

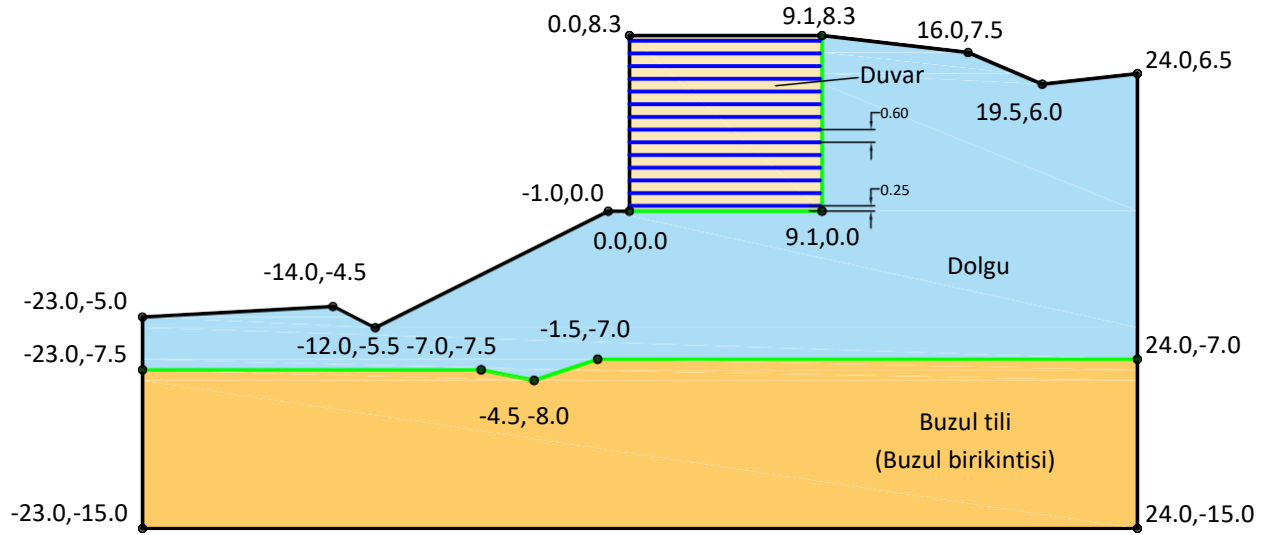
Geosentetik Takviyeli İstinat Duvarının Stabilite Analizi

Hazırlayan: [Roozbeh Geraili Mikola, PhD, PE](#)

Çevirmen: [Umut Dağar](#)

E-posta: hyrcan4geo@outlook.com

Web Sayfası: www.geowizard.org



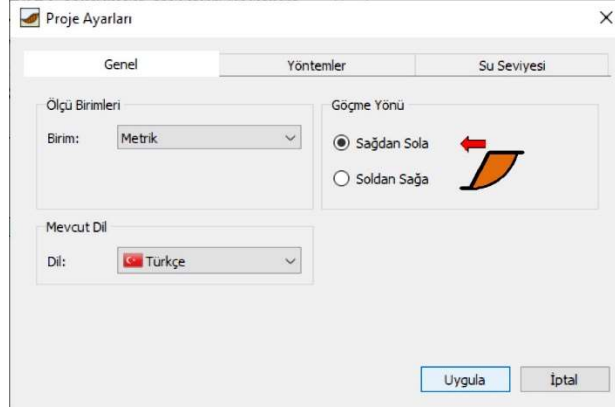
Bu eğitim kılavuzu, **HYRCAN**'da geosentetik takviyeli bir istinat duvarının modellenmesini göstermektedir. **HYRCAN**'da zemin çivileri, geosentetikler, ankrajlar, kaya bulonları ve kazıklar dahil olmak üzere beş farklı tipte şev güçlendirme yöntemi modellenebilmektedir.

Proje Ayarları

Proje Ayarları penceresinde, Göçme Yönü, Ölçü Birimleri, Analiz Yöntemleri ve Yeraltı suyu özelliği dahil olmak üzere çeşitli önemli modelleme ve analiz seçenekleri ayarlanabilmektedir. Bu analiz için, göçme yönünün "Sağdan Sola" olarak ayarlandığından emin olun ve ardından **Uygula**'ya basınız. **Yöntemler** sekmesinden, analiz için kullanılacak limit denge analiz yöntemini de seçebilirsiniz.

Seçim: *Analiz* →





Şekil 1- Proje Ayarları Penceresi.

