GeoteknikPro

STUDIO — ŞEV ANALİZİ

Sürüm 3.0.1

KULLANICI KILAVUZU

ve Hesap Yöntemleri Belgesi

Model kurmanın dört yolu · Malzemeler · Yeraltı suyu · Yükler · Destek elemanları · Kayma yüzeyi üreteçleri · Limit denge çözümü · Duyarlılık · Rapor ve çizim · PLAXIS

TBDY 2018 Bölüm 16 ve KDYY esaslarına uygundur

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

İçindekiler

İçindekiler 2
Şekiller Listesi 5
Tablolar Listesi 6
Kullanılan Simgeler 7
1. Giriş 8
1.1 Program ne yapar 8
1.2 Kapsam 8
1.3 Kimin için 8
2. Ekran ve Araçlar 9
2.1 İki kip: PLAN ve KESİT 9
2.2 Ekran bölümleri (KESİT kipi) 9
2.3 Çizim kipleri 10
3. Sayısal Modelin (Geometri) Oluşturulması — Dört Yol 11
3.1 Birinci yol — elle çizim 11
Kenetleme — nereye tıklanmış sayılır 11
Uzat komutu 11
Su ve yok sayma — zincir seçimi 11
Diğer elle düzenlemeler 12
3.2 İkinci yol — şev sihirbazı 12
Sihirbazın ürettiği geometri 12
3.3 Üçüncü yol — DXF içe aktarma 13
Okunan ve okunmayan varlıklar 13
Birim sorusu — sonucu değiştiren sorudur 13
İçe aktarmadan sonra 14
3.4 Dördüncü yol — eşyükselti eğrilerinden kesit alma 15
Adım 1 — eşyükselti haritasının içe aktarılması 15
Adım 2 — kot atama 15
Adım 3 — kesit çizgisinin çekilmesi 15
Adım 4 — kotların otomatik tamamlanması 15
Adım 5 — kesitin çıkarılması 15
4. Alan Kavramı 17
4.1 Alanların kurulması 17
4.2 Alan türleri 17
4.3 İki koruma 18
Bölünmüş yapı 18
Havada duran zemin 18
4.4 Arazi yüzeyi 18
5. Malzemeler 19
5.1 Dayanım modelleri 19

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

5.2 Zemin kütüphanesi 19
5.3 Rijitlik değerleri 20
6. Yeraltı Suyu 20
7. Yükler 20
7.1 Sürşarj tanımlama 20
7.2 Çok noktalı dağılım 20
7.3 Etki türü 21
7.4 Aktarım kotu 21
8. Yapılar ve Destek Elemanları 22
8.1 Dayanma yapıları 22
8.2 Destek elemanı türleri 22
8.3 Halat kopması ve kök sıyrılması 23
9. Zemin Çivisi Duvarları 24
9.1 Kapsam ve tasarım esası 24
9.2 Geometri: arazi, kazı yüzü ve kademeler 25
9.3 Kademe kuralı 25
9.4 Çivi sıraları ve çeper sürtünmesi 26
9.5 Kısmi katsayılar ve kapasiteler 26
9.6 Çekme talebi: T_{maks} ve $T_{i,maks}$ 27
9.7 Püskürtme beton kaplama 27
9.8 Dış tahkikler ve kullanılabilirlik 28
9.9 Deney programı, metraj ve PLAXIS 29
9.10 Doğrulama: KDYY P20 örnek projesi 29
9.11 Tasarım sihirbazı 30
9.12 Çözüm yöntemi ve çekme çatlağı 31
9.13 Gerekli çivi kuvveti ve boy optimizasyonu 32
9.14 Sonuçlar ve çıktılar 32
10. Analiz 34
10.1 Kayma yüzeyi üreteçleri 34
10.2 TBDY 2018 Denklem 16.30 36
10.3 Diğer yöntemler 36
10.4 Yükleme durumları 36
10.5 Aşamalı (kademeli) analiz 37
10.6 Şev yüzü püskürtme beton kaplama 37
10.7 Hesap yöntemi, kohezyon terimi ve uyarılar 37
10.8 Boşluk suyu: Sızma modülünden aktarım 38
10.9 Ayarları varsayılan olarak kaydetme 38
10.10 Geri analiz 39
11. Tasarım Esasları 40
11.1 KDYY Tablo 2.1 katsayıları 40

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

11.2 Tek kaynak varsayımı 40
12. Sonuçların Okunması 41
12.1 Dilim tablosu 41
12.2 Yöntem karşılaştırması 41
12.3 Topuktan ve toptan göçme 41
13. Duyarlılık Analizi 43
14. Doğrulama 44
14.1 Referans şev analizi raporlarıyla karşılaştırma 44
14.2 Çözücülerin birbiriyle ve klasik çözümle karşılaştırması 45
14.3 Bağımsız çözümlerle karşılaştırma 46
14.4 İç tutarlılık kontrolleri 47
14.5 Bilinen farklar ve sınırlamalar 47
15. Rapor ve Çizim 47
15.1 Word raporu 47
15.2 DXF çizimi 48
16. PLAXIS 2D Aktarımı 49
16.1 Şev modeli için önemli farklar 49
17. Dikkat Edilecek Noktalar 50
17.1 Model kurarken 50
17.2 Analiz ederken 50
18. Yönetmelik Karşılıkları 51
19. Bilinen Sınırlar ve Kapsam Dışı Konular 51
20. Sık Sorulan Sorular 52
Neden bazı yöntemler sonuç vermiyor? 52
Kama üreteci neden hiç yüzey üretmedi? 52
Sonuç model kutusunu büyütünce değişiyor mu? 52
Rapordaki bazı yöntemler neden görünmüyor? 52
Eşyükselti yolunda kotları program neden kendi bulmuyor? 52
21. Kaynaklar 53

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Şekiller Listesi

Şekil 1. PLAN kipi: eşyükselti eğrileri ve plan üzerinde çizilen iki kesit 9
Şekil 2. KESİT kipi: araç şeritleri, solda malzeme–destek–alan panelleri, ortada kesit, altta dilim tablosu 10
Şekil 3. Şev sihirbazı: palye ve yüz tanımları, tabaka bölme ve üretilen geometrinin önizlemesi 13
Şekil 4. Çizim birimi penceresi: “Çizimdeki 1 birim kaç metre?” sorusu ve metre karşılığı denetimi 14
Şekil 5. Alan türü seçimi: alana sağ tıklanınca açılan menü 18
Şekil 6. Yapı yükü penceresi: bir alanın yapı olarak işaretlenmesi ve taban basıncı 18
Şekil 7. Zemin kütüphanesi penceresi: hazır zemin ve kaya kayıtları, tür süzgeci ve arama 19
Şekil 8. Yüzey yükleri penceresi ve şev üzerinde çok noktalı sürşarj dağılımı 21
Şekil 9. Çizgiye sağ tıklanınca açılan menü: çizginin ankraj, zemin çivisi ya da kazık / perde yapılması ve püskürtme beton kaplama tanımı 22
Şekil 10. Kazık / perde destek elemanı ve yapı yükü (q = 110 kPa) içeren kesit 23
Şekil 11. Ayarlar penceresi, Şev › Zemin çivisi sekmesi: tasarım yönetmeliği, esas ve çözüm, çivi talebi seçimleri 25
Şekil 12. Zemin çivisi tasarım sihirbazı, 4 · Çiviler adımı: dizilim parametreleri, sıra tablosu ve kesit önizlemesi 31
Şekil 13. Zemin çivisi tasarım sihirbazı, 9 · Ön izleme ve analiz adımı: kademeli analiz sonucu ve kademeler tablosu 32
Şekil 14. Ayarlar penceresi, Şev › Genel analiz sekmesi: güvenlik katsayıları, deprem, arama ve duyarlılık analizi ayarları 34
Şekil 15. Zayıf seviye takipli üreteçle bulunan kritik kayma yüzeyi ve dilim tablosu 35
Şekil 16. Tüm yüzeyler görünümü: değerlendirilen kayma yüzeylerinin güvenlik katsayısına göre renklendirilmesi 35
Şekil 17. Güvenlik haritası: merkez ızgarası noktalarının güvenlik katsayısına göre renklendirilmesi 36
Şekil 18. Yöntem karşılaştırması penceresi: aynı kayma yüzeyi için yöntemlerin sonuçları ve klasik Bishop bilgi satırı 41
Şekil 19. Değerlendirilen kayma yüzeyleri penceresi: yüzey listesi ve seçilen yüzeyin kesitte vurgulanması 42
Şekil 20. Duyarlılık analizi penceresi: parametre sapmasına göre güvenlik katsayısının değişimi 43
Şekil 21. Rapor hazırla penceresi: “Duyarlılık analizi ekle” seçeneği ve rapor hazırlanırken yürüyen duyarlılık taraması 43
Şekil 22. PLAXIS 2D’ye aktar penceresi: zemin modeli seçimi ve betik önizlemesi 49

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Tablolar Listesi

Tablo 1. Kılavuzda kullanılan simgeler 7
Tablo 2. Ekran bölümleri 9
Tablo 3. Çizim kipleri ve işlevleri 10
Tablo 4. Dört yolun karşılaştırması 11
Tablo 5. Şev sihirbazı girdileri 12
Tablo 6. Otomatik kot atamanın kuralları 15
Tablo 7. Alan türleri ve davranışları 17
Tablo 8. Dayanım modelleri 19
Tablo 9. Destek elemanı türleri 22
Tablo 10. Kademe kuralı seçenekleri 25
Tablo 11. τ_{bu} kaynağı 26
Tablo 12. KDYY kısmi katsayı zinciri (varsayılan değerler) 26
Tablo 13. Çivi deney programı (KDYY 3.3.4, Tablo 3.21) 29
Tablo 14. KDYY P20 ile karşılaştırma 29
Tablo 15. Kayma yüzeyi üreteçleri 34
Tablo 16. Tasarım esasları 40
Tablo 17. KDYY Tablo 2.1 kısmi katsayıları 40
Tablo 18. Doğrulamanın dayanakları 44
Tablo 19. Referans raporlarla karşılaştırma (γ_{Rk}) 44
Tablo 20. Aynı yüzeyde çözücülerin karşılaştırılması 45
Tablo 21. TBDY çözücüsü (klasik terim) ile GLE-Bishop karşılaştırması 45
Tablo 22. Poligonal yüzeyin dairesel eşdeğeriyle karşılaştırılması (Janbu) 45
Tablo 23. Kohezyon terimi: TBDY 2018 yazımı ile klasik Bishop 46
Tablo 24. Kesme kapasiteli kazık: kapasiteye duyarlılık 46
Tablo 25. Zemin çivili düşey kazı ve düzlem blok: kapalı çözümlerle karşılaştırma 46
Tablo 26. Toptan göçme: yöntemlerin PLAXIS (1,56) ile karşılaştırması (tek kesit) 47
Tablo 27. Yönetmelik karşılıkları 51
Tablo 28. Kapsam dışı ve sınırlı konular 51

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Kullanılan Simgeler

Kılavuz boyunca kuvvet birimi kN, uzunluk birimi m, gerilme birimi kPa'dır. Analiz düzlem şekil değiştirme kabulüyle, kesit doğrultusuna dik birim genişlik (1 m) için yapılır.

Tablo 1. Kılavuzda kullanılan simgeler

Simge	Açıklama	Birim
γ_{Rk}	Karakteristik güvenlik katsayısı (TBDY 2018, Denk. 16.30)	—
γ	Zeminin doğal birim hacim ağırlığı	kN/m³
γ_{sat}	Zeminin doygun birim hacim ağırlığı	kN/m³
γ_w	Suyun birim hacim ağırlığı	kN/m³
c′	Efektif kohezyon	kPa
c_u	Drenajsız kayma dayanımı	kPa
ϕ′	Efektif içsel sürtünme açısı	°
b	Dilim genişliği (yatay)	m
ℓ	Dilim tabanının gerçek uzunluğu, ℓ = b/cosα	m
α	Dilim tabanının yatayla yaptığı açı	°
W_s	Dilim ağırlığı (sürşarj dâhil)	kN/m
u	Dilim tabanındaki boşluk suyu basıncı	kPa
h_w	Dilim tabanındaki su yüksekliği, $h_w = u/\gamma_w$	m
m(α)	Bishop katsayısı, $m(\alpha) = \cos\alpha + \sin\alpha \cdot \tan\phi'/\gamma_{Rk}$	—
q	Sürşarj yükü şiddeti	kPa
R	Kayma dairesinin yarıçapı	m
H	Şev yüksekliği	m
k_h	Yatay sözde-statik deprem katsayısı	—
k_v	Düşey sözde-statik deprem katsayısı	—
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı	—
ST	Yerel zemin etki katsayısı	—
T	Destek elemanının tasarım eksenel kuvveti	kN
V	Destek elemanının tasarım kesme kuvveti	kN
M_p	Destek elemanının plastik moment kapasitesi	kNm
q_s	Birim sıyrılma direnci	kN/m
$\gamma_{G,dst}$	Sabit etki kısmi katsayısı, güvenliği azaltıcı	—
$\gamma_{G,stb}$	Sabit etki kısmi katsayısı, koruyucu	—
$\gamma_{Q,dst}$	Değişken etki kısmi katsayısı, güvenliği azaltıcı	—
γ_{Re}	Zemin direnci kısmi katsayısı	—
Msf	Sonlu elemanda dayanım indirgeme katsayısı	—

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

1. Giriş

1.1 Program ne yapar

GeoteknikPro Studio Şev, iki boyutlu kesitler üzerinde şev duraylılığını limit denge yöntemiyle inceleyen bir modüldür. Kullanıcı bir kesit tanımlar — arazi yüzeyi, zemin tabakaları, yeraltı suyu, yükler ve varsa destek elemanları; program binlerce olası kayma yüzeyi üretir, her birini çözer ve en düşük güvenlik katsayısını veren yüzeyi kritik kabul eder.

Sonuç, TBDY 2018 Bölüm 16 uyarınca karakteristik güvenlik katsayısı γ_{Rk} olarak verilir ve yönetmelikte öngörülen sınır değerle karşılaştırılır. İsteğe bağlı olarak KDYY Tablo 2.1 kısmi katsayı seti ile tasarım hesabı da yapılabilir.

1.2 Kapsam

Modül limit denge yöntemiyle şev duraylılığına odaklanır. Şu konular bu modülün dışında kalır; başka modüllerde ya da ayrı tahkiklerde ele alınır:

- Taşıma gücü hesabı. Bir yükün altındaki yerel göçme ayrı bir tahkiktir.
- Oturma ve deformasyon hesabı. Limit denge yöntemi yalnız göçme anını inceler.
- Gerilme geçmişini izleyen kademeli inşaat modellemesi. Şev modülünde kazı ve imalat aşamaları, dondurulmuş kesitler olarak ayrı ayrı çözülür (Bölüm 10.5); inşaat sırasındaki gerilme ve şekil değiştirme geçmişi izlenmez. Bu tür modelleme İksa modülünün konusudur.
- Yapısal eleman tasarımı. Perde donatısı ya da püskürtme beton kalınlığı burada hesaplanmaz.
- Üç boyutlu etkiler. Analiz düzlem şekil değiştirme kabulüne dayanır.

1.3 Kimin için

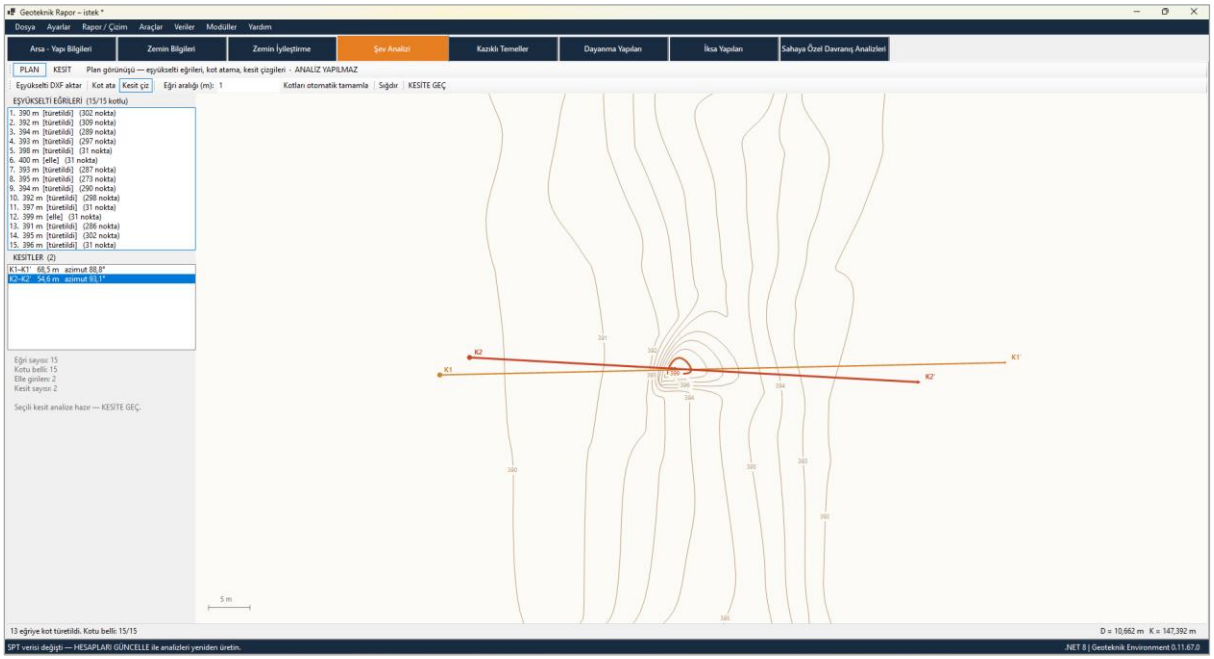
Modül, yeterli mühendislik eğitimi almış ve limit denge yönteminin kabullerini bilen kullanıcılar içindir. Sonuçların yorumlanması ve zemin parametrelerinin seçimi kullanıcının sorumluluğundadır. Program hesabı yapar; mühendislik kararını vermez.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

2. Ekran ve Araçlar

2.1 İki kip: PLAN ve KESİT

Modül iki kipe ayrılır ve üst şeritteki iki düğmeyle bunlar arasında geçilir. PLAN kipi eşyükselti eğrileri, kot atama ve kesit çizgileri içindir; bu kipte analiz yapılmaz. KESİT kipi modelin kurulduğu ve çözüldüğü yerdir. Dördüncü model kurma yolu PLAN kipinde başlar, diğer üçü doğrudan KESİT kipinde yürür.



Şekil 1. PLAN kipi: eşyükselti eğrileri ve plan üzerinde çizilen iki kesit

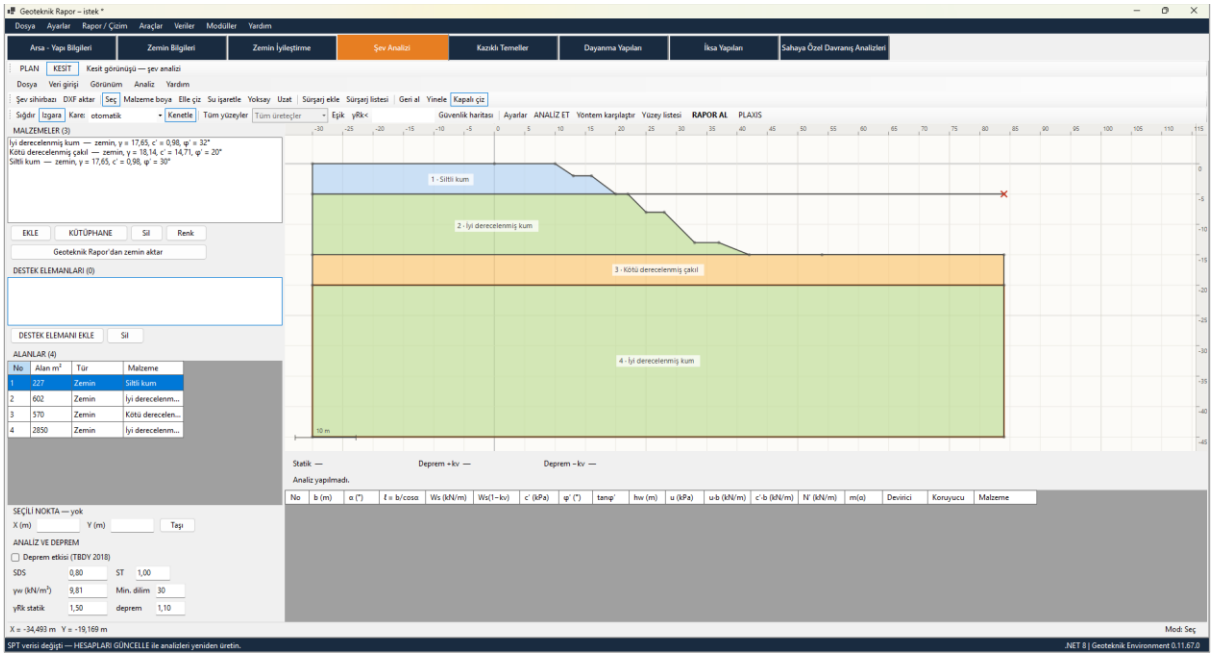
2.2 Ekran bölümleri (KESİT kipi)

Pencere dört bölümden oluşur: üstte iki sıralı araç çubuğu, solda malzeme ve eleman listeleri, ortada kesit görünüşü, altta sonuç özeti ve dilim tablosu.

