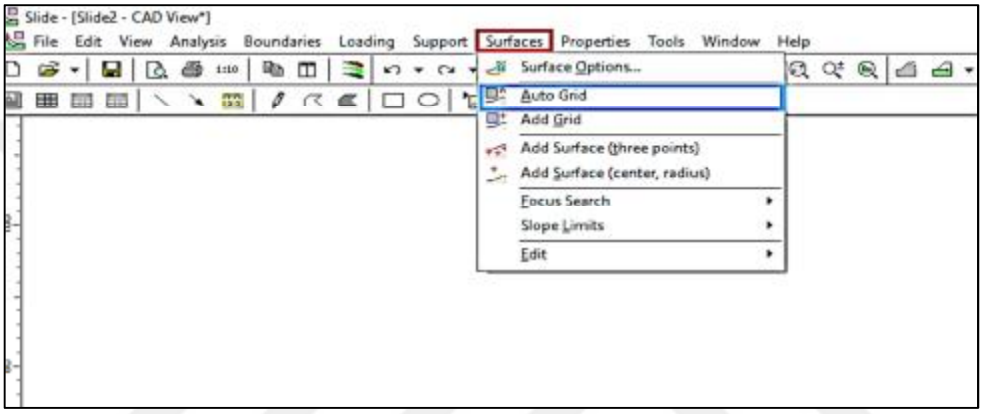


Şekil 3.14. Oluşturulan harici sınırların görüntüsü

3.3.3. Grid Eklenmesi

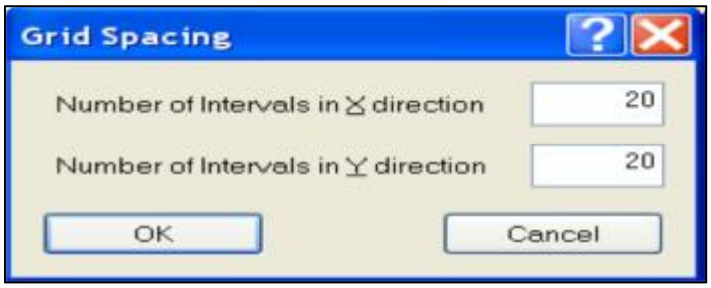
Kayma merkezi gridleri kullanıcı tanımlı olabilir veya otomatik olarak oluşturulabilir.

Araç çubuğundan yüzeyler (surfaces) seçeneği altından otomatik grid (auto grid) opsiyonu seçilerek grid eklenmektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Grid eklenmesi

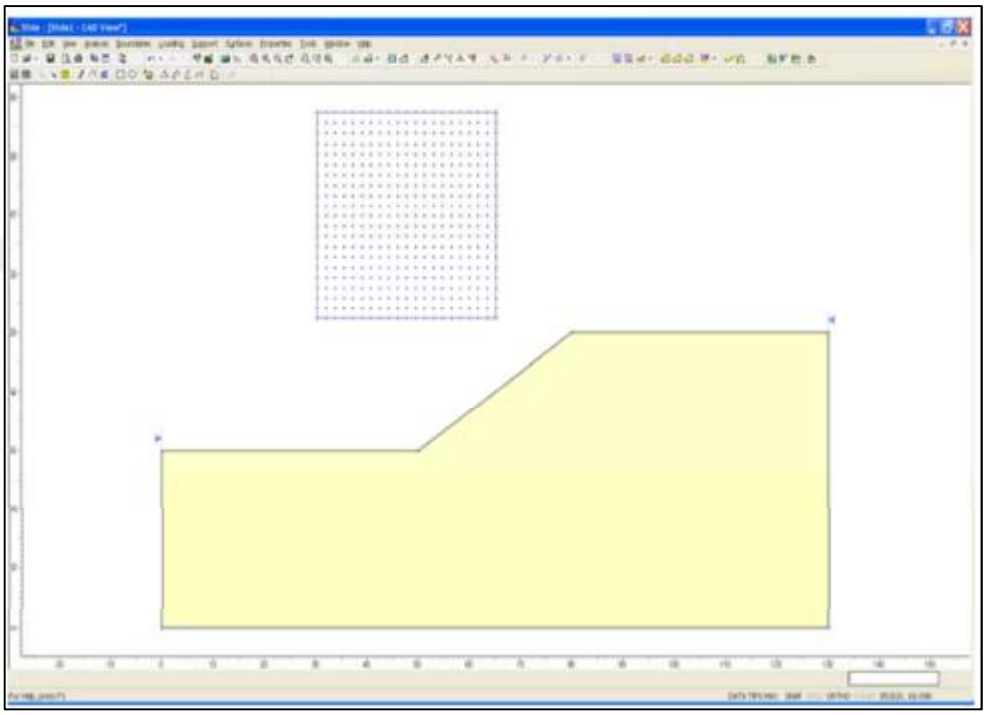
Bu aşamadan sonra önümüze Grid penceresi gelecektir. Varsayılan aralıklarla 20 x 20 grid oluşturulabilir (Şekil 3.16). Böylece toplamda 20 x 20 = 400 tane kayma merkezi oluşturulacaktır.



Şekil 3.16. Grid ekleme penceresi

X ve Y doğrultuları için değerler girildikten sonra Grid düzlemi modelimize eklenecektir (Şekil 3.17).

Bir kayma merkezi gridindeki her nokta, bir dizi kayma çemberinin dönme merkezini temsil eder. Kayma, Eğim Sınırları ve Yarıçap artışına dayalı olarak, her bir kılavuz noktasındaki daire yarıçapını otomatik olarak belirler.

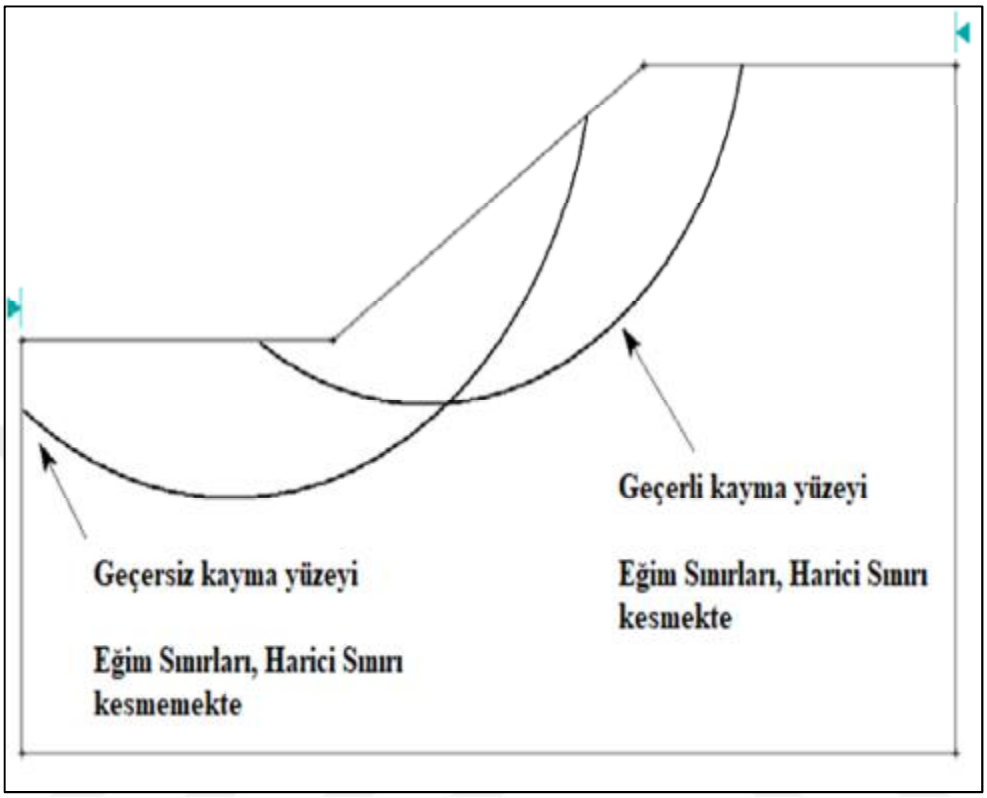


Şekil 3.17. Otomatik grid ile oluşturulmuş kayma merkezi gridi görüntüsü

3.3.4. Kayma Düzlemi Aralığının Girilmesi

Harici dış sınırları (External Boundary) oluşturduğumuzda, Dış sınırın üst yüzeyinin sol ve sağ sınırlarında iki adet üçgen işaretçi görülecektir, görülen bu iki işaretçi bizim Şev Sınırlarımız (Slope Limits) olacaktır. Şev sınırları, bir dairesel kayma analizinde iki amaca hizmet eder:

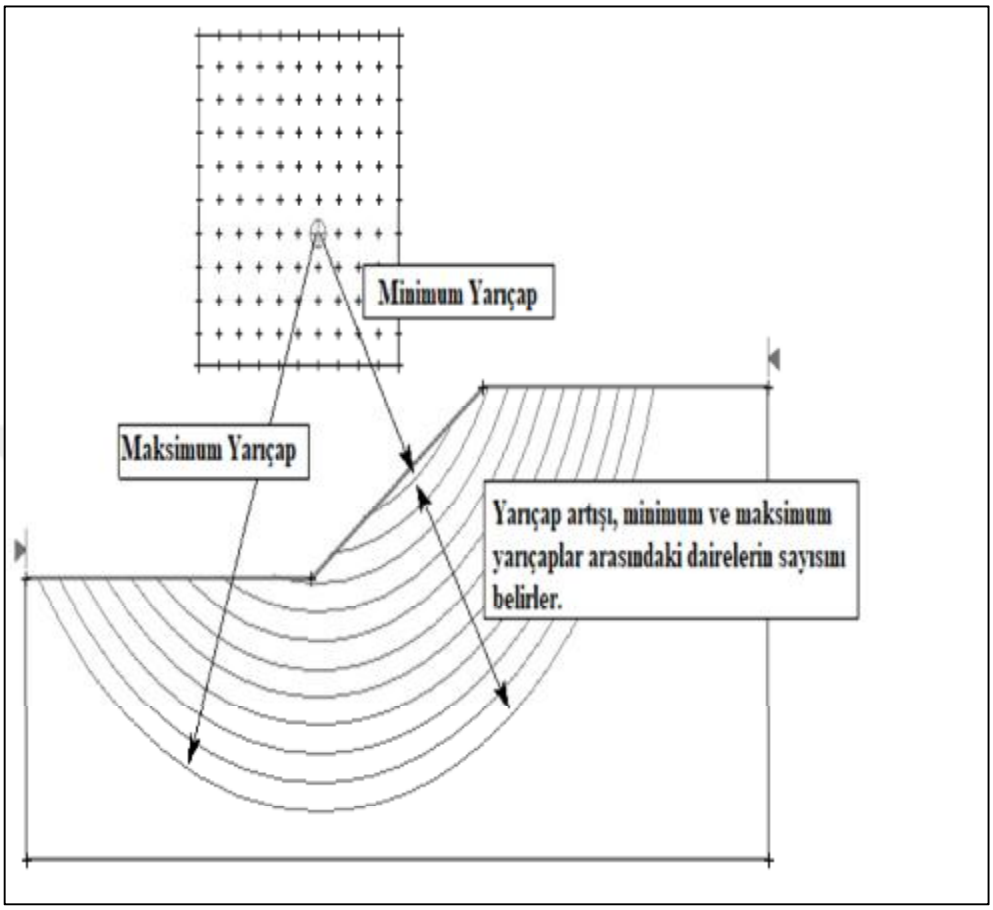
1. Filtre Edilme (Filtering): Tüm kayma yüzeyleri, Şev sınırları içinde Harici Sınırı kesmelidir. Kayma yüzeyinin başlangıç ve bitiş noktaları şev sınırları içinde değilse, analiz edilmemiş olur (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Geçerli yüzeyler için eğim sınırlarını filtreleme

2. Dairesel Kayma Düzlemi Oluşturma: Harici sınırlar ile Şev Sınırları arasında kalan alan, analiz edilecek şev yüzeyini tanımlar. Oluşturalan grid noktaların her biri, dairesel kayma düzlemini temsil eder.

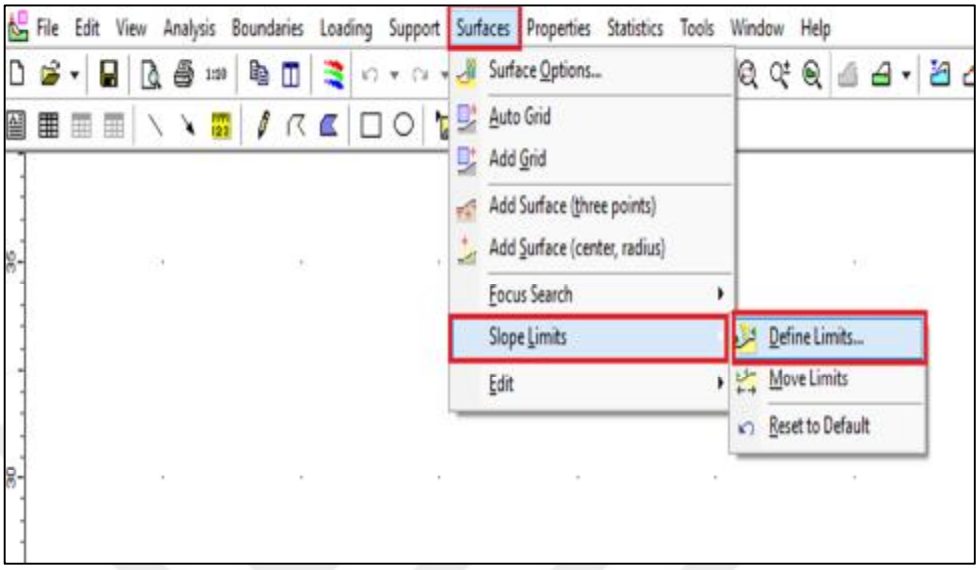
- Her kayma düzlemi merkezini temsil eden grid noktası için bir minimum ve maksimum yarıçap mesafesi vardır ve bu yarıçaplar kayma merkezinden, eğim yüzeyine olan uzaklıklar ile belirlenir.
- Yarıçap artışı daha sonra, her bir grid noktasındaki minimum ve maksimum yarıçap daireleri arasında üretilen kayma dairelerinin sayısını belirlemek için kullanılır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Şev sınırları ve yarıçap artışını kullanarak, kayma dairesi oluşturma

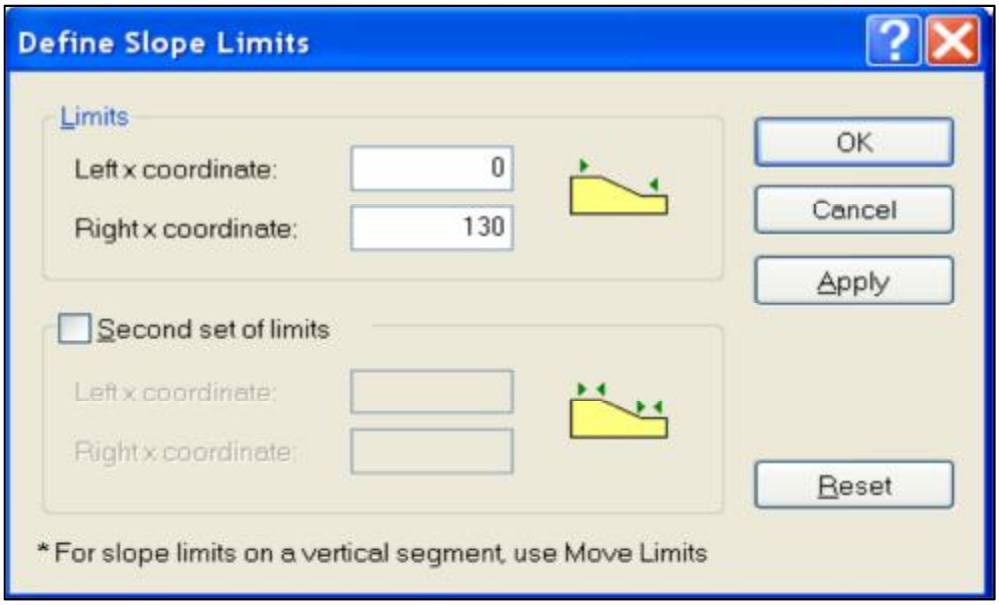
3. Şev Sınırlarının Değiştirilmesi: Varsayılan Kayma Düzlemi Sınırları (Slope Limits), genel olarak Grid araması için maksimum kapsama alanı sağlayacaktır. Grid arama modeli daha spesifik alanlara daraltılmak istenirse, Sınırları Tanımla (Define Limits) kutucuğu ile özelleştirilebilir (Şekil 3.20).

İzlenmesi gereken adımlar şu şekilde olacaktır. “Surfaces” araç çubuğundan “Slope Limits” seçeneği seçilerek “Define Limits” opsiyonu seçilir.



Şekil 3.20. Kayma düzlemi sınırlarının değiştirilmesinin gösterimi

Bu işlemlerden sonra Şekil 3.21'de görüldüğü gibi şev sınırları değiştirme (Define Slope Limits) penceresi gelecektir.



Şekil 3.21. Kayma düzlemi sınırları değiştirme penceresi

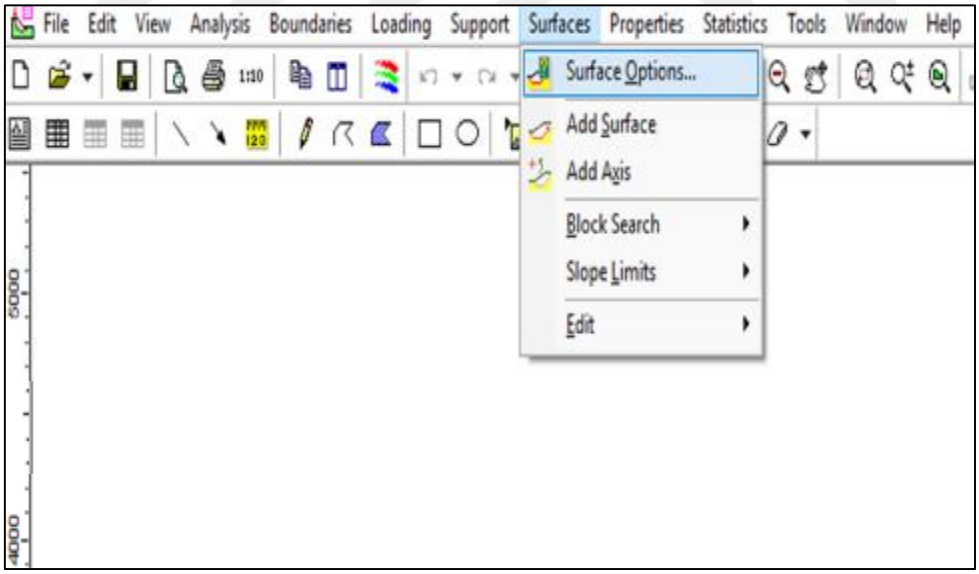
Kayma düzlemi sınırları değiştirme penceresi, kullanıcının sol ve sağ kayma düzlemlerini özelleştirmesine veya iki set limit belirlemesine (kayma düzleminin başlangıç ve bitiş noktaları için izin verilen aralıkları tanımlamak için) olanak verir.

Kayma düzlemi sınırları, Sınırları Taşı (Move Limits) Seçeneği ile fareyle de taşınabilir.

3.3.5. Yenilme Türlerinin Girilmesi

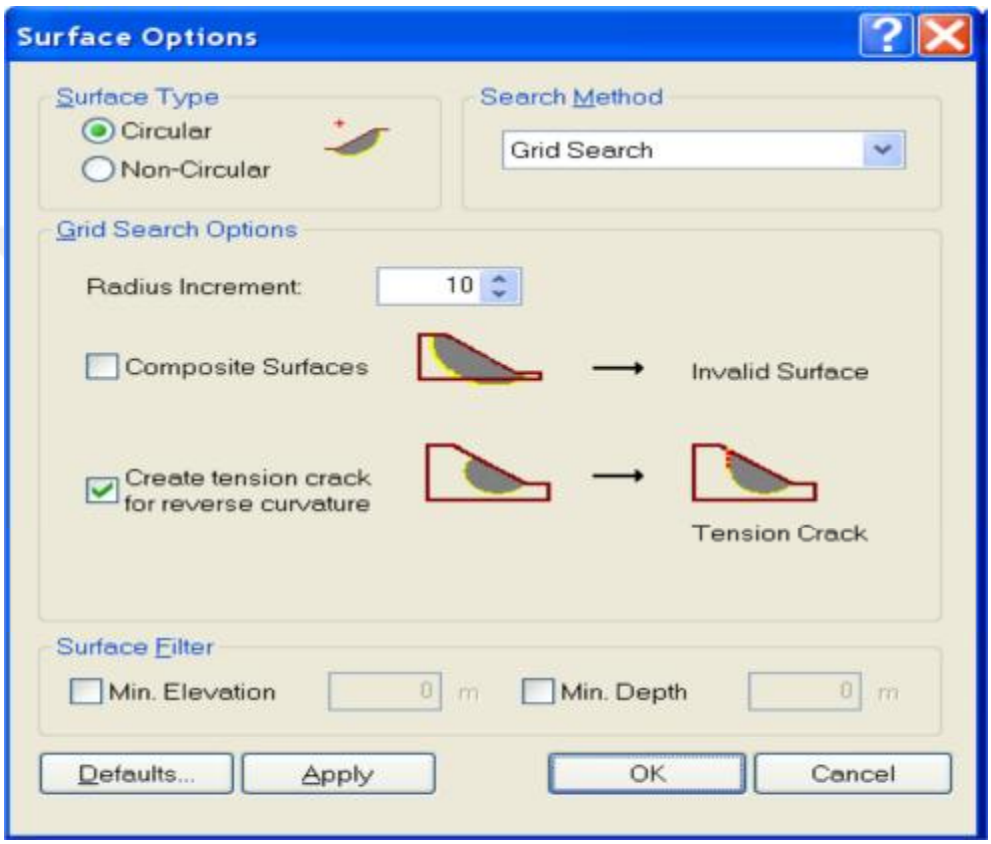
Yenilme yüzeyi, Dairesel veya Dairesel Olmayan olarak tanımlayabileceğiniz ve analiz edebileceğiniz kayma yüzeyinin türünü belirler.