Geometri Oluşturma

- **Dış Sınırlar**

Her model için tanımlanması gereken ilk sınır Dış Sınırdır. Dış Sınır eklemek için, araç çubuğundan veya Sınırlar menüsünden **Dış Sınır**'i seçiniz.

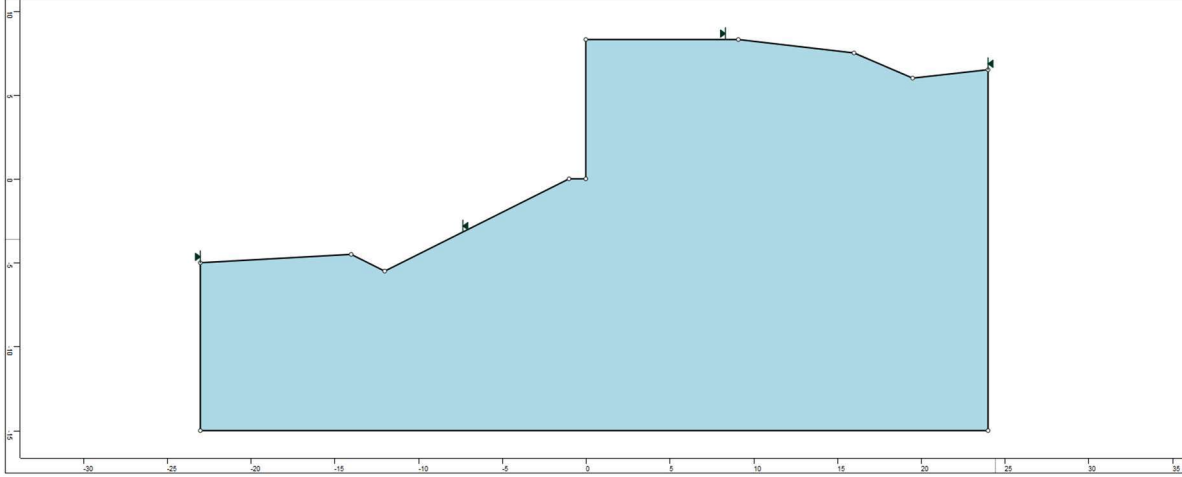
Seçim: *Geometri* →



Ana pencerenin sağ alt tarafındaki komut satırına aşağıdaki koordinatları giriniz.

Nokta giriniz [esc=iptal]: -23.0,-5.0	Nokta giriniz [c=kapat,esc=iptal]: 16.0,7.5
Nokta giriniz [esc=iptal]: -14.0,-4.5	Nokta giriniz [c=kapat,esc=iptal]: 19.5,6.0
Nokta giriniz [esc=iptal]: -12.0,-5.5	Nokta giriniz [c=kapat,esc=iptal]: 24.0,6.5
Nokta giriniz [c=kapat,esc=iptal]: -1.0,0.0	Nokta giriniz [c=kapat,esc=iptal]: 24.0,-15.0
Nokta giriniz [c=kapat,esc=iptal]: 0.0,0.0	Nokta giriniz [c=kapat,esc=iptal]: -23.0,-15.0
Nokta giriniz [c=kapat,esc=iptal]: 0.0,8.3	Nokta giriniz [c=kapat,esc=iptal]: c
Nokta giriniz [c=kapat,esc=iptal]: 9.1,8.3	

Son nokta girildikten sonra c komutunun girilmesiyle beraber, ilk ve son noktaların otomatik olarak bağladığını (sınırı kapatır) ve Dış Sınır seçeneğinden çıktığını unutmayın. Ekranınız şimdi aşağıdaki gibi görünmelidir:



Şekil 2- Dış Sınırın Oluşturulması.

- **Malzeme Sınırları**

Dış Sınır içindeki farklı malzeme bölgeleri arasındaki sınırları tanımlamak için **HYRCAN**'da malzeme sınırları kullanılır. İki adet malzeme sınırı tanımlayalım.