Tablo 2. Ekran bölümleri

Bölüm	İçerik
Üst şerit — 1. sıra	Model kurma: sihirbaz, DXF, çizim kipleri, sürşarj, geri al
Üst şerit — 2. sıra	Görünüm, sonuç gösterimi, analiz (zemin çivisi ve geri analiz dahil), PLAXIS; ayarlar ve rapor komutları üstteki ana menüdedir
Sol panel	Malzemeler, destek elemanları, alanlar; seçili nokta ve deprem
Kesit görünüşü	Geometri, kayma yüzeyleri, dilimler; cetvel ve artı imleç
Alt bölüm	Yükleme durumları, belirleyici durum ve dilim hesap tablosu

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 2. KESİT kipi: araç şeritleri, solda malzeme–destek–alan panelleri, ortada kesit, altta dilim tablosu

2.3 Çizim kipleri

Araç çubuğundaki kip düğmeleri farenin ne yapacağını belirler. Bir kipteyken sağ tık ya da ESC yarım kalmış işlemi iptal eder. Kipler modelin hangi yoldan kurulduğuna bakmaksızın aynı biçimde çalışır.

Tablo 3. Çizim kipleri ve işlevleri

Kip	İşlev
Seç	Düğüm ve alan seçimi; düğümü sürükleyerek taşıma
Malzeme boya	Tıklanan alana seçili malzemeyi atar
Elle çiz	Ardışık tıklamalarla çizgi ekler; sağ tık ya da Enter bitirir
Su işaretle	Tıklanan çizgi zincirini yeraltı suyu seviyesi yapar
Yoksay	Tıklanan zinciri analiz dışı bırakır
Uzat	Çizgiyi uzantısındaki ilk çizgiye kadar uzatır
Sürşarj ekle	Arazi üzerinde iki noktaya tıklayarak yük şeridi tanımlar

Bunların yanında ızgara açma/kapama ve ızgara aralığı (otomatik · 0,5 · 1 · 2 · 5 · 10 · 25 m), kenetleme açma/kapama, kapalı poligon çizme, sığdır, geri al ve yinele düğmeleri bulunur. Geri al yığını elli adım tutar.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

3. Sayısal Modelin (Geometri) Oluşturulması — Dört Yol

Bir kesit dört yoldan kurulabilir: elle çizim, şev sihirbazı, DXF içe aktarma ve eşyükselti (izohips) eğrilerinden kesit alma. Dördü de aynı yere varır: kapalı çizgi halkalarından oluşan bir geometri. Hangi yolla başlanırsa başlansın, model sonradan elle düzenlenebilir; dört yol birbirinin alternatifi değil, aynı işin farklı başlangıçlarıdır.

Tablo 4. Dört yolun karşılaştırması

Yol	Girdi	Ne zaman tercih edilir
Elle çizim	Yok — fare ve ızgara	Küçük ve basit kesitler; başka bir yolla kurulan modelin düzeltilmesi
Şev sihirbazı	Palye sayısı ve ölçüler	Düzenli, palyeli, proje kesitine uygun şevler; yatay tabakalı profiller
DXF içe aktarma	ASCII DXF kesit çizimi	Kesit zaten CAD ortamında çizilmişse — en yaygın yol
Eşyükselti eğrileri	Eşyükselti DXF haritası	Elde kesit yok, harita var; kesit doğrultusunun kendisi araştırılacaksa

Dördü de aynı listede biter

Dört yolun ürünü de tek bir çizgi listesidir. Bu yüzden sihirbazla üretilmiş bir şeve DXF'ten gelen bir duvar eklenebilir, eşyükseltiden çıkarılmış bir araziye elle tabaka sınırı çizilebilir. Program "bu model şu yoldan geldi" diye bir ayrım tutmaz.

3.1 Birinci yol — elle çizim

En temel yol budur ve diğer üçünün de tamamlayıcısıdır. "Elle çiz" kipinde arka arkaya tıklanan noktalar bir kırık çizgi oluşturur; sağ tık ya da Enter çizgiyi bitirir, ESC yarım kalanı iptal eder. İki noktadan az bir taslak kaydedilmez. "Kapalı çiz" düğmesi açıkken ve ikiden çok nokta varsa son nokta ilkine bağlanarak halka kapatılır.

Kenetleme — nereye tıklanmış sayılır

Tıklanan yer olduğu gibi alınmaz; önce kenetlenir. Kenetleme sırası şudur: önce mevcut geometri düğümleri, sonra çizgi uçları, en son ızgara. Hangisine yakalandığı durum çubuğuna yazılır — "Nokta eklendi (x; y) — düğüm/uç/ızgara yakalandı". Yakalama yarıçapı ekran üzerinde sabittir; yakınlaştıkça gerçek ölçüdeki toleransı küçülür, yani hassas çalışmak için yakınlaşmak yeterlidir.

Bir düğüm sürüklenirken yalnız ızgara kenetlemesi çalışır. Aksi hâlde sürüklenen düğüm, üzerinden geçtiği her düğüme yapışır ve başka bir noktaya taşımak imkânsızlaşır.

Uzat komutu

Bir kesişim noktasının koordinatı (14,4384; 27,3218) gibi olabilir ve böyle bir noktayı elle yakalamak mümkün değildir. "Uzat" kipinde çizgiye, uzatılmak istenen uca yakın tıklanır; program o ucu çizginin kendi doğrultusunda ilerletir ve önüne çıkan ilk çizgide durdurur. Sonuç durum çubuğunda "Uzatıldı: … m → (x; y)" olarak bildirilir. Bu yolla yaklaşık çizilen bir çizgi, kesişimi tam olarak bulur.

Uzatma yönünde kesişecek bir çizgi yoksa program bunu söyler ve hiçbir şey yapmaz; paralel çizgiler hedef sayılmaz.

Su ve yok sayma — zincir seçimi

"Su işaretle" ve "Yoksay" kiplerinde tek bir çizgiye tıklamak yeterlidir: program o çizgiden başlayarak uç uca bağlı zincirin tamamını seçer ve işaretler. Zincir bir dallanma noktasına gelince durur, çünkü orada hangi kola devam edileceği belirsizdir. Su ve yoksay olarak işaretlenen çizgiler alan oluşturmaz; su çizgileri yeraltı su seviyesi profilini, yoksayılanlar ise modele girmeyen çizim artıklarını temsil eder.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Diğer elle düzenlemeler

- “Seç” kipinde bir düğüme tıklanıp sürüklenerek geometri değiştirilir; boşluğa tıklamak çizgi ya da alan seçer, Delete tuşu seçili çizgiyi siler.
- Bir çizgiye sağ tıklamak, o çizgiyi silme ya da destek elemanına dönüştürme seçeneklerini açar.
- “Tekrar eden çizgileri temizle” komutu, üst üste binmiş aynı çizgileri atar; yön farkı gözetilmez, yani A→B ile B→A aynı çizgi sayılır.
- Her değişiklik geri al yığınına yazılır (elli adım) ve alanlar her değişiklikten sonra yeniden kurulur.

3.2 İkinci yol — şev sihirbazı

Sihirbaz, düzenli bir şevi ölçülerinden üretir. Palyeli temel kazıları, maden şevleri, karayolu yarma ve dolguları ile proje kesitinden okunan düzenli şevler için en hızlı yoldur. Ekranda solda girdi alanları, sağda canlı ön izleme bulunur; her değişiklikte geometri yeniden kurulur ve ön izleme ile özet notlar tazelenir.

Çizimde çizgi varken sihirbaz açılırsa, mevcut çizimin yerini alacağı bildirilir ve onay istenir. Onaylanırsa çizgiler ve destek elemanları silinir; geri al ile dönülebilir.

Tablo 5. Şev sihirbazı girdileri

Girdi	Anlamı ve sınırı
Palye sayısı	0 – 8 arası; 0 tek yüzlü şev demektir. Yüz sayısı palye sayısının bir fazlasıdır.
Yüz ölçüsü girişi	İki biçimden biri: yatay ve düşey ölçü (m), ya da düşey ölçü ve eğim (1 düşey : n yatay).
Tepe ve topuk düzlüğü	Şevin üstündeki ve altındaki düz kısımların uzunluğu (m).
Şev yüzleri tablosu	Her yüz için yatay/düşey ölçü ve bir sonraki palyenin genişliği. Son satırın palye hücresi boştur; altta palye yoktur.
Arka ve ön eğim	Tepe gerisinde yükselen ve topuk ötesinde alçalan arazinin eğimi; boş bırakılırsa arazi düz uzatılır.
Model kutusu	Sola uzatma, sağa uzatma ve alta derinlik (m). Boş bırakılırsa her biri şev yüksekliğinin iki katı alınır.
Kot ataması	İsteğe bağlı. Topuk düzlüğünün kotu girilir; diğer bütün kotlar bundan türetilir.
Tabaka bölme	0 – 20 arası tabaka; kalınlıklar kazının tepe noktasından aşağı doğru ölçülür. Her tabaka sınırı model kutusunu boydan boya kesen yatay bir çizgidir.

Sihirbazın ürettiği geometri

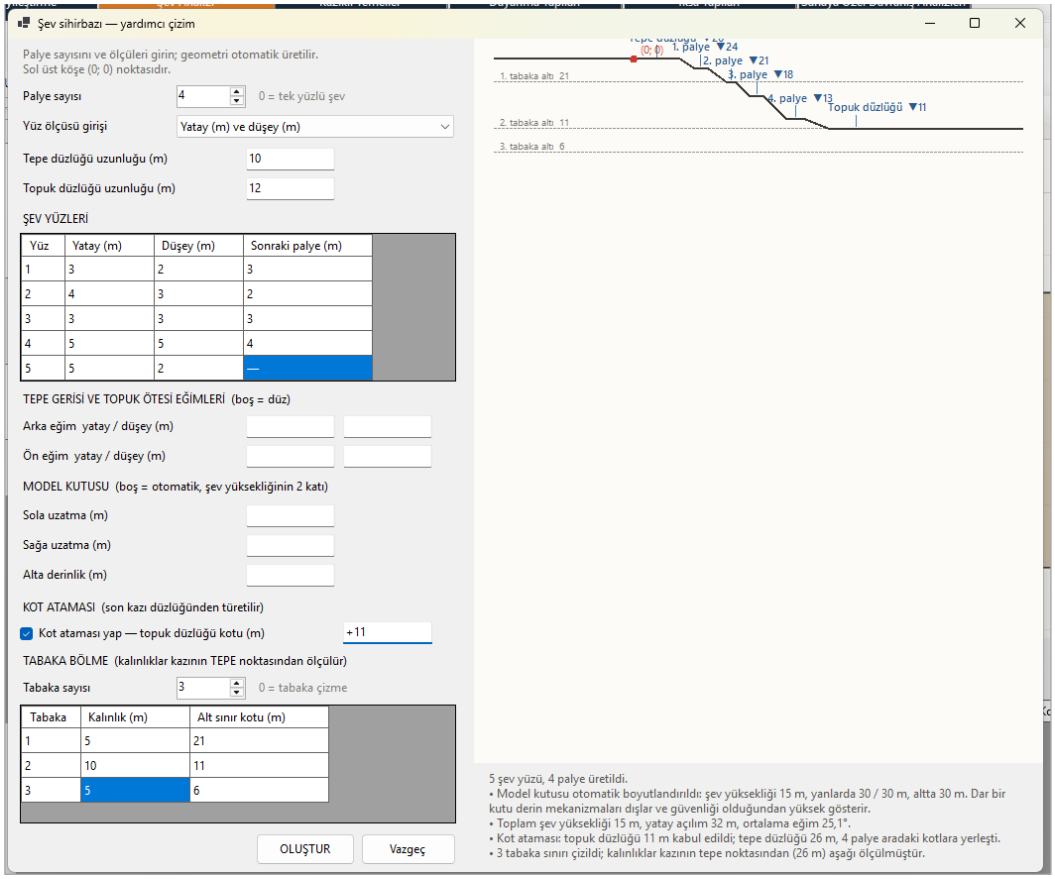
Arazi çizgisi sol üst köşeden başlar ve sağa doğru inerek gelişir; kapalı model kutusu bu arazi çizgisine sol kenar, sağ kenar ve taban eklenerek tamamlanır. Tabaka sınırları model segmenti olarak eklendiği için alan kurulumunda kutu kendiliğinden tabaka sayısı kadar alana bölünür.

Sihirbaz özetinde şu notlar görünebilir: model kutusunun otomatik boyutlandırıldığı, arka ya da ön eğimin uygulandığı, toplam şev yüksekliği ile ortalama eğim, kot atamasının hangi kabulle yapıldığı ve — varsa — kaç tabaka sınırının kutunun tabanının altına düştüğü için çizilemediği. Son not önemlidir: çizilemeyen tabaka kullanıcıya bildirilir.

Sihirbaz bittiğinde model hazır değildir

Sihirbaz, malzeme listesi boşsa varsayılan bir zemin tanımlar ve bütün alanları o zemine atar. Bu bir kolaylıktır, bir öneri değildir: analiz çalıştırmadan önce malzemeleri kendi değerlerinizle düzenlemeniz, tabakalara ayrı malzeme atamanız, su seviyesini ve yükleri tanımlamanız gerekir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 3. Şev sihirbazı: palye ve yüz tanımları, tabaka bölme ve üretilen geometrinin önizlemesi

3.3 Üçüncü yol — DXF içe aktarma

Kesit CAD ortamında zaten çizilmişse en doğru yol onu olduğu gibi almaktır. “DXF aktar” düğmesi bir dosya seçtirir, çizgileri okur, birim sorar ve geometriyi modele koyar.

Okunan ve okunmayan varlıklar

Okuyucu dış bir kütüphaneye bağlı değildir ve ASCII DXF bekler; ikili (binary) DXF okunmaz. Okunan varlıklar LINE, LWPOLYLINE ve eski biçim POLYLINE’dır. Polyline parçalarına ayrılır, kapalı olanların kapanış parçası da eklenir. ARC, SPLINE, CIRCLE, TEXT ve blok (INSERT) varlıkları okunmaz; LWPOLYLINE üzerindeki yay (bulge) bilgisi de dikkate alınmaz, o parça doğru kabul edilir. Z koordinatı yok sayılır — okuma tümüyle iki boyutludur.

Dosyada okunabilir tek bir çizgi bulunamazsa program bunu ve hangi varlıkları okuduğunu söyleyerek durur. Bir yay ya da eğri içeren kesitlerin CAD tarafında önce doğru parçalarına ayrılması (patlatılması) gerekir.

Birim sorusu — sonucu değiştiren sorudur

Çizgiler okunduktan sonra “Çizimdeki 1 birim kaç metre?” diye sorulur. Seçenekler metre, santimetre, milimetre, feet, inç ve kullanıcının kendi gireceği bir çarpandır. Çizimin en büyük açıklığı iki binden büyükse santimetre önceden seçili gelir. Pencere, seçilen birime göre dönüşen model boyutunu canlı gösterir ve bir hüküm yazar: boyut bir şev kesiti için çok küçük ya da çok büyük görünüyorsa uyarır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Yanlış birim yalnız görüntüyü değil sonucu bozar

Kohezyon uzunlukla doğrusal, ağırlık uzunluğun karesiyle ölçeklenir. Bu yüzden bir modeli yanlış birimle almak, güvenlik katsayısını orantılı olarak değil çarpık biçimde değiştirir: ölçülen bir örnekte metre yerine santimetre seçmek güvenlik katsayısını yarıdan fazla düşürmüştür. Birim penceresi iptal edilirse içe aktarmanın tamamı iptal edilir; yanlış birimle devam etme seçeneği bilerek bırakılmamıştır.

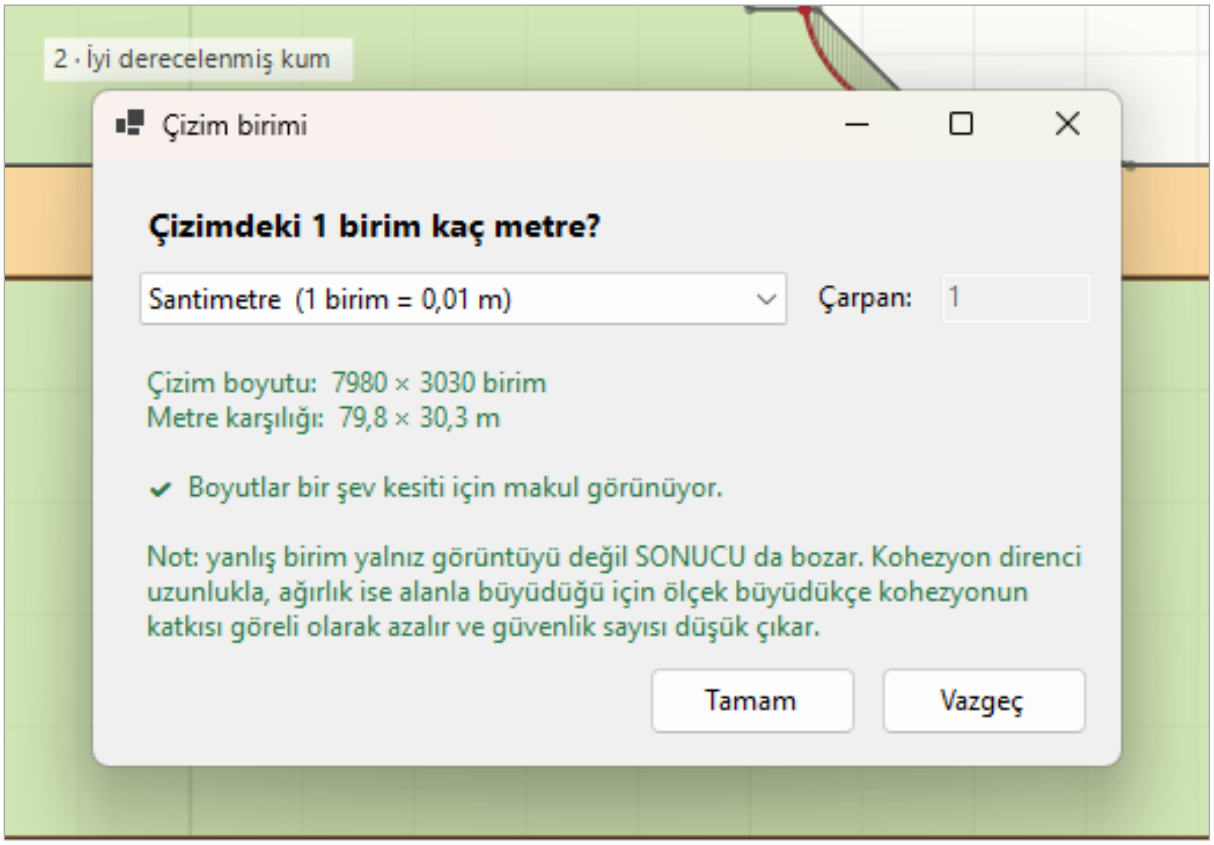
İçe aktarmadan sonra

Koordinatlar seçilen çarpanla çarpılır, çizgiler modele eklenir ve hemen ardından tekrar eden çizgiler atılır — CAD çizimlerinde üst üste binmiş çizgiler sıkça bulunur ve bunlar alan kurulumunu bozar. Durum çubuğu kaç çizgi okunduğunu, kaç tekrarın atıldığını, kaç alan bulunduğunu ve modelin boyutlarını yazar.

Kapanmamış köşeler varsa program sayılarını söyler ve bunları kesit üzerinde kırmızı çarpı ile işaretler. Kapanmamış bir köşe, o köşeye komşu alanın hiç oluşmaması demektir; köşeler “Uzat” komutuyla ya da elle çizgi ekleyerek kapatılır.

Sihirbazın aksine DXF yolunda hiçbir alana malzeme atanmaz. Bütün alanlar “sınıflandırılmamış” durumda gelir ve hepsi sınıflandırılmadan analiz çalışmaz. Hangi alanın hangi zemin olduğu çizimden okunamayan bir bilgidir; program bunu tahmin etmez.