Yenilme türleri ayarlarının yapılabilmesi için araç çubuğundan; yüzeyler (surfaces) altından yüzey seçenekleri (surface options) opsiyonu seçilir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Yüzey özelliklerinin seçilmesi

Bu adımdan sonra karşımıza Şekil 3.23'de verilen pencere gelecektir. Burada yapılması gereken kayma düzleminin dairesel (circular) veya dairesel olmadığını (non-circular) olduğunu şeçmektir.



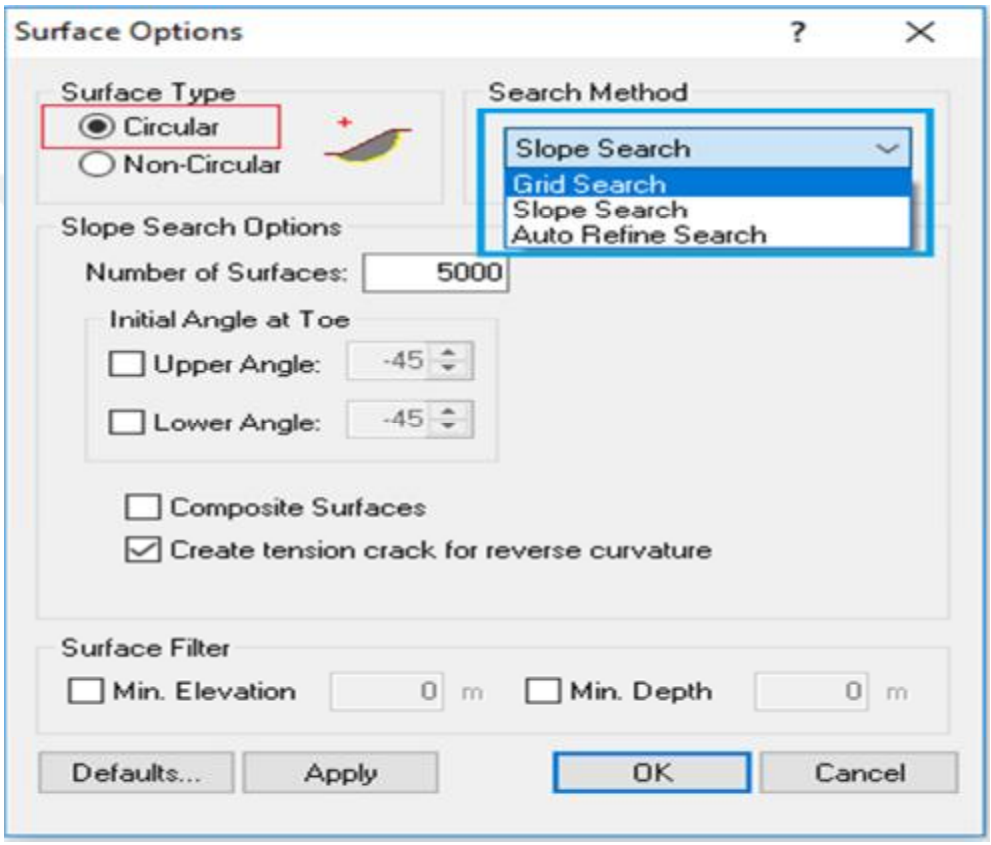
Şekil 3.23. Yüzey seçenekleri penceresi

3.3.5.1. Dairesel Kayma Düzlemleri

Dairesel kaymada (circular surfaces) 3 farklı metod söz konusudur (Şekil 3.24).

- **Grid metodu (grid search):** Tanımlanacak en az bir kayma merkezi gridi gerektirir. Bu da otomatik grid ekle seçeneği ile mümkündür. Bir kayma

merkezi gridi oluşturulduğunda X ve Y yönlerinde grid aralıklarının sayısı belirlenir ve kayma merkezleri tablosu oluşturulur. Her bir grid noktasından dairesel kayma düzlemleri oluşturularak minimum güvenlik katsayısına sahip olan nokta tespit edilir.



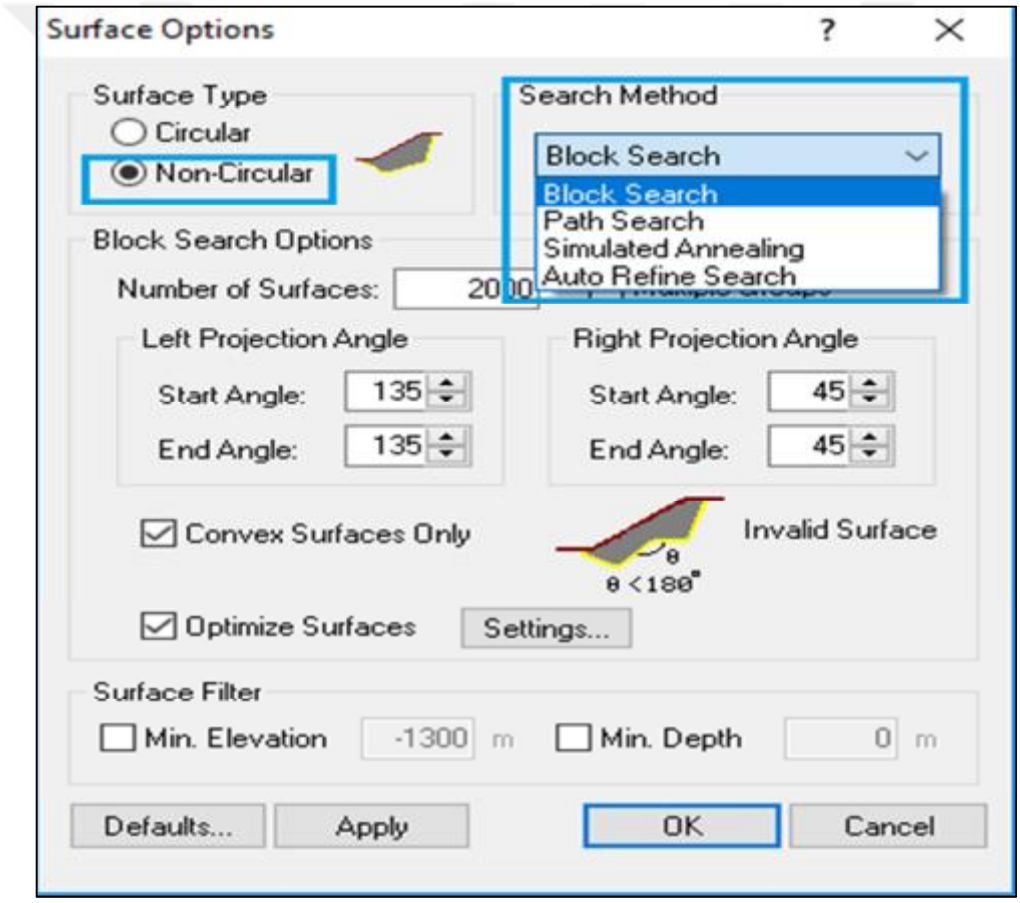
Şekil 3.24. Dairesel kayma ve metotları penceresi

- **Şev yüzeyine göre araştırma metodu (slope search):** Dairesel kayma yüzeylerinde genel minimum güvenlik faktörünü bulmak için kullanılan bir diğer metotdur ve şev yüzey alanlarını tanımlayı sağlayarak kayma yüzeyinin başlangıç ve bitiş noktalarını tanımlayan iki nokta üretmek için kullanılır.

- **Otomatik tanımlama metodu (auto refine search):** En düşük güvenlik faktörü araması, arama ilerledikçe süzülür ve yinelemeli bir yaklaşım kullanılır, böylece bir iterasyonun sonuçları, bir sonraki iterasyonda inceleme alanını daraltmak için kullanılır.

3.3.5.2. Dairesel Olmayan Kayma Düzlemleri

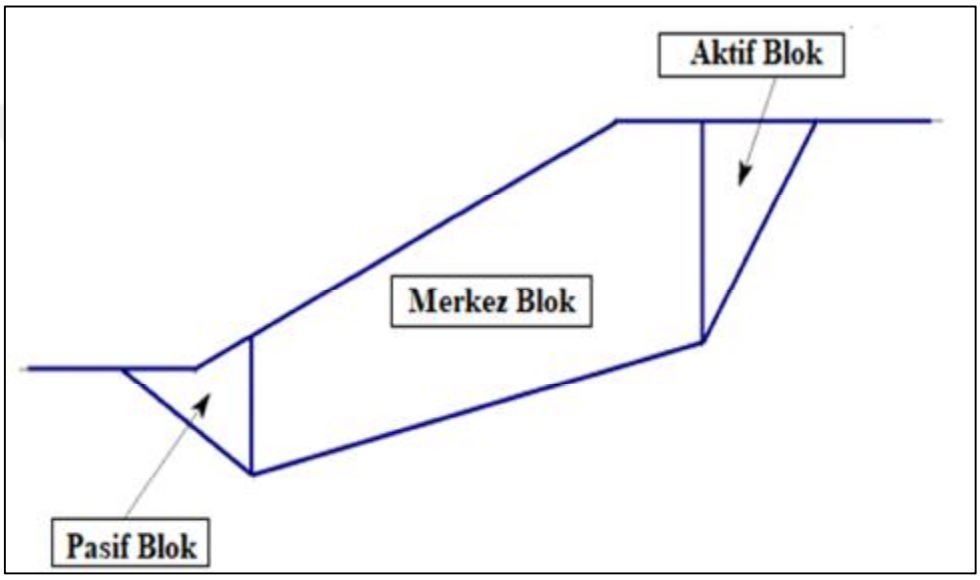
Dairesel olmayan kaymalar için 4 farklı metot mevcuttur (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Dairesel olmayan kayma ve metotları penceresi

- **Blok metodu:** Bu metotda Şekil 3.26'da gösterildiği gibi malzemenin aktif, pasif ve merkez bloklarından oluştuğu düşünülmüştür.

Blok arama metodu, Rastgele dört noktadan oluşmuş bir pencereden, tek bir noktadan, bir çizgiden veya çoklu çizgiden oluşabilir



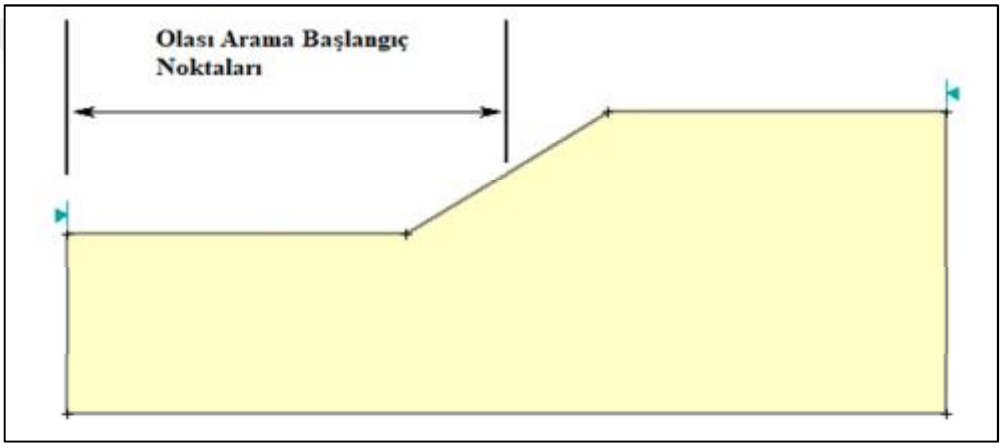
Şekil 3.26. Aktif, pasif ve merkez bloklarının görüntüsü

- **Belirli aralıklarla kayma düzlemi oluşturma metodu (path search):** Bu metot parçalı doğrusal kayma yüzeyleri üretmek için kullanılır. Her bir kayma yüzeyi için rastgele bir başlangıç noktası oluşturulur. Başlangıç noktası için izin verilen aralık şev sınırları aşağıdaki gibi tanımlanır:

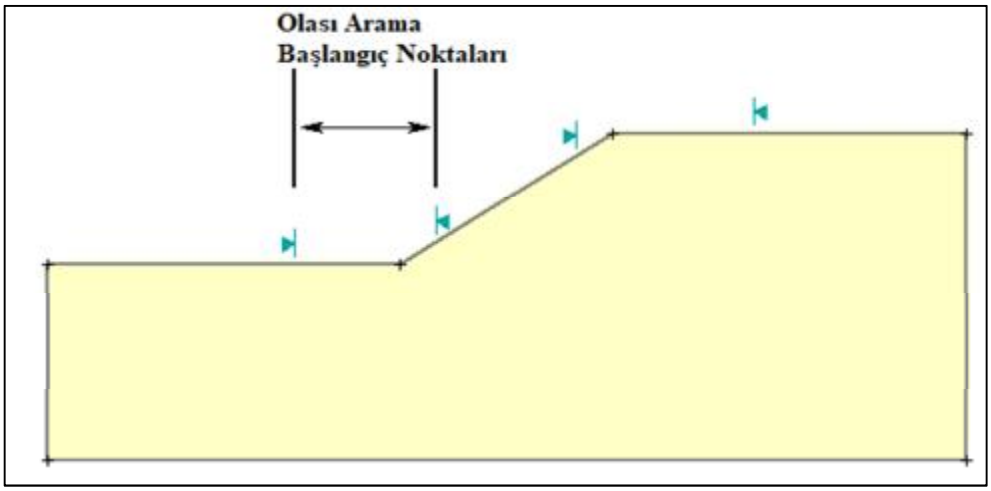
o Tek bir şev sınırı tanımlandıysa, program otomatik olarak aralığı yarıya böler ve kayma yüzeyi başlangıç noktalarını oluşturmak için şev dibine en yakın noktayı kullanır (Şekil 3.27).

o Çift eğim sınırı tanımlandıysa, yine kayma yüzeyi başlangıç noktalarını oluşturmak için şev dibine en yakın aralık kullanılacaktır (Şekil 3.28).

· **Otomatik tanımlama metodu:** Dairesel olmayan yüzeyleri, parçalı doğrusal yüzeylere dönüştürür ve dairesel yüzeyler üretir. Her daire dışında kalan yüzey için emniyet faktörü hesaplanarak en düşük emniyet faktörüne sahip olan kayma düzlemi bulunur.



Şekil 3.27. Tek bir eğim sınırı için olası başlangıç noktaları

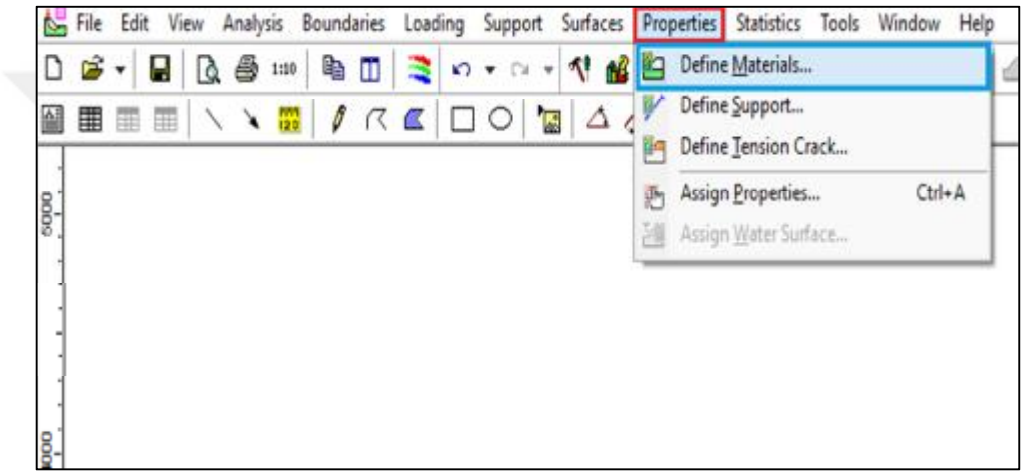


Şekil 3.28. Çift eğim sınırı için olası başlangıç noktaları

3.3.6. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

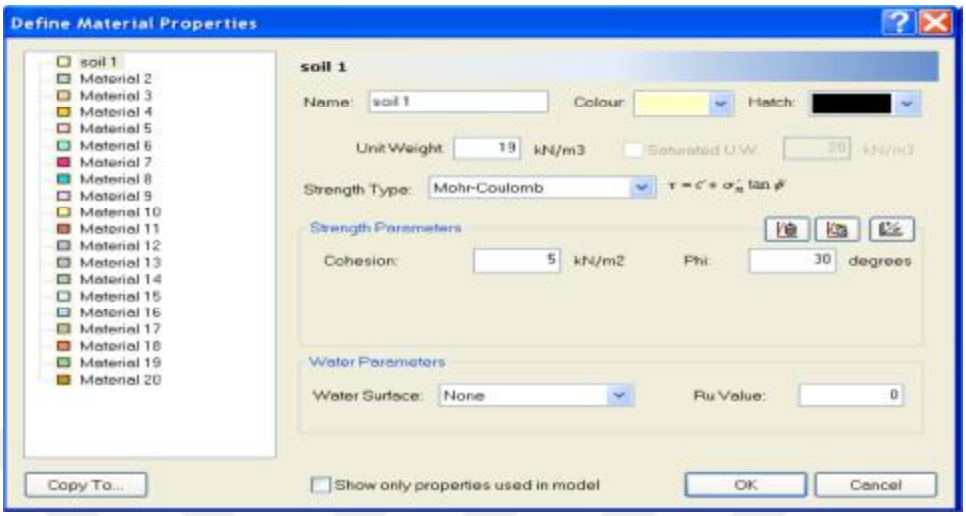
Bu aşamayı 5 adım altında toplamak mümkündür.

1. **Adım;** Malzeme (zemin veya kaya) özelliklerini tanımlamak için araç çubuğundan "Properties" menüsü altında Malzemeleri Tanımla (Define Materieals) opsiyonu seçilir (Şekil 3.29).



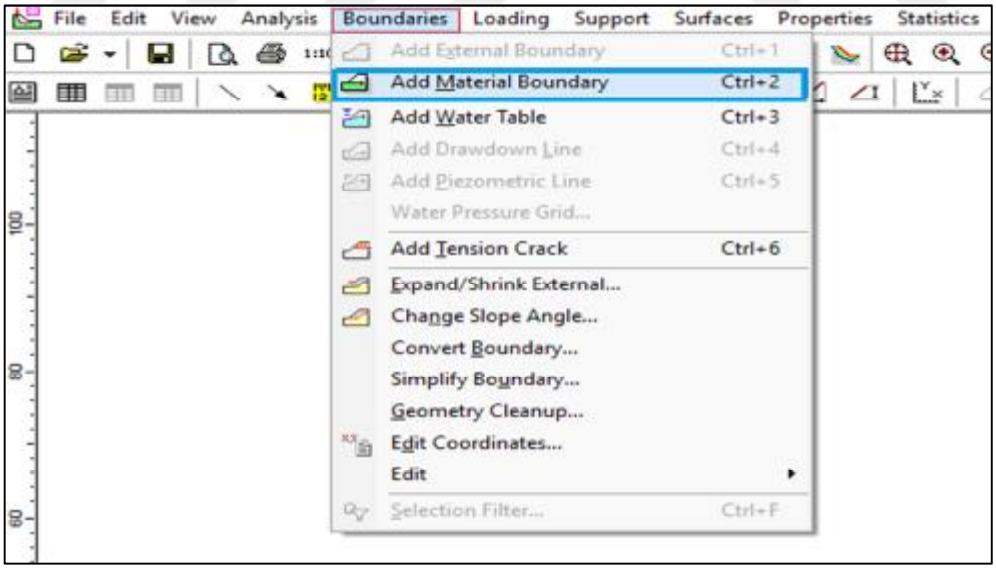
Şekil 3.29. Malzeme özelliklerinin tanımlanması penceresi

2. Adım; Şekil 3.30'de verilen pencerede, 20 farklı malzemeye kadar, malzemelere ait ad (material name), renk (material colour), birim hacim ağırlık (unit weight), materyal dayanım modeli (strenght type), zeminlerde Mohr-Coulomb, kayalarda Hoek-Brown metodu seçilir, su parametreleri (water parameters), malzemenin kohezyonu (cohesion) ve içsel sürtünme açısı (phi) gibi özellikler girilmelidir.