Seçim: *Geometri* →



Malzeme Sınırı

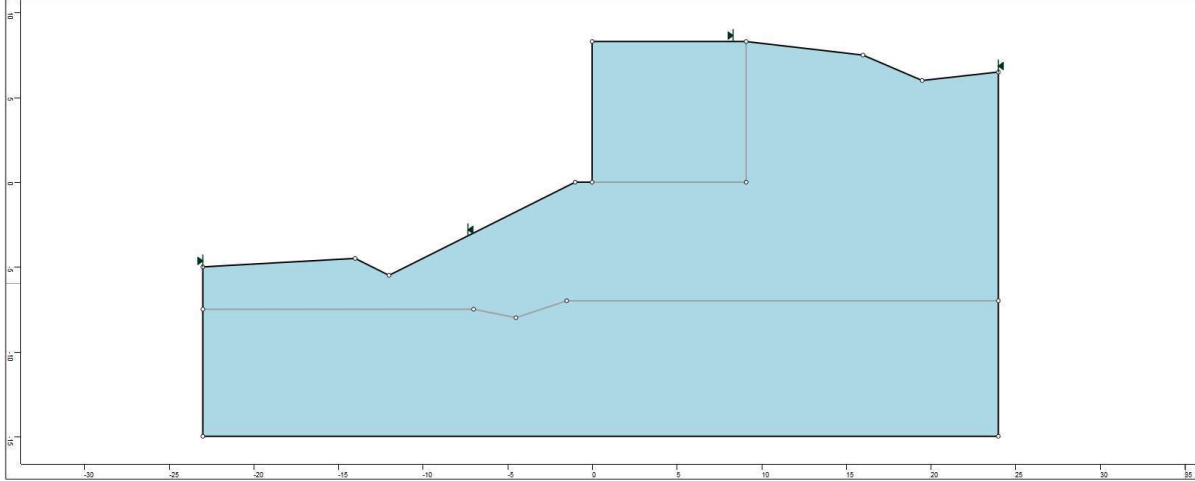
Ana pencerenin sağ alt tarafındaki komut satırına aşağıdaki koordinatları giriniz.

```
Nokta giriniz [esc=iptal]: -23.0,-7.5
Nokta giriniz [d=bitti,esc=iptal]: -7.0,-7.5
Nokta giriniz [d=bitti,esc=iptal]: -4.5,-8.0
Nokta giriniz [d=bitti,esc=iptal]: -1.5,-7.0
Nokta giriniz [d=bitti,esc=iptal]: 24.0,-7.0
Nokta giriniz [d=bitti,esc=iptal]: d
```

Ve aşağıdaki koordinatlar için aynı işlemi tekrarlayın.

```
Nokta giriniz [esc=iptal]: 0.0,0.0
Nokta giriniz [d=bitti,esc=iptal]: 9.1,0.0
Nokta giriniz [d=bitti,esc=iptal]: 9.1,8.3
Nokta giriniz [d=bitti,esc=iptal]: d
```

Ekranınız şimdi aşağıdaki gibi görünmelidir:

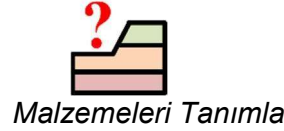


Şekil 3- Dış Sınırların ve Malzeme Sınırlarının Eklenmesi.

Özellikler

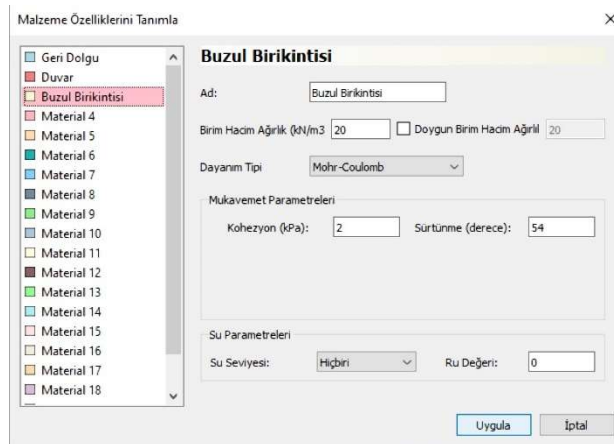
Malzeme özelliklerimizi tanımlama zamanı. Araç çubuğundan veya Özellikler menüsünden **Malzemeleri Tanımla**'yı seçiniz.

Seçim: **Özellikler** →



Malzeme	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (derece)
Dolgu	21.7	1.0	33.0
Duvar	20.4	0.0	41.0
Buzul Birikintisi	20	2.0	54.0

Malzemeleri Özelliklerini Tanımla, penceresinde ilk (varsayılan) sekme seçiliyken aşağıdaki özellikleri girin:

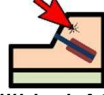


Yukarıda gösterilen parametreleri girin. Tüm parametreleri girdikten sonra **Uygula**'ya basın.