Bu sürümde içe aktarma sırasında katman seçimi yapılmaz; dosyadaki okunabilir bütün çizgiler alınır. Kalabalık bir çizimde iki yol vardır: CAD tarafında yalnız gerekli katmanları içeren bir dosya kaydetmek, ya da içe aktardıktan sonra fazlalıkları “Yok say” kipiyle işaretlemek. Yok sayılan çizgiler çizimde görünür ama modele girmez.



Şekil 4. Çizim birimi penceresi: “Çizimdeki 1 birim kaç metre?” sorusu ve metre karşılığı denetimi

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

3.4 Dördüncü yol — eşyükselti eğrilerinden kesit alma

Elde kesit yok, harita varsa bu yol kullanılır. Eşyükselti (izohips) eğrileri plan olarak içe aktarılır, eğrilere kot atanır, harita üzerinde bir kesit çizgisi çekilir ve program o çizgi boyunca arazi profilini çıkarıp iki boyutlu modeli kurar. Bu yolun tamamı PLAN kipinde yürür; kesit çıkarıldıktan sonra KESİT kipine geçilir.

Adım 1 — eşyükselti haritasının içe aktarılması

“Eşyükselti DXF aktar” düğmesi, kesit içe aktarmasıyla aynı okuyucuyu kullanır; aynı varlık sınırları ve aynı birim penceresi geçerlidir. Okunan çizgi parçaları uç uca birleştirilerek zincirlere dönüştürülür ve her zincir bir eşyükselti eğrisi olur. Haritada zaten eğri varsa program sorar: eskisinin yerine mi konsun, yoksa üstüne mi eklensin? İkincisi, haritayı parça parça yükleyenler içindir.

Adım 2 — kot atama

İçe aktarılan eğrilerin hiçbirinin kotu bilinmez; DXF bu bilgiyi taşımaz. “Kot ata” aracıyla bir eğriye tıklanır ve kotu yazılır. Elle girilen her kot bir çapadır ve program tarafından değiştirilmez. Eğriler durumlarına göre farklı çizilir: elle kot verilenler kalın ve koyu, türetilmiş olanlar orta kalınlıkta, kotu bilinmeyenler soluk ve kesik çizgidir. Böylece haritanın ne kadarının bilindiği bir bakışta görülür.

Adım 3 — kesit çizgisinin çekilmesi

“Kesit çiz” aracıyla harita üzerinde iki noktaya tıklanır. Çizgiye bir ad ve kuzeyden saat yönünde ölçülen bir azimut verilir. Çizgi çekilir çekilmez program, kesit ortası çevresinde arazinin en dik iniş doğrultusunu arar ve çizginin bu doğrultudan sapmasını bildirir. Sapma yirmi dereceyi aşıyorsa uyarır: eğik bir kesit şevi olduğundan yatık gösterir ve güvenlik katsayısını güvensiz yönde yüksek çıkarır.

Adım 4 — kotların otomatik tamamlanması

Bir haritada yüzlerce eğri olabilir ve hepsine elle kot girmek hem uzun hem hataya açıktır. “Kotları otomatik tamamla” komutu, kesit çizgisi boyunca eğrileri sıraya koyar ve çapalardan yararlanarak aradakileri türetir. Bu komutun kesit çizgisi gerektirmesinin sebebi şudur: eşyükselti eğrileri düzlemde iç içe geçtiği için “soldan sağa” gibi bir doğal sıraları yoktur; sıra ancak bir kesit çizgisi boyunca tanımlıdır. Komut en az iki çapa ister, çünkü yön ve aralık ancak iki noktadan çıkarılabilir.

Tablo 6. Otomatik kot atamanın kuralları

Kural	Davranış
Çapalar korunur	Elle girilen hiçbir kot üzerine yazılmaz; türetilmiş kotlar ise komut her çalıştırıldığında sıfırdan yeniden üretilir.
İki çapa arası	Kot farkı adım sayısına bölünür. Bulunan aralık, araç çubuğundaki “Eğri aralığı (m)” kutusuna girilen aralıkla çelişiyorsa aradaki eğriler kotsuz bırakılır ve tutarsızlık bildirilir — program iki değerden birini seçip diğerini gizlemez.
Çapaların dışında	En yakın çapa çiftinin yönü dışarı doğru sürdürülür; böylece 299–300–299 dizisi dışarıda 298 olarak devam eder, 301 olarak değil.
Aynı kotlu iki çapa	Aradaki eğriler yerel bir tepe ya da çukur demektir; simetrik olarak doldurulur, yön komşu çapalardan kestirilir, kestirilemezse eğriler kotsuz bırakılır ve durum bildirilir.
Aynı eğrinin iki kez kesilmesi	Kesit bir tepeyi ya da çukuru geçiyor demektir: kot aynı kalır, yön ters çevrilir.

Kot türetilemeyen her durum bir iletiyle bildirilir ve ilgili eğri kotsuz bırakılır. Hiçbir kesit çizgisini kesmeyen eğriler de kotsuz kalır; bunlar için ya başka bir kesit çizilir ya da kot elle girilir.

Adım 5 — kesitin çıkarılması

“KESİTE GEÇ” düğmesi, en az iki eğrinin kotu belli olduğunda ve listede bir kesit seçiliyken etkinleşir. Program kesit çizgisinin kotu tanımlı eğrilerle kesiştiği noktaları bulur, bunları çizgi boyunca mesafeye göre sıralar ve (mesafe, kot) çiftlerinden arazi profilini kurar. Kotsuz eğriler atlanır; profil yalnız kotu belli eğrilerle kesişim

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

noktalarından kurulur. Araç çubuğundaki “Seyreltme (m)” kutusu profildeki nokta sayısını belirler. Varsayılan değer 0’dır ve bu durumda kesit çizgisinin kotlu eğrilerle bütün kesişim noktaları profile alınır. Sıfırdan büyük bir tolerans girilirse profil Douglas–Peucker yöntemiyle seyreltilir; seyreltme öncesi ve sonrası nokta sayısı bildirilir.

Planda bir kesit seçildiği anda, o kesitin kotu olmayan eğrilerle kesişimleri kırmızı halka ve “?” ile gösterilir; sayıları durum satırına yazılır. Bu kesişimler kesite aktarılırken profile alınmaz. Eğrilere kot girildikçe işaretler tazelenir.

Profil tek yönlü değilse, yani bir sırt ya da vadi içeriyorsa, program bunu söyler. Analiz böyle bir profili çözebilir; uyarının amacı kritik yüzeyin hangi yamaçta çıktığının kontrol edilmesidir.

Kesit uçlarının ötesi düz uzatılır

Model kutusu, kot farkının iki katı kadar sola, sağa ve aşağı genişletilir. Kesit çizgisinin uçlarının ötesinde eşyükselti verisi bulunmadığı için arazi eğimi sürdürülmez, düz uzatılır ve bu rapora not düşülür. Kritik yüzey bu düz bölgeye taşıyorsa kesit çizgisi uzatılmalıdır.

Kesit kotları varsayılan olarak gerçek kotlardır; profil sıfıra kaydırılmaz. Bu, modelin düşey ekseninin örneğin 239–260 m aralığında olması demektir ve haritayla karşılaştırmayı kolaylaştırır. Sihirbaz yolunda olduğu gibi burada da bütün alanlar varsayılan bir zemine atanır; malzemelerin düzenlenmesi, tabaka sınırlarının çizilmesi, su ve yüklerin tanımlanması kullanıcıya kalır.

Plan çalışması — eğriler, kotlar ve kesit çizgileri — ana proje dosyasında saklanmaz; yalnız çizimde kullanılan plan kuzey yönü projeyle saklanır. Haritayla tekrar çalışılacaksa eşyükselti DXF’i yeniden içe aktarılır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

4. Alan Kavramı

Program tabaka yığını yerine alan tabanlı çalışır. Kapalı her çizgi halkası bir alandır ve her alana bir tür ile — zeminse — bir malzeme atanır. Bu kurgu, eğimli tabakaların, merceklerin, gömülü yapıların ve kazılmış bölgelerin doğal biçimde tanımlanmasını sağlar; yatay tabaka yığını bu kurgunun özel bir hâlidir.

4.1 Alanların kurulması

Alanlar her geometri değişikliğinden sonra yeniden kurulur. Kurulum şu adımlardan geçer: kesişen çizgiler kesişme noktalarından bölünür; bir çizginin ucu başka bir çizginin ortasına değiyorsa orada da bir düğüm açılır (T birleşimi — tabaka sınırlarının model kutusuna dayandığı hâl); çok yakın uçlar tek düğüme birleştirilir, hiçbir yere bağlanmayan sarkan kenarlar temizlenir, kalan kenarlardan kapalı çevrimler çıkarılır. En büyük alanlı çevrim proje sınırıdır ve alan sayılmaz; geri kalanlar numaralandırılır.

Kurulum sonunda kaç segmentin kaç kenara bölündüğü, kaç sarkan kenarın atıldığı ve kaç alan bulunduğu bildirilir. Derecesi bir olan düğümler — yani bir ucu boşta kalan çizgiler — kapanmamış köşe olarak işaretlenir ve birbirine yakın iki boş uç bir boşluk olarak, aradaki mesafeyle birlikte rapor edilir.

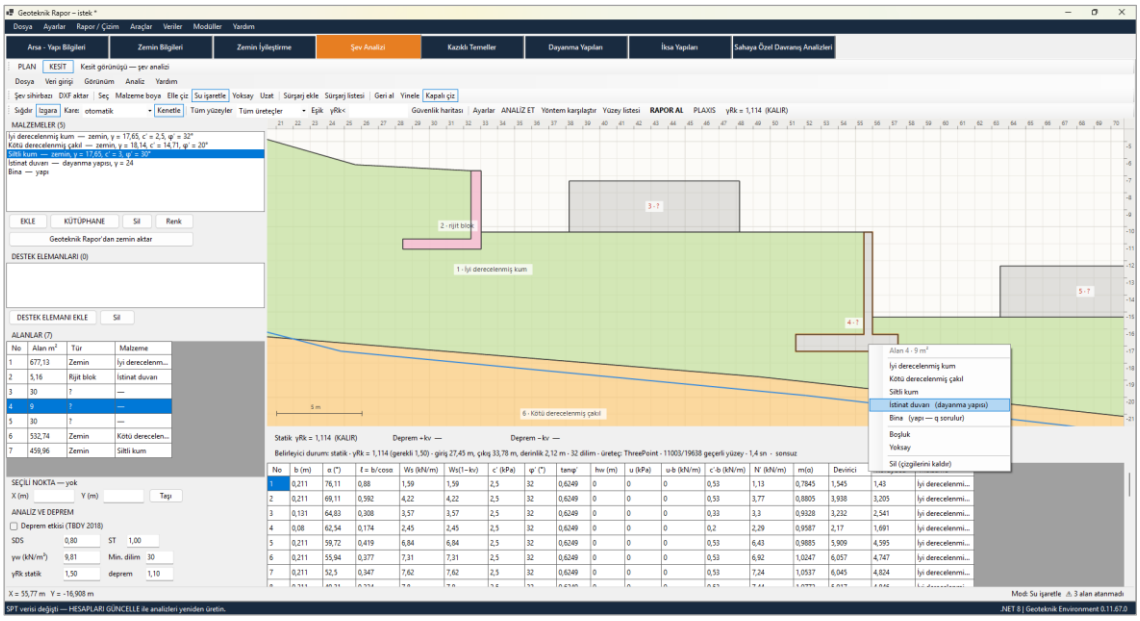
4.2 Alan türleri

Tablo 7. Alan türleri ve davranışları

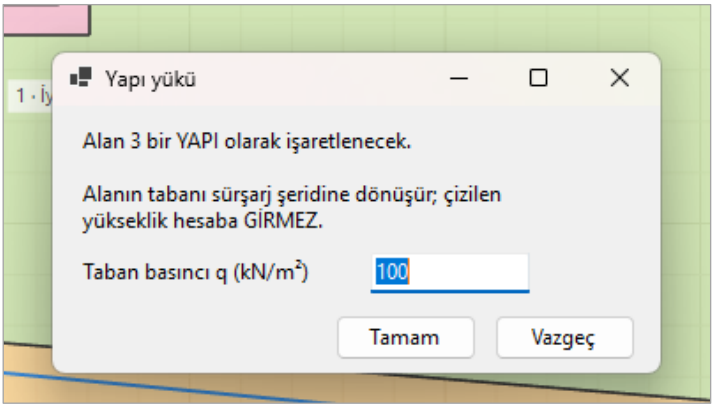
Tür	Davranışı
Sınıflandırılmamış	Henüz sınıflandırılmamış. Böyle bir alan varken analiz çalışmaz ve eksik alanlar adlarıyla söylenir.
Zemin	Bir malzemeye sahiptir; kayma yüzeyi içinden geçebilir.
Rijit blok	İstinat duvarı, beton ya da taş kütle. Ağırlığı hesaba girer, kayma yüzeyi içinden geçemez, dolanmak zorunda kalır.
Yapı	Yükü (taban basıncı q), yapının zemine değen taban kenarları boyunca, her taban parçasının kendi kotunda şerit yük olarak, sabit (G) yük olarak aktarılır; çizilen yüksekliğin fiziksel bir rolü yoktur. Ayak izinde arazi yapı tabanıdır; kayma yüzeyi yapı tabanından başlayabilir, çıkışı ayak izinde ya da yan yüzde olamaz (Bölüm 7.4). Taban basıncı sorulur.
Boşluk	Ağırlığı ve dayanımı yoktur – kazılmış bölge.
Yoksay	Çizimde görünür, modele girmez — kazılmış bölge ya da çizim artığı.

Alan türü, atanan malzemenin türünden gelir: dayanma yapısı malzemesi atanan alan rijit blok, bina malzemesi atanan alan yapı, diğerleri zemin olur. Atama iki yoldan yapılır: “Malzeme boya” kipinde alana tıklayarak, ya da alana sağ tıklayıp açılan listeden seçerek. Sağ tık listesinin başlığında alanın numarası ve alanı (m^2) yazar.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 5. Alan türü seçimi: alana sağ tıklanınca açılan menü



Şekil 6. Yapı yükü penceresi: bir alanın yapı olarak işaretlenmesi ve taban basıncı

4.3 İki koruma

Bölünmüş yapı

Bir istinat duvarı çizimde birden çok parçaya bölünmüş olabilir — gövde ve temel ayrı halkalar hâlinde. Yalnız bir parçaya dayanma yapısı malzemesi atanırsa kayma yüzeyi diğer parçanın içinden geçerek yapıyı deler. Program, aynı X aralığında düşey olarak birbirine değen parçaları tespit eder ve hepsinin birlikte atanıp atanmayacağını sorar.

Havada duran zemin

Birbirine değmeyen iki zemin bloğu çizilirse üstteki havada durur. Program zemin kütlesini düşey kesitlerle tarar ve malzemesiz bir aralık bulursa nerede ve ne kalınlıkta olduğunu söyleyerek uyarır. Bu uyarı analizi durdurmaz — kullanıcı bilerek böyle bir model kurmuş olabilir — ama görmezden gelinmemelidir.

4.4 Arazi yüzeyi

Arazi yüzeyi kullanıcı tarafından işaretlenmez; her X için en üstteki zemin ya da rijit blok alanının üst sınırı olarak türetilir. Sürşarjların Y koordinatının sorulmaması bundandır — yük yüzeye oturur ve yüzey zaten bilinir. Geometri değiştiğinde yüzey de kendiliğinden değişir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

5. Malzemeler

5.1 Dayanım modelleri

Her zemin için iki dayanım modelinden biri seçilir.

Tablo 8. Dayanım modelleri

Model	Parametreler	Ne zaman
Drenajlı	c′, ϕ′	Uzun dönem; boşluk suyu basıncı sönümlenmiş
Drenajsız	c_u (ϕ = 0)	Kısa dönem; killerde hızlı yükleme

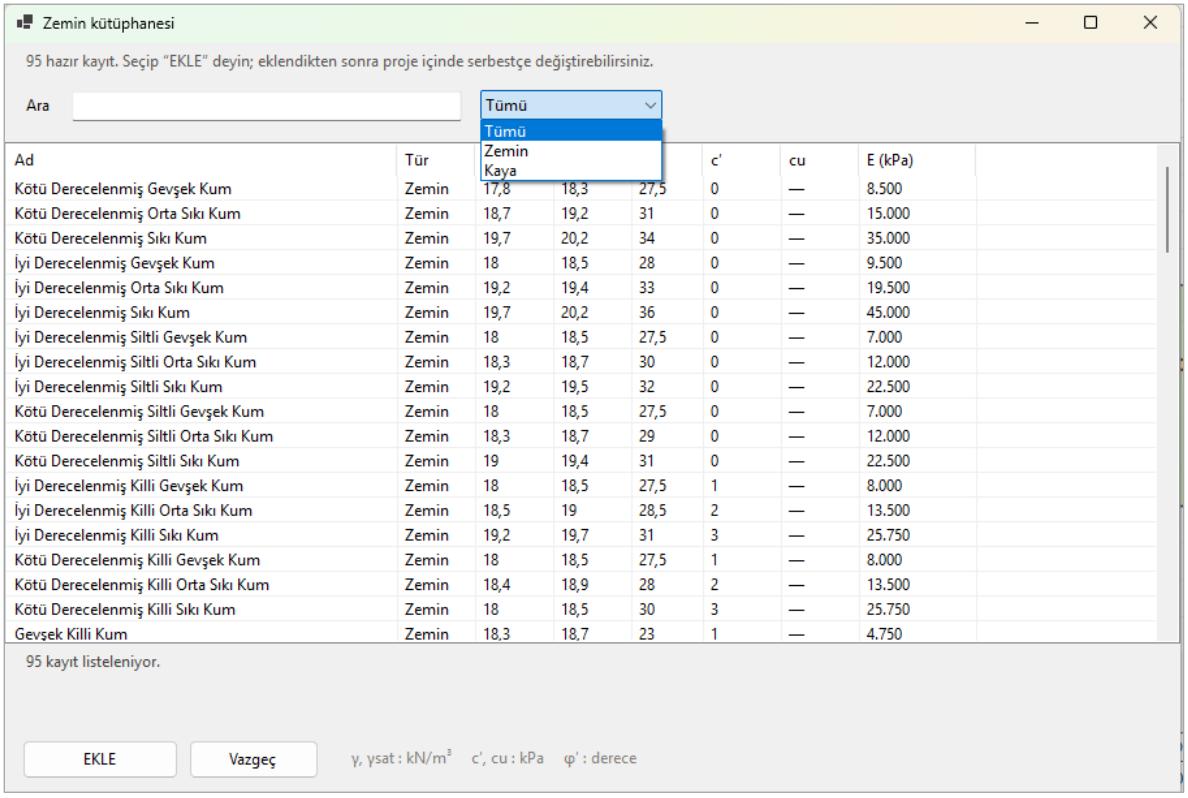
Malzeme listesinde ayrıca dayanma yapısı ve bina türü malzemeler bulunur; bunlar atandıkları alanın türünü de belirler (bkz. Bölüm 4.2).

5.2 Zemin kütüphanesi

Malzeme panelindeki kütüphane düğmesi hazır zemin ve kaya kayıtlarını açar. Arama Türkçe harflere duyarsızdır ve çoklu seçim yapılabilir. Kütüphaneden eklenen malzemeler proje içinde serbestçe değiştirilebilir — kütüphane bir başlangıç noktasıdır, bir dayatma değil.

Kütüphane kullanıcının kendi listesiyle değiştirilebilir: program (kurulum) klasörüne, yani program dosyasının yanına zemin_kutuphanesi.json adlı bir dosya konursa gömülü listenin yerine o kullanılır. Böylece kurumlar kendi standart zemin setleriyle çalışabilir.

Girilen değerler makul aralıkların dışına çıkarsa program uyarır ancak engellemez; örneğin kaya kütlesi kohezyonu yayımlanmış değerlere göre düşük girildiğinde bu bildirilir.



Şekil 7. Zemin kütüphanesi penceresi: hazır zemin ve kaya kayıtları, tür süzgeci ve arama

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

5.3 Rijitlik değerleri

Elastisite modülü limit denge hesabını etkilemez

Malzeme penceresindeki E [MPa], ν ve E_{oed} [MPa] alanları isteğe bağlıdır ve yalnız PLAXIS aktarımında kullanılır. Limit denge yöntemi göçme anını inceler; şekil değiştirme hesaplanmaz, dolayısıyla rijitlik sonuca girmez. Program rijitliği tahmin etmez: aktarımda E ya da ν'sü eksik olan tabakalar kullanıcıya sorulur (Bölüm 16).