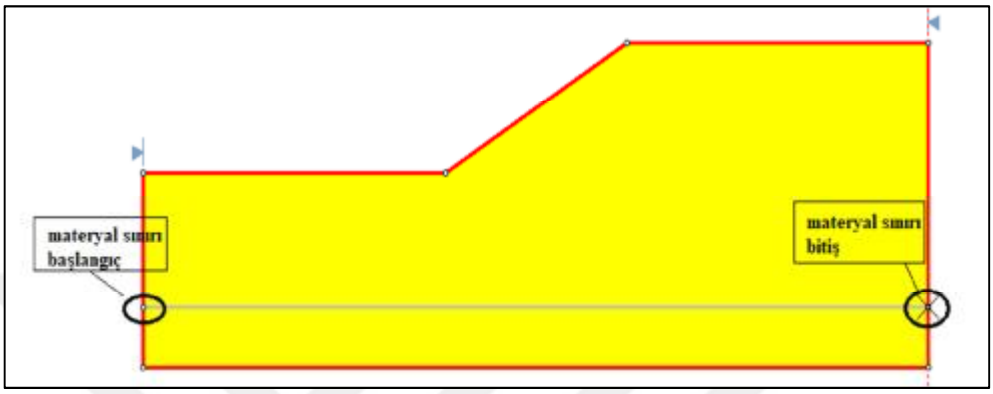
Şekil 3.30. Malzeme özellikleri penceresi

3. Adım; oluşturulan modele tek tek materyaller atanır yani litoloji tanımlanır. Bu işlem için araç çubuğunda Sınırlar (Boundaries) seçeneği altında Malzeme Sınırları Ekle (Add Material Boundary) opsiyonu seçilir (Şekil 3.31)



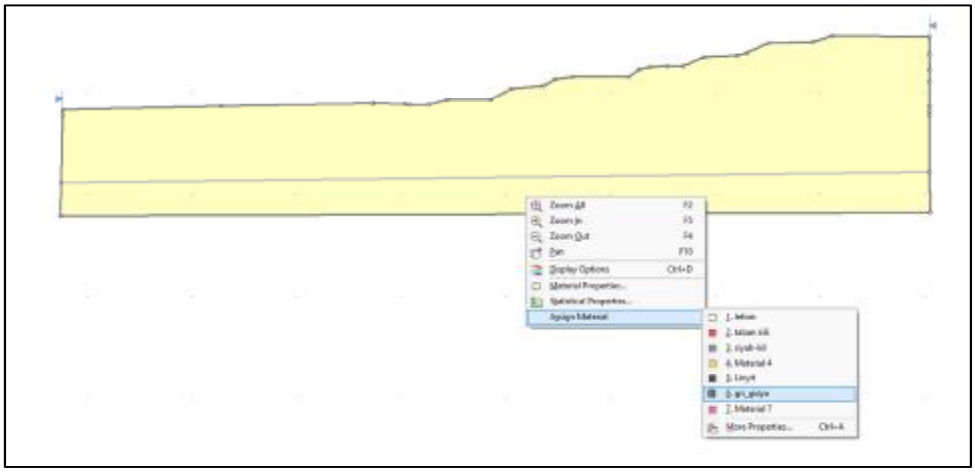
Şekil 3.31. Materyal sınırının eklenmesi için yapılması gereken adımlar

4. Adım; Bir sonraki adım olarak harici sınırları kesecek şekilde Materyal sınırı eklenir (Şekil 3.32).

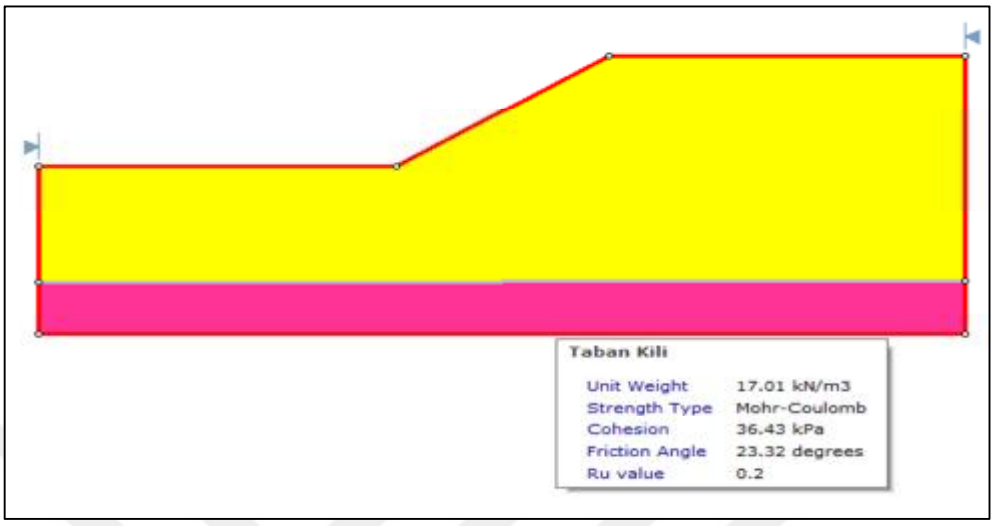


Şekil 3.32. Materyal sınırı eklenmesi

5. Adım: Bu aşamada ise, çizilmiş olan Materyal Sınırına ait olan Materyal tanımlanır, bunun için de çizilen bölgenin altında kalan kısımda mouse'un sağ tuşuna tıklanarak açılan pencerede malzeme ata (assign material) opsiyonuna gelinerek o katmana ait malzeme tanımlanır (Şekil 3.33 ve Şekil 3.34). Bu işlem tüm materyaller için yapılarak şev litolojisi oluşturulur.



Şekil 3.33. Materyal sınırına ait olan materyalin atanması



Şekil 3.34. Materyalin atandıktan sonraki görüntüsü

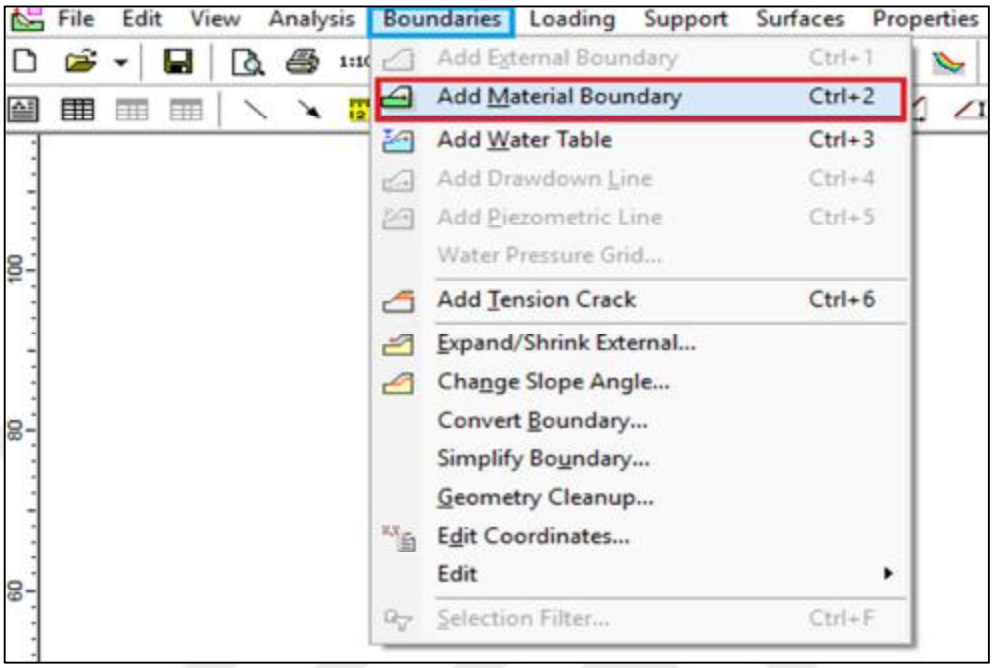
3.3.7. Diğer Yüklerin Eklenmesi

Bu başlık altında, Su Tablası (Water Table), Dağılı Yükler (Distributed Load) ve Sismik Yükler (Siesmic Load) ele alınacaktır.

3.3.7.1. Su Tablasının Eklenmesi

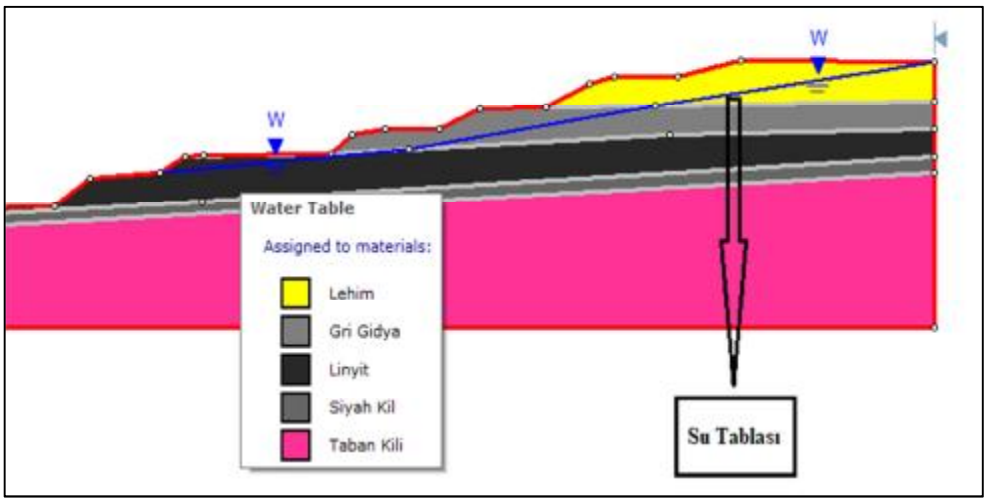
Gözenek basıncını tanımlanması için, Su tablasının eklenmesi gerekmektedir.

Bu işlem için Sınırlar (boundaries) seçeneği altında Su Tablası Ekle (Add Water Table) opsiyonu seçilir (Şekil 3.35).



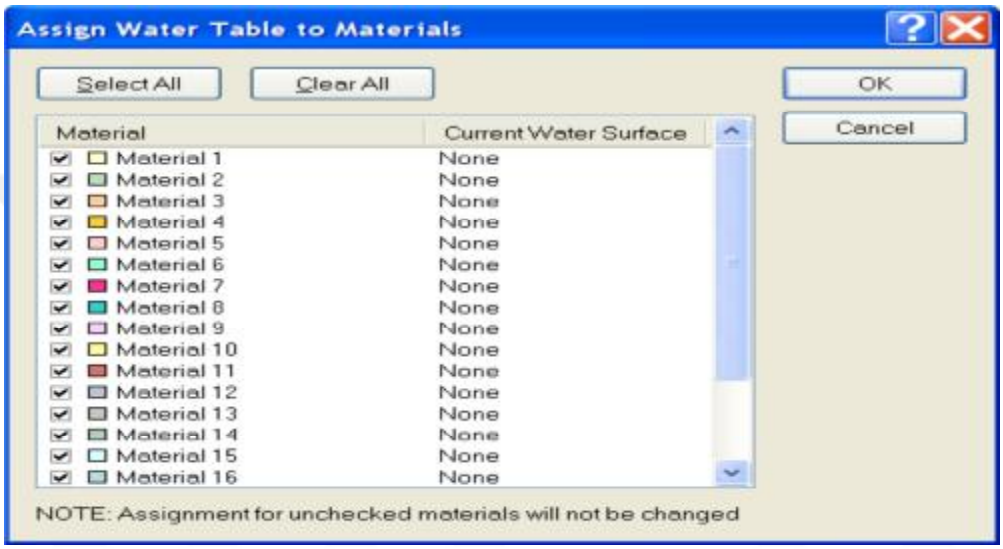
Şekil 3.35. Su tablasının eklenmesi için gerekli adımlar

Bu aşamadan sonra Harici Sınır köşelerini kesecek şekilde Su tablası çizilir (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. Eklenmiş su tablasının görüntüsü

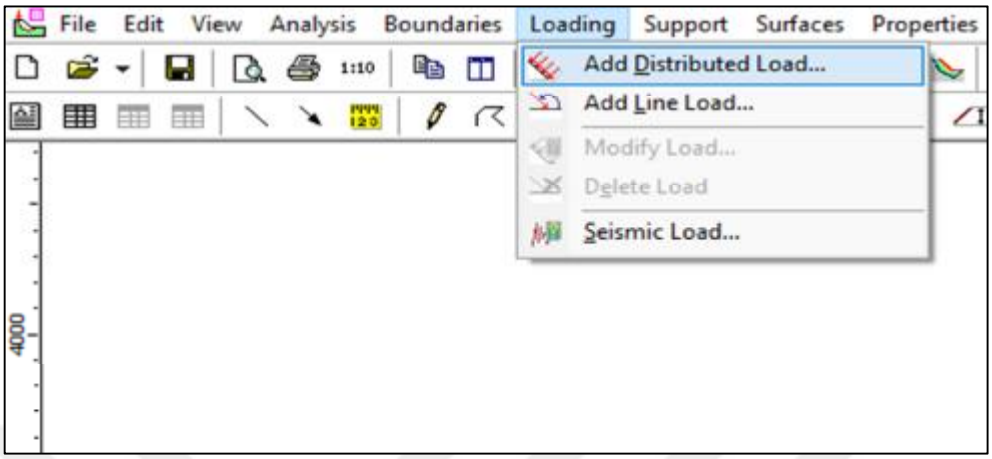
Burada unutulmaması gereken husus, Su Tablası çizildikten sonra, Su Tablasının hangi materyeller içinden geçtiği, açılan pencerede tek tek seçilmelidir (Şekil 3.37), böylece program her bir malzeme için gözenek basıncının nasıl hesaplanacağına karar verecektir.



Şekil 3.37. Su tablasının etkilediği materyallerin seçilmesi

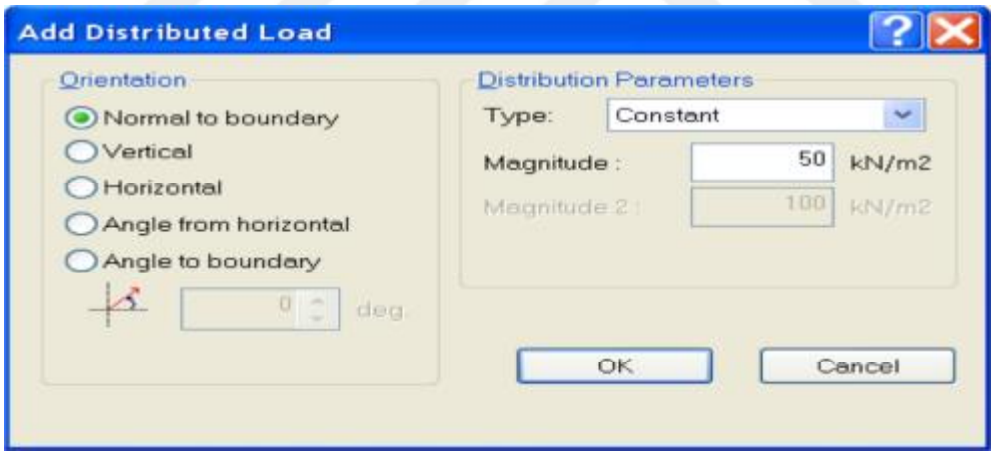
3.3.7.2. Dağılı Yüklerin Eklenmesi

Harici yükler, konsantre hat yükleri veya dağıtılmış yükler olarak tanımlanabilir. Bunun için araç çubuğunda Yükler (Loading) seçeneği altında Dağılı Yük Ekle (Add Distributed Load) opsiyonu seçilmelidir (Şekil 3.38).



Şekil 3.38. Dağılı yüklerin eklenmesi

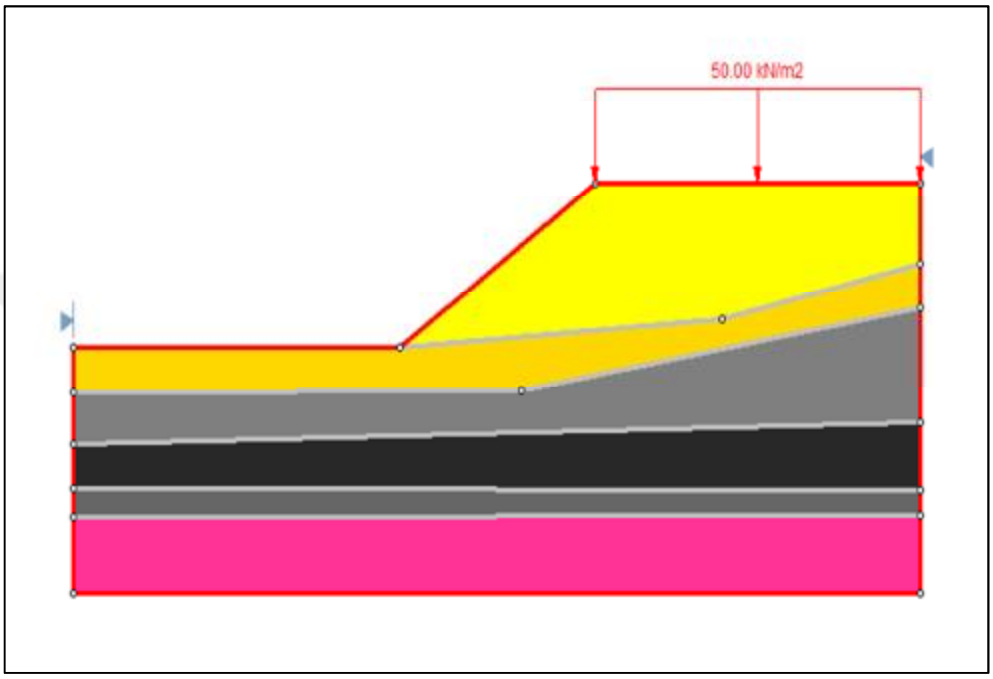
Bu işlemden sonra Şekil 3.39' da verilen Dağılı Yük Ekle (Add Distributed Load) penceresi önümüze gelecektir.



Şekil 3.39. Dağılı yük ekleme penceresi

Dağılı yük büyüklüğü girildikten sonra pencere kapatılarak, imleç yardımıyla yük eklenir. Kırmızı çapraz dağıtılmış yükün istenen başlangıç ve bitiş noktalarına gelindiğinde, Mouse'un sol düğmesine tıklayarak yük konumu grafiksel olarak girilebileceği gibi tam koordinatları girmek için işlem satırı

kullanılarak da yük koordinatları girilebilir. Dağılı yükün eklendikten sonraki görüntüsü Şekil 3.40'da verilmiştir.



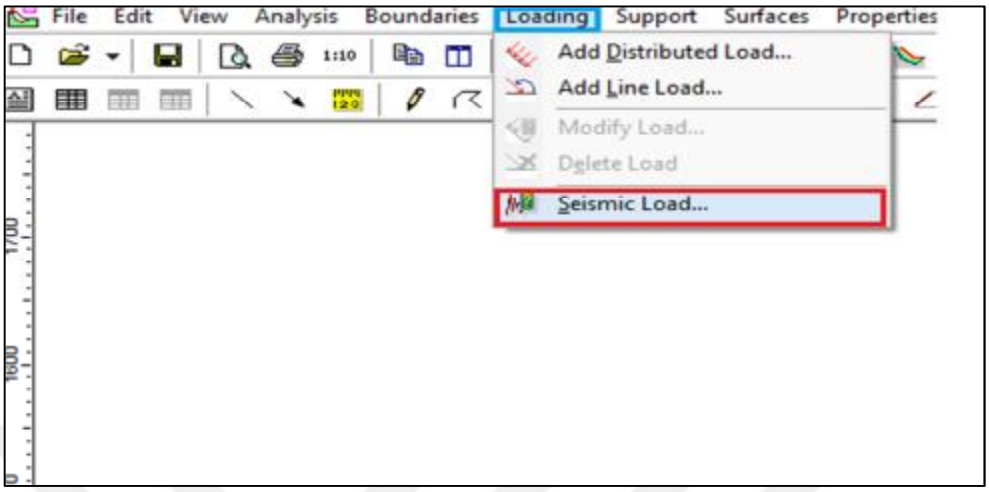
Şekil 3.40. Dağılı yük eklendikten sonraki görüntü

3.3.7.3. Sismik Yüklerin Eklenmesi

Sismik yük seçeneği, statik deprem yükünün, sınır denge analizine etkisini hesaplamada kullanılır.

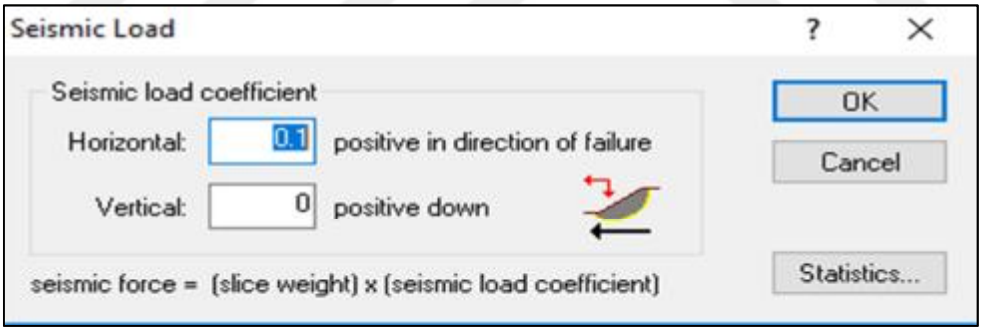
Sismik Yük seçeneğinde, Yatay ve/veya Dikey yönler için sismik katsayılar tanımlanabilir. Sismik Katsayılar, yerçekimine bağlı olarak ivmenin bir kısmı olarak (maksimum) deprem ivmesini temsil eden boyutsuz katsayılardır. Tipik değerler 0,1 ile 0,3 aralığındadır.

Sismik Yüklerin girilebilmesi için, araç çubuğunda Yükler (Loading) seçeneği altında, sismik yükler (Siesmic Load) opsiyonu seçilir (Şekil 3.41).

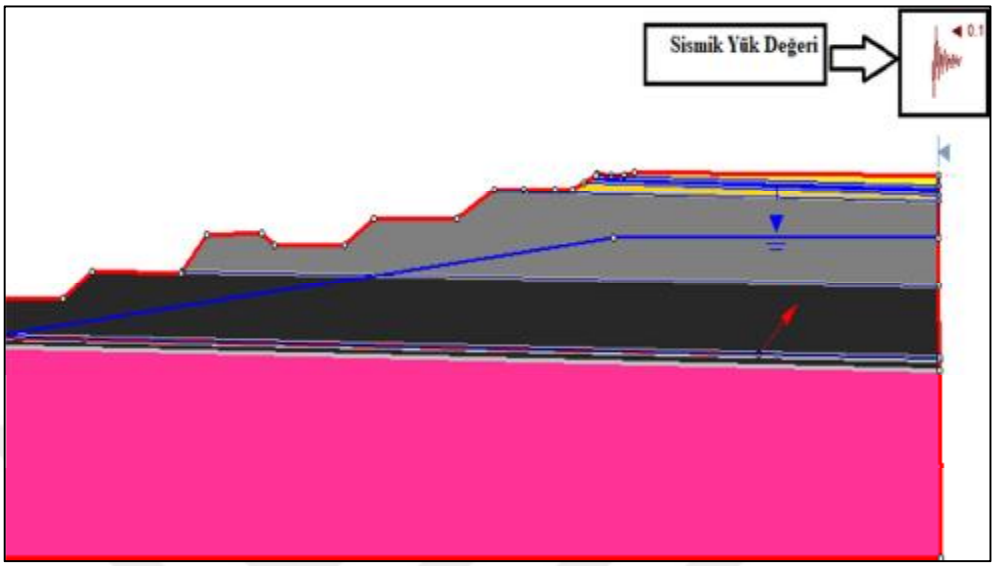


Şekil 3.41. Sismik yüklerin eklenmesi için izlenmesi gereken adımlar

Bu adımdan sonra Şekil 3.42'de verilen Sismik Yük penceresi açılacaktır. Bu pencereye sismik yük değeri girilerek pencere kapatılır. Sismik yük girildikten sonraki görüntü Şekil 3.43'de verilmiştir.