Özelliklerin Atanması

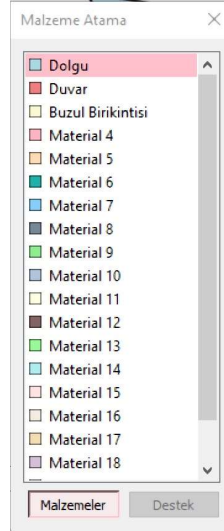
Birden fazla malzeme tanımladığımız için, **Özellikleri Atama** seçeneğini kullanarak modelin doğru bölgelerine özellikler atamak gerekecektir. Araç çubuğundan veya Özellikler menüsünden **Özellikler Atama** seçeneğini seçin.

Seçim: Özellikler →



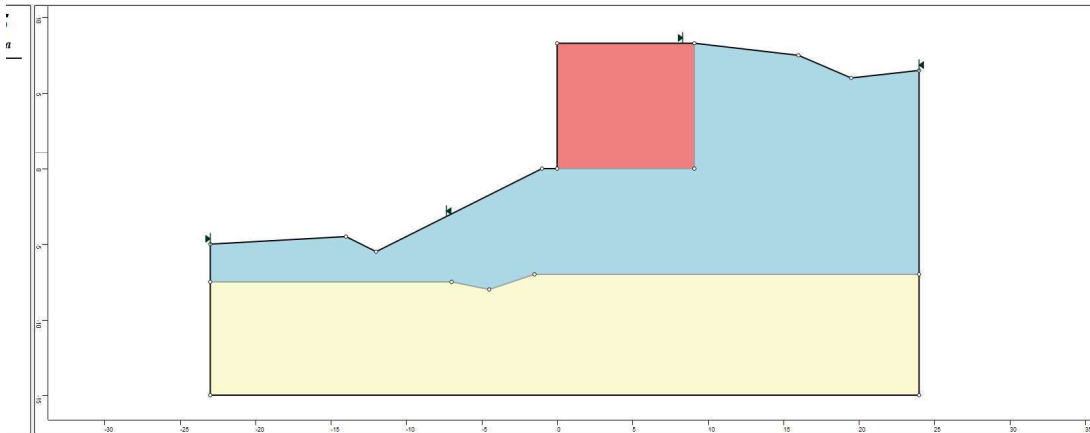
Özellikleri Atama

Aşağıda gösterilen **Malzeme Atama** penceresini göreceksiniz.



Zemin tabakalarına özellikleri atamak için:

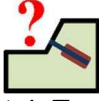
1. “Malzeme Atama” penceresindeki zemin malzemesini seçmek için fareyi kullanınız. (malzeme adlarının “Malzeme Özelliklerini Tanımla” penceresinde girdiğiniz adlarla aynı olup olmadığına dikkat ediniz).
2. Şimdi imleci zemin bölgesinde herhangi bir yere getirin ve farenin sol düğmesine tıklayın. Tüm malzemeler atanana kadar diğer zemin malzemeleri için aynı işlemleri tekrarlayınız.



Şekil 4- Özellikler Atandıktan Sonra Model Geometrisi.

Destek Elemanı Ekleme

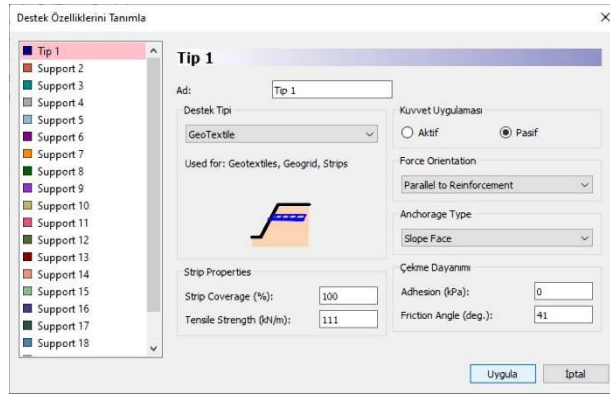
Destek elemanını eklemeyen önce, önce destek tipini ve ilgili özellikleri tanımlayalım. Bunu yapmak için, araç çubuğundan veya Özellikler menüsünden "Destek Tanımla"yı seçiniz.