Drenajsız tabakada E ve ν efektif değerdir (PLAXIS Undrained B). Zemin kütüphanesinden ya da Geoteknik Rapor'dan (E_s, ν) gelen değerler bu alanlara kendiliğinden dolar ve düzeltilebilir.

6. Yeraltı Suyu

Su seviyesi bir çizgi zinciri olarak tanımlanır: "Su işaretle" kipinde zincire tıklamak yeterlidir. Boşluk suyu basıncı, dilim tabanının su seviyesinden derinliği ile suyun birim hacim ağırlığının çarpımı olarak hesaplanır.

$$u = \gamma_w \cdot h_w$$

Su seviyesinin üstündeki dilimlerde doğal birim hacim ağırlık, altındakilerde doygun birim hacim ağırlık kullanılır. Bu ayrım otomatiktir ve dilim tablosunda izlenebilir.

Su seviyesi eğimli olabilir; yatay olması gerekmez. Eşyükselti yolundan gelen modellerde su çizgisi de elle çizilir, çünkü eşyükselti haritası su seviyesi bilgisi taşımaz.

Su seviyesi en belirleyici değişkenlerden biridir

Güvenlik katsayısını en çok etkileyen değişkenlerden biri su seviyesidir. Duyarlılık analizinde su seviyesinin de incelenmesi önerilir; ölçülmüş tek bir seviyeye dayanarak yapılan bir hesap, mevsimsel değişimi görmez.

7. Yükler

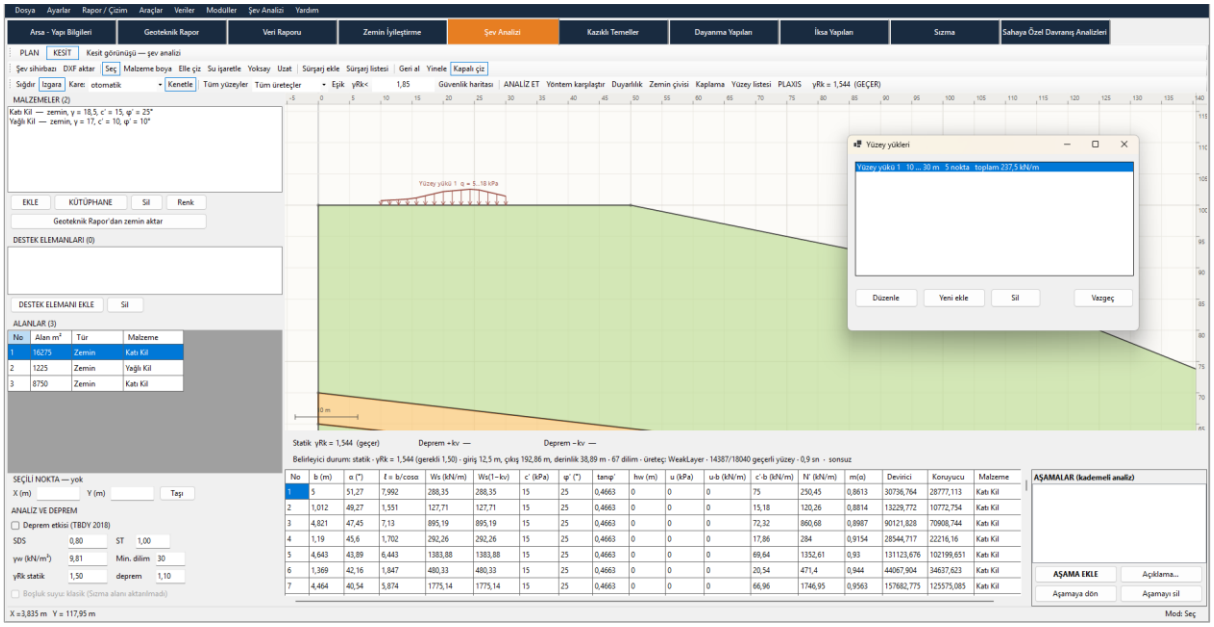
7.1 Sürşarj tanımlama

"Sürşarj ekle" düğmesiyle çizim kipine geçilir. Arazi üzerinde başlangıç noktasına tıklanır; ardından ya bitiş noktasına tıklanır ya da uzunluk yazılır. Y koordinatı kullanıcıdan istenmez, arazi yüzeyinden okunur.

7.2 Çok noktalı dağılım

Şerit çizildikten sonra listeden çift tıklanarak dağılımı düzenlenir. Uçlar sabittir; aralara nokta eklenerek kırıklı bir dağılım kurulabilir. Hazır şekiller — düzgün, yamuk, üçgen, rampa — tabloyu tek tuşla doldurur.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 8. Yüzey yükleri penceresi ve şev üzerinde çok noktalı sürşarj dağılımı

7.3 Etki türü

Her yük sabit (G) ya da değişken (Q) olarak işaretlenir. Bina ölü yükü sabittir; trafik, depo ve inşaat yükü değişkendir. Bu ayrım karakteristik hesabı etkilemez ancak kısmi katsayılı hesapta hangi katsayının uygulanacağını belirler.

7.4 Aktarım kotu

Bodrumlu bir yapının yükü arazi yüzeyinde değil, temel taban kotunda etkir. Aktarım kotu girildiğinde yalnız o kotun altından geçen kayma yüzeyleri yükü hisseder. Yüzeyden geçen bir yüzey yükü taşımaz — çünkü yapı o yüzeyin üstünde kalır ve onunla birlikte hareket etmez.

Bodrumlu bir yapı alanının ayak izinde arazi yapı tabanıdır; kayma yüzeyleri yapı tabanından başlayabilir. Çıkışı yapının ayak izinde ya da yan yüzünde olan yüzeyler geçersizdir: zemin bodrum hacmine kayamaz. Yapı yükü sabit (kalıcı) yük olarak alınır; kısmi katsayılı tasarımda sabit yük katsayısı uygulanır. Şev kenarına yakın, bodrumlu yapısı olan kesitlerde bu kabuller güvenlik katsayısını düşürür; bu, beklenen ve doğru sonuçtur.

Yapı (bina) yükü, yapının zemine değen taban kenarları boyunca şerit yük olarak uygulanır. Her taban parçası kendi kotunda ayrı bir şerittir; kademeli bodrumda her kademe kendi kotunda yük verir. Üst katları tabanından geniş çizilen yapıda (çıkma, saçak) çıkmanın altı boşsa oraya yük verilmez; çıkmanın altı dolgu ya da zemin alanıysa o kısım da temas sayılır. q, girdiğiniz taban basıncıdır; toplam yük q × gerçek temas genişliğidir. Yapı tabanından geniş çizilmişse program bir kez uyarır (analizi durdurmaz): “Yapı tabanından geniş çizilmiş; yük yalnız taban genişliği boyunca uygulandı.” Raporda her yük şeridinin başlangıcı, bitişi, genişliği, q değeri ve aktarım kotu yazılır. “Bodruma kayma” denetimindeki ayak izi de yapının tabanıdır, çizilen en geniş ölçüsü değildir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

8. Yapılar ve Destek Elemanları

8.1 Dayanma yapıları

İstinat duvarı gibi masif yapılar rijit blok olarak tanımlanır: kayma yüzeyi içinden geçemez, dolanmak zorunda kalır. Bu, sonlu elemanda beton kütle modellemesinin karşılığıdır.

Bu kural ince ve geniş rijit bloklar (örneğin istinat duvarının temel plağı) için de uygulanır: kayma yüzeyi bloğu kesiyorsa geçersiz sayılır ve aramada elenir; yüzey bloğun altından ya da çevresinden geçer. Bu denetim blok boyunca sık aralıklı noktalarda yapılır; böylece plağı iki nokta arasında atlayan dik poligonal yüzeyler de yakalanır. Plağı delen gerçek dışı yüzeyler elendiği için güvenlik katsayısı, bu denetim olmadan bulunacak değere eşit ya da ondan yüksek çıkar.

İnce elemanlar rijit blok değildir

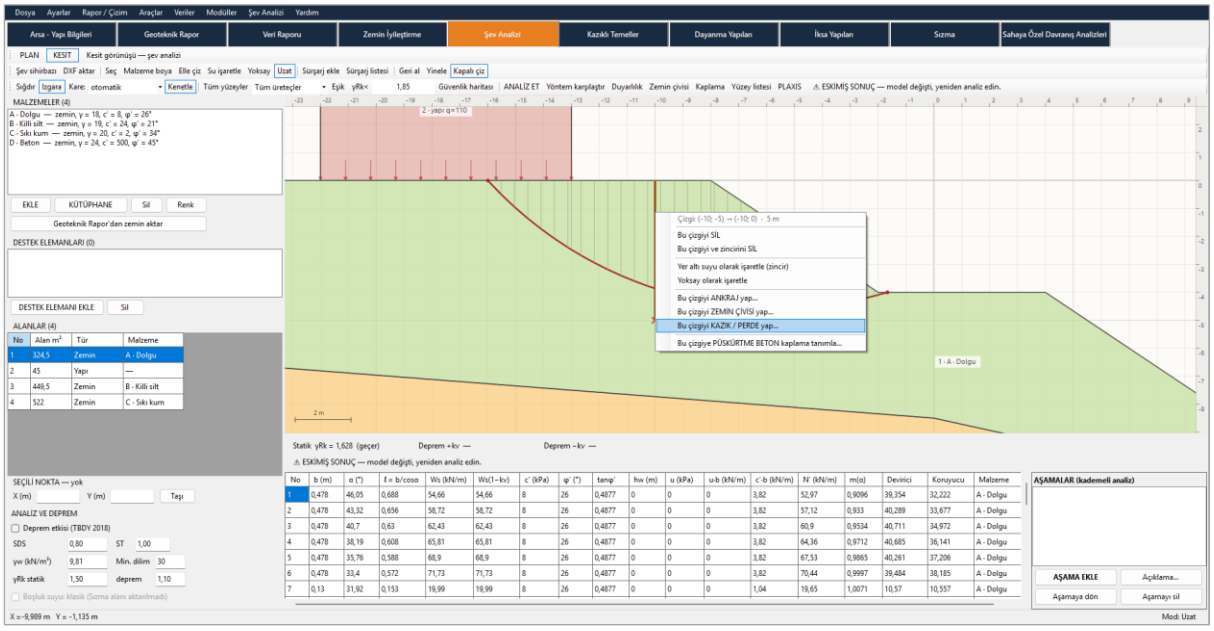
Fore kazıklı iksa, palplanş ya da diyafram duvar gibi ince elemanlar destek elemanı olarak tanımlanır; sonlu kesme ve eğilme kapasiteleri vardır ve kayma yüzeyi onları keserek geçebilir. İnce bir perdeyi rijit blok saymak sığ mekanizmaları yasaklar ve güvenlik katsayısını güvensiz yönde şişirir.

8.2 Destek elemanı türleri

Tablo 9. Destek elemanı türleri

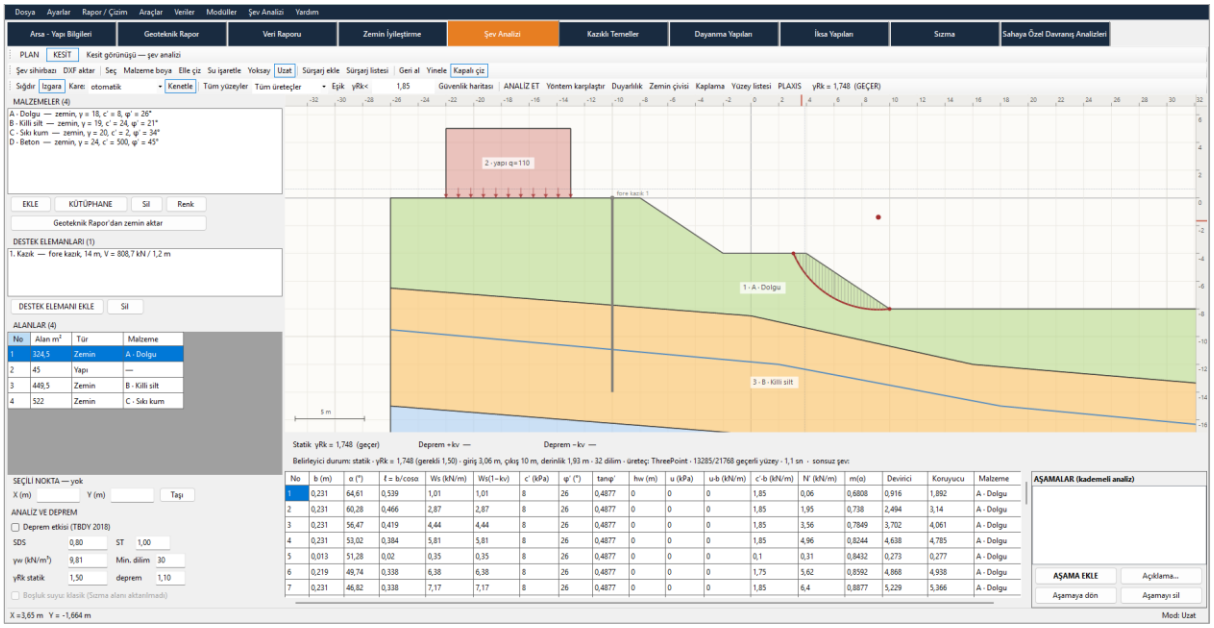
Tür	Direnç biçimi	Girilen değerler
Ankraj	Eksenel çekme; kök bölgesinde sıyrılma	Tasarım kuvveti, kök boyu, sıyrılma direnci, yatay aralık
Zemin çivisi	Tümüyle gömülü; sıyrılma ile sınırlı çekme	Çekme kapasitesi, birim sıyrılma direnci, aralık
Kazık / perde	Kesme ve eğilme; yüzeyi kestiğinde direnç verir	Kesme kapasitesi, moment kapasitesi, çap, aralık

Destek elemanları yatay aralıklarıyla birlikte girilir ve metre başına dirence çevrilir; kesit birim genişlik için çözüldüğü için bu çevrim zorunludur. Çizimdeki bir CAD çizgisi sağ tık menüsünden destek elemanına dönüştürülebilir.



Şekil 9. Çizgiye sağ tıklanınca açılan menü: çizginin ankraj, zemin çivisi ya da kazık / perde yapılması ve püskürtme beton kaplama tanımı

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 10. Kazık / perde destek elemanı ve yapı yükü (q = 110 kPa) içeren kesit

8.3 Halat kopması ve kök sıyrılması

Bir ankrajda iki göçme biçimi vardır: halatın kopması ve kökün zeminden sıyrılması. KDYY Tasarım El Kitabı 9.2.2 uyarınca her ikisi de kontrol edilmeli ve düşük olan belirleyici kabul edilmelidir.

Program sıyrılma direncini kayma yüzeyinin gerisinde kalan kök boyu ile hesaplar; yüzeyin önünde kalan kısım direnç üretmez, çünkü o kısım kayan kütleyle birlikte hareket eder. Sıyrılma direnci girilmezse yalnız halat kapasitesi dikkate alınır ve bu durum raporda belirtilir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

9. Zemin Çivisi Duvarları

Zemin çivisi duvarı, kazı yukarıdan aşağıya kademeler hâlinde ilerlerken her kademede püskürtme beton kaplama atılması ve zemine öngermesiz (pasif) çelik çubuklar yerleştirilmesiyle oluşturulan bir destek sistemidir. Tasarım, Şev modülünde yapılır; çünkü zemin çivisi çoğu zaman bir kazı problemi olmadan önce bir arazi problemidir ve arazi yüzeyinin elle çizilmesi, DXF'ten ya da izohipslerden alınması yolları bu modülde kuruludur. Hesap, Bölüm 10'da anlatılan limit denge çözücüsünün kendisini kullanır; ayrı bir çözücü yoktur.

Kapsam ve dayanak

Zemin çivisi tasarımı KDYY Tasarım El Kitabı P20 örnek projesiyle sayı sayı karşılaştırılmıştır (Bölüm 9.10). Hesap, KDYY 3.3 hükümlerini ve FHWA GEC-7'nin (FHWA-NHI-14-007) hesap yöntemlerini içerir: çivi talebinin çözücüden alınması, taban kabarması, FHWA 5.7.3 tabanda kayma, kullanılabilirlik (SLS) ve g.1/g.2 kararı, kalıcı duvarda nihai kaplama ve başlık saplamaları, çekme deneyi değerlendirmesi ve ULS özeti. Tasarım sihirbazı, sonuç ekranları, Word raporu, DXF paftası, Şev çizimine aktarma ve proje kaydı Bölüm 9.11–9.14'te anlatılmıştır.

Bölüm 8.2'deki tekil "Zemin çivisi" destek elemanı, genel şev kontrolü için kullanılmaya devam eder. Zemin çivili duvarın tasarımı ise sihirbazdaki kademeli analizdir; iki yol aynı sonucu vermek zorunda değildir, çünkü sihirbaz zemin çivisine özgü kuralları (Bölüm 9.12) uygular.

9.1 Kapsam ve tasarım esası

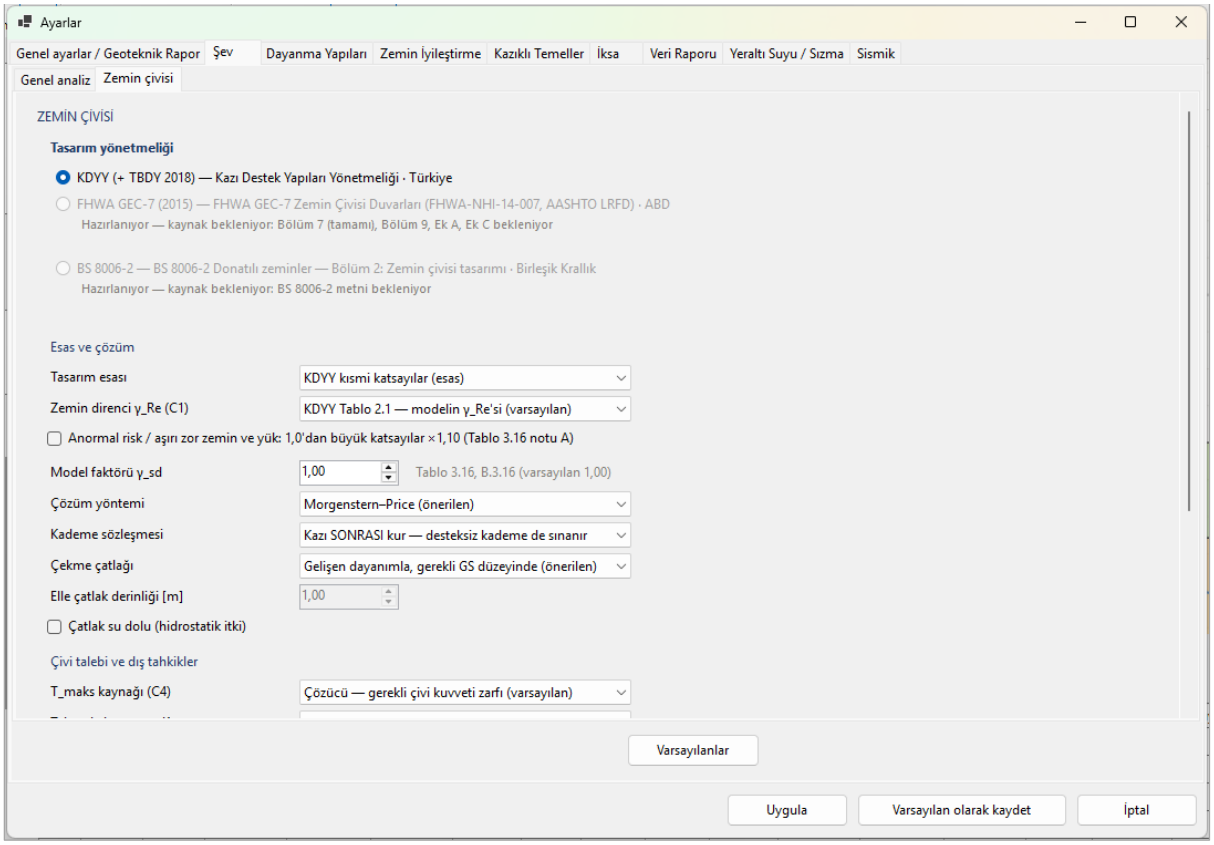
- Geçici ve kalıcı çiviler birlikte tasarlanır; kullanım türü her sıra için beyan edilir.
- Esas tasarım yaklaşımı KDYY kısmi katsayı yöntemidir; bütün katsayılar değiştirilebilir ve kullanılan değerler rapora yazılır.
- Kaplama yalnız püskürtme betondur (geçici ve kalıcı kalınlık ayrı girilir).
- Çeper sürtünmesi kütüphaneden gelir ve her zaman elle ezilebilir (Bölüm 9.4).
- Zemin çivisine ait bütün yöntem seçimleri tek yerdedir: Ayarlar → Zemin çivisi sekmesi. Seçimler ana proje dosyasında saklanır; sihirbaz onları gösterir, değişiklik Ayarlar penceresinden yapılır.