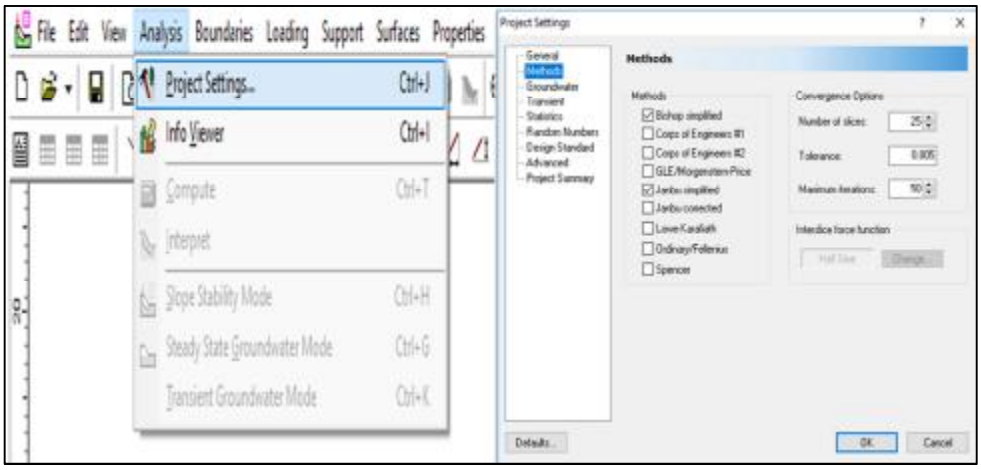
Şekil 3.42. Sismik yük penceresi



Şekil 3.43. Sismik yük değeri girildikten sonraki durum

3.3.8. Analiz Yöntemlerinin Seçilmesi

Analiz yöntemlerinin girilmesi için araç çubuğunda Analiz (Analysis) seçeneği altında Proje Seçenekleri (Project Settings) seçildikten sonra ve açılan pencerede Metodlar (Methods) menüsü seçilmelidir (Şekil 3.44).



Şekil 3.44. Analiz yöntemlerinin seçilmesi adımları

Kullanılması mümkün olan metotlar aşağıda kısaca verilmiştir;

1. Genel Limit Denge Yöntemi (GLE): Genel limit denge yöntemi Fredlund (1970) geliştirilmiştir. Formülasyon dairesel ve dairesel olmayan kayma yüzeyleri için hesap yapmaya imkan vermektedir.

2. Bishop Yöntemi: Bishop (1954) geliştirdiği yöntemle dairesel kayma yüzeyinde hem kuvvet, hem de moment denge koşullarını sağlayan yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem, dilimler arası normal kuvveti hesaba dahil ederken, dilimler arası kayma kuvvetini ilmal etmektedir.

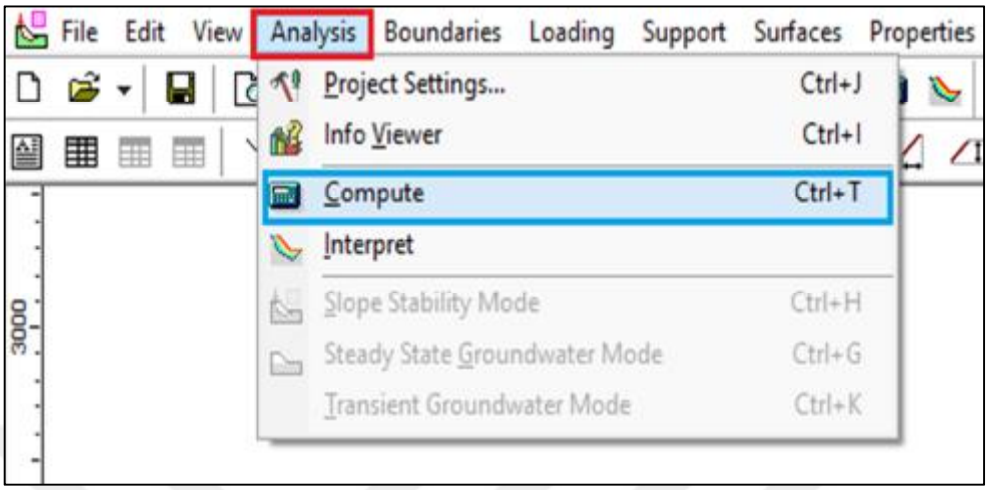
3. Janbu Yöntemi: Janbu (1956) yılında janbu tarafından ortaya koyulan yöntem, Bishop yöntemine dayanmaktadır ve farklı iki temel özelliği vardır; kayma yüzeyi bir seri kritik daire kabulü yerine, bir kayma yüzeyi kabülüne dayandırılır ve yatay kuvvetleri dengede kabul eder.

4. Corps Of Engineers Yöntemi: 1970 yılında ABD ordusu mühendisleri tarafından ortaya konan metod, Janbu metoduna ek olarak sadece kuvvet dengesiyle çözüme ulaşır, şevin eğimi, kaymanın başlangıç noktası ile sonu arasında çizilecek doğrunun eğimi olarak kabul edilir ve dilimler arasındaki kuvvetlerin yönü şevin yüzeyine paralel olarak ele alınır.

5. Spencer Yöntemi: Spencer (1967), yöntemi, orijinal olarak dairesel kayma yüzeyleri için önerilmiştir. Fakat bu yöntem seçilmiş herhangi bir noktaya göre de dairesel olmayan kayma yüzeyleri için uygulanabilmektedir. Bu yöntem dilimler arası kuvvetlerin paralel olduğu varsayımına dayanır.

3.3.9. Hesaplama

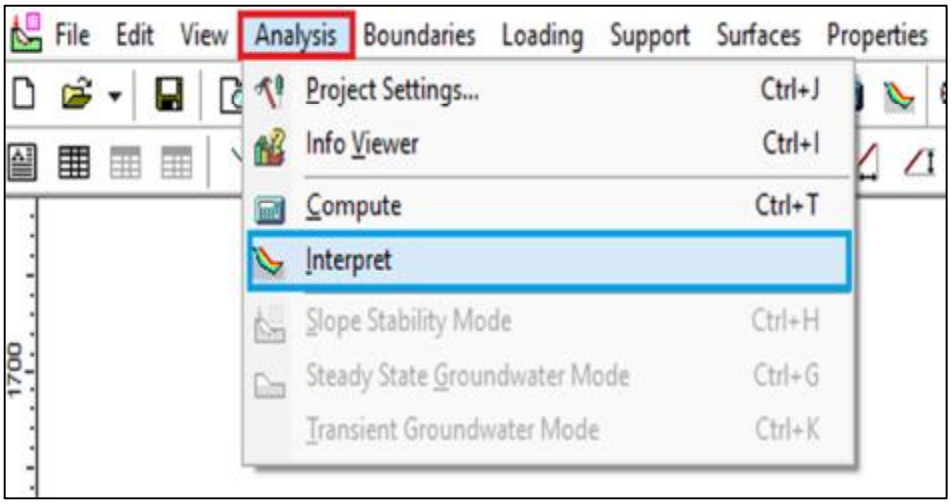
Model oluşturulduktan sonra, sonuçları görebilmek için Hesaplama (Compute) komutu seçilmelidir. Bu işlem için araç çubuğundan veya Analiz (Analysis) menüsünden Hesap (Compute) seçeneği tıklanır (Şekil 3.45). Dosyayı kaydetmediyseniz, önce bunu yapmanız istenir.



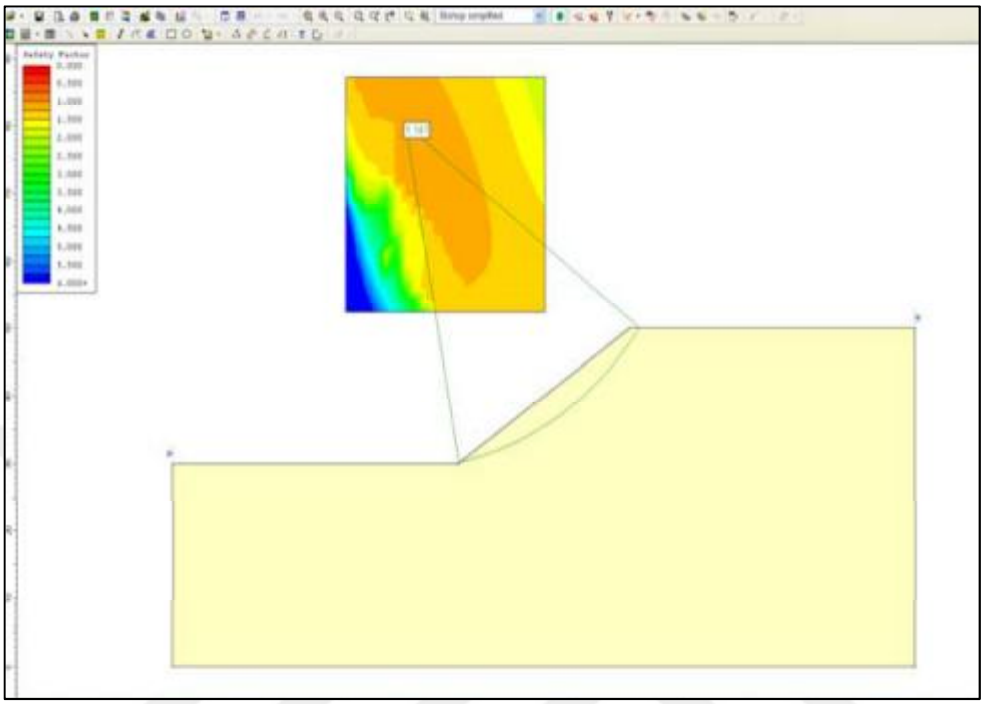
Şekil 3.45. Hesap işleminin seçilmesi adımları

3.3.10. Sonuç

Model oluşturulup "Compute" işlemi yapıldıktan sonra, analiz sonuçları için Yorumlama/Sonuç (Interpret) seçeneği seçilmelidir. Bu işlem için araç çubuğundan veya Analiz (Analysis) menüsünden Sonuç (Interpret) seçeneği seçilmelidir (Şekil 3.46). Sonuç işlemi ayrı bir sayfa olarak gelecektir.



Şekil 3.46. Sonuç işleminin seçilmesi adımları

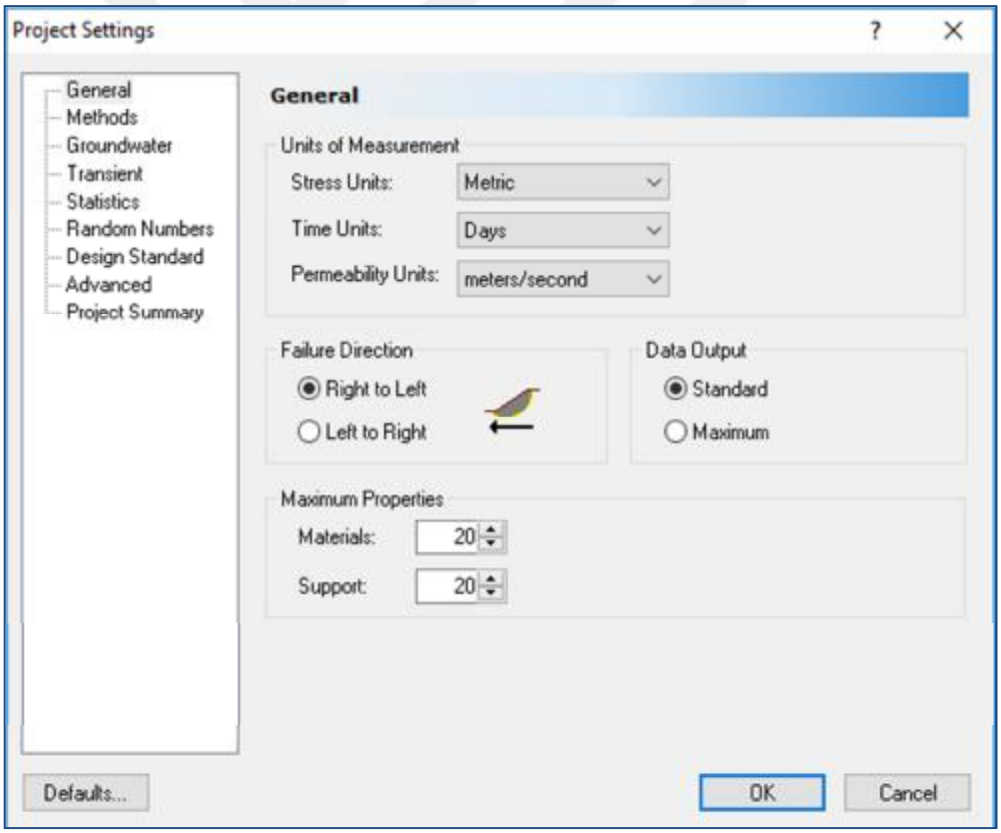


Şekil 3.47. Arama Sonuçları sayfası

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

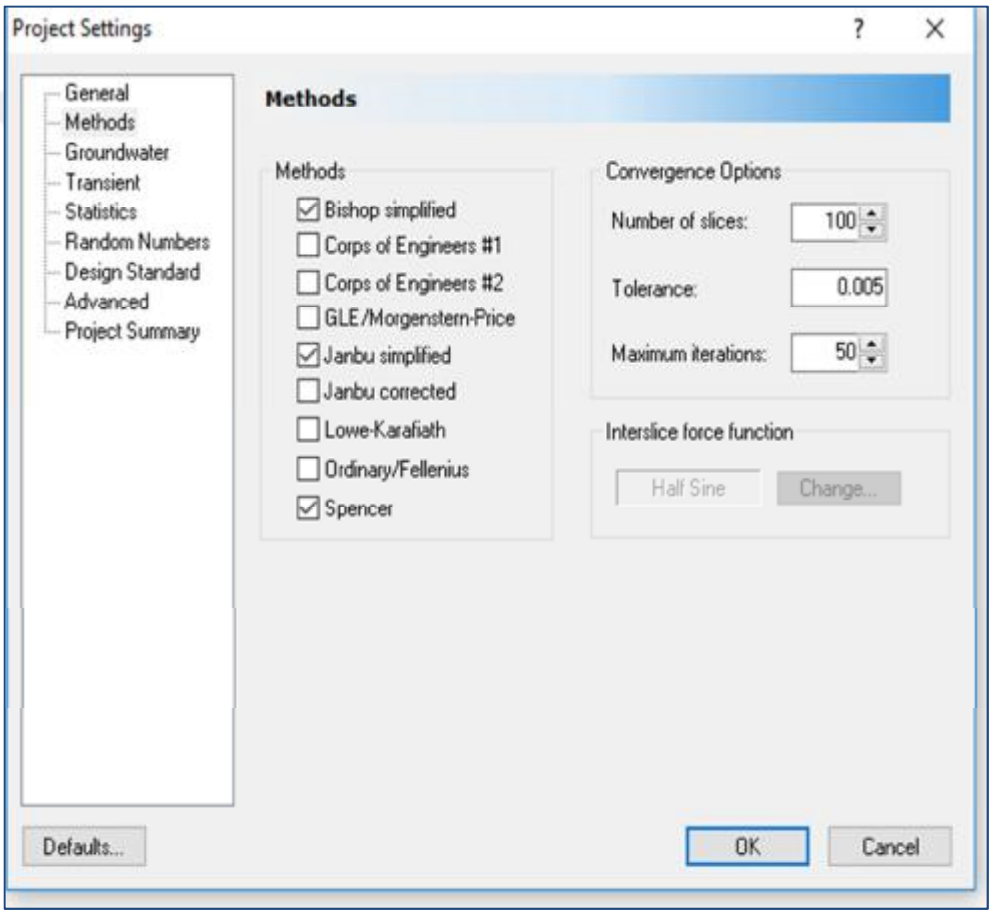
4.1. Proje Ayarlarının Yapılması

Bu tez çalışmasında genel proje ayarları yapılırken, Şekil 4.1' de verildiği gibi gerilim birim standardı (stress units) metrik, zaman parametresi (time units) günlük, permabilte parametreleri (permeabilitiy units) ise metre/saniye (meters/seconds) olarak seçilmiştir. Kayma yönü seçimine bakıldığında (failure direction) Afşin–Elbistan Batı Nihai Şevi için sağdan–sola olarak seçilmiştir (right to left).



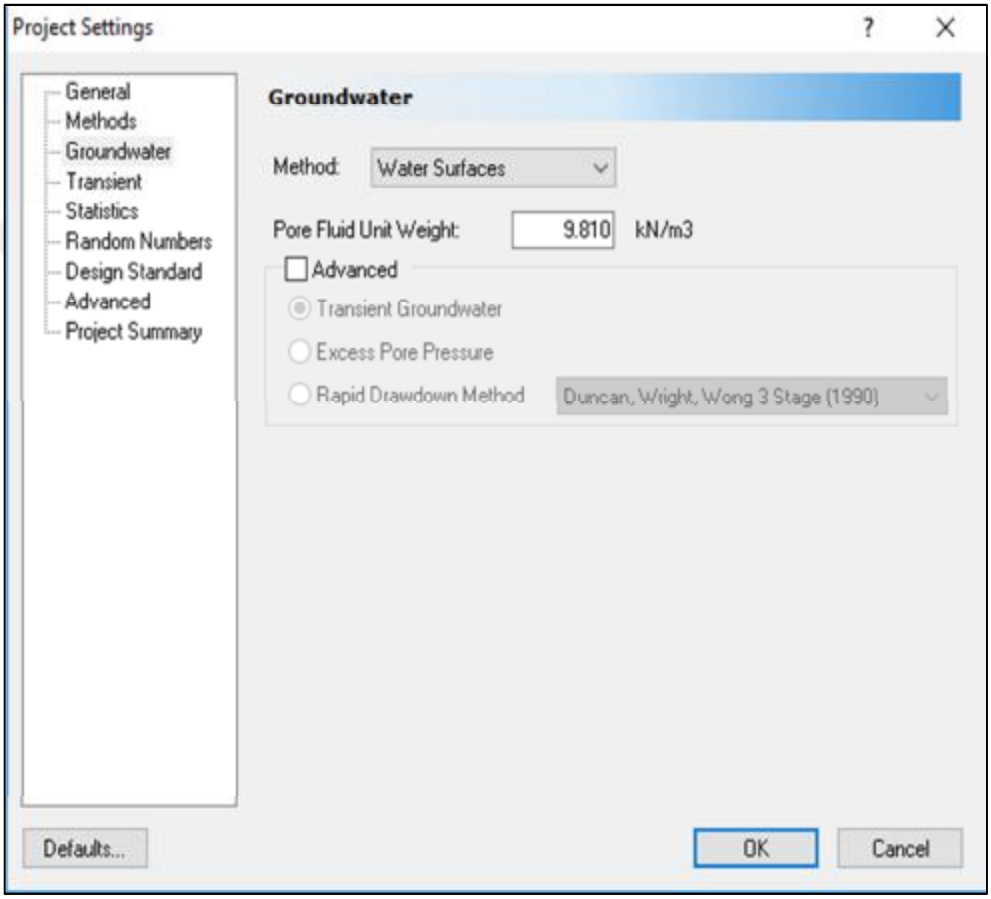
Şekil 4.1. Proje ayarları menüsü genel proje ayarları penceresi

Metot seçimi olarak, Bishop, Janbu ve Spencer yöntemleri seçilmiş, hesaplamalar için maksimum 100 adet dilim sayısı (number of slices) tanımlanmış ve bu 100 adet dilimde ele alınacak duraylılık analizi hesaplamasının, 50 kere tekrar hesaplanması (maximum iterations) ve 1000 de 5 hata payı ile (tolerance) hesaplanması uygun bulunmuştur (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Proje ayarları metot seçimi penceresi

Çizelge opsiyonu seçilmiş ve gözenek sıvı birimi ağırlığı (pore fluid unit weight) olarak suyun birim hacim ağırlığı olarak 9,81 kN/m^3 yazılmıştır (Şekil 4.3).