Seçim: *Özellikler* → 
Destek Tanımla


Malzemeleri Tanımla penceresinde ilk (varsayılan) sekme seçiliyken aşağıdaki özellikleri giriniz:

Destek Tipi	Ad	Şerit Kapsamı (%)	Çekme Dayanımı (kN/m)	Adhezyon (kPa)	Sürtünme Açısı (derece)
Geotekstil	Tip 1	100	111	0	41
	Tip 2		71		
	Tip 3		42		

Her üç destek tipi için de "**Kuvvet Uygulaması**" ve "**Kuvvet Yönü**"nün sırasıyla "**Pasif**" ve "**Donatıya Paralel**" olduğunu lütfen unutmayın.



Şimdi destek elemanlarını ekleyelim. Destek menüsündeki "Destek Elemanı Ekle" seçeneği ile bir modele destek öğeleri ayrı ayrı eklenebilir. Normal bir modelde birden fazla destek elemanı eklenecekse, Destek menüsündeki Destek Modeli Ekle seçeneğini kullanabilirsiniz. Bu eğitim kılavuzunda, şeve eşit aralıklı bir destek modeli (paterni) eklemek için "Destek Modeli Ekle" seçeneğini kullanacağız.

Seçim: *Destek* → 
Destek Modeli Ekle

Öncelikle Destek Modeli penceresini göreceksiniz. "**Tip 1**" destek özelliğini seçin ve **Şekil 5**'te gösterildiği gibi Yön = Yatay, Uzunluk = 9.0 ve Destekler arasındaki Mesafe = 0.6'yı ayarlayın ve ardından Uygula'ya basın. Şimdi imleci hareket ettirirken, imleci takip eden ve sınırdaki en yakın noktaya yaslanan küçük bir siyah çarpı göreceksiniz. Dış sınır üzerinde destek modelinin başlangıç ve bitiş noktalarının konumunu grafiksel olarak girebilirsiniz. Bununla birlikte, tam koordinatları girmek için, komut satırına koordinatları girmek daha kolay ve daha doğrudur. İlk yedi geotekstili yerleştirmek için sınırdaki birinci ve ikinci noktaları girelim:

Sınır üzerindeki ilk noktayı giriniz [esc=iptal]: 0,0.25

Sınır üzerindeki ikinci noktayı giriniz [esc=iptal]: 0,3.9

Sonraki dört geotekstili (**Tip 2**) yerleştirmek için sırayı tekrarlayın ve noktaları aşağıdaki gibi girin:

Sınır üzerindeki ilk noktayı giriniz [esc=iptal]: 0,4.45

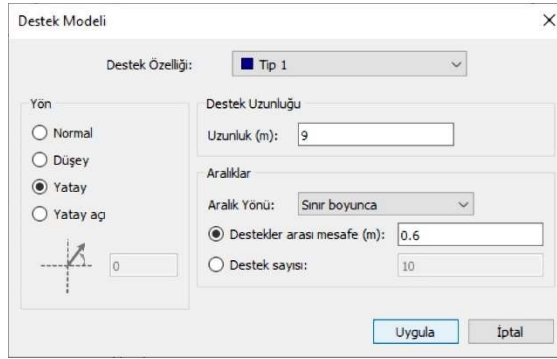
Sınır üzerindeki ikinci noktayı giriniz [esc=iptal]: 0,6.5

Ve son üç geotekstil için (**Tip 3**):

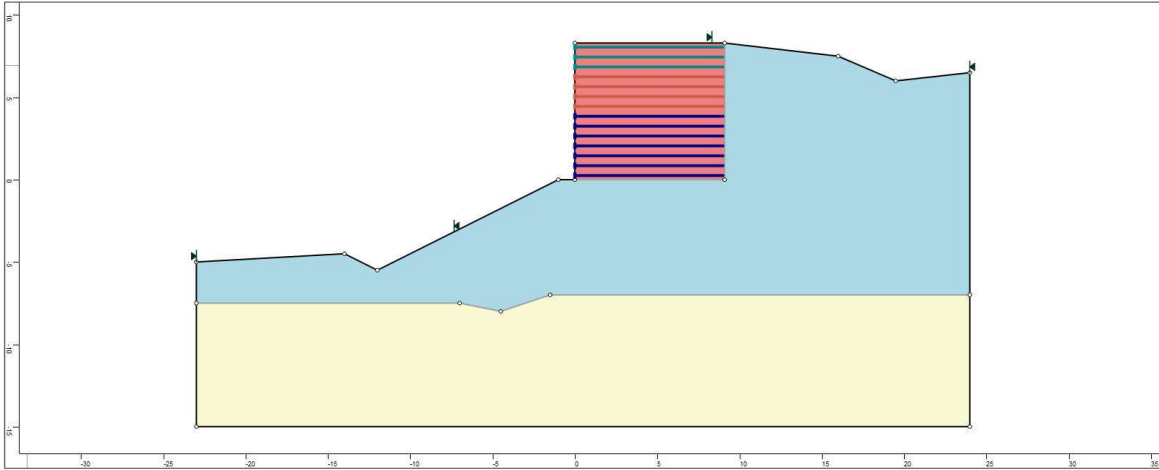
Sınır üzerindeki ilk noktayı giriniz [esc=iptal]: 0,6.85