Ayarlar menüsü Görünüm ile Analiz arasındadır; "Zemin çivisi ayarları…" komutu (ya da sihirbazın 1. adımındaki "Ayarlar…" düğmesi) pencereyi doğrudan Zemin çivisi sekmesinde açar. Sekme dört gruptan oluşur:

- Tasarım yönetmeliği — bu sürümde yalnız KDYY 2026 seçilebilir; FHWA GEC-7 ve BS 8006-2 henüz seçilemez ve gri görünür (Bölüm 11). Seçim rapora yazılır.
- Esas ve çözüm — tasarım esası (KDYY kısmi katsayılar, varsayılan / karakteristik); zemin direnci katsayısı γ_{Re} (KDYY Tablo 2.1: 1,10, varsayılan / KDYY 3.3 Tablo 3.16: 1,00); anormal risk seçeneği (1,0'dan büyük bütün katsayılar ×1,10; Tablo 3.16 not A); model katsayısı γ_{sd} (varsayılan 1,00; kısmi esasta sürükleyici etkiye uygulanır); çözüm yöntemi, kademe kuralı ve çekme çatlağı (Bölüm 9.3 ve 9.12).
- Çivi talebi ve dış tahkikler — T_{maks} kaynağı (Elle / Çözücü, yeni duvarda varsayılan / PLAXIS aktarımı; Bölüm 9.6); tabanda kaymada K_a (Coulomb, varsayılan / eğimli Rankine, yalnız $\alpha < 8°$); tabanda kaymada deprem kipi (blok ataleti, varsayılan / Mononobe–Okabe / ikisi birden); taban kabarması süresi (otomatik: geçici duvarda kısa, kalıcı duvarda uzun süreli, varsayılan / kısa süreli, $\phi_{BH} = 0{,}65$ / uzun süreli, $\phi_{BH} = 0{,}50$) ve N_c (varsayılan 5,14; farklı bir değer gerekçe ister).
- Çekme deneyleri — KBD γ_d (1,5–2,0; varsayılan 2,0), KBD ξ esası (en düşük sonuca göre 1,1, varsayılan / ortalamaya göre 1,3) ve KD yük katsayısı k (1,1–1,5; varsayılan 1,25).

Tasarım esası, kademe kuralı, çözüm yöntemi ve çekme çatlağı seçimleri de bu sekmededir; sihirbazın 1. adımında bulunmaz.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 11. Ayarlar penceresi, Şev › Zemin çivisi sekmesi: tasarım yönetmeliği, esas ve çözüm, çivi talebi seçimleri

9.2 Geometri: arazi, kazı yüzü ve kademeler

Arazi yüzeyi kazı öncesi yüzeydir; kazılmış hâli program tarafından her kademe için ayrı üretilir. Kazı yüzü serbest bir çoklu çizgidir: düşey, eğimli ya da basamaklı olabilir. Kademe kotları kullanıcı tarafından girilir.

Kademe yüzeyi, özgün arazi ile kademe kazı profilinin nokta nokta alt sınırıdır. Kademe kazı profili, kazı yüzünün o kota kadarki kısmı ile o kottan kazı tarafına uzanan yatay banktan oluşur. Bank, kademe sonunda iş makinesinin üzerinde durduğu düzlemdir.

Kazı yönü tahmin edilmez

Kazı yüzü tam düşeyse geometri kazının hangi tarafta olduğunu söylemez. Program bu durumda yönü “belirsiz” olarak bildirir ve kullanıcıdan ister; çivilerin hangi yöne (tutulan zemine doğru) uzanacağı bu bilgiye bağlıdır.

9.3 Kademe kuralı

Öngermeli ankrajda sıra bellidir: kaz, del, ger. Germe bir olaydır ve fazı kendiliğinden ayırır. Zemin çivisinde böyle bir olay yoktur; çivi pasiftir. Bu yüzden çivinin ne zaman devreye girdiği bir fizik gerçeği değil, modelcinin beyanıdır. Program bu beyanı açık bir ayar olarak ister ve seçileni rapora ve PLAXIS betiğine aynen yazar.

Tablo 10. Kademe kuralı seçenekleri

Seçenek	Üretilen analiz durumları	Not
Kazı sonrası kur (önerilen, varsayılan)	Her kademe için iki durum: n-K desteksiz kazı (o kademenin çivisi yok) ve n-C çivi kuruldu. Dört kademe sekiz durum verir.	Desteksiz kademe kararlılığı (FHWA “excavation lift stability”) kontrol edilir; kademe yüksekliğini çoğu zaman bu tahkik belirler.
Kazıyla birlikte kur	Her kademe için tek durum: kazı ve kurulum birlikte.	Desteksiz kademe kontrol edilmez; kurulumdan önce oluşan yer değiştirme de

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Seçenek	Üretilen analiz durumları	Not
		hesaba girmez. Bu, her kademenin notuna yazılır.

9.4 Çivi sıraları ve çeper sürtünmesi

Tasarım sıra tabanlıdır: her sıra için kot, yatay aralık S_h, düşey aralık S_v, boy, eğim, delgi çapı, donatı çapı (ya da doğrudan donatı kesit alanı), çelik akma dayanımı, kullanım türü ve korozyon koruması girilir. Tekil çiviler sıradan türetilir. Çivinin serbest boyu yoktur; aderans tüm boy boyuncadır.

Nihai çeper sürtünmesi τ_{bu}, KDYY Tablo 3.18 esasındaki çivi kütüphanesinden gelir. Kütüphane ankraj kök sürtünmesi kütüphanesinden ayrıdır: iki büyüklük farklı tablolardan okunur ve farklı katsayılarla azaltılır. Kütüphane doğrulanmıştır ve 26 satırdan oluşur (burgu 6, açık kuyu 7, rotary 8, boru sürmeli 3, jet enjeksiyonu 2). Her satırda yöntem, zemin, durum, en küçük, en büyük ve orta değer ile FHWA çapraz denetimi (FHWA Tablo 4.4/4.5) görünür. Aktarılan değer varsayılan olarak orta değerdir ve düzeltilebilir; aralığın dışında kalan bir değer raporda “ARALIK DIŞI” diye işaretlenir. Değerle birlikte kaynak notu da yazılır.

Tablo 11. τ_{bu} kaynağı

Kaynak	Koşul
Kütüphane	Doğrulanmış kütüphaneden; kaynak notu otomatik yazılır. KDYY Tablo 3.17 ampirik değer katsayıları: γ_k = 1,80, γ_{rb} = 1,10.
Elle	Gerekçe (kaynak notu) zorunludur; gerekçesiz elle değer reddedilir. Ampirik değer gibi azaltılır (1,80 · 1,10).
Deney	Çekme deneyi sonucuna dayanan değer (Bölüm 9.9); ξ (1,1 en düşük sonuç / 1,3 ortalama) ve γ_{rb} (1,3 kaba daneli / 1,7 orta ve yüksek plastisiteli zemin) ile azaltılır. Zemin sınıfı seçilmezse satır geçersizdir.
Efektif gerilme	$\tau_{bu} = \sigma'_v \cdot \tan\delta$ (τ_{bu} yardımcısından); γ_k = 1,35, γ_{rb} = 1,10.
Toplam gerilme	$\tau_{bu} = \alpha_u \cdot c_u$ (KDYY 3.3.3.6-f; τ_{bu} yardımcısından); γ_k = 1,80, γ_{rb} = 1,10.
Yok	Sıra geçersiz sayılır; hesap üretilmez.

Kaya için sınır, KDYY 3.3.3.6-h uyarınca $\tau_{bu} \le \min(4\ \text{MPa};\ \%10 \cdot UCS)$ bağıntısıdır; tablo değeri değil bir bağıntıdır ve programda bağıntı olarak uygulanır. Bunun için tabakaya kaya UCS [MPa] girilir. Çivi birden fazla tabakayı geçiyorsa her tabakanın τ_{bu} değeri girilebilir; program aderans boyunu 100 noktada örnekler ve geçtiği tabakalara göre ağırlıklı ortalama alır.

9.5 Kısmi katsayılar ve kapasiteler

Tablo 12. KDYY kısmi katsayı zinciri (varsayılan değerler)

Büyüklük	Bağıntı	Katsayı
Sıyrılma direnci	$\tau_{bk} = \tau_{bu} / \gamma_k$; $\tau_{bd} = \tau_{bk} / \gamma_{tb}$	γ_k = 1,80 ; γ_{tb} = 1,10
Çubuk kopması	$R_{tk} = A_s \cdot f_{yk}$; $R_{td} = R_{tk} / \gamma_s$	γ_s = 1,15
Etki (çekme kuvveti)	$T_{d,maks} = T_{maks} \cdot \gamma_G$	1,35 statik ; 1,00 deprem

Limit denge çözücüsü destek direncine tek bir direnç katsayısı uygular; KDYY’de ise sıyrılma ve kopma farklı katsayılarla azaltılır. Program bu yüzden her çivi için KDYY tasarım değerini üretir ve çözücünün katsayısıyla çarparak çözücüye verir; çözücü böldüğünde geriye tam olarak KDYY tasarım değeri kalır. Modeldeki diğer destek elemanları bundan etkilenmez.

Tablo 12’deki γ_k = 1,80 ampirik (kütüphane ya da elle) τ_{bu} içindir. KDYY Tablo 3.17 uyarınca katsayılar τ_{bu}’nun kaynağına göre değişir: ampirik 1,80 · 1,10; efektif gerilme 1,35 · 1,10; toplam gerilme 1,80 · 1,10; çekme deneyi ξ (1,1 / 1,3) · γ_{rb} (1,3 / 1,7). Ayarlarda anormal risk seçilmişse 1,0’dan büyük bütün katsayılar 1,10 ile çarpılır. Donatı akma dayanımı f_y 420 MPa’dan küçük girilemez (S420 ve üstü nervürlü çubuk; KDYY 3.3.3.7-a).

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Korozyon: kalıcı çivide koruma beyan edilmeden hesap geçilmez. Feda kalınlığı seçilirse kayıp $X = 80 \cdot t^{0,8}$ µm (t: servis ömrü, yıl) bağıntısıyla türetilebilir; çap her yönden azalır (çap kaybı 2X). Çift korumada kesit azaltılmaz. Donatı alanı doğrudan girilmişse, korozyon sonrası alan çap oranının karesiyle azaltılır ve hangi alanın kullanıldığı rapora yazılır.

9.6 Çekme talebi: T_{maks} ve $T_{i,maks}$

KDYY iki ayrı çekme kuvveti ister: kopma tahkiki için çivi boyunca en büyük kuvvet T_{maks}, sıyrılma tahkiki için kayma yüzeyinin dışında kalan boydaki kuvvet $T_{i,maks}$. Bu kuvvetlerin nereden geldiği Ayarlar → Zemin çivisi sekmesindeki "T_{maks} kaynağı" ile seçilir (KDYY 3.3.3.7-c); seçilen kaynak rapora yazılır. Çivi boyunca kuvvet dağılımı üretilmez; varsayımsal bir dağılım da kullanılmaz.

- Çözücü (yeni duvarda varsayılan) — Bölüm 9.13'teki gerekli çivi kuvvetinden; her sıra için bütün kademelerin en büyüğü alınır ve $T_{i,maks} = T_{maks}$ kabul edilir. Kısmi katsayı esasında bu değer zaten tasarım değeridir: $T_{d,maks} = \lambda \cdot T_d$; 1,35 etki katsayısı ikinci kez uygulanmaz. Karakteristik esasta $T_{maks} = \lambda \cdot \min(q_s \cdot L_e; R_{tk}) / GS_{gerekli}$ alınır ve 1,35 ile çarpılır.
- PLAXIS aktarımı — sihirbazın 4. adımına yapıştırılan PLAXIS çıktısından; çivi başına kuvvet $N_{maks} \cdot S_h$, bütün fazların en büyüğü. Karakteristik kuvvettir: $T_{d,maks}$ = etki katsayısı·T_{maks}.
- Elle — değerler sıra tablosuna kullanıcı tarafından girilir; T_{maks} ve $T_{i,maks}$ sütunları yalnız bu kaynakta görünür.

FHWA'nın ampirik bağıntısı $0{,}75 \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H \cdot S_v \cdot S_h$ (alt üçte birdeki sıralarda yarısı) yalnız kontrol satırı olarak yazılır; tahkike girmez.

Talep girilmemişse

Bir sıranın talebi yoksa (Elle kaynakta girilmemişse ya da çözücü veya PLAXIS o sıra için değer üretmemişse) tahkik üretilmez; kapasiteler raporlanır ve satıra "KDYY kopma ve sıyrılma tahkikleri limit denge çözümünün ürettiği çekme yüklerini ister" notu düşülür.

Büyüklük mertebesi için mobilize kuvvet ≈ tasarım kapasitesi / güvenlik sayısı olarak bir tahmin raporlanır; bu değer tahkike girmez. Tahminin tahkikte kullanılması açık bir tercihtir, varsayılan olarak kapalıdır ve açıldığında her satıra "TALEP BİR TAHMİNDİR" uyarısı yazılır. Gerçek talep girilirse tahmin devre dışı kalır.

Talep girildiğinde her sıra için kopma ve sıyrılma tahkik oranları ile gerekli aderans boyu $L_{gerekli} = T_{d,maks} / (\tau_{bd} \cdot \pi \cdot D)$ üretilir.

9.7 Püskürtme beton kaplama

Başlık kuvveti T_0, KDYY bağıntısıyla T_{maks}'tan türetilir ($S = maks(S_v, S_h)$): $S < 1$ m için $T_0/T_{maks} = 0{,}60$; $1 \le S < 3$ m için $0{,}5 + (S - 0{,}5)/5$; $S \ge 3$ m için 1,00. İstenirse elle girilebilir.

Kaplama eğilmesi varsayılan olarak TS 500 şerit yöntemiyle hesaplanır: $P = T_0/(S_v \cdot S_h)$, $M_0 = P \cdot S^3/8$; açıklık momenti $0{,}35 \cdot M_0$, mesnet momenti $0{,}65 \cdot M_0$; belirleyici kolon şeridi momenti $0{,}75 \cdot M_{mesnet} + 0{,}60 \cdot M_{açıklık}$; orta şerit $M_0 - M_{kolon}$. Gerekli donatı $A_s = k_s \cdot M_{kolon}/d$'dir. k_s TS 500 dikdörtgen gerilme bloğundan hesaplanır; elle girilen k_s önceliklidir. TS 500 en küçük ve en büyük donatı sınırları denetlenmez; raporda "denetlenmedi" diye yazılır. Basit açıklık yöntemi seçenek olarak durur ancak TS 500 şerit yöntemine göre düşük moment verdiği rapora yazılır.

Zımbalama tahkikine KDYY-3.3.3.8.d gereği T_0 değil $T_{d,maks}$ girer. Başlık plakası da ayrıca tahkik edilir. Geçici kaplama yalnız geçici kaplama kalınlığıyla tahkik edilir.

Kalıcı duvarda nihai (kalıcı) kaplama ayrıca tanımlanır: beton sınıfı, hasır, pas payı ve başlık saplamaları (saplama sayısı N_H, varsayılan 4; gövde çapı D_{SC}; başlık çapı D_{SH}; saplama boyu L_S; başlık kalınlığı t_{SH}; akma dayanımı $f_{y\text{-}hs}$; saplama aralığı S_{SH}). Geçici ve nihai kaplama ayrı ayrı tahkik edilir:

- Eğilme — TS 500 şerit yöntemi; her kaplama kendi kalınlığı ve donatısıyla.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

- Zımbalama — geçici kaplamada yukarıdaki kural; nihai kaplamada FHWA Denk. 6.24/6.25 koni geometrisi, $D'_c = \min(S_{SH} + h_c;\ 2h_c)$, $h_c = L_S + t_P - t_{SH}$, beton çekme dayanımı TS 500 f_{ctd}; talep $T_0 = T_{maks}$.
- Saplama çekmesi — $R_{FH} = N_H \cdot A_S \cdot f_y / \gamma_s$; ayrıca başlık alanı $A_H \geq 2{,}5 \cdot A_S$ ve $t_{SH} \geq 0{,}5 \cdot (D_{SH} - D_{SC})$ koşulları denetlenir.

9.8 Dış tahkikler ve kullanılabilirlik

Genel stabilite, her kademe durumu için Bölüm 10'daki kayma yüzeyi araması ile yapılır. Tabanda kayma için çivili blok bir ağırlık duvarı gibi ele alınır (KDYY-3.3.3.5; FHWA 5.7.3, Denk. 5.17–5.23). Blok genişliği B_L, yüz tabanından en uzak çivi ucuna kadardır. İtki yüksekliği $H_1 = H + (B_L - H \cdot \tan\alpha) \cdot \tan\beta_{eq}$; β_{eq}, tepe arkasındaki 2H içindeki araziden bulunur. K_a Coulomb bağıntısıyla hesaplanır ve $\delta = \beta_{eq}$ alınır (FHWA'nın izin verdiği sadeleştirme); eğimli Rankine yalnız $\alpha < 8°$ iken seçilebilir. Direnç $R_s = c_b \cdot B_L + (W + P_a \cdot \sin\delta) \cdot \tan\phi_b$'dir.

Blok üstündeki hareketli sürşarj dirence katılmaz; sabit sürşarj lehte 1,0 katsayısıyla sayılır. Kısmi katsayı esasında toprak itkisi 1,35 (depremde 1,00), hareketli sürşarj itkisi 1,5, sabit sürşarj itkisi 1,35 ile çarpılır; direnç ayarlarda seçilen γ_{Re} ile bölünür. Depremde blok ataleti $k_h \cdot W$, Mononobe–Okabe K_{AE} (FHWA 6.40–6.43) ya da ikisi birden kullanılır. Eksik girdi sıfır kabul edilmez: tahkik üretilmez ve hangi büyüklüğün eksik olduğu yazılır.

Taban kabarması (FHWA 5.6.6) yalnız kazı tabanının altı drenajsız kil olduğunda uygulanır; değilse "Uygulanmaz" diye nedeniyle yazılır. B_e, L_e ve D_B sihirbazın 2. adımında girilir. $B'_e = 0{,}707 \cdot B_e$; direnç $R_S = S_u \cdot N_c \cdot B'_e$ ya da $S_u \cdot N_c \cdot D_B$; yük $q = (B'_e \cdot H \cdot \gamma + Q - S_{u1} \cdot H) / B'_e$. Tahkik $\phi_{BH} \cdot N_c \cdot S_u \geq 1{,}35 \cdot q'$dur; ϕ_{BH} kısa süreli 0,65, uzun süreli 0,50'dir (FHWA Tablo 5.5; FHWA Tablo 6.3'te bu değerler bir satır kaymış basılmıştır ve rapora bu not düşülür). Ayrıca $GS = 5{,}14 \cdot S_u / (H \cdot \gamma) \geq 2{,}0$ (kısa süreli) / 2,5 (uzun süreli) yazılır. $S_u < 0{,}15 \cdot \gamma' \cdot H$ ise (tetik) raporda "kabarma olası" notu çıkar.

Kullanılabilirlik (KDYY 3.3.3.9) için yatay ve düşey yer değiştirme $\delta_h = \delta_v = (\delta/H)_i \cdot H$, etki uzaklığı $D_{DEF} = C \cdot (1 - \tan\beta_4) \cdot H$ bağıntılarıyla hesaplanır (β_4: yüzün düşeyle açısı). $(\delta/H)_i$ ve C, sihirbazın 3. adımında seçilen SLS zemin sınıfına göre KDYY Tablo 3.20'den (= FHWA Tablo 5.12) okunur: ayrışmış kaya ve sert zemin / kumlu zemin / ince daneli zemin. Bağıntı yalnız şu koşullarda geçerlidir: $L/H \geq 0{,}7$ (en üst sıranın boyu), sürşarj yok, son kademe GS ≥ 1,5 (karakteristik) ya da ≥ 1,0 (kısmi). Koşullardan biri sağlanmazsa "gerilme-deformasyon analizi gerekir" yazılır.