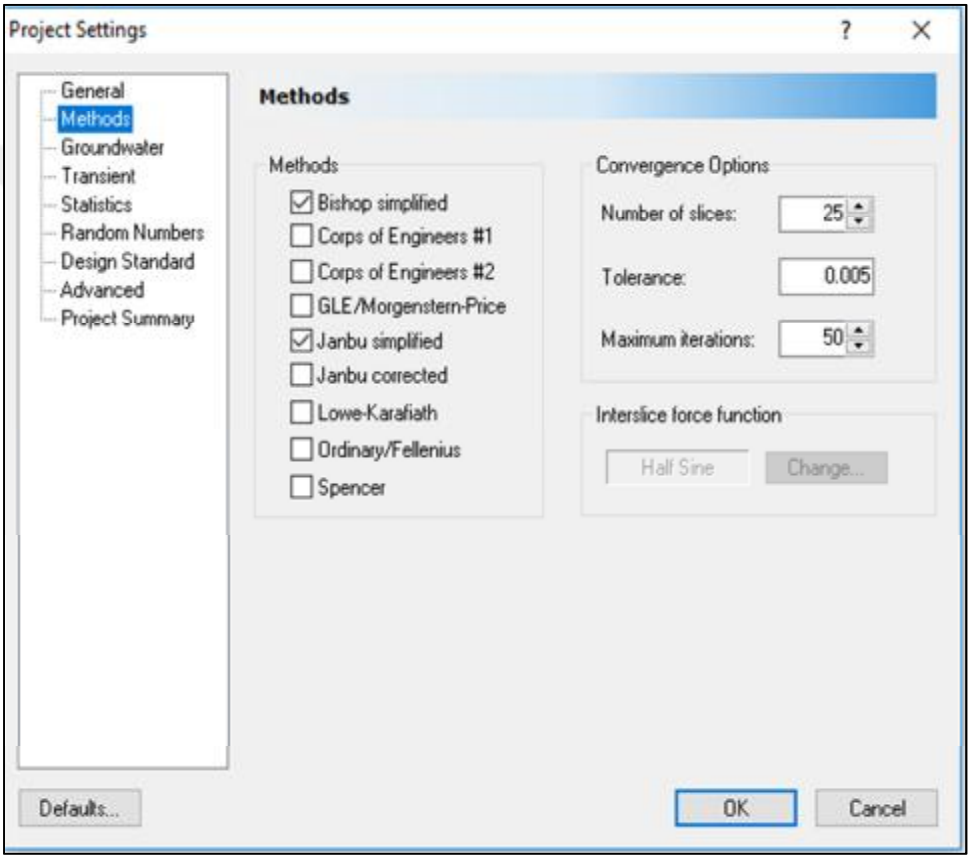


Şekil 4.3. Proje ayarları, yer altı suyu ayarları penceresi

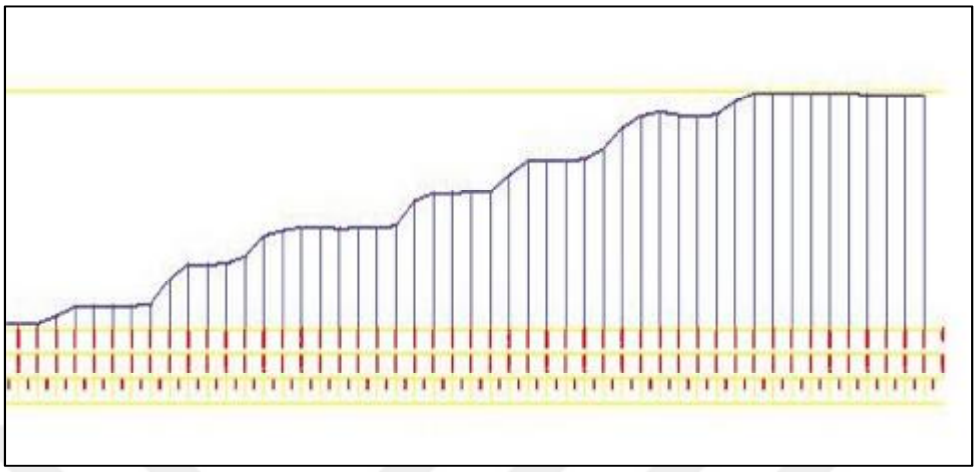
Son olarak istatiksel analiz seçeneği altında (staticts), bu çalışma için duyarlılık analizi (sensivity analysis) ve olasılığa dayalı duyarlılık analizi seçenekleri (probabilistic analysis) seçilmiştir (Şekil 4.4).

4.2. Sınırların Girilmesi

Afşin–Elbistan Batı Nihai şevinin sınırları çizilirken, Batı Nihai Şevi kesitinin ".jpeg" görseli (Şekil 4.5), Slide programında açılmış ve koordinat noktalarından yararlanılarak şevin dış sınırları oluşturulmuştur.

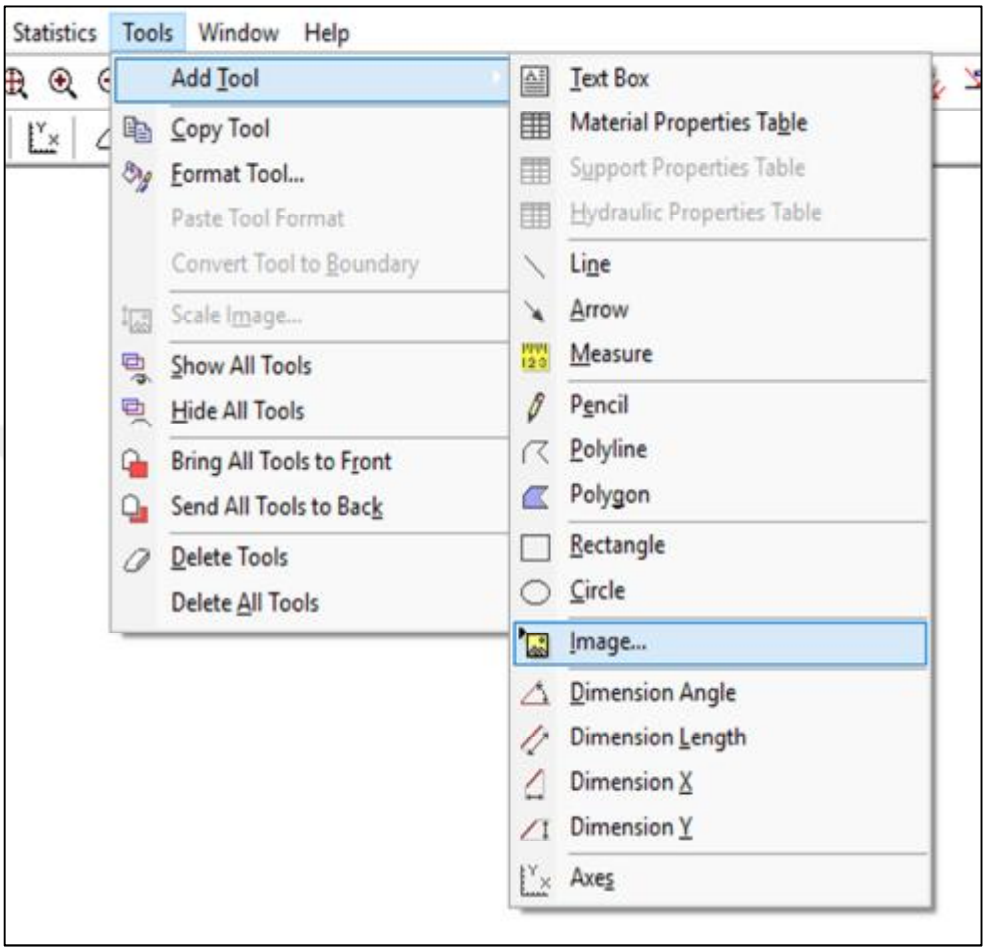


Şekil 4.4. Proje ayarları, istatiksel analiz yöntemleri penceresi



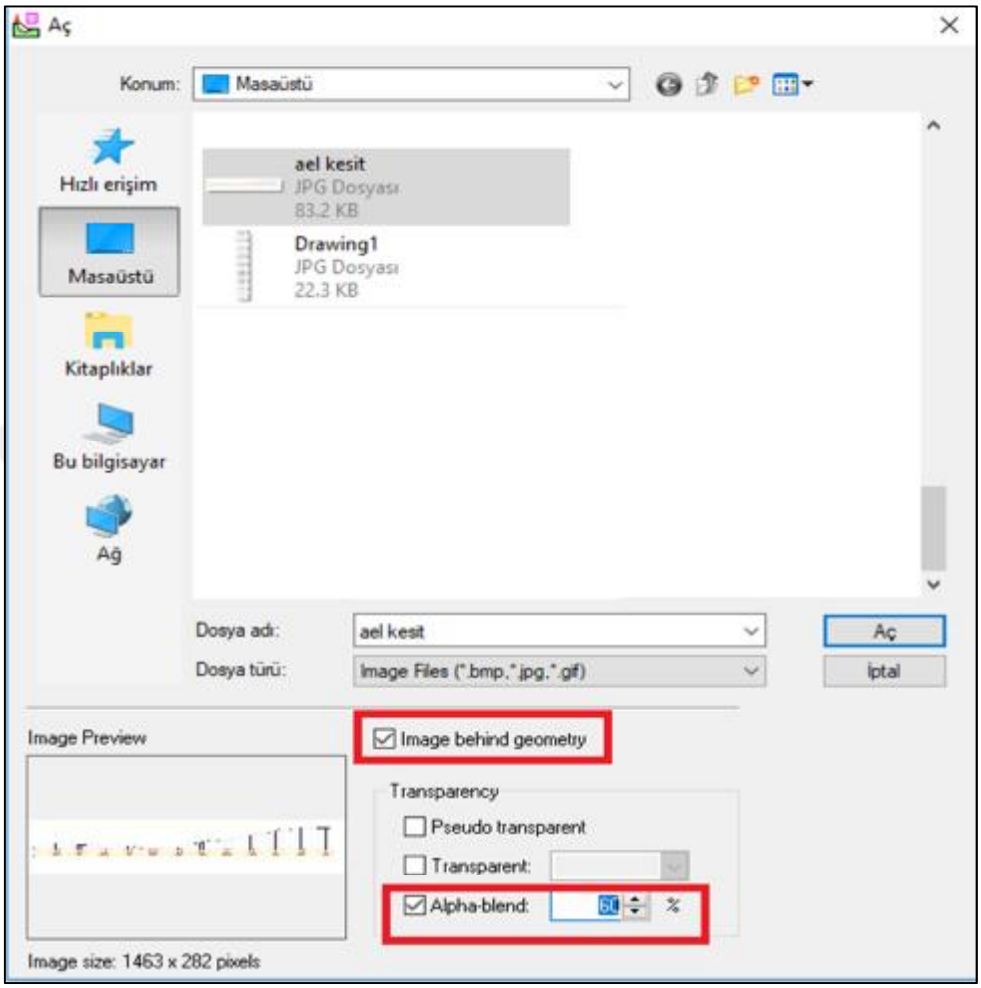
Şekil 4.5. Afşin–Elbistan batı şevi kesiti

Bir görsel dosyasının Slide programına atılması için araçlar çubuğunda “Tools” sekmesi altında “Add tool” opsiyonu altında “image” seçeneği seçilmelidir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Slide programına görsel/imaj dosyasının atılması için adımlar

Açılan pencerede görsel seçilmiş, aşağıdaki seçeneklerden “image behind geometry” ve “Alpha-blend” opsiyonları seçilmiştir. Böylelikle eklenen görsel otomatik olarak arka plana gelecek ve %60 oranında saydamlaştırılmış olacaktır. Bu da bizim üzerinde daha rahat çizim yapmamızı sağlayacaktır (Şekil 4.7).

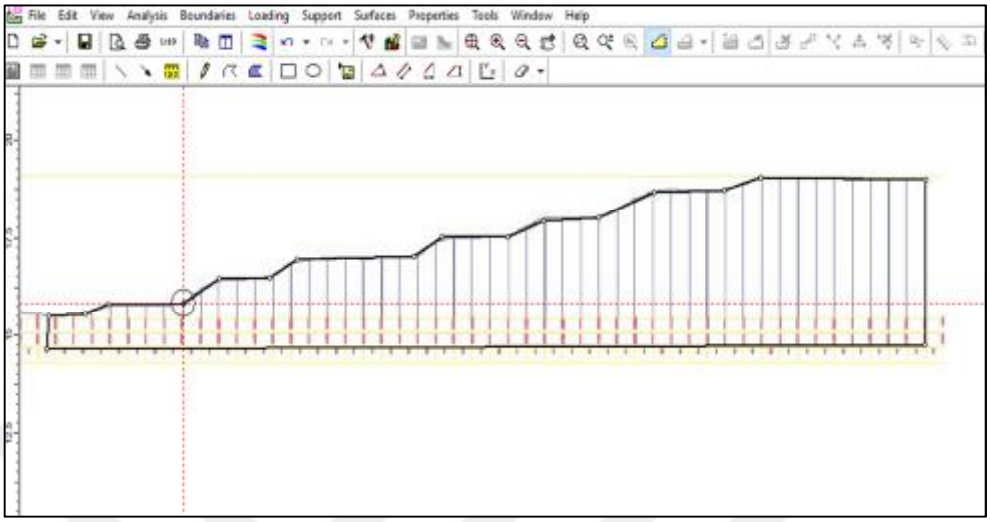


Şekil 4.7. Slide programına görsel/imaj dosyası atılırken yapılması gereken seçenekler

Bu işlemler sonrasında, harici sınırları ekle seçeneği ile şevin birebir modeli oluşturulmuştur (Şekil 4.8).

4.3. Grid Eklenmesi

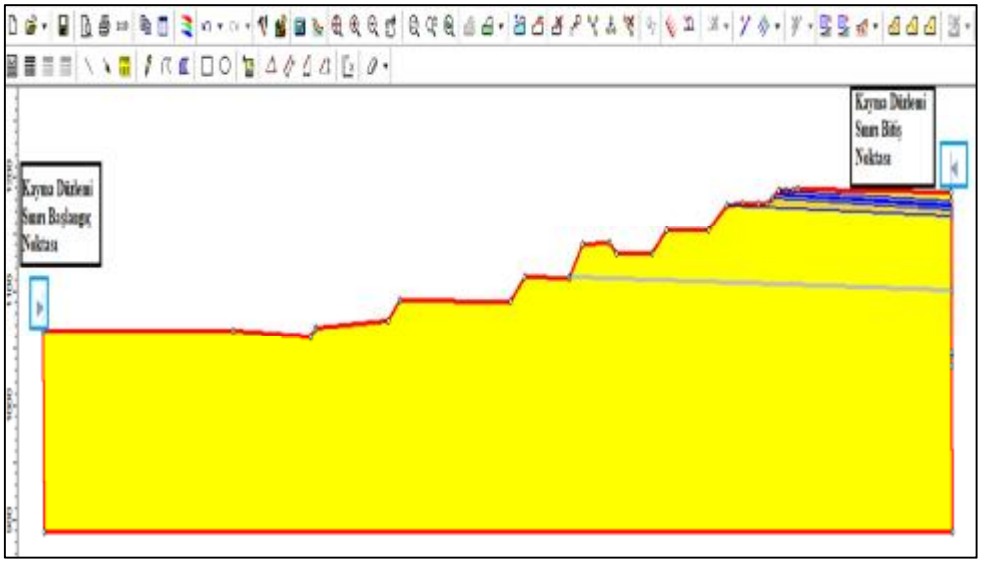
Bu çalışmada şev modelini temsil edecek şekilde 40 x 40'lık bir grid oluşturularak toplamda 1600 adet dairesel kayma düzlemini temsil eden noktalar oluşturulmuştur.



Şekil 4.8. Kesit görseli eklenerek şev dış sınırlarının çizilmiş hali

4.4. Kayma Düzlemi Sınırlarının Değiştirilmesi

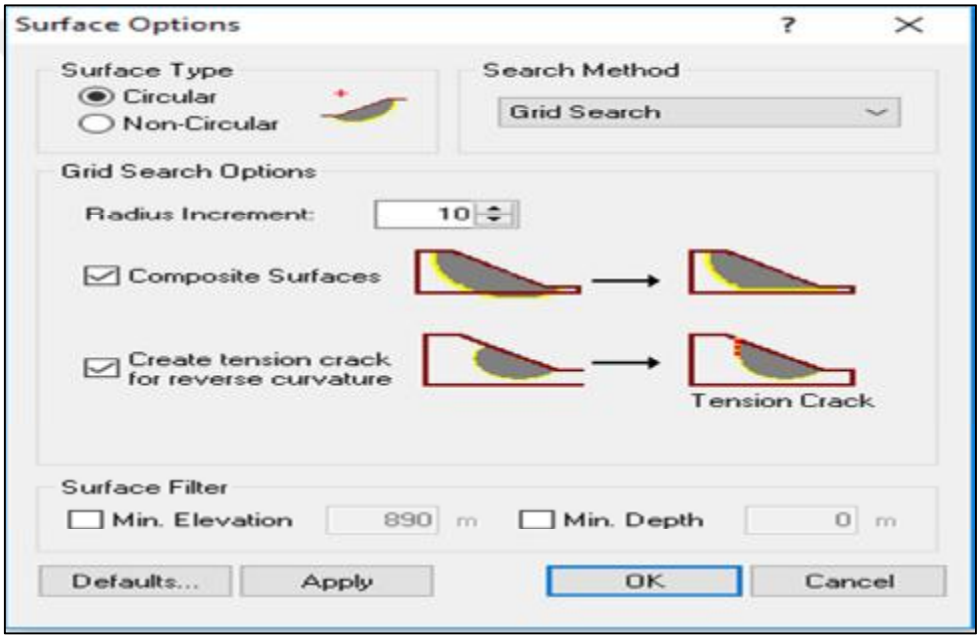
Modelde, duraylılık analizi çalışması tüm şev sınırları boyunca ele alındığından dolayı, sınırlar batı nihai şevi en alt basamak bitiş ve üst basamak bitiş noktaları olarak seçilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Kayma düzlemi sınırı, başlangıç ve bitiş noktaları

4.5. Yenilme Türlerinin Girilmesi

Afşin-Elbistan Batı Nihai Şevinde, tabaka eğim açıları şev içerisine doğru 2-3° olduğu için dairesel kayma türü söz konusu olacaktır. Kayma dairelerinde arama yapılması için grid arama yöntemi de seçilerek tüm olasılıkların hesaplanabilmesi için, bu yüzeylerin kompozit veya ters eğilime sahip yüzeyler olabileceği düsüşünülerek bu seçeneklerde yüzey özellikleri penceresi altında seçilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Yenilme türleri ve yüzey tiplerinin seçilmesi

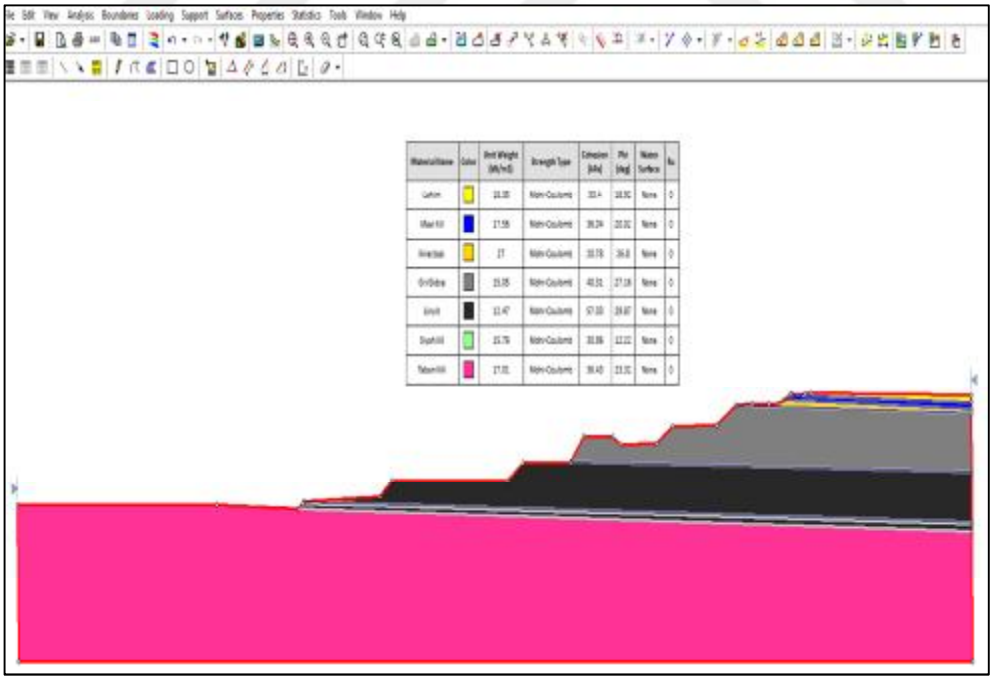
4.6. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Afşin–Elbistan Batı Nihai şevini oluşturan jeolojik katmanların diziliş yüzeyden itibaren; Lehim–Mavi kil–Kireçtaşı–Gri gidya–Linyit Kömürü–Siyah kil ve Taban kili olmak üzere litolojiyi oluşturmaktadır. Litoloji oluşturan bu 7 katmanın materyal adları, renkleri, birim hacim ağırlıkları, kohezyonları ve içsel sürtünme açıları, Çizelge 4.1'de verilen materyal özelliklerine göre tanımlanmıştır.

Çizelge 4.1. Materyallerin tanımlanmasında kullanılan özellikler

	Zemin kohezyonu		İçsel sürtünme açısı (derece)		Malzeme birim hacim ağırlığı (t/m^3)	
	Ort.	Std. sapma	Ort.	Std. sapma	Ort.	Std. sapma
Lehim	33,40	2,24	18,92	3,85	18,35	0,81
Mavi kil	36,04	4,84	3,67	3,67	17,56	0,46
Gri gidya	40,31	6,89	27,16	5,32	15,05	1,17
Linyit	57,03	6,86	29,87	6,32	12,47	1,30
Siyah kil	30,96	6,81	12,22	2,67	15,76	0,70
Taban kili	36,43	4,41	23,32	3,51	17,01	1,21
Kireçtaşı	20,78	3,6	26,8	2,1	27	2,6

Malzemelerin tanımlanması yapıldıktan sonraki adımda, yapılmış olan sondaj verilerine istinaden materyal sınırları çizilmiş ve bu sınırlara ait olan materyaller atanmıştır (Şekil 4.11).



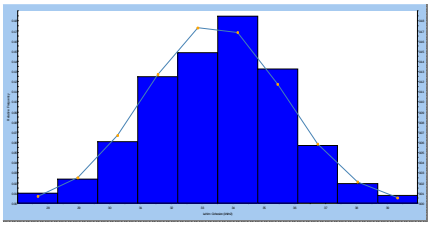
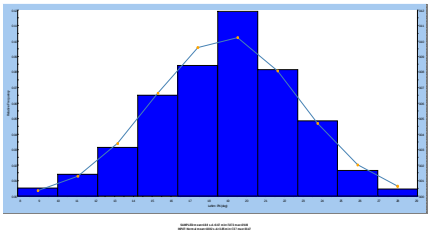
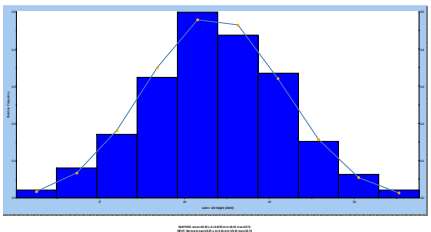
Şekil 4.11. Sınırları çizilmiş ve tanımlanmış materyallerin görüntüsü

Batı Nihai Şevinin modeli oluşturuluktan sonra bu şevin statik yükler altında ve dinamik yükler altında olasılığa dayalı risk analizleri yapılmıştır.