Sınır üzerindeki ikinci noktayı giriniz [esc=iptal]: 0,8.3

Geotekstilleri tek tek yerleştirmek için **Destek Modeli Ekle** yerine **Destek Elemanı Ekle**'nin kullanılabileceğini unutmayın.



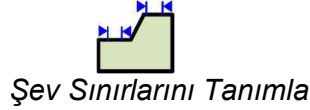
Şekil 5- Destek Modeli Penceresi.



Şekil 6- Geotekstil Elemanlar Yerleřtirdikten Sonra Model Geometrisi.

Şev Sınırlarının Deęiřtirilmesi

Şev Sınırları, Dış Sınır oluşturulmaz oluşturulmaz **HYRCAN** tarafından otomatik olarak hesaplanır. Şev sınırlarını modelin daha belirli alanlarına çekmek isterseniz, "Şev Sınırlarını Tanımla" penceresi ile özelleştirilebilir.

Seçim: *Yüzeyler* →

Şev Sınırlarını Tanımla

Sınırlar

Sol x koordinatı

Sağ x koordinatı

İkinci sınır seti

Sınırlar

Sol x koordinatı

Sağ x koordinatı

Bu eğitim kılavuzunda, sol ve sağ koordinatlar -14 ve -1'e ayarlanmıştır ve ikinci sınır setinin sol ve sağ koordinatları 2 ve 19.5 olarak ayarlanmıştır. Böylece, şev sınırlarını iyileştirerek, global minimum kayma yüzeyini daha doğru tahmin edebileceksiniz. Şimdi modeli oluşturmayı bitirdik ve analizi çalıştırmaya ve sonuçları yorumlamaya devam edebiliriz.

Hesapla

Model artık hesaplama aşamasına geçmek için hazır durumda.

Seçim: *Analiz* →

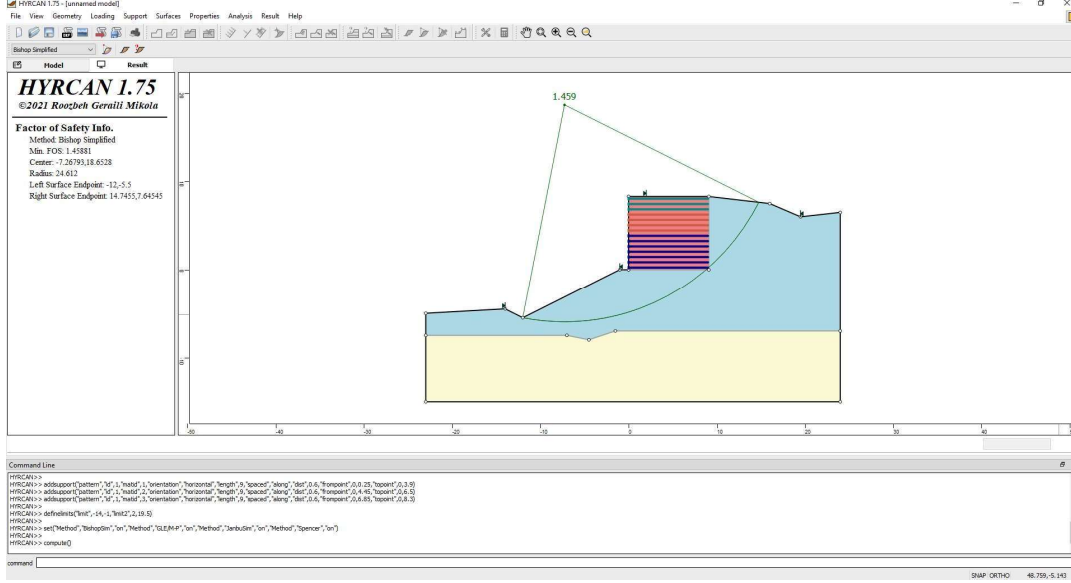
Program, analizi çalıştırmaya devam edecektir. Tamamlandığında, sonuçları Sonuç Sekmesinde görüntüleyebilirsiniz.