Sınır $\delta_h \leq 0{,}005 \cdot H'$dir (KDYY 3.3.3.9-f); aşılırsa alınacak önlemler rapora yazılır. PLAXIS (GDA) ile bulunan en büyük yatay deplasman sihirbazın 1. adımına girilirse o da gösterilir. PI > 20 ve LI > 0,2 olan tabakada krip uyarısı verilir; D_{DEF} içinde deplasmana hassas bir yapı varsa sayısal analiz zorunludur; kohezyonlu zeminde 1,5H notu yazılır. FHWA 6.7.1'deki %0,1 / 0,2 / 0,3·H değerleri yalnız başvuru olarak gösterilir. D_{DEF} ölçüsü paftada CIVI-SLS katmanında çizilir.

Hesap yaklaşımı KDYY 3.3.3.1-g'ye göre belirlenir. Kazı kategorisi 2 ise ve komşu yapı deplasmana hassas değilse ya da uzaklığı d > H ise yalnız ULS hesabı yeterlidir (g.1). Diğer bütün durumlarda (g.2) ULS hesabına ek olarak gerilme-deformasyon analizi (GDA, ör. PLAXIS) zorunludur; T_{maks} kaynağı PLAXIS aktarımı değilse KDYY 3.3.3.7-c uyarısı yazılır. Kategori, d ve hassas yapı sihirbazın 1. adımında girilir.

Çivi yerleşimi KDYY 3.3.3.1-i ve FHWA 6.3.3'e göre denetlenir; sağlanmayan her kural "Girdi uyarıları" bloğunda ve raporda yazılır: S_v ya da S_h > 2,0 m (1,5–2,0 m arası bilgi notu); aralık < 1,07 m; $S_v \cdot S_h > 3{,}9$ m²; ilk sıra tepeden 1,07 m'den derinde; son sıra tabandan 0,9 m'den yukarıda; eğim < 10° ya da > 20° (> 40°'de çivi basınca girebilir); boy < 0,5H ya da > 1,2H (≈ 0,7H önerilir).

Bütün tahkikler bir ULS özet tablosunda toplanır (KDYY 3.3.3.1-j, Şekil 3.20): iç stabilite, dış stabilite, taban kabarması, tabanda kayma, sıyrılma, kopma, kaplama eğilmesi (geçici / nihai), zımbalama (geçici / nihai), saplama ve SLS. Her satırda E_d, R_d, oran, hüküm ve ilgili madde yazılır. Dış stabilite (KDYY 3.3.3.4, FHWA 6.5.2) ayrı bir aramayla bulunur: çivisi kurulu her kademede çiviler etkisiz sayılır ve yalnız bütün çivileri saran yüzeyler aranır — giriş en uzak çivi ucunun gerisinde, çıkış topukta ya da önünde, hiçbir çivi kesilmez. Çözücü, katsayılar, çekme çatlağı ve gerekli güvenlik sayısı kademe aramasıyla aynıdır. Belirleyen yüzeyin türü yazılır: A/B derin dairesel ya

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

da J öne ötelenme (düz tabanlı). Dış arama bir kademede genel aramadan küçük güvenlik sayısı bulursa rapor bunu uyarı olarak yazar. Boy optimizasyonu sırasındaki ara analizlerde dış arama yapılmaz; nihai analizde yapılır ve ULS özetinin 2. satırı ondan dolar; paftada ve önizlemede dış kritik yüzey ayrıca çizilir. Rapora ayrıca şu tasarım notları yazılır: drenaj (3.3.3.1-e; metraja girmez), kalıcı duvarda nihai kaplamanın dayanıklılığı (3.3.3.1-d) ve ankraj değerlerinin çivide kullanılamayacağı (3.3.3.6-b).

9.9 Deney programı, metraj ve PLAXIS

Tablo 13. Çivi deney programı (KDYY 3.3.4, Tablo 3.21)

Deney	Deney yükü	Adet
Kısa süreli boyutlandırma deneyi (KBD)	$P = T_{d,maks} \cdot \gamma_d \cdot \xi$ (γ_d ve ξ ayarlardan; varsayılan 2,0 ve 1,1); deney kök boyu $L = P/(\tau_{bd} \cdot \pi \cdot d)$	Kategori 2: ≥ 3 (her zemin cinsinde ≥ 1) · Kategori 3: ≥ 5 (her zemin cinsinde ≥ 2)
Kabul deneyi (KD)	$P = T_{d,maks} \cdot k$ (k ayarlardan; varsayılan 1,25)	Kategori 2: %2, ≥ 3 (her kazı aşamasında ve her zemin cinsinde ≥ 1) · Kategori 3: %3, ≥ 5 (her kazı aşamasında ≥ 1); oran için duvar uzunluğu gerekir

KBD çivileri proje çivisi değildir; kazı ilgili çivi seviyesine inildiğinde proje çivilerinin arasında ayrıca imal edilir. Bu uyarı rapora aynen yazılır. Metraj; çivi adedi ve boyu, delgi boyu, donatı ağırlığı ve püskürtme beton alanını verir.

Deney adetleri kazı kategorisine göre KDYY Tablo 3.21'den gelir (notlar: 3.3.3.6-k, 3.3.4.1-c/d). Deney yükü çivinin yapısal sınırını aşamaz: $P_{test} \le 0{,}80 \cdot R_{tk}$ (KBD) / $0{,}90 \cdot R_{tk}$ (KD), $\gamma_s = 1{,}0$; aşılırsa gereken donatı alanı verilir. Deney serbest boyu L_{df} girilmişse en küçük elastik uzama $\delta_n \ge 0{,}80 \cdot P \cdot L_{df} / (E \cdot A_s)$, E = 200 GPa yazılır.

Her deney türü için yükleme çizelgesi üretilir: başlangıç yükü P_0 = %10; KBD'de kademe ≤ %20, en az 2 devir, ilk devir ≤ T_d; KD'de en az 5 kademe; okumalar 0–1–2–5–10–15–20–60 dk; ölçütler $\Delta \le 0{,}5$ mm ve krip v < 2 mm.

Sihirbazın 8. adımında girilen deney okumaları KDYY 3.3.4.3'e göre değerlendirilir (B.3.18, B.3.31–32). Her deney için P_{res} ($\Delta > 0{,}5$ mm) ve P_{cr} (v ≥ 2 mm; t_1 kademenin sıfır olmayan ilk okuması, t_2 son okuması) bulunur; P_{ult} bunların en küçüğüdür ve $\tau_{bu,t} = P_{ult} / (\pi \cdot D \cdot L_{b,t})$. KBD'lerin en düşük ya da ortalama değeri ξ ve γ_{rb} ile azaltılır; tasarıma B.3.18 esas alınır, B.3.32 sonucu yanında gösterilir. KD'ler kabul ölçütüne göre değerlendirilir. Sonuç "Seçili tabakaya aktar" ile tabakaya "Deney" kaynağıyla yazılır.

PLAXIS için eksiksiz bir komut betiği üretilir; komut kalıpları İksa Sistemleri modülünün PLAXIS aktarımıyla aynıdır. Betik model sınırlarını, Hardening Soil zemin malzemelerini (E_{oed} ya da E_s ve ν'den türetilir; girilmemişse betik üretilmez, rijitlik tahmin edilmez), zemin gövdesini poligon olarak (kazı tarafı tabaka ve kademe kotlarında kesilir, kazı her kademede ilgili poligonun devre dışı bırakılmasıyla otomatik yapılır), her kademenin yüz parçası için ayrı bir püskürtme beton plate'ini, çivileri (embedded beam row, davranış "Rock bolt"), sürşarjı, yeraltı suyunu ve mesh'i kurar. Fazlar kademe kuralındaki sırayla yazılır; kazı fazında eleman açılmaz, o kademenin çivisi ve kaplaması "n-C" fazında açılır; her kademe fazından ayrı bir Safety fazı türetilir, böylece PLAXIS güvenlik sayısı kademeli limit denge tablosuyla kademe kademe karşılaştırılabilir. Panoya yalnız komut satırları kopyalanır (Bölüm 16).

9.10 Doğrulama: KDYY P20 örnek projesi

Programın zemin çivisi hesabı, KDYY Tasarım El Kitabı'ndaki P20 örnek projesinin sayılarını yeniden üretir. Karşılaştırmada KDYY'nin donatı alanlarını yuvarladığı değerler (ϕ32 için 800 mm², korozyon sonrası 600 mm²) doğrudan donatı alanı girilerek kullanılmıştır.

Tablo 14. KDYY P20 ile karşılaştırma

Büyüklük	Program	KDYY P20
Sert kil τ_{bk} / τ_{bd} (kPa)	25,000 / 22,727	25,0 / 22,7
Kumtaşı τ_{bk} / τ_{bd} (kPa)	105,556 / 95,960	105,6 / 96,0

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Büyüklük	Program	KDYY P20
ϕ32 R_{tk} / R_{td} (kN)	336,0 / 292,2	336,0 / 292,2
50 yıl çap kaybı 2X (mm)	3,658	3,6
$T_{d,maks}$ kopma / sıyrılma, statik (kN)	204,12 / 160,65	204,1 / 160,7
Gerekli kök boyu 1. / 8. / 11. çivi (m)	5,27 / 6,39 / 4,10	5,3 / 6,4 / 4,1
T_0 (kN) ; P (kPa)	112,49 ; 50,00	112,5 ; 50
M kolon şeridi (kNm)	14,71	14,7
Gerekli A_s (mm^2/m)	233,4	233
Zımbalama kapasitesi (kN)	300,0	300
δ_h sınırı (m)	0,0875	0,0875

Zemin çivisi hesabının kalan bölümleri de bağımsız doğrulama örnekleri ve el hesaplarıyla kontrol edilmiştir.

9.11 Tasarım sihirbazı

Şev modülünde Analiz araç çubuğundaki “Zemin çivisi” düğmesi sihirbazı açar. Sihirbaz hiçbir hesap kuralını yeniden yazmaz: kullanıcının sade tasarım girdilerini programın hesap modeline (kazı öncesi arazi, tabakalar, su, sürşarj, deprem ve çivili duvar) çevirir ve kademeli analizi çalıştırır. Yöntem seçimleri Ayarlar → Zemin çivisi sekmesinden gelir (Bölüm 9.1). Dokuz adımı vardır:

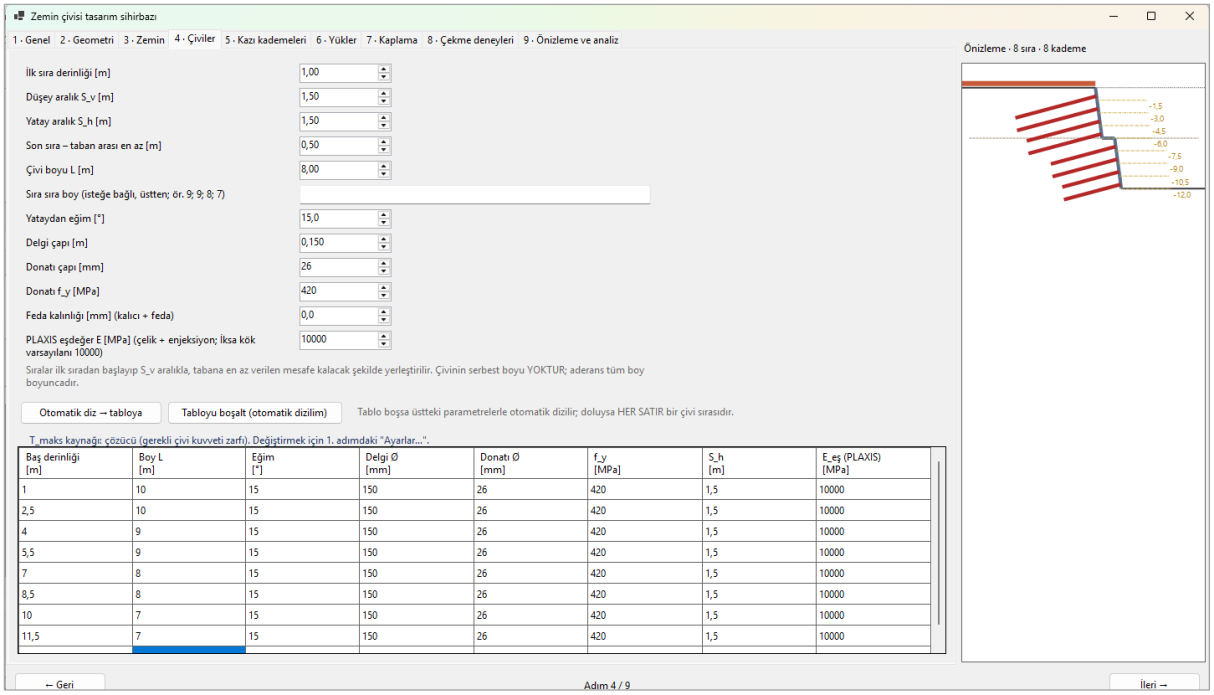
- 1 · Genel — kullanım (geçici / kalıcı), korozyon koruması, servis ömrü, kazı tarafı, kazı kategorisi (2 / 3), komşu yapı uzaklığı d, deplasmana hassas yapı, PLAXIS (GDA) ile bulunan en büyük yatay deplasman [mm] ve bunlardan çıkan g.1/g.2 açıklaması (Bölüm 9.8). Tasarım esası, kademe kuralı, çözüm yöntemi ve çekme çatlağı burada seçilmez: salt okunur bir ayar özeti gösterilir ve “Ayarlar…” düğmesi Zemin çivisi sekmesini açar.
- 2 · Geometri — kazı derinliği, yüz açısı, palyeler, tepe gerisi eğim ve duvarın plan uzunluğu (metraj, deney adedi ve görünüş paftası için; girilmezse toplam değerler üretilmez). “Taban kabarması (FHWA 5.6.6)” alanında durum cümlesi ile B_e, L_e ve D_B bulunur; alan yalnız kabarma uygulanıyorsa (kazı tabanının altı drenajsız kil) açıktır, değilse “Uygulanmaz: …” diye nedenini yazar.
- 3 · Zemin — yatay tabakalar ve YASS. Tabakalar elle girilir, Geoteknik Rapor’daki seçili sondajdan derinlikleriyle alınır (yalnız ana programın içinde) ya da mevcut Şev çiziminden okunur (arazinin en yüksek noktasındaki düşey kolon boyunca). Tabloda ayrıca PI, LI, $(N_1)_{60}$ ve kaya UCS [MPa] sütunları bulunur; Geoteknik Rapor’dan alınırken $(N_1)_{60}$ tabaka derinliğindeki ölçülmüş SPT’lerin ortalamasıdır (refü katılmaz), PI gelir, LI yalnız w, PL ve PI girilmişse hesaplanır. τ_{bu} kaynağı Kütüphane, Elle, Efektif gerilme, Toplam gerilme ya da Deney’dir (Tablo 11); SLS zemin sınıfı KDYY Tablo 3.20’ye göre seçilir. E_s, v ve E_{oed} yalnız PLAXIS aktarımı içindir; Geoteknik Rapor’dan E_s ve v gelir, E_{oed} boşsa bunlardan türetilir.
- 4 · Çiviler — otomatik dizilim parametreleri (ilk sıra derinliği, S_v, S_h, son sıra–taban payı, boy, eğim, delgi ve donatı çapı, f_y, feda kalınlığı, PLAXIS eşdeğer E) ve sıra tablosu. Tablo boşsa sıralar parametrelerden dizilir; “Otomatik diz” tabloyu bu düzenle doldurur ve her sıranın derinliği, boyu, eğimi, delgi ve donatı çapı, f_y, S_h ve PLAXIS eşdeğer E’si ayrı ayrı değiştirilebilir, satır eklenip silinebilir. Tablo doluysa her satır bir çivi sırasıdır. T_{maks} / $T_{i,maks}$ sütunları yalnız T_{maks} kaynağı Elle iken görünür; talep kaynağı ayrı bir satırda yazılır. PLAXIS kaynağında “PLAXIS’ten yapıştır” kutusuna PLAXIS çıktısı yapıştırılır ve “Oku ve eşle →” faz, EmbeddedBeamRow_N ve N_{maks} [kN/m] değerlerini okuyup sıralarla eşler; çivi başına kuvvet $N \cdot S_h$ olur (birimin metre başına olduğu PLAXIS’te teyit edilmelidir). $f_y < 420$ MPa reddedilir (KDYY 3.3.3.7-a).
- 5 · Kazı kademeleri — otomatik (her kademe bir sıranın biraz altına iner) ya da elle.
- 6 · Yükler — sürşarj, sürşarj türü (hareketli q_v: 1,5 / lehte 0 · sabit q_p: 1,35 / lehte 1,0) ve deprem (S_{DS}).
- 7 · Kaplama — geçici / kalıcı püskürtme beton, beton sınıfı, hasır, başlık plakası; kalıcı duvarda ayrıca “Nihai (kalıcı) kaplama” bölümü: beton, hasır, pas payı ve başlık saplamaları (Bölüm 9.7).

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

- 8 · Çekme deneyleri — deney serbest boyu L_{df} ve γ_{rb} sınıfı; deney çivileri tablosu (ad, tür KBD/KD, D, $L_{b,t}$, L_{df}, A_s) ve okumalar tablosu (P, t, s). “Değerlendir” deneyleri değerlendirir, “Seçili tabakaya aktar” sonucu tabakaya yazar (Bölüm 9.9).
- 9 · Ön izleme ve analiz — kesit, kademeli analiz, “Girdi uyarıları” bloğu ve sonuç sekmeleri (Bölüm 9.14).

3. adımdaki “τ_{bu} yardımcıları…” penceresi seçili tabaka için değer türetir ve kaynağıyla satıra yazar: toplam gerilme $\alpha_u \cdot c_u$ (α_u 0,25–0,75); efektif gerilme $\sigma'_v \cdot \tan\delta$, $\tan\delta = (0{,}75–1{,}00)\cdot\tan\phi$; SPT → τ (FHWA Tablo 4.6; yalnız $(N_1)_{60}$ girilmişse); kaya tavanı $\tau_{bu} \le \min(4\ \text{MPa};\ \%10\cdot\text{UCS})$; deney ξ/γ_{rb}. “Rijitlik başvuru tablosu…” FHWA Tablo 4.3a/b/c’yi gösterir; salt okunurdur ve hiçbir kutuyu doldurmaz. Kütüphane penceresi KDYY Tablo 3.18’in 26 satırını gösterir (Bölüm 9.4).

Sihirbazın girdisi ana proje dosyasında saklanır; sihirbaz bir sonraki açılışta aynı girdiyle açılır. İlk yedi adımda pencerenin sağında küçük bir kesit önizlemesi durur: girdi değiştikçe model yeniden kurulur (analiz çalıştırılmaz) ve adımın ilgilendiği eleman öne çıkarılır — Geometri’de kazı yüzü, Zemin’de renkli tabaka bantları, Çiviler’de çiviler, Kazı kademeleri’nde kademe kotları, Yükler’de sürşarj ve su, Kaplama’da kaplama. Girdide bir hata varsa önizlemenin başlığında yazılır.



Şekil 12. Zemin çivisi tasarım sihirbazı, 4 · Çiviler adımı: dizilim parametreleri, sıra tablosu ve kesit önizlemesi

9.12 Çözüm yöntemi ve çekme çatlağı

Zemin çivili duvarda çivi kuvvetleri kuvvet dengesine girer. Yalnız moment dengesine bakan TBDY 2018 Denk. 16.30 bu nedenle zemin çivisinde kullanılmaz ve bu cümle rapora yazılır. Arama Morgenstern–Price (varsayılan) ya da Spencer ile yapılır; çivi kuvveti, kayma yüzeyini kestiği dilime dış kuvvet olarak girer (düşey bileşeni taban normaline, yatay bileşeni dilimler arası dengeye, momenti moment dengesine). Düşey yüzlerde yakınsamayı sağlamak için Zhu, Lee ve Jiang (2005) çözüm düzeni kullanılır.

Bir çözümün kabul edilmesi için dilimler arası kuvvetler kabul edilebilir olmalıdır (Morgenstern ve Price 1967) ve güvenlik sayısı aynı yüzeyin Janbu değerinin 0,5–2,0 katı içinde kalmalıdır. Yakınsamayan yüzey başka bir yönteme düşürülmeden elenir ve kaç yüzeyin elendiği yazılır.

Kohezyonlu zeminin tepe bölgesi çekmede çalışır; bu bölgede kohezyonu dayanım gibi saymak düşey yüzde güvenlik sayısını fiziksel olmayan biçimde büyütür. Bu yüzden tepe bölgesinde düşey bir çekme çatlağı kabul edilir: $z_c = 2\cdot c_d / (\gamma\cdot\sqrt{K_{a,d}})$, $c_d = c'/F_{ref}$. F_{ref} karakteristik esasta gerekli güvenlik sayısı, kısmi katsayı esasında γ_{Re}’dir

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

(gelişen dayanım). Derinlik elle de verilebilir; çatlak su dolu seçilirse hidrostatik itki $½·γ_w·z_c^2$ eklenir. Açık yüz yüksekliği $2·z_c$'yi aşmıyorsa mekanizma oluşmaz; hüküm "yeterli" verilir ve güvenlik sayısı yazılmaz.