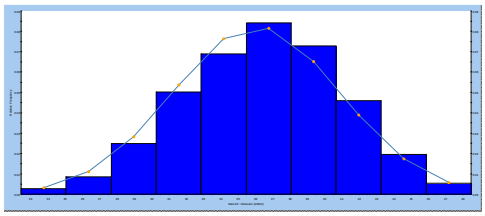
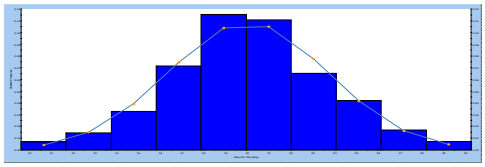
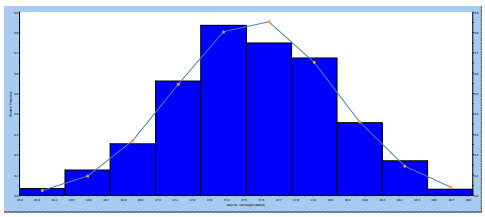
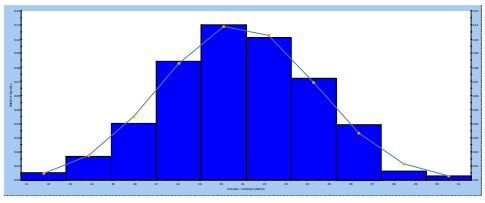
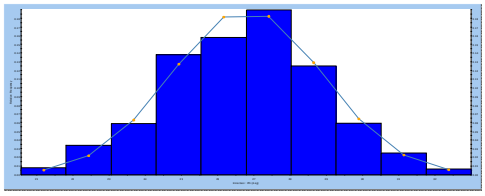
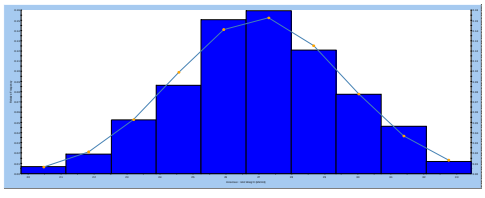
Litolojiyi oluşturan bu 7 katman için istatiksel dağılımları belirlenmiş ve Probabilistik analizlerde kullanılacak parametreleri en iyi şekilde temsil edecek olan yoğunluk dağılımları belirlenmiştir.

Şev duraylılığı analizlerinde kullanılmakta olan yazılımlar, rastgele değişkenlerden örnekleme yaparken olasılık–yoğunluk fonkisyonunu dikkate almaktadırlar. Birimlere ait jeoteknik parametrelerin istatiksel dağılımları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

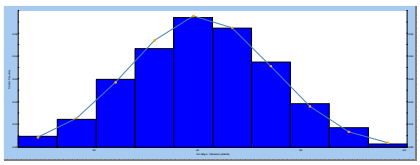
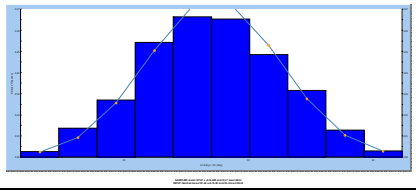
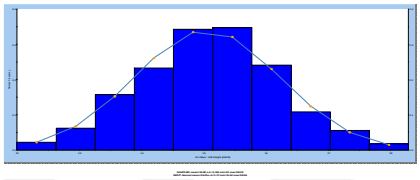
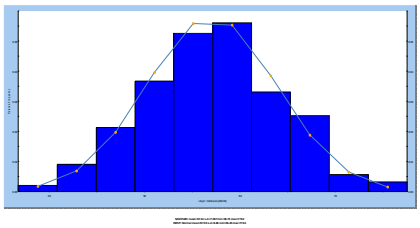
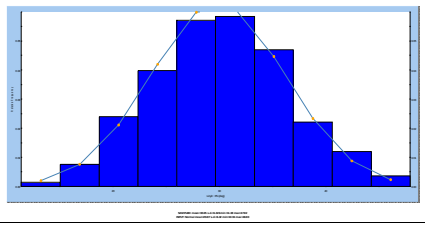
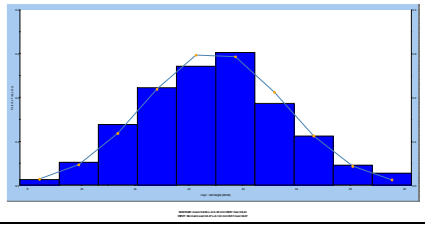
Çizelge 4.2. Birimlere ait jeoteknik parametrelerin istatiksel dağılımları

#	Materyal Adı	Özellik		Ortalama	Standart Sapma
1	Lehim	Kohezyon		33,4	2,24
2	Lehim	İçsel sütünme açısı		18,92	3,85
3	Lehim	Birim hacim ağırlık		18,35	0,81

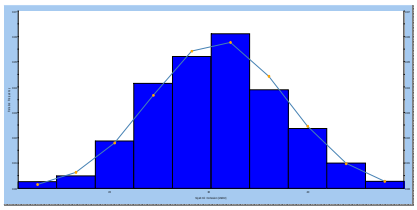
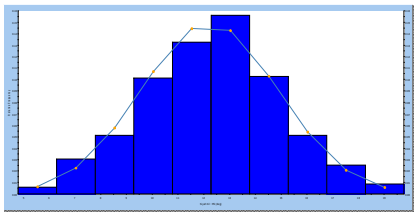
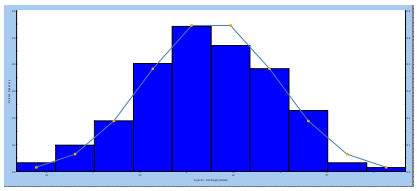
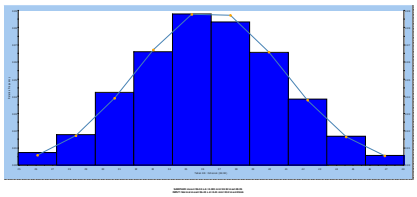
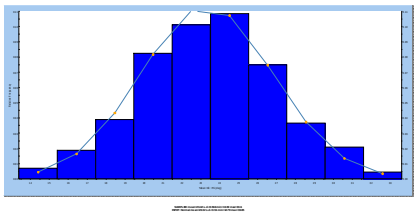
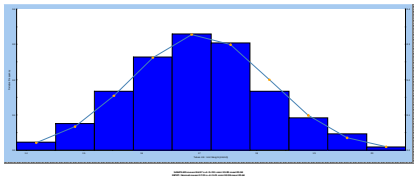
Çizelge 4.2. (Devamı)

#	Materyal Adı	Özellik		Ortalama	Standart Sapma
4	Mavi Kil	Kohezyon		36,04	4,84
5	Mavi Kil	İçsel sütünme açısı		20,02	3,67
6	Mavi Kil	Birim hacim ağırlık		17,56	0,46
7	Kirectası	Kohezyon		20,78	3,6
8	Kirectasi	İçsel sütünme açısı		26,8	2,1
9	Kirectasi	Birim hacim ağırlık		27	2,6

Çizelge 4.2. (Devamı)

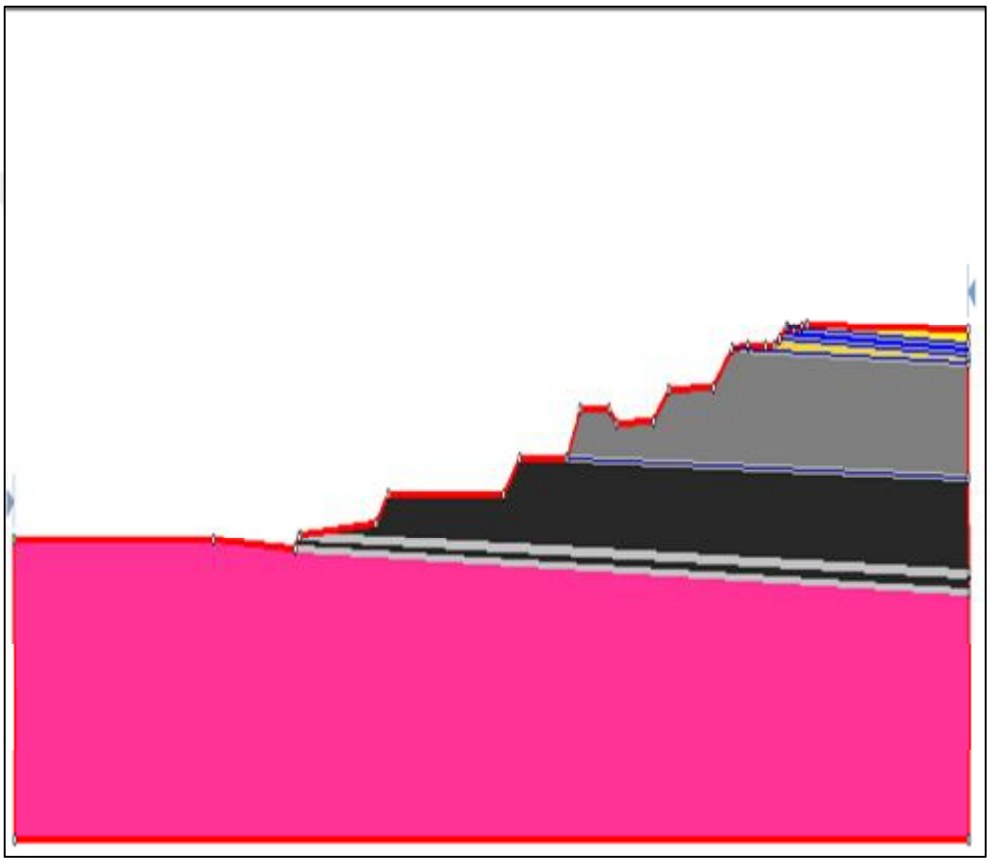
#	Materyal Adı	Özellik		Ortalama	Standart Sapma
10	Gri Gidya	Kohezyon		40,31	6,89
11	Gri Gidya	İçsel sütünme açısı		27,16	5,32
12	Gri Gidya	Birim hacim ağırlık		15,05	1,17
13	Linyit	Kohezyon		57,03	6,86
14	Linyit	İçsel sütünme açısı		29,87	6,32
15	Linyit	Birim hacim ağırlık		12,47	1,3

Çizelge 4.2. (Devamı)

#	Materyal Adı	Özellik		Ortalama	Standart Sapma
16	Siyah Kil	Kohezyon		30,96	6,81
17	Siyah Kil	İçsel sütünme açısı		12,22	2,67
18	Siyah Kil	Birim hacim ağırlık		15,76	0,7
19	Taban Kili	Kohezyon		36,43	4,41
20	Taban Kili	İçsel sütünme açısı		23,32	3,51
21	Taban Kili	Birim hacim ağırlık		17,01	1,21

4.7. Statik Koşullar İçin Duraylılık Problemi

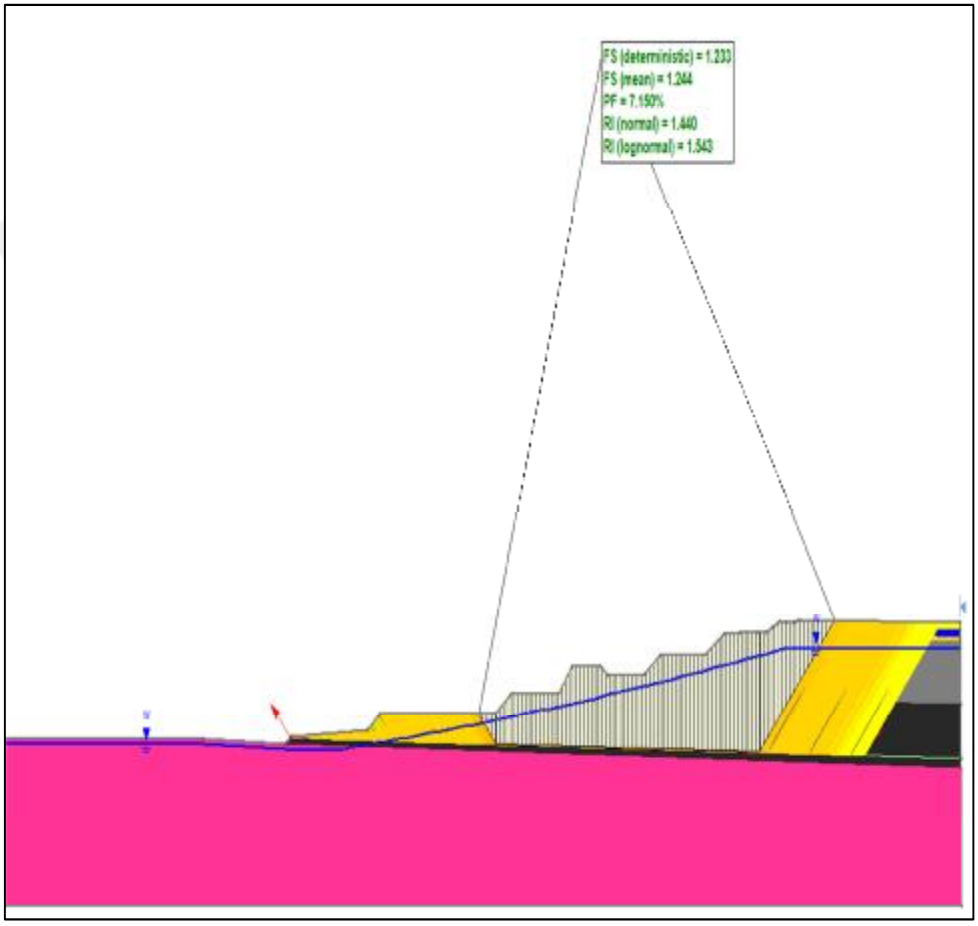
Statik koşullar altında şev duraylılığı hesaplanırken, litolojiyi oluşturan katmanlar, deprem yükleri, dağılı yük gibi yükler hesaplanmaya dahil edilmemiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Statik koşullar için oluşturan şev modeli görüntüsü

Bu durum altında, Afşin–Elbistan, Kışlaköy açık maden işletmesi batı nihai şevinin olasılığa dayalı yapılan duraylılık çalışmalarında elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir;

Çizelge 4.2’ de verilen bilgiler doğrultusunda, Batı nihai şevinin duraylılığı statik olarak hesaplanmış ve güvenlik katsayısı (Fs) 1,24, şevin kayma olasılığı (PF) ise %7,15 olarak gözükmektedir (Şekil 4.13).



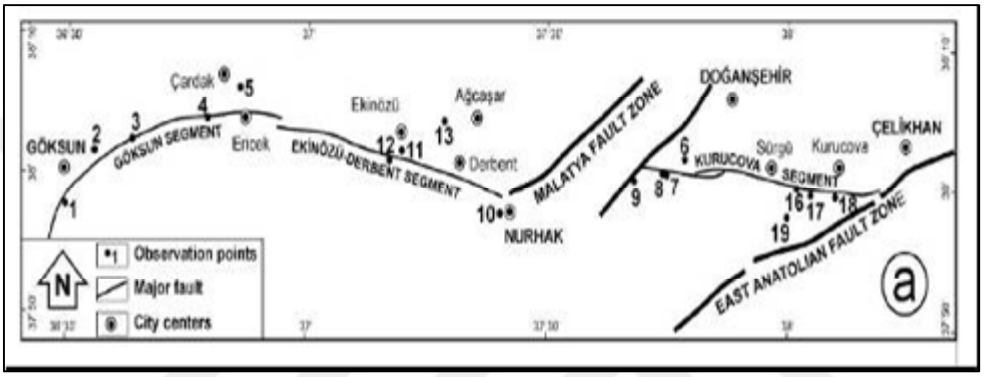
Şekil 4.13. Statik koşullar için şev duraylılığı sonuçları görüntüsü

4.8. Dinamik Yükler Altında Duraylılık Probelmi

Dinamik yükler olarak, sismik yükler, yer altı su seviyesi ve kar yükünün etkisi hesaba alınmıştır.

Sismik yükler altında, Afşin–Elbistan bölgesi depremselliği ele alınmış olup, gerekli bilgiler aşağıda verilmiştir.

- **Depremsellik:** Türkiye aktif fay haritasına göre Kışlaköy ocağına en yakın aktif fay Elbistan veya diğer ismi ile Sürgü fayıdır (Şaroğlu, 1996). Fay iki ana segmentten oluşmaktadır. Bunlar yaklaşık 40 km uzunluğundaki Göksun segmenti ile 60 km uzunluğundaki Ekinözü-Derbent segmentleridir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Elbistan (Sürgü) fayı ve segmentleri (Perinçek ve ark., 1987, Koç ve Kaymakçı, 2012)

Kışlaköy Açık Ocak İşletmesi, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri haritasına göre 3. Derece deprem bölgesindedir.

Çizelge 4.1'de Ambraseys ve Jackson'un Doğu Akdeniz bölgesi için geliştirdiği bağıntı kullanılarak hesaplanan fayların üretebilecekleri maksimum olası deprem büyüklükleri, Campbell bağıntısı kullanılarak ise bu depremlerin Kışlaköy sahasında yaratacağı Maksimum Yer İvme (PGA) değerleri hesaplanmıştır.

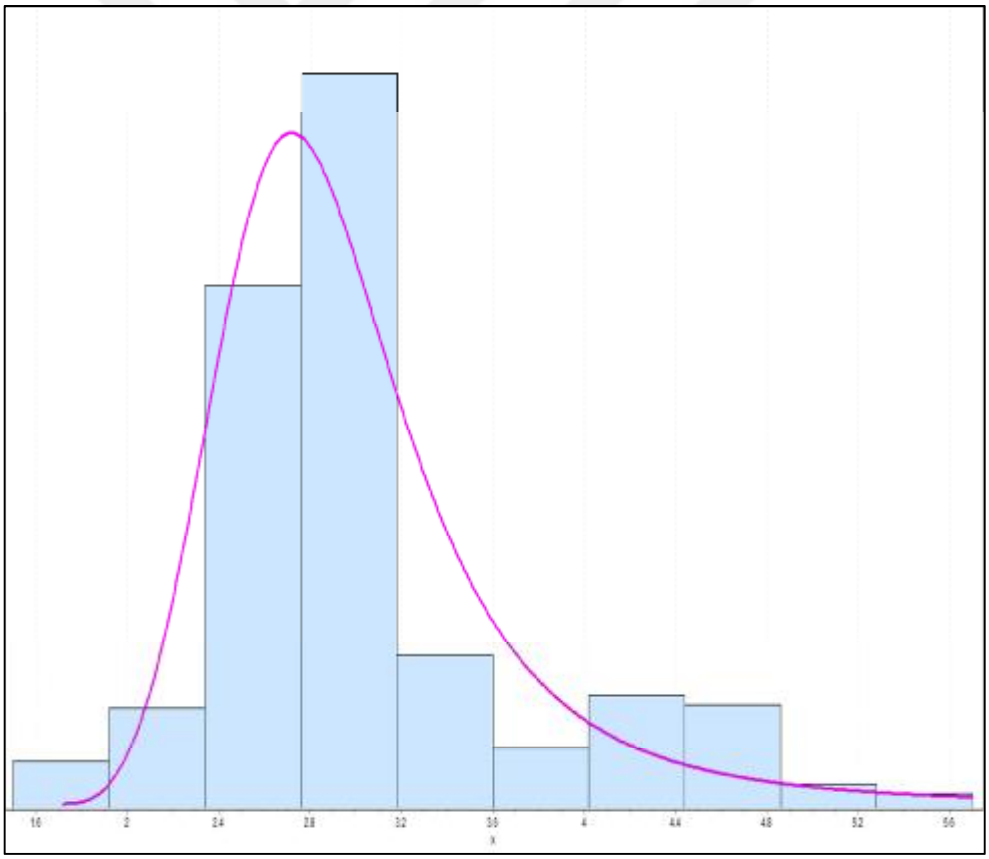
$$PGA = 0{,}0159\ \mathrm{Exp}\,(0{,}868Ms).\,(R + 0{,}0606\mathrm{Exp}(0{,}7MS))^{-1{,}09} \qquad (4.1)$$

Burada, Ms; deprem büyüklüğü

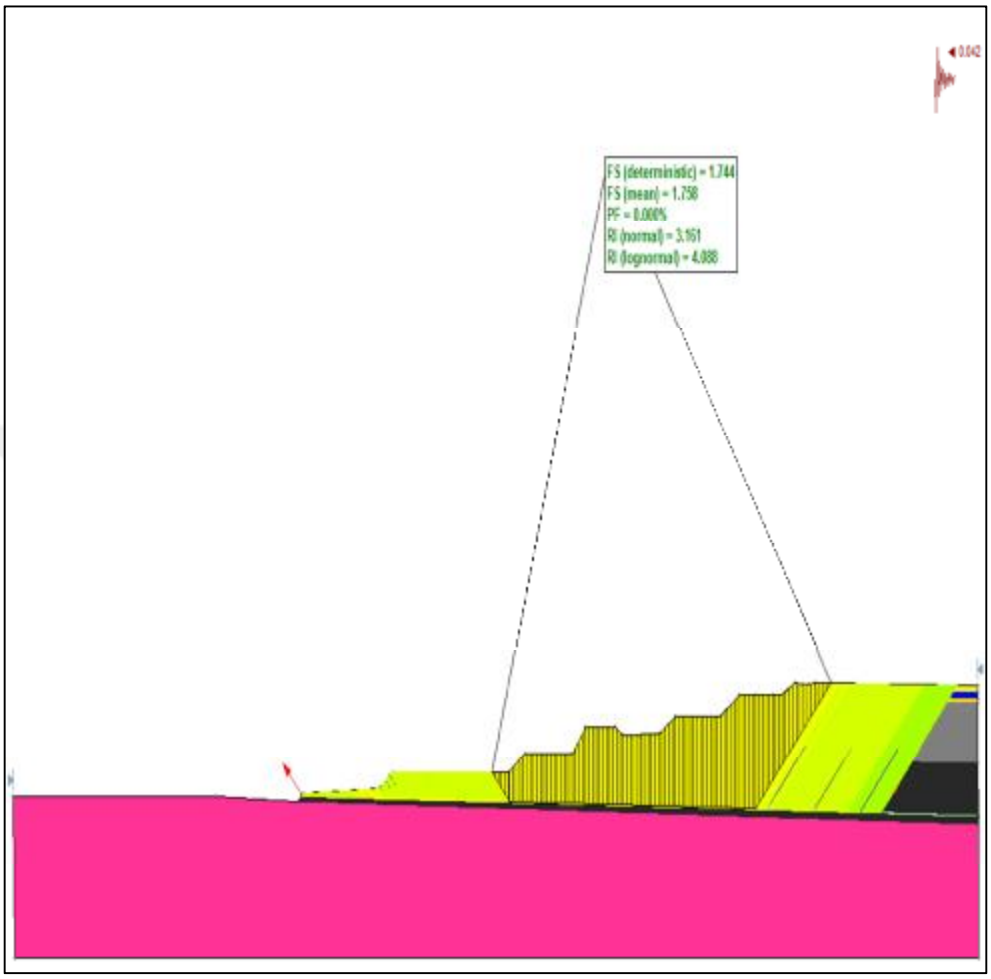
R ise fayın uzaklığıdır.