Sonuçlar ve Tartışmalar

Hesaplama tamamlandığında, sonuçları Sonuç Sekmesinde görüntülemeye hazırsınız demektir. Varsayılan olarak, Sonuç Sekmesi açıldığında, ilk etkinleştirilen limit denge analiz yöntemi için Global Minimum kayma yüzeyi gösterilecektir. Güvenlik faktörü hesaplamalarının sonuçları Şekil 7'de gösterilmektedir. Tablo 1, farklı bir ticari program olan **Slide2** kullanılarak aynı model için hesaplanan güvenlik faktörlerinin karşılaştırmalarını özetlemektedir.

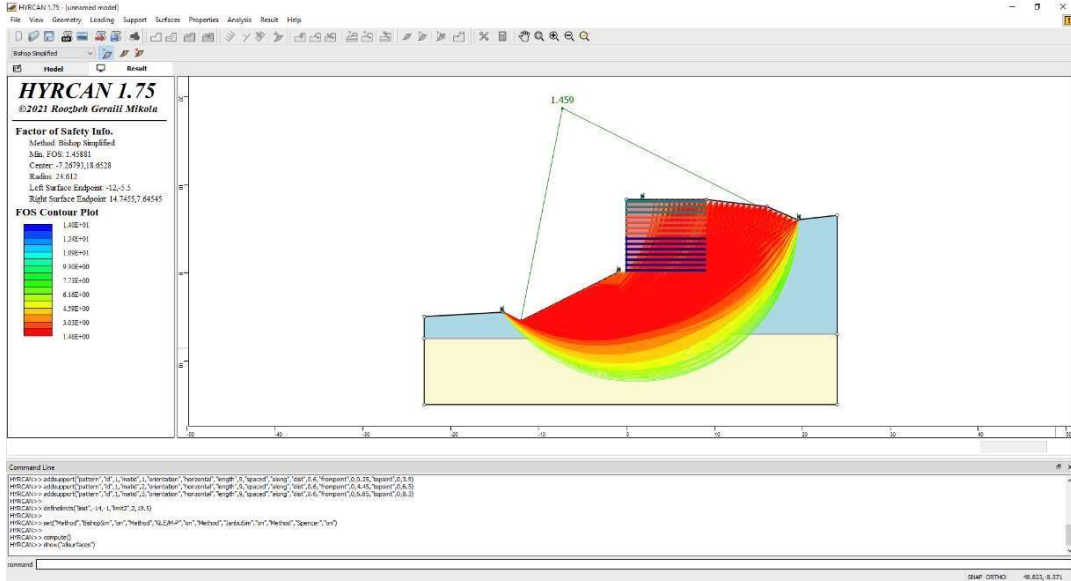
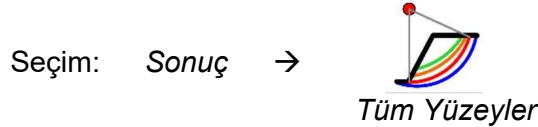
Tablo 1- Minimum Güvenlik Faktörlerinin Karşılaştırılması

Yöntem	Slide2	HYRCAN
Basitleştirilmiş Bishop	1.493	1.459
GLE/Morgenstern-Price	1.495	1.459
Basitleştirilmiş Janbu	1.328	1.323
Spencer	1.494	1.458



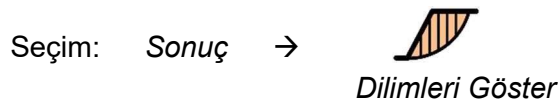
Şekil 7 - Otomatik Olarak Belirlenen Şev Sınırlarının Güvenlik Faktörü Sonuçları.