Bu kurallar yalnız zemin çivisinde uygulanır. Şev modülünün normal analizi (Bölüm 10) değişmez; normal şevlerde TBDY 16.30 ve dilim genişliği kabulü aynen sürer.

9.13 Gerekli çivi kuvveti ve boy optimizasyonu

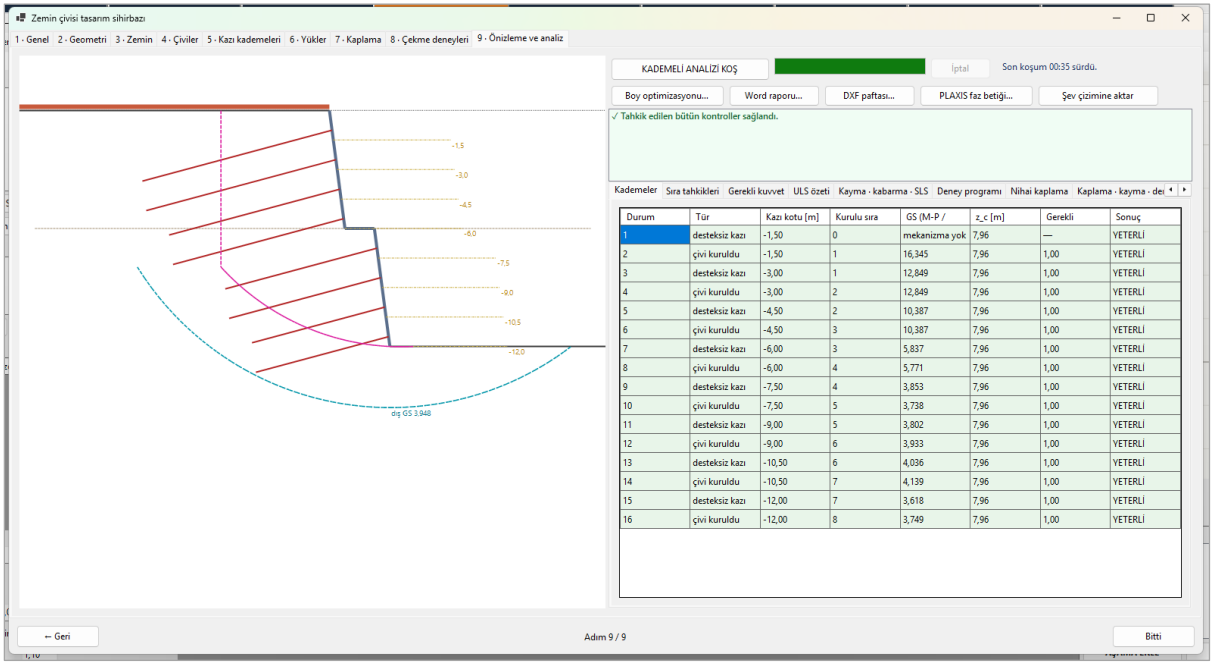
Gerekli çivi kuvveti çözücüden elde edilir: her kademenin kritik yüzeyi sabit tutulur, yüzeye giren bütün çivi kuvvetleri aynı λ çarpanıyla ölçeklenir ve GS(λ) = gerekli GS yapan λ bulunur. $T_{gerekli} = λ·T_d$. λ < 1 çivilerin gerekenden güçlü, λ > 1 yetersiz olduğunu gösterir. Bu değer KDYY'nin T_{maks} / $T_{i,maks}$ değeri değildir (o, çivi boyunca kuvvet dağılımından gelir) ve KDYY tahkikine girmez; ayrı bir tablo olarak raporlanır.

Boy optimizasyonu iki öneri üretir. Eşit boy: bütün kademeler yeterli olacak en kısa ortak boy, 0,5 m adımlarla ikiye bölerek aranır. Kademeli boy: eşit boydan başlanır, en alttan yukarı her sıra 0,5 m adımlarla, bütün kademeler yeterli kaldıkça kısaltılır; bir sıra üstündeki sıradan uzun olamaz. Kabul: boy uzadıkça hiçbir kademe kötüleşmez. İki öneri de tam kalitede yeniden analiz edilerek doğrulanır; kullanıcı istediğini uygular.

Boy optimizasyonu başlatılınca önce "R deseni" penceresi açılır (FHWA 6.3.3e): üst yarıdaki sıralar eşit L boyundadır, alt yarıdaki sıraların boyu orta yükseklikten tabana doğru doğrusal olarak R·L'ye iner. R'nin aralığı seçilen zemine göre verilir: çok sıkı iri daneli zemin 0,15–0,30 · kum 0,25–0,40 · ince daneli zemin 0,30–0,45. En kısa L, eşit boy aramasındaki gibi bulunur ve tam kalitede doğrulanır.

9.14 Sonuçlar ve çıktılar

Sonuçlar sekmelerde gösterilir: kademeler (her kademe için GS, çekme çatlağı derinliği, gerekli değer ve hüküm), belirleyen durumda sıra tahkikleri, gerekli çivi kuvveti, kaplama · tabanda kayma · deney programı · metraj ve notlar; ayrıca ULS özeti, "Kayma · kabarma · SLS", "Deney programı" (yükleme çizelgeleriyle) ve "Nihai kaplama" sekmeleri bulunur. Ekran, Word raporu ve pafta aynı hesaptan okur.



Şekil 13. Zemin çivisi tasarım sihirbazı, 9 · Ön izleme ve analiz adımı: kademeli analiz sonucu ve kademeler tablosu

- Word raporu — 1 kullanım, esas ve yöntem · 2 geometri ve zemin (kesit görüntüsüyle) · 3 çiviler ve kazı kademeleri · 4 kademeli analiz · 5 sıra tahkikleri · 6 gerekli çivi kuvveti · 7 kaplama, çivi talebi, katsayılar ve metraj · 8 ULS özeti · 9 SLS ve g.1/g.2 · 10 taban kabarması · 11 tabanda kayma · 12 nihai kaplama ve

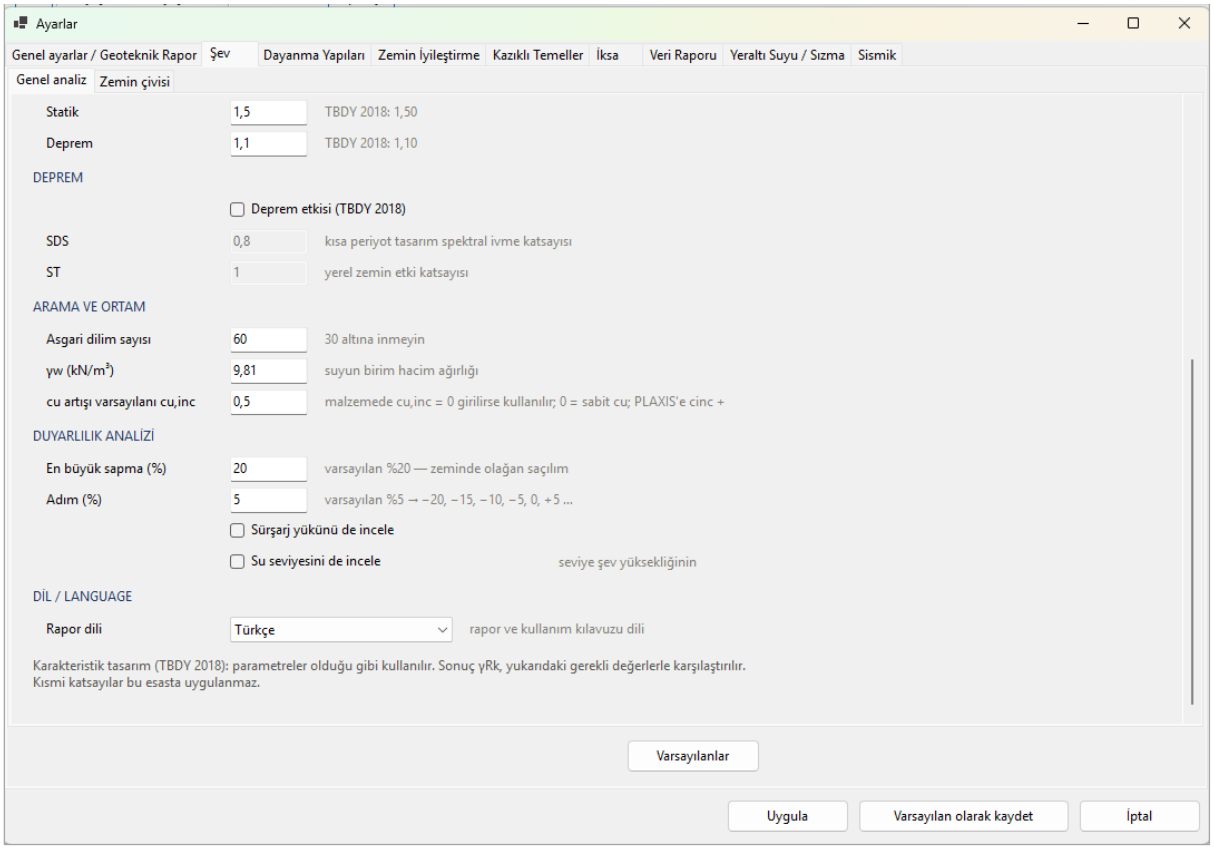
© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

saplamalar · 13 deney programı ve yükleme çizelgeleri · 14 deney değerlendirmesi · 15 tasarım notları ve drenaj · Sonuç. Sonuç, ULS özetinin bütün satırlarına ve SLS'ye bakar; tahkik edilemeyen bir kalem varsa "tasarım KESİNLEŞMEMİŞTİR" der.

- DXF paftası (A1) — kesit (nihai kazı yüzeyi, tabakalar, su, kaplama, çiviler, kademe kotları, palye kotları ve genişlikleri, belirleyen kayma yüzeyi; delgi gerçek ölçekte iki paralel çizgiyle, donatı eksen çizgisiyle çizilir, her çivinin etiketi — sıra, boy, eğim, delgi/donatı çapı — çivi doğrultusunda yazılır), görünüş (başlık plakaları gerçek ölçekte kare olarak, her sıra kendi S_h aralığıyla; palye kotları kesik çizgiyle; duvar uzunluğu girilmemişse tipik bölüm), çivi tablosu, analiz sonucu, 1/10 başlık detayı ve ortak antet. Paftada ayrıca CIVI-SLS katmanında D_{DEF} ölçüsü ve δ_h, kalıcı duvarda nihai kaplama yüzü, başlık detayında saplamalar ve sonuç tablosunda kabarma, SLS, hesap yaklaşımı (g.1/g.2), nihai kaplama ve genel hüküm satırları bulunur.
- PLAXIS betiği — model, malzemeler, zemin poligonları, kaplama, çiviler, sürşarj, su, mesh ve her kademeden türetilen Safety fazı (Bölüm 9.9); yalnız komutlar panoya kopyalanır, açıklamalı hâli ve türetilen değerlerin notları ayrı sekmededir.
- Şev çizimine aktar — nihai durum (çizgiler, tabaka alanları ve malzemeleri, su, sürşarj, çiviler) Şev çiziminin yerine yazılır; önce sorulur, Geri Al ile tek adımda dönülür. Çiviler nominal dirençlerle aktarılır. Aktarılan çizim düzenleme ve genel kontrol içindir; normal Şev analizi Bölüm 9.12'deki kuralları kullanmaz.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

10. Analiz



Şekil 14. Ayarlar penceresi, Şev › Genel analiz sekmesi: güvenlik katsayıları, deprem, arama ve duyarlılık analizi ayarları

10.1 Kayma yüzeyi üreteçleri

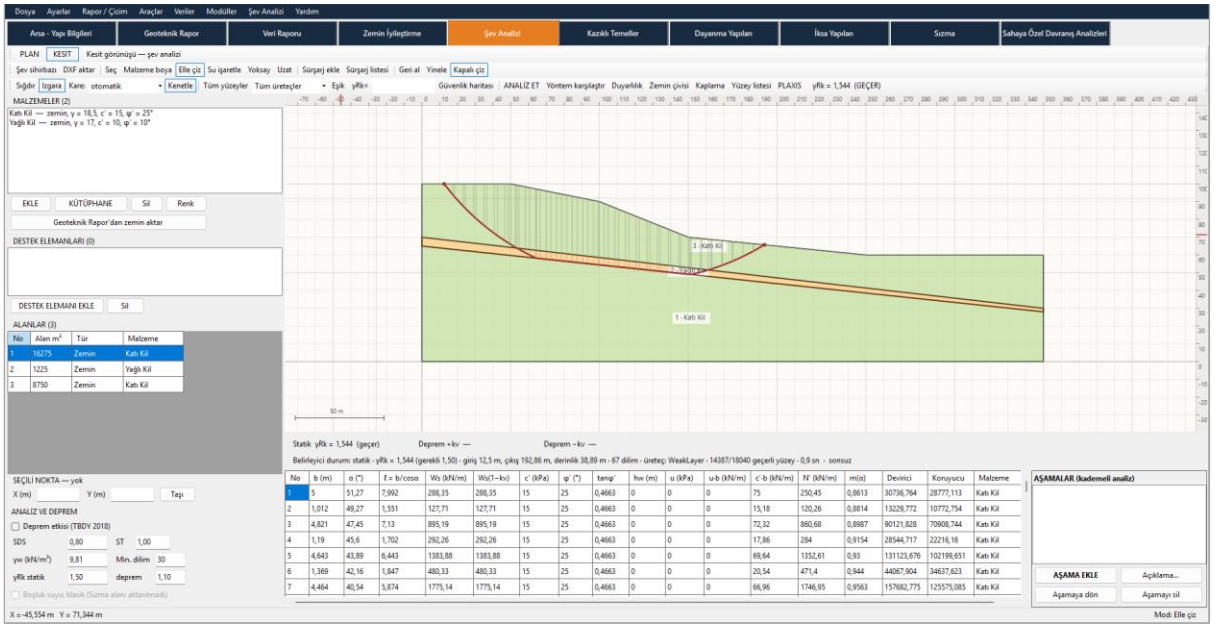
Program sekiz farklı geometrik aileden kayma yüzeyi üretir. Her aile farklı bir göçme biçimini temsil eder; hepsi taranır ve en kritik olan seçilir. Tek bir aileye güvenmek, o ailenin dışında kalan bir mekanizmanın gözden kaçması demektir.

Tablo 15. Kayma yüzeyi üreteçleri

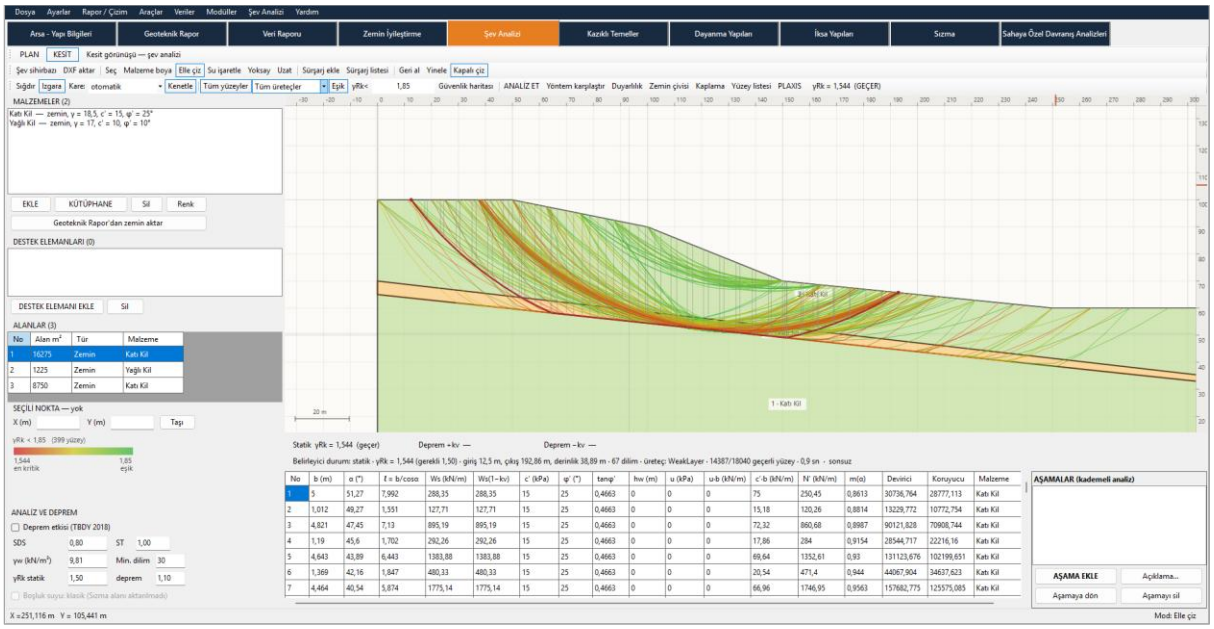
Üreteç	Ne zaman kritik olur
Dairesel — giriş/çıkış	Homojen zeminlerde en yaygın mekanizma
Dairesel — merkez ızgarası	Derin oturmalı mekanizmalar
Dairesel — üç noktalı	Arazi kırılma noktalarına oturan yüzeyler
Tabakaya teğet	Zayıf bir tabakanın üst yüzeyini yalayan yüzeyler
Kompozit	Sığ örtü altında sağlam ana kaya varsa
Zayıf seviye takipli	İnce ve düşük dayanımlı bir bant varsa
Kama (iki bloklu)	Düzlemsel zayıflık; kazık ucu etrafındaki dönme
Altını oyma	Zemin bir yapının altından sıyrılıp çıkarsa. Yüzey yapının alt kotunun hemen altından başlar; çıkış olarak arazi üzerindeki eşit aralıklı noktalar, arazinin köşe noktaları (kazı tabanı köşesi dahil) ve düşey yüzlerin ¼, ½, ¾ noktaları denenir; her giriş–çıkış çifti için düz kama ve aşağı sarkan yüzeyler üretilir.

Raporda yalnız üretilen mekanizmalar yer alır. Model geometrisi nedeniyle üretilemeyen aileler — örneğin ana kaya tanımlı değilse kompozit — listede görünmez. Bir ailenin listede olmaması, o mekanizmanın güvenli bulunduğu anlamına gelmez; hiç üretilmediği anlamına gelir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

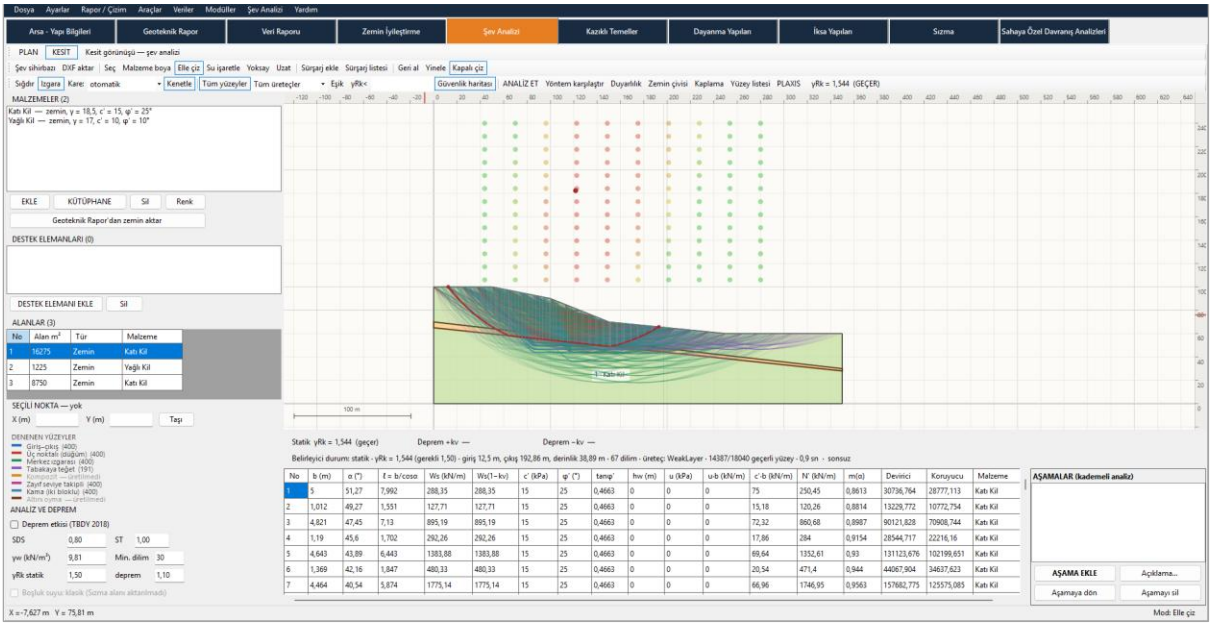


Şekil 15. Zayıf seviye takipli üreteçle bulunan kritik kayma yüzeyi ve dilim tablosu



Şekil 16. Tüm yüzeyler görünümü: değerlendirilen kayma yüzeylerinin güvenlik katsayısına göre renklendirilmesi

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 17. Güvenlik haritası: merkez ızgarası noktalarının güvenlik katsayısına göre renklendirilmesi

10.2 TBDY 2018 Denklem 16.30

Dairesel yüzeylerde yönetmeliğin öngördüğü moment denge denklemi kullanılır. Denklemin mantığı basittir: kayan kütleyi döndürmeye çalışan momentler ile buna direnen momentlerin oranı alınır.

$$\gamma_{Rk} = \Sigma \left[c'\cdot b + (W_s(1-k_v) - c'\cdot b\cdot \sin\alpha/\gamma_{Rk} - u\cdot b)\cdot \tan\varphi' / m(\alpha) \right] / \Sigma \left[W_s\cdot \sin\alpha + k_h\cdot W_s\cdot(\cos\alpha - H_c/R) \right]$$

$$m(\alpha) = \cos\alpha + \sin\alpha\cdot\tan\varphi' / \gamma_{Rk}$$

Denklem γ_{Rk}'yi hem solda hem sağda içerir ve bu yüzden yinelemeli olarak çözülür. Program bir başlangıç değerinden başlar ve yakınsayana kadar tekrarlar.

10.3 Diğer yöntemler

Poligonal (kırıklı) yüzeylerde moment dengesi tanımsızdır — dönme merkezi yoktur. Bu yüzeyler kuvvet dengesine dayanan Janbu yöntemiyle çözülür. Program yüzey şekline göre doğru yöntemi kendisi seçer. Genel limit denge (GLE) çözücüsü, dilimler arası kuvvetleri de hesaba katarak Bishop, Spencer ve Morgenstern–Price sonuçlarını üretir.

Ayarlar penceresinden belirli bir yöntem zorlanabilir. "Yalnız TBDY 2018" seçilirse poligonal yüzeyler taranmaz; rapor bunu açıkça belirtir.

10.4 Yükleme durumları

Deprem etkisi açıksa üç durum çözülür: statik, deprem $+k_v$ ve deprem $-k_v$. Düşey ivme yukarı ve aşağı yönde ayrı ayrı incelenir, çünkü hangisinin daha kritik olduğu geometriye bağlıdır ve önceden bilinemez.

Belirleyici durum, en düşük güvenlik katsayısına sahip olan değil, gerekli değere oranı en düşük olandır. Deprem durumunda gerekli değer daha düşük olduğundan bu ayrım önemlidir: statik durumda 1,60 çıkan bir kesit, deprem durumunda 1,20 çıksa bile daha rahattır.

Yatay ve düşey sözde-statik deprem katsayıları, TBDY 2018 esaslarına göre S_{DS} ve yerel zemin etki katsayısından türetilir; ayarlardan girilir ve raporda yazılır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

10.5 Aşamalı (kademeli) analiz

Analizden sonra sağ alt köşede AŞAMA EKLE düğmesi ve aşama listesi bulunur. Aşama, o andaki durumun dondurulmuş kopyasıdır: geometri, malzemeler, destek elemanları, kaplama, su, yükler, “Yoksay” ile işaretlenmiş (kazılmış) çizgiler ve analiz sonucu (güvenlik katsayısı, kritik yüzey ve görüntüsü) birlikte saklanır. Aşama eklenirken elle bir açıklama yazılır (örneğin “1. kazı: +2,00 kotuna kadar”).

Kazı ilerledikçe ya da yapı imal edildikçe model değiştirilir, yeniden analiz edilir ve yeni bir aşama eklenir. “Yoksay” ile işaretlenerek kazılan çizgiler aşamaya kaydedilir; hangi kazının hangi aşamada yapıldığı aşama listesinde ve raporda görülür.

Her aşama, kendi dondurulmuş kesitiyle ve normal analizdeki çözücü ve arama kurallarıyla ayrı ayrı çözülür. Aşamalar arasında gerilme ya da şekil değiştirme geçmişi taşınmaz; aşama sonuçları birbirinden bağımsızdır ve en zayıf aşamayı görmek için karşılaştırılır.

Aşama listesinde üç komut vardır: “Açıklama…” aşamanın açıklamasını değiştirir; “Aşamaya dön” aşamanın kesitini çalışma alanına yükler (çalışma alanının yerine geçtiği için önce sorulur); “Aşamayı sil” aşamayı listeden kaldırır. Aşamalar ana proje dosyasıyla birlikte saklanır; bir aşamanın içinde başka aşama saklanmaz.

Aşama eklenmişse iki ayrı rapor alınabilir: “Şev analizi raporu” yalnız güncel kesiti içerir; “Kademeli şev analizi raporu” her aşamayı ayrı bölüm olarak verir ve aşamaları karşılaştırır (Bölüm 15.1). Her aşamanın DXF çizimi de ayrı ayrı alınabilir (Bölüm 15.2).

10.6 Şev yüzü püskürtme beton kaplama

Çivisiz şev yüzünün püskürtme beton kabuğu Analiz araç çubuğundaki “Kaplama” düğmesiyle tanımlanır. Pencerede kaplamanın hesaba katılıp katılmayacağı, kalınlık [cm], beton sınıfı, hasır (Q221/221 ya da R257/131 biçiminde), kabuk altında drenaj (barbakan) bulunup bulunmadığı, yerel cep açıklığı [m] ve metraj için şev genişliği [m] girilir. Kaplama varsayılan olarak kapalıdır; kapalıyken hiçbir hesap, rapor ya da çizim değişmez. Zemin çivisi duvarının kaplaması bundan ayrıdır (Bölüm 9.7).

Kaplanacak yüz çizgi bazında belirlenir: şev yüzü çizgisine sağ tıklanıp “Bu çizgiye PÜSKÜRTME BETON kaplama tanımla…” seçilir; “Püskürtme beton kaplamayı bu çizgiden KALDIR” atamayı siler. Atanan çizgi ekranda turuncu kalın çizgi ve kalınlık etiketiyle gösterilir. Atama yapılmışsa yalnız atanan çizgiyle çakışan ve eğimi eşiği (varsayılan 15°) aşan zemin yüzeyi parçaları kaplanır; atama yoksa eğimi eşiği aşan bütün yüz kaplanır. Düz ya da yataya yakın bir çizgiye atama yapılırsa uyarı verilir; atama engellenmez.

Analizde kaplama yalnız ağırlık olarak girer (kalınlık × birim ağırlık; yüzey boyunca düşey yayılı yük). Kesme, aderans ya da çekme katkısı sayılmaz. Güvenlik katsayısı kaplamasız ve kaplamalı olarak yan yana verilir; kaplamalı değer hem kaplamasız kritik yüzeyde hem de kaplamalı modelin kendi kritik yüzeyinde sunulur. Böylece kaplama yükünün şeve katkısı ya da zararı görülür.

Kabuk ayrıca iki ön kontrolle denetlenir: (1) yüze paralel sığ kayma kamasının (0,5 m ve 1,0 m derinlik) gerektirdiği şerit kuvvetinin hasırın çekme ve betonun basınç kapasitesiyle karşılaştırılması; (2) kabuğun altında yerel cep oluştuğunda kabuğun eğilme ve kesme kontrolü (TS 500). Kabul edilen katsayılar ve formüller raporda yazılır. Kaplama etkinse rapor kaplama metrajını da verir ve DXF çizimine SEV_PUSKURTME_KAPLAMA katmanı eklenir.

10.7 Hesap yöntemi, kohezyon terimi ve uyarılar

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Analiz ayarlarındaki “Hesap yöntemi” listesi, her aday yüzeyin güvenlik katsayısını hesaplayan çözücüyü seçer: Otomatik (önerilen; dairesel yüzeyde TBDY 2018, poligonal yüzeyde Janbu), Yalnız TBDY 2018, Fellenius, Bishop basitleştirilmiş, Janbu basitleştirilmiş, Janbu düzeltilmiş, Spencer, Morgenstern–Price, Corps of Engineers ve Lowe–Karafiath. Yüzeyin şekli ise Bölüm 10.1’deki üreteçlerle belirlenir. Yöntem ile üreteç ayrı kavramlardır, ancak birbirini etkiler: seçilen yöntem bir yüzeyde yakınsamazsa o yüzey geçersiz sayılır; kullanıcıya bildirilmeden başka bir yönteme geçilmez. Bu nedenle yöntem değişince geçerli yüzey kümesi ve kritik yüzey de değişebilir.

Spencer ve Morgenstern–Price ile yapılan aramada dilimler arası kuvvetlerin kabul edilebilirliği ve sonucun aynı yüzeyin diğer yöntem sonuçlarına göre makul bir bant içinde kalması denetlenir; bu denetimi geçemeyen kök güvenilmez sayılıp elenir. Spencer ile çözülemeyen aday yüzeyler varsa sayıları ve bu yüzeylerin en düşük Bishop/Janbu değeri uyarı olarak yazılır; hüküm Spencer sonucuyla verilir, yedek yönteme geçilmez. İksa modülünün toptan göçme denetiminde Spencer’ın kök vermediği bina altı (altını oyma) kamaları Janbu düzeltilmiş ile değerlendirilir ve aynı yüzeyde Lowe–Karafiath ile [0,5; 2] bandında doğrulanırsa güvenlik katsayısına alınır; bu yedek Şev modülünde açılmaz.

Otomatik kipte dairesel yüzey TBDY 2018 ile, poligonal yüzey Janbu ile çözülür; bu iki sayı farklı çözücü ailelerinin ürünüdür. Program en iyi dairesel ve en iyi poligonal yüzeyi ayrıca Spencer ile çözer; sıra değişirse ya da iki sayı %10’dan fazla ayrışırsa sonuç satırına ve rapora uyarı yazar. Hüküm bu uyarıdan etkilenmez. Kritik mekanizmayı tek bir çözücü ailesiyle kontrol etmek için Spencer ya da Morgenstern–Price seçilmelidir. Kritik yüzeyin dilimlerinin yarısında ya da fazlasında efektif normal kuvvet negatifse (çekme bölgesi) yüzey elenmez, ancak uyarı yazılır.

Kohezyon terimi (Analiz ayarları) iki yazımdan biriyle uygulanır: TBDY 2018 (varsayılan; Denk. 16.30/16.31’deki yazım, b dilim genişliği) ya da klasik (Bishop; c’·l·cosα, l taban uzunluğu). Yatık şevlerde iki yazım birbirine yakındır; dilim tabanı dikleştikçe (dik kazı, dik kaya yüzü) TBDY yazımı kohezyonu daha az sayar ve aynı yüzeyde klasik yazımdan düşük güvenlik katsayısı verir (Tablo 23). Seçim rapor özetinde ve arama iletisinde yazılır; klasik seçildiğinde yönetmelikteki yazımdan farklı olduğu ve yönetmelik uyumunun kullanıcı kararı olduğu bildirilir. Yöntem karşılaştırması penceresi dairesel yüzeyde klasik Bishop değerini ayrıca bilgi satırı olarak gösterir; bu satır yöneten güvenlik katsayısını etkilemez.

10.8 Boşluk suyu: Sızma modülünden aktarım

Sızma modülünün u(x,y) alanı ana program aracılığıyla Şev’e aktarılmışsa Analiz ayarları panelinin altındaki “Boşluk suyu: Sızma u(x,y) alanını kullan” kutusu açılır. Aktarım yapılmamışsa kutu sönüktür ve “Boşluk suyu: klasik (Sızma alanı aktarılmadı)” yazar. Kutu işaretliyken dilim tabanındaki boşluk suyu basıncı, Sızma çözümünün üçgen ağı üzerinden doğrusal ara değerle okunur; alanın dışında kalan dilimlerde su çizgisine dayalı klasik hidrostatik basınç kullanılır. Emme (u < 0) varsayılan olarak sıfır alınır (güvenli taraf). Sızma ayarlarında “Şev’e emme aktarımı (u < 0)” kutusu açılmışsa Şev’de u_etkin = χ·u alınır: genel χ (χ ≈ tanϕb/tanϕ’) kutu açılınca 0,50 ile gelir; Sızma malzeme tablosunda “χ Şev” girilmiş malzemede o malzemenin χ’si kullanılır. χ = 0’da emme sıfır alınır (varsayılan kural). Emme aktarımı KULLANICI KABULÜ’dür. Kutu kapalıyken hesap klasik su çizgisi hesabıyla birebir aynıdır. Seçim ve alan ana proje dosyasıyla saklanır; rapor kullanılan alanı (düğüm ve üçgen sayısı, aktarım tarihi) yazar.

Ana programın Veriler menüsündeki “Sızma → Şev: Su Çizgisini Aktar…” komutu ise Şev’deki su çizgisini silip Sızma çözümünün serbest su yüzeyini (freatik çizgi) yazar; Geri Al ile dönülür. İki kesit yatayda %10’dan az örtüşüyorsa aktarım reddedilir.

10.9 Ayarları varsayılan olarak kaydetme

Ayarlar penceresindeki “Varsayılan olarak kaydet” düğmesi Şev sekmesinde analiz ayarlarını (güvenlik katsayıları, deprem, kısmi katsayılar, kohezyon terimi vb.), hesap yöntemini ve duyarlılık sınırlarını (en büyük sapma ve adım) %LocalAppData%\GeoteknikPro Studio\Ayarlar klasöründeki ayar dosyasına yazar; program Belgeler klasörüne

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

kendiliğinden yazmaz. Kaydedilen değerler yalnız yeni açılan projelere uygulanır; mevcut projelerin ayarları değişmez. Düğme diğer modüllerin ayar sayfalarında da bulunur.

10.10 Geri analiz

Geri analiz, göçmüş bir şevde bilinmeyen bir tabakanın drenajlı dayanım parametrelerini (c′ ve ϕ′) geri çıkarır. Analiz araç çubuğundaki “Geri analiz” düğmesi (“Zemin çivisi” düğmesinin yanında) “Geri analiz — şev” penceresini açar. Pencere kesitin bir kopyası üzerinde çalışır; “Malzemeye yaz” denmeden asıl model değişmez. Hesap arka planda yürür ve İptal ile durdurulabilir.

Önce “Bilinmeyen tabaka (diğerleri sabit):” listesinden malzeme seçilir; öteki tabakaların değerleri sabit kalır. İki kip vardır:

- “Kip 1 — giriş / çıkış noktalarını ben veririm”: göçme yüzeyinin “Giriş x [m]:” ve “Çıkış x [m]:” değerleri, istenirse “Derinlik ver [m]:” ile derinliği girilir. Bu uçlar için dairesel, kompozit, zayıf seviye takipli ve kama yüzeyleri taranır; hangi tipin kritik çıktığı raporlanır. Altını oyma ailesi bu kipte taranmaz.
- “Kip 2 — hiçbir şey girmem; global dairesel tarama”: yalnız dairesel yüzeylerle global arama yapılır; her ϕ′ için kritik yüzeyin uçları verilir. “Arama kalitesi (Kip 2):” Hızlı, Normal ya da Ayrıntılı seçilir.

“Aranan” grubunda iki seçenek vardır. “Taze göçme: c′ ve ϕ′ (c′–ϕ′ eğrisi)” her ϕ′ için şevin en düşük güvenlik katsayısını hedef değere eşitleyen c′′yü bulur. “Eski heyelan: rezidüel ϕ′r (c′ sabit, kPa):” c′′yü girilen değerde tutar ve rezidüel sürtünme açısını arar. “Hedef GK (alt / orta / üst):” varsayılan olarak 0,95 / 1,00 / 1,05’tir; “c′ üst sınırı [kPa]:” aramanın üst sınırıdır. Güvenlik katsayısı c′ ile tekdüze arttığı için c′ aralık daraltmayla bulunur; her nokta, aramanın kendi değerlendiricisiyle çözülür.

Sonuç iki sekmede gösterilir. “c′–ϕ′ grafiği” hedef güvenlik katsayılarının eğrilerini ve “Laboratuvar / korelasyon noktaları (grafiğe bindirilir)” tablosuna girilen noktaları gösterir. “Taranan kayma yüzeyleri” sekmesi taranan yüzeylerden bir örneği, zarfı ve kritik yüzeyi çizer (Kip 1’de giriş ve çıkış noktaları, Kip 2’de uç aralıkları). “Çifti seç” ile grafikten bir (c′, ϕ′) çifti seçilir; “Bu çiftle GK” bu çiftle şevin en düşük güvenlik katsayısını hesaplar; “Malzemeye yaz” onay alarak çifti bilinmeyen tabakaya yazar.

“Korelasyon bandı (isteğe bağlı)” grubundaki “Korelasyon bandı…” düğmesi, zemin ve deney girdilerinden Korelasyonlar modülünün c′ ve ϕ′ alt–üst aralığını hesaplar. “Grafiğe ve rapora bindir” işaretliyse bu aralık grafikte turuncu bir dikdörtgen olarak çizilir. Bant yalnız aralık verir, öneri vermez; program engellemez, yalnız uyarır.

“Rapor (Word)…” ayrı bir geri analiz raporu yazar: girdiler, sabit tabakalar, c′–ϕ′ grafiği ve tablosu, seçilen çift, laboratuvar noktaları, kritik yüzey ve uyarılar. Geri analiz sonucu proje dosyasında saklanır ve Şev analizi raporunda ayrı bir bölüm olarak da yer alır (Bölüm 15.1).

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

11. Tasarım Esasları

Program iki farklı esasa göre hesap yapabilir. Aralarındaki fark, güvenlik payının nerede tutulduğudur.

Tablo 16. Tasarım esasları

Esas	Nasıl çalışır	Beklenen
Karakteristik (TBDY 2018)	Parametreler olduğu gibi kullanılır; güvenlik payı gerekli değerde tutulur	statik 1,50 · deprem 1,10
Kısmi katsayılı (KDYY)	Etkiler artırılır, dirençler azaltılır; güvenlik payı katsayılardadır	1,00

İkisini birden uygulamak çift sayımdır

Yükleri 1,35 ile artırıp üstüne 1,50 beklemek etkin olarak 2,03 talep eder; bu, hiçbir yönetmelikte bulunmayan aşırı bir koşuldur. Program bu ayrımı otomatik yapar ve hangi esasa göre hesap yapıldığını raporda yazar.

Tasarım esası ve kısmi katsayılar ana proje dosyasıyla kaydedilir.

Ayarlar menüsü Görünüm ile Analiz arasındadır ve ayarlar penceresi iki sekmelidir: “Genel analiz” ve “Zemin çivisi”. Genel analizde tasarım yönetmeliği ayrıca seçilmez; tasarım esasından türer ve salt okunur gösterilir: karakteristik esas → TBDY 2018, kısmi katsayılı esas → KDYY 2026 (Tablo 2.1). Zemin çivisinin yönetmeliği kendi sekmesinde seçilir (Bölüm 9.1).

Tasarım yönetmeliği seçimi bütün modüllerde aynı kurala uyar: yalnız programda uygulanmış (Etkin) yönetmelikler seçilebilir. Henüz uygulanmamış yönetmelikler gri görünür ve yanında “Bu sürümde kullanılamaz.” notu yazar. FHWA GEC-7 için Bölüm 7, Bölüm 9, Ek A, Ek C; EN 1997-1 için metin ve ulusal ek). Kaynağı olmayan bir yönetmeliğin hiçbir katsayısı programa yazılmaz. Önceki sürümlerle kaydedilmiş projeler açılabilir; yönetmelik seçimi rapora yazılır.

11.1 KDYY Tablo 2.1 katsayıları

Tablo 17. KDYY Tablo 2.1 kısmi katsayıları

Katsayı	Açıklama	Değer
$\gamma_{G,dst}$	Sabit etki, güvenliği azaltıcı	1,35
$\gamma_{G,stb}$	Sabit etki, koruyucu	1,00
$\gamma_{Q,dst}$	Değişken etki, güvenliği azaltıcı	1,50
$\gamma_{Q,stb}$	Değişken etki, koruyucu — koruyucuya güvenilmez	0
γ_{c}', γ_{ϕ}	Malzeme katsayıları (DA-2’de indirgeme yok)	1,00
γ_{Re}	Zemin direnci	1,10

11.2 Tek kaynak varsayımı

Kayan kütlenin ağırlığı hem devirici hem koruyucu etki üretir: taban açısının işareti değiştiği yerde etkinin yönü de değişir. Bir