Afşin-Elbistan bölgesine ait 1953–2015 yılları arasındaki 62 yıllık deprem kayıtları incelendiğinde bu bölgedeki maksimum deprem büyüklüğünün 5,7 olduğu görülmüştür (Şekil 4.15).

Sürgü fayının kolları olan Göksün fayı ve Ekinözü-Derbent faylarının Kışlaköy açık ocağına uzaklığı 35 km olduğu göz önüne alınarak yapılan hesaplamada bu bölgede olan 5,7 büyüklüğündeki bir depremin yaratacağı Maksimum Yer İvmesi (PGA) 0,042 olacaktır, buna istinaden güvenlik katsayısı 1,7, olarak bulunmuştur ve Şekil 4.16' da verilmiştir.



Şekil 4.15. 62 Yıllık deprem büyüklüklerinin dağılımı



Şekil 4.16. 5,7 Büyüklüğündeki depremin etkisinde şev duraylılığı sonuçları görüntüsü

Ayrıca, Göksun ve Ekinözü-Derbent segmentlerinin 100 km uzunluğunda tek bir fay veya fay zonu olarak birlikte hareket etme olasılığı da göz önüne alınmıştır. Buna göre, Elbistan fayı üzerinde olabilecek Maksimum olası deprem büyüklüğü, Ms=7,4, bu depremin Kışlaköy ocak sahasında yaratacağı en yüksek olası yer ivmesi ise 0,15 g olarak hesaplanmıştır. Bu fayların bağımsız hareket etmeleri durumunda ise en yüksek olası yer ivmesi 0,13 g olarak bulunmaktadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Ambraseys ve Jackson ile Campbell'e göre Çöllolar ocak sahasını etkileyebilecek fayların üretebilecekleri maksimum olası deprem büyüklükleri ve bu depremlerin ocak sahasında yaratacağı Maksimum Yer İvme (PGA) değerleri (Ural ve ark., 2012).

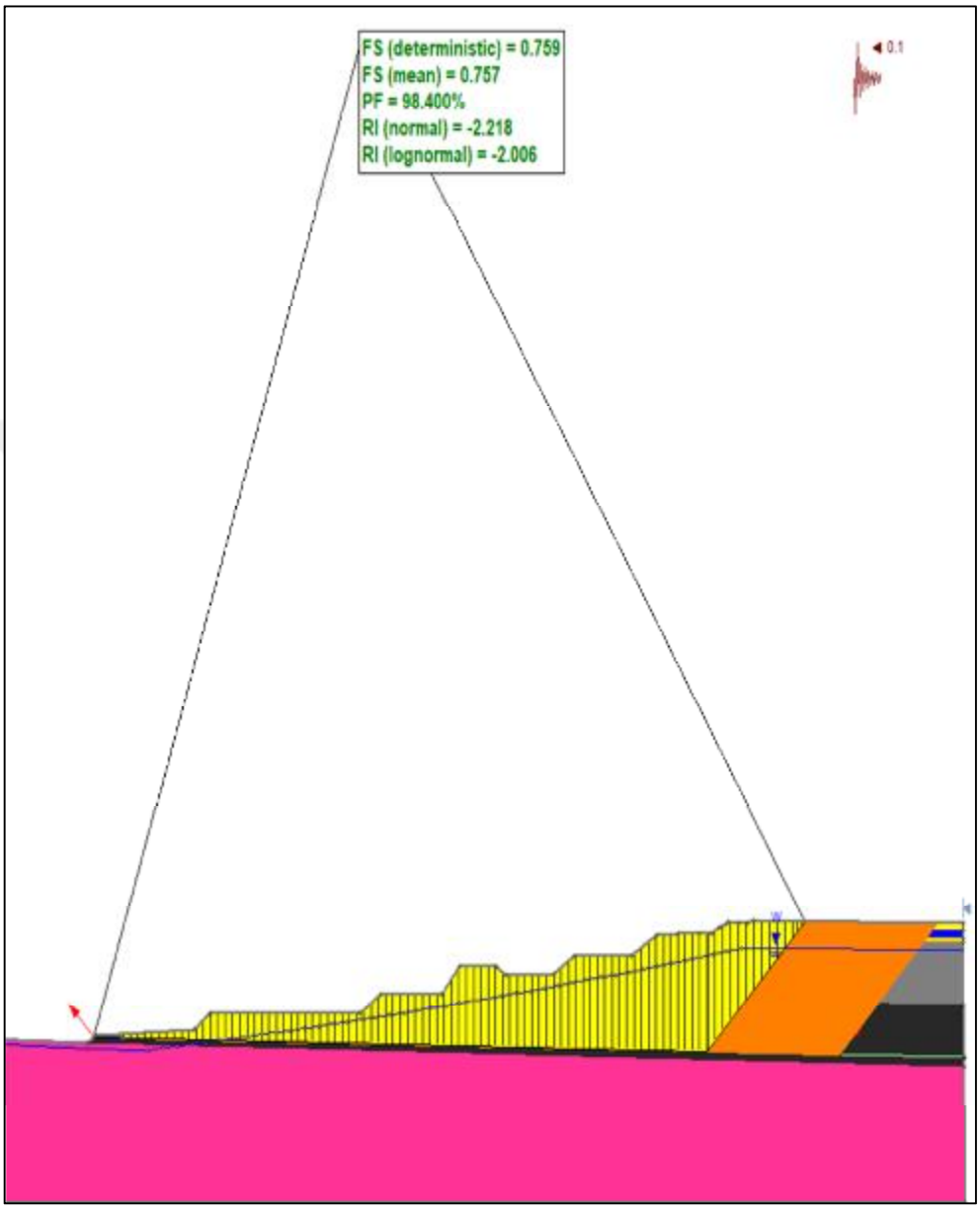
Fay Adı	Göksun Fayı	Ekinözü-Derbent Fayı	Göksun+Ekinözü+Derbent Fayları
FayınUzunluğu, L (km)	40	60	100
Kışlaköy Sahasına Uzaklığı, (km)	35	35	35
Ms (Büyüklük)	7,2	7,3	7,4
PGA	0,12	0,13	0,15

Bu şartlar göz önüne alındığında, Batı nihai şevinin duraylılığı sismik yükler altında ele alındığında güvenlik katsayısı (Fs) 0,75, şevin kayma olasılığı (PF) ise %98,40 olarak gözükmektedir (Şekil 4.17).

Bu durumun gerçekleşme ihtimali hesaplandığında; Göksün fayı ve Ekinözü–Derbent faylarının aynı anda etkileşime girerek 7,2 büyüklüğünde bir deprem meydana gelme olasılığını 62 yıllık kayıt verileri ele alınarak, her bir fay için deprem olma olasılığının statik koşullardaki kayma oranına çarpımı ile;

(1/62) x (1/62) x 0,07 = $1,8x10^{-5}$/yıl olarak bulunur.

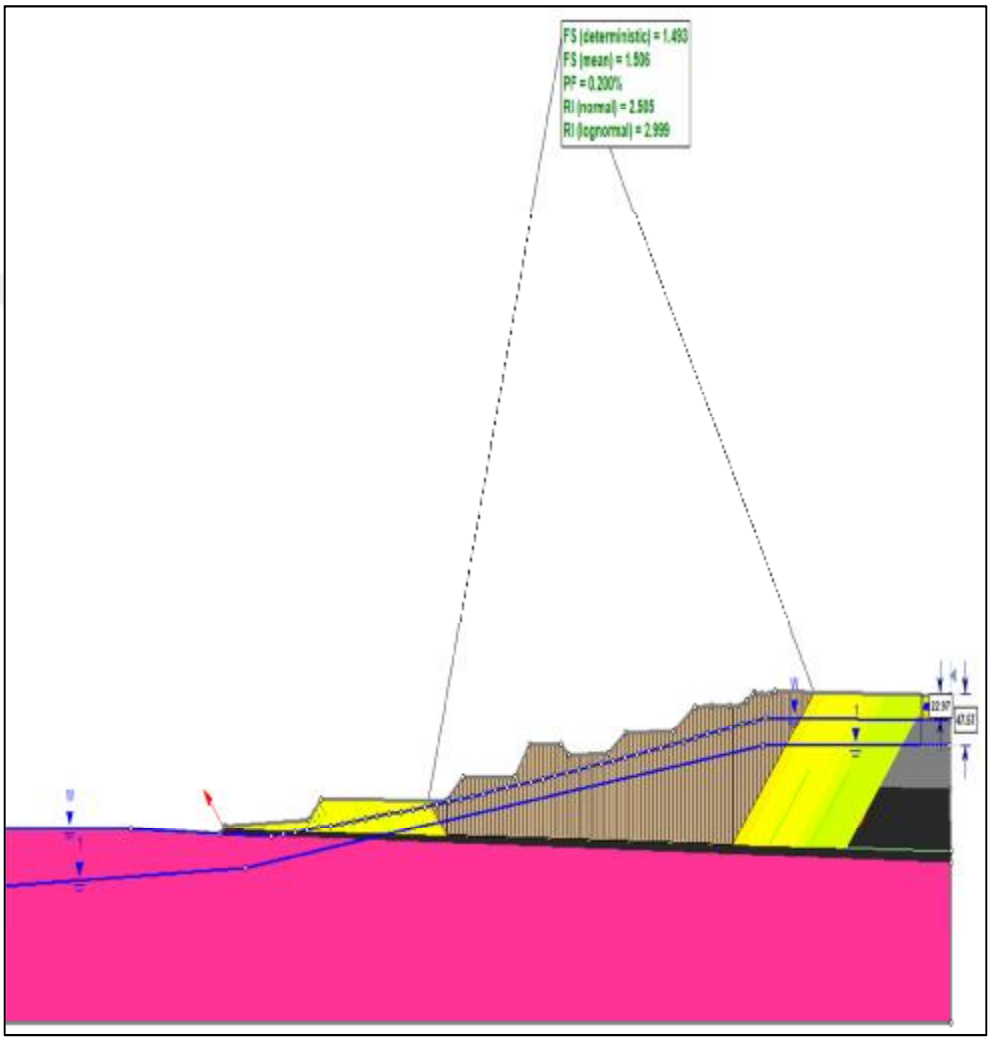
Resmi gazetede yayınlanan 2013 tarihli, Büyük Endüstiyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkındaki Yönetmeliğin ikinci bölüm dokuzuncu maddesine göre; "İşletmeci, kantitatif risk değerlendirmesine göre belirlediği tehlikeli ekipmanlar için senaryo edilen her bir büyük kazanın her türlü sonucunun meydana gelme frekansını $1x10^{-4}$/yıl seviyesine veya bu seviyeden daha küçük bir seviyeye indirmek zorundadır." Bu durumda 7,2 büyüklüğünde bir deprem olma ihtimali karşısında şevin kayma olasılığı kabul edilebilir risk grubunda olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.17. 7,2 büyüklüğündeki depremin etkisinde şev duraylılığı sonuçları görüntüsü

- **Yer altı su seviyesi** ele alındığında, topoğrafya yüzeyinden 22 metre derinlikteki su seviyesi için şevin kayma ihtimali %2 civarlarındayken, su seviyesi drenaj pompaları yardımıyla 47 metre seviyelerine indirildiğinde

güvenlik katsayısı (Fs) 1,50 ve şevin kayma ihtimali (PF) %0,20 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. YASS'ın topoğrafyadan itibaren 47 metre düşürülmesi durumunda şev duraylılığı sonuçları görüntüsü

Yer altı su seviyesinin topoğrafyadan 5 metre kalıncaya kadar yükseldiği bir durumda güvenlik katsayısı 0,98'e düşmüş ve şevin kayma olasılığı %54,94'e yükselmiştir (Şekil 4.19).

Yer altı su seviyesinin topoğrafyadan 5 metre yüksekliğe ulaşabilmesi için gerekli süre Darcy kanunu ile hesaplanmıştır.

Darcy kanunu:

$$V = K \times i \quad (4.2)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

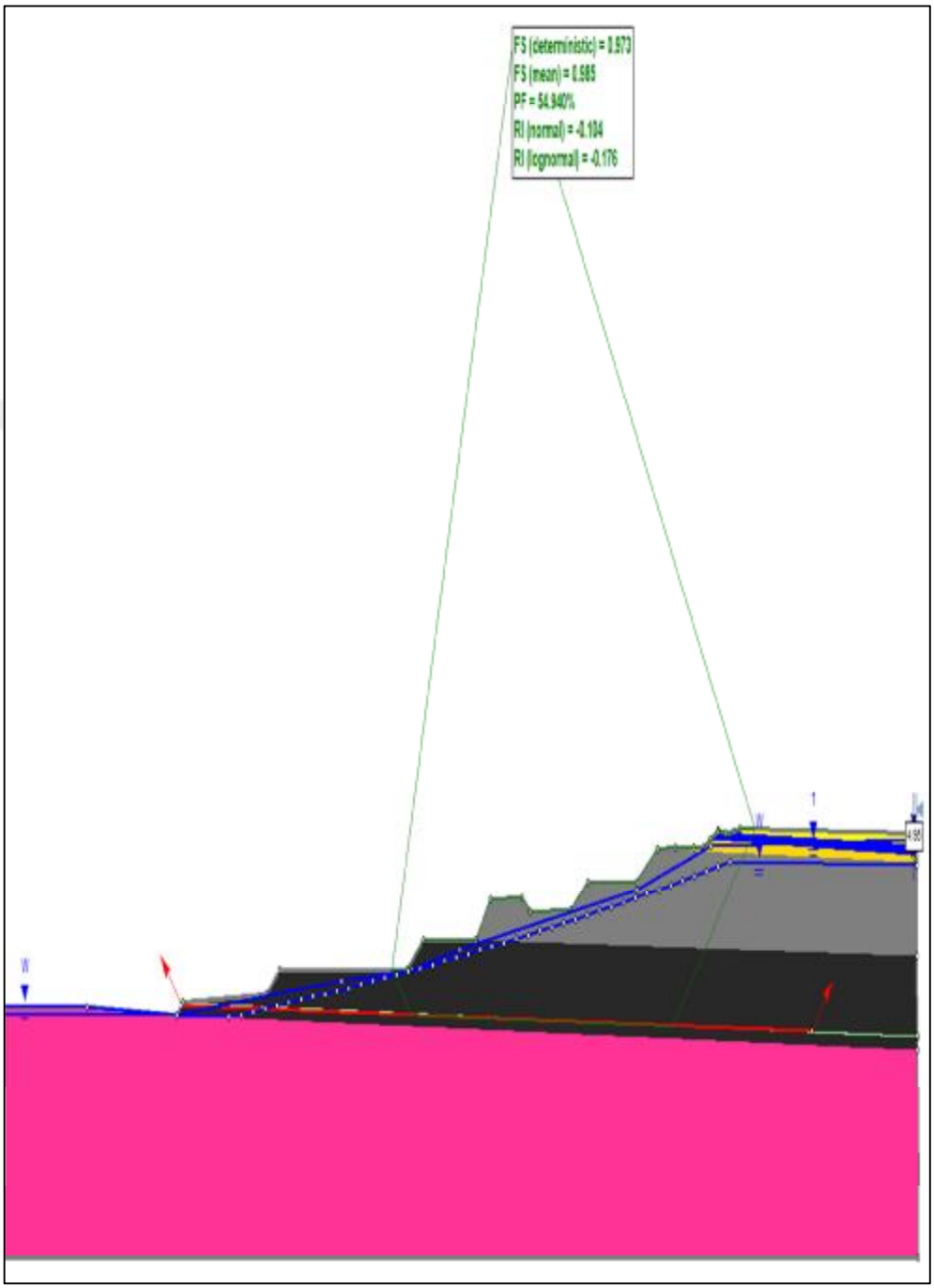
Burada;
V = hız (m/sn)
i = hidrolik eğim (m/m)
K = permeabilite katsayısı (m/sn)'dir.

Ağırlıklı olarak lehim ve mavi kilden oluşan üst akiferin permeabilitesi $1x10^{-6}$ m/sn'dir, yer altı su seviyesinin topoğrafyadan, 22 metre'den 5 metre çıkabilmesi için gerekli olan süre; (17 m)/($1x10^{-6}$ m/sn)/(3600 sn) bağıntısından 4,7 saat olarak bulunmuştur.

- **Kar yükü ele alındığında ise;** Kar yükü hesabı TS 498-1997'ye göre kar yükü (P_k) aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$P_k = m \times P_{k0} \, , \, m = 1 - \frac{\alpha - 30^o}{40^0} \quad (4.3)$$

Burada;
P_k : Kar yükü hesap değeri (kN/m^2)
P_{ko}: zati kar yükü (kN/m^2)
m: Kar yükü azaltma değeri (m değeri Çizelge 4.4'den alınır)
α: Arazi eğimi



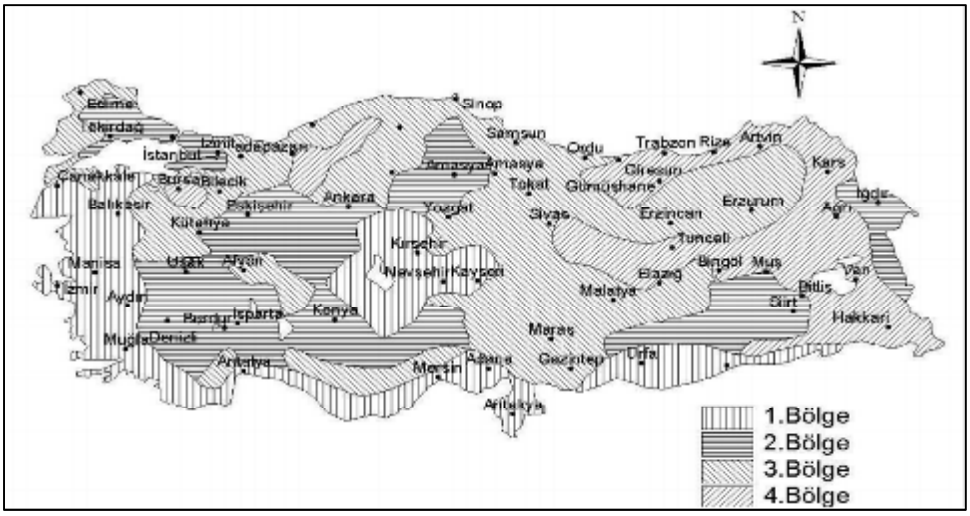
Şekil 4.19. YASS'ın topografyadan itibaren 5 metre kadar yükselmesi durumunda şev duraylılığı sonuçları görüntüsü

Çizelge 4.4. Eğime (α) bağlı olarak azaltma değeri (m) (TS 498-1997)

α	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0°-30°	1,0									
30°	1,00	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87	0,85	0,82	0,80	0,77
40°	0,75	0,72	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60	0,57	0,55	0,52
50°	0,50	0,47	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35	0,32	0,30	0,27
60°	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,12	0,10	0,07	0,05	0,02
70°-90										

Kar yükü hesap değeri (P_k) için alınacak yük, kar yağışı artış şartlarına göre değişkenlik gösterir. Kar yükü (P_{ko}), hareketli yük sınıfına girer. Bunun bağlı olduğu etkenler coğrafi ve meteorolojik şartlardır. (Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır). 30°'ye kadar eğimli çatılarda kar yükü hesap değeri (P_k), kar yükü (P_{ko}) değerine eşit kabul edilir ve çatı alanının plandaki düzgün yayılı yükü olarak dikkate alınır.

P_{ko} değeri, yapının deniz seviyesinden yüksekliğine ve kar bölgesi numarasına bağlı olarak Çizelge 4.5'den alınır. Kar bölgesi numaraları TS 498-1997, Ek-2'de, (Şekil 4.20) verilmiştir.



Şekil 4.20. TS 498-1997, Ek-2' kar yağış haritası

Çizelge 4.5. Zati Karyükü (P_{ko}) Değerleri kN/m^2

	1	2	3	4	5
	Yapı yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
1	≤200	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,80
	400	0,75	0,75	0,75	0,80
	500	0,75	0,75	0,75	0,85
3	600	0,75	0,75	0,80	0,90
	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,80	0,85	1,25	1,40
4	900	0,80	0,95	1,30	1,50
	1000	0,80	1,05	1,35	1,60
5	>1000	1000m'ye tekabül eden değerler, 1500m'ye kadar %10, 1500m' den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır			

Bu durumlar göz önüne alındığında, AEL/Kışlaköy Açık Maden İşletmesi 3.bölgede yer almaktadır ve yüksekliği 1000 metreden fazla olduğundan P_{ko} değeri Çizelge 4.5'den yararlanılarak 1,50 kN/m^2 olarak hesaplanmıştır. Kar yükü, dağılı yük sınıfında olduğundan şev duraylılığı hesaplamalarında güvenlik katsayısı (Fs) 1,13 ve şev kayma olasılığı %19,62 olarak bulunmuştur (Şekil 4.21). Normal şartlar altındaki bu durum şev için bir tehdit oluşturmamaktadır.

Bir diğer hesaplama yöntemi ise; kar kütlesinin bir metrekarelik bir düzleme uyguladığı ağırlığı teyit etmek olacaktır. Hesaplamalarda Eşitlik 4.3 kullanılmaktadır (Topçu, 2006).

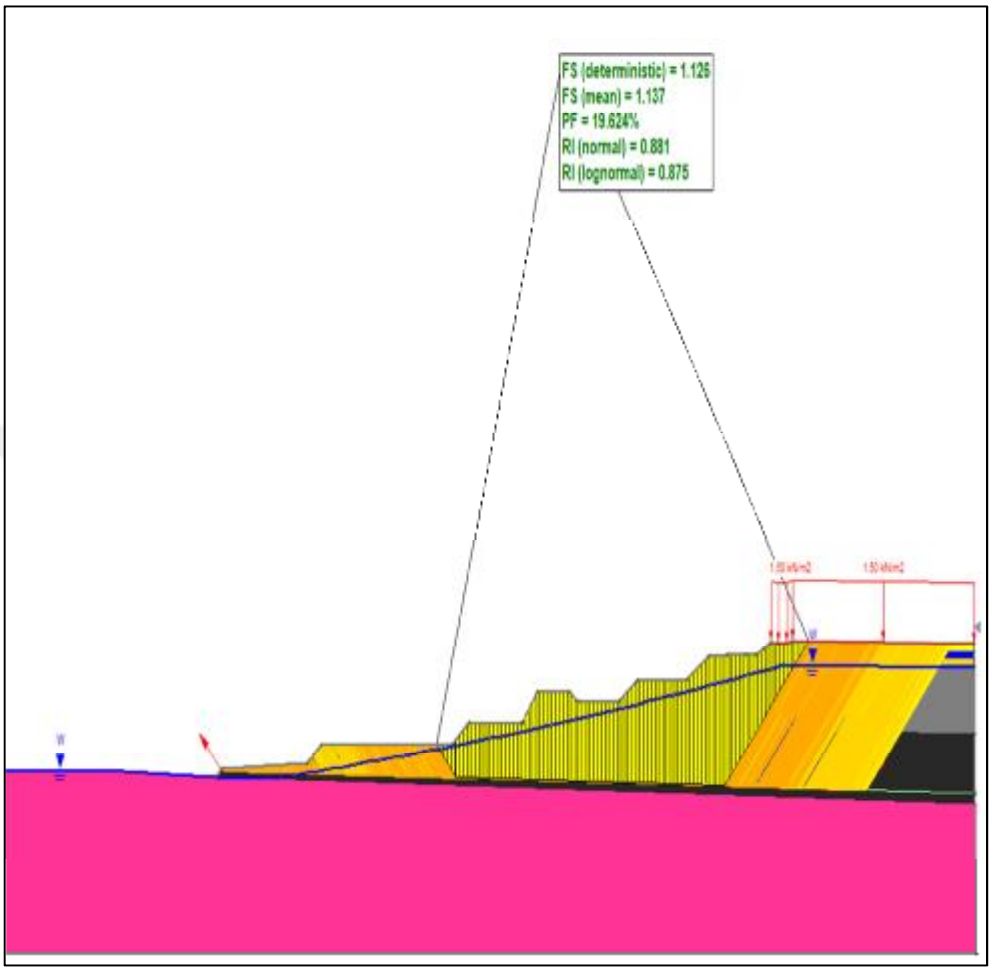
$$P_{k0} = \rho \times d_ç \times g / 1000 \quad (4.3)$$

P_{k0} : kar yükü (kN/m^2)

$d_ç$: çatı kar kalınlığı (metre)

ρ : kar yoğunluğu

$g = 9,8$ m/s^2 yer çekimi ivmesidir.



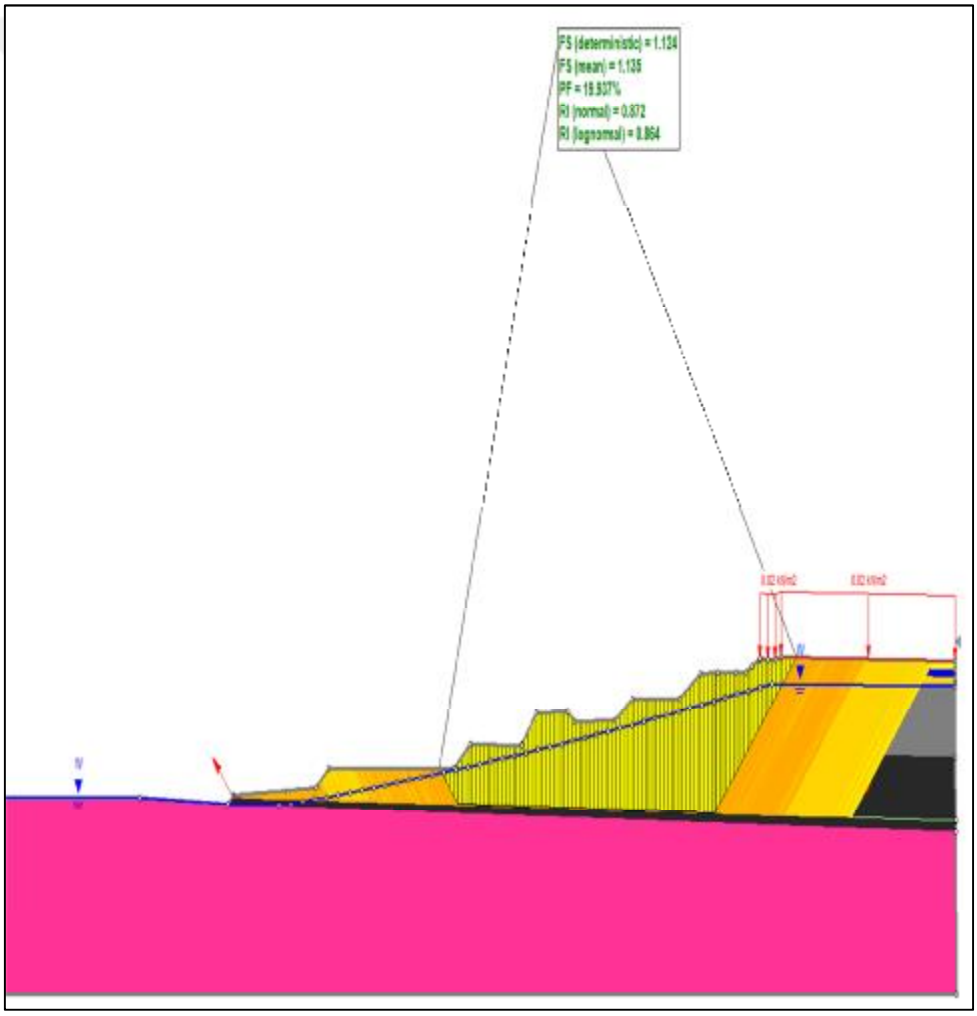
Şekil 4.21. Kar yükü etkisi altında şev duraylılığı sonuçları görüntüsü

Kar yoğunluğu değişkenlik göstermekte olup, tek bir değer vermek söz konusu değildir. Normal kar yoğunluğu 100-300 kg/m^3 arasındadır, Sulu kar 400-500 kg/m^3 yoğunluğa varırken, buz 900 kg/m^3 yoğunluğu ile sudan daha hafiftir ve eriyerek su halini aldığında 1000 kg/m^3 yoğunluğuna ulaşır.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (2010) tarafından yapılan 50 yıllık rasat süresince tespit edilen en yüksek kar derinliği 98 cm'dir. Yılın 118 günü donlu, 27 günü şiddetli donlu geçmektedir. Ortalama nisbi nem %62 olup, yılın 126 günü açık, 176 günü bulutlu ve 64 günü de kapalı geçmektedir.

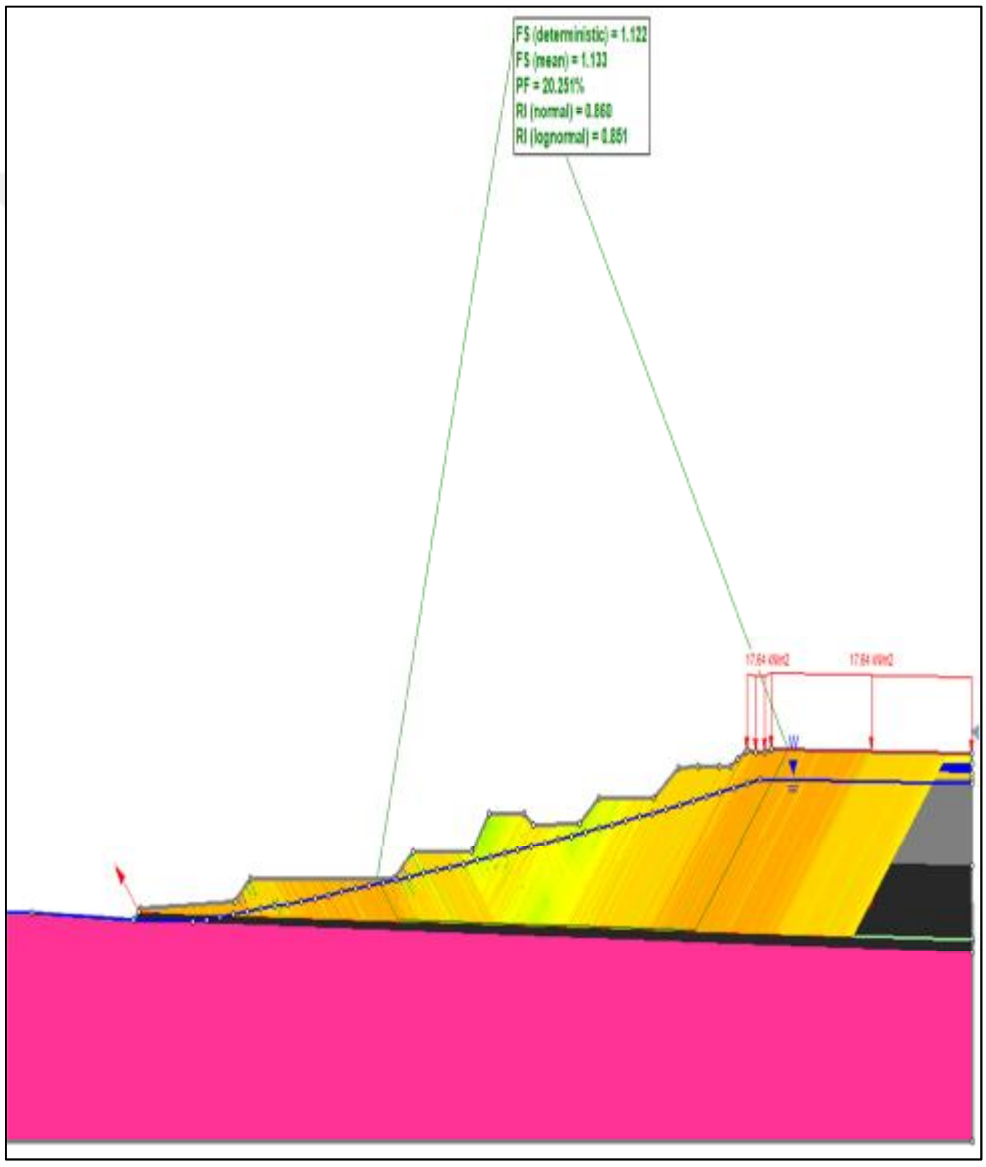
Devlet Meteorloji İşleri Genel Müdürlğü'nden temin edilen bilgiler esas alınarak buzsal özellik göstermekte olan, yüksekliği 1 m'yi ve 2,5 m'yi bulacağı varsayılan kar yağışı için kar yükü hesaplamaları aşağıdaki gibi olacaktır;

- 1m'lik kar yağışı için P_{k0} değeri 8,82 kN/m^2 bulunmuştur ve şev duraylılığı hesaplamalarında güvenlik katsayısı (Fs) 1,13 ve şev kayma olasılığı %19,93 olarak bulunmuştur (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. 1 m kar yağışı için duraylılık analizi sonuçları görüntüsü

Ekstrem koşullar altında, kar yüksekliğinin 2 m olduğu kabul edilerek yapılan şev duraylılığı çalışmasında P_{k0} değeri 17,64 kN/m^2 bulunmuştur. Bu değere göre, şev duraylılığı hesaplamalarında güvenlik katsayısı (Fs) 1,12 ve şev kayma olasılığı %19,93 olarak bulunmuştur (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. 2 m kar yağışı için duraylılık analizi sonuçları görüntüsü

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, Afşin–Elbistan Kışlaköy açık ocağı, Şev yüksekliği 130 m ve genel eğim açısı 10° olan, Batı Nihai şevi için şev duraylılığını etkileyen parametreler incelenmiş ve çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

Çalışma alanının litolojik modeli, MTA'nın yapmış olduğu sondaj raporlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur. İnceleme alanındaki litoloji birimlerinin yukarıdan, aşağıya doğru dizilimi; lehim–kiraçtaşı–mavi kil–gri gidya–kömür–siyah kil ve taban kili şeklindedir.

Deterministik yaklaşımla, Şev statik yükler altında değilken güvenlik katsayısı 1,21; olasılıklı yönteme dayanarak inceleme yapıldığında ise statik şartlarda kayma ihtimali de %7,15 olarak bulunmuştur, bu sonucun günümüz koşullarında bir tehlike arz etmediği düşünülmüştür.

Bu duruma ek olarak, kış ayları içerisinde yağan kar ve erimiş kar sularının şev üzerindeki etkisi hesaba alındığında ise, dağılı yük sınıfına giren kar yükü TS 498-1997'ye göre 1,50 kN/m^2 olarak hesaplanmıştır. Deterministik hesaplama yöntemlerine göre şevin güvenlik katsayısı 1,13 ve olasılıklı yönteme dayanarak yapılan incelemede ise şev kayma olasılığı %19,62 olarak bulunmuştur. Normal şartlar altındaki bu durum, düşük risk seviyesinde olduğu değerlendirilmektedir.

Şev duraylılığı etkileyen bir diğer unsur ise, yer altı su seviyesidir. Kışlaköy açık ocağında tespit edilen yer altı su seviyesi topoğrafyadan itibaren 22 metre dolaylarındadır. Yapılan susuzlaştırma çalışmaları sonucunda karstik sahada 998 adet, sedimanter sahada 101 adet drenaj kuyusu kullanılarak yer altı su seviyesi topografyadan 47 metre seviyelerine indirildiğinde deterministik yöntemlere göre güvenlik katsayısı 1,2'den 1,5'e yükselmiştir. Olasılıklı yönteme göre %7 olan kayma ihtimali ise %0,20' ye düşmüştür, İstisnai durum olarak drenaj pompalarının bozulması ya da uzun süreli elektrik kesintileri sonucunda yer altı su seviyesinin topoğrafyadan 5 metre yüksekliğe çıkması sonucunda deterministik

sonuçlara göre güvenlik katsayısı 0,98'e düşmüş ve olasıklı yöntemlere göre kayma ihtimalinin %55'e yükseldiği tespit edilmiştir. Bu sonuçtan da anlaşılabileceği gibi yer altı su seviyesinin yükselmesi şev duraylılığını tehdit eden bir unsurdur.

Şev duraylılığını tedit edecek bir diğer unsur ise, deprem yüküdür. Afşin-Elbistan bölgesindeki 62 yıllık deprem kayıtları incelendiğinde en büyük depremin 5,7 büyüklüğünde olduğu görülmüş ve bu deprem etkisinin yaratacağı yatay hareket ivmesi 0,042 g olarak hesaplanmıştır. Yapılan modellemede 0,042 g'lik yatay hareketin şev duyarlılığına olumsuz bir etkisinin söz konusu olmadığı görülmüştür. Ayrıca bu bölgede bulunan Göksun Fayı üzerinde oluşabilecek 7,2 büyüklüğünde bir deprem 0,12 g büyüklüğünde bir yatay hareket ivmesi oluşturabilecektir ve olasılıklı hesaplama tekniğine göre $1{,}8x10^{-5}$/yıl olasılıkla şev için bir kayma ihtimali söz konusudur, bu durum Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmeliğin 9. Maddesi'nde ifade edilen $1x10^{-4}$/yıl olarak ifade edilen değerden 5,5 kat küçüktür ve bu nedenle de bu riskin kabul edilebilir risk olduğu düşünülmektedir.

5.2. Öneriler

Bu çalışmada Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Ocağı Batı Nihai şevine ait sondaj verilerinden yararlanılarak kesit modeli oluşturulmuş ve Slide programı kullanılarak bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan model üzerinde, şev duraylılığını etkileyeceği düşünülen parametreler incelenmiştir.

Yer altı su seviyesinin şev duraylılığı için bir tehlike unsuru olduğu görülmüştür. Yer altı su seviyesini düşürme çalışmaları için açılmış olan drenaj kuyularının kesintisiz çalıştığını doğrulayacak kontrol ve izleme (otomasyon) sistemlemlerinin kurulması, 5 saatten daha fazla sürecek elektrik kesintilerinde drenaj pompalarının çalışmaması sonucunda yer altı su seviyesi kritik seviyeye ulaştığından, bunun önüne geçebilmek için farklı elektrik hatlarından besleme yapılması önerilmektedir.

Kar kalınlığının 2,5 metre'yi aşması durumunda şev duraylılığını olumsuz etkilediği görüldüğünden, kar kalınlığının düzenli ölçülmesi ve basamaklarda düzenli temizliğinin yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Abramson, T.G, Lee T.S., Sharma, A., Boyce, G. M., 2002. Slope Stability and Stabilization Methods, 2nd Edition., Wiley, Hoboken, NJ.

Akbulut, İ., Aksoy, T., Çağlan, D., Ölmez, T., 2007. Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Kömür İşletmesi Şev Stabilitesi Çalışması. MTA Genel Müdürlüğü Fizibilite Etütleri Dairesi Başkanlığı Kaya ve Zemin Mekaniği Birimi, Ankara (Yayımlanmamış).

Akbulut İ., Çam İ., Aksoy T., Çağlayan D,. Ölmez T., 2013. Açık Ocaklarda Şev Duraysizliği Ve Geriye Dönük Analizlere Bir Örnek: Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Kömür Ocağı, Maden Tetkik Ve Aram Dergisi, 147: 115-126

De Vallejo, F.I.G., ve Ferrer, M., 2002. (Çeviri: Kayabalı, K., 2014). Mühendislik Jeolojisi, Ankara Üniversitesi Yayınevi, 674 s.

Duzgun, H.S.B., Yucemen M.S. and Karpuz, C., 2002. A Probabilistic Model for the Assessment of Uncertainties in Shear Strength of Rock Discontinuities, International Journal of Rock Mechanics Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, pp. 743-754.

Elektrik Üretim A.Ş., 2018. Kışlaköy Açık Ocağı Jeoteknik İnceleme Raporları (Yayınlanmamış)

Gui, S., Zhang, Renduo,. Turner J., Xue, X., 2000. Probabilistic Slope Stability Analysis with Stochastic Soil Hydraulic Conductivity. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 126(1), pp. 1-9.

Kılıç, A. M., 1996. Analyse de la Stabilité Des Talus de la Mine de Lignite D'Afşin-Elbistan. Pour Obtenir la Grade de Docteur de I'école Nationale Supérieure Des Mines de Paris en Géologie de L'ingéieur, Paris.

Kılıç, A.M., Onur, A.H., 2001, Afşin–Elbistan Linyitleri (AEL) Açık İşletmesi İç Döküm Sahası. Türkiye 17. Uluslararası madencilik Kongresi ve Sergisi-TUMAKS

Koçak, S., Ulusay R., Selçuk Ş., İder, H. 1985. TKİ-AEL Kışlaköy Linyit İşletmesi Batı Şevi Stabilite Etüdü. MTA Fizibilite Etüdleri Dairesi, Kaya ve Zemin Mekaniği Servisi, Ankara.

Koçak, S., Ulusay, R., Selçuk, Ş., İder, H., 1985, TKİ-AEL Kışlaköy Linyit İşletmesi Batı Şevi Stabilite Etüdü. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 7717, Ankara (Yayımlanmamış)

Lindholm, C., Roth, M., Bungham, H., Faleide, J.I., 2005. Probabilistic and deterministic seismic hazard results and influence of the sedimentary More Basin, NE Atlantic. Marine and Petroleum Geology 22 (2005) pp. 149–160.

McGuire, R.K., 2001. Deterministic vs. Probabilistic Earthquake Hazards And Risks. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 21 377-384.

Nadim F, Einstein H, Roberds W., 2005. Probabilistic stability analysis for individual slopes in soil and rock. In: Proceedings of international conference on landslide risk management, pp 63–98.

Park H, West TR., 2005. Development of a probabilistic approach for wedge failure. Eng Geol 59: pp 233–251.

Pierschke, K.J., 1976. Geomechanical Study to Examine the Stability of the Planned Opencast and External Dump Slopes in the Kislakoy Brown Coal Deposit. Rheinbraun Consulting, Cologne, p. 22.

Pınarcı, E., H, Çetin., S, Ural,. 2017. Kışlaköy Açık Ocak Kömür İşletmesi'nde (Elbistan/Kahramanmaraş) Yer Alan Jeolojik Birimlerin Jeomekanik Parametrelerinin Karşılaştırılması. MÜHJEO'2017: Ulusal Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Sempozyumu, 12-14 Ekim 2017, ÇÜ, Adana

Topçu, A,. 2006. Kar yükü ve Çöken Çatılar. Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

Ural, S., Yüksel, F., 2004. Geotechnical Characterization of Lignite-Bearing Horizons in the AfsinElbistan Lignite Basin, SE Turkey. Engineering Geology, 75, pp 129-146.

ÖZGEÇMİŞ

15/02/1989 yılında Kahramanmaraş / Elbistan' da doğdu. İlk öğrenim ve Lisans eğitimini Adana'da tamamladı. 2011 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik –Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nden 2014 yılında mezun olarak, aynı yıl içinde yüksek lisans eğitimine başlamıştır.