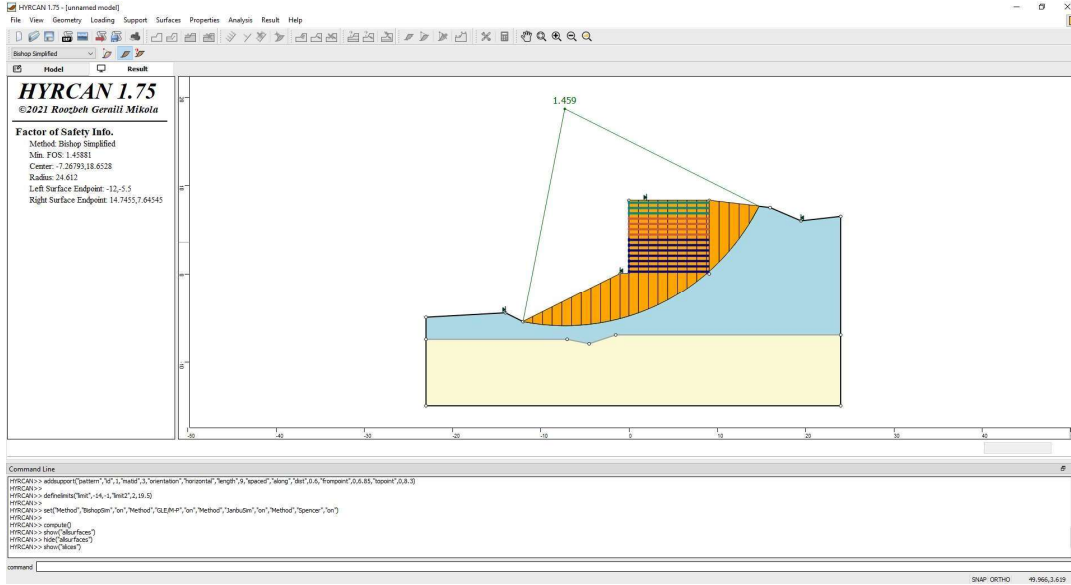
Analiz sonucu oluşturulan tüm geçerli kayma yüzeylerini görüntülemek için, araç çubuğundan veya Sonuç menüsünden “Tüm Yüzeyler” seçeneğini seçiniz.



Şekil 8 - Dairesel yüzey gösterimi – Tüm yüzeylerin gösterilmesi.

“Dilimleri Göster” seçeneği, analizde kullanılan gerçek dilimleri görüntülemek için kullanılabilir.





Şekil 9- Dilimlerin Gösterilmesi.

HYRCAN, "*Dilimleri Göster*" seçeneği açıldığında her bir destek elemanındaki mobilize kuvveti de gösterecektir.

Komut Dizisi

Modeli bitirdikten sonra, oluşturulan komut dizisini **HYRCAN** aracılığıyla metin dosyasına kaydedebileceksiniz.

Seçim:



Bu eğitim kılavuzunda kullanılan komutlar aşağıda listelenmiştir.

```

newmodel ()

set("failureDir","r21")

extboundary(-23,-5,-14,-4.5,-12,-5.5,-1,0,0,0,0,8.3,9.1,8.3,16,7.5,19.5,6,24,6.5,24,-15,-23,-15,-23,-5)

matboundary(-23,-7.5,-7,-7.5,-4.5,-8,-1.5,-7,24,-7)
matboundary(0,0,9.1,0,9.1,8.3)

definemat("ground","matID",1,"matName","Backfill","uw",21.7,"cohesion",1,"friction",33)
definemat("ground","matID",2,"matName","Wall","uw",20.4,"cohesion",0,"friction",41)
definemat("ground","matID",3,"matName","Glacial till","uw",20,"cohesion",2,"friction",54)

assignsoilmat("matid",2,"atpoint",7,5)
assignsoilmat("matid",3,"atpoint",7,-11)

definemat("support","matID",1,"supportType","GeoTextile","matName","Type
1","forceApp","passive","stripTensile",111,"stripAdhesion",0,"stripFricAngle",41)
definemat("support","matID",2,"supportType","GeoTextile","matName","Type
2","forceApp","passive","stripTensile",71,"stripAdhesion",0,"stripFricAngle",41)
definemat("support","matID",3,"supportType","GeoTextile","matName","Type
3","forceApp","passive","stripTensile",42,"stripAdhesion",0,"stripFricAngle",41)

addsupport("pattern","id",1,"matid",1,"orientation","horizontal","length",9,"spaced","along","dis
t",0.6,"frompoint",0,0.25,"topoint",0,3.9)
addsupport("pattern","id",1,"matid",2,"orientation","horizontal","length",9,"spaced","along","dis
t",0.6,"frompoint",0,4.45,"topoint",0,6.5)
  
```

```
addsupport("pattern","id",1,"matid",3,"orientation","horizontal","length",9,"spaced","along","dist",0.6,"frompoint",0,6.85,"topoint",0,8.3)

definelimits("limit",-14,-1,"limit2",2,19.5)

set("Method","BishopSim","on","Method","GLE/M-P","on","Method","JanbuSim","on","Method","Spencer","on")

compute()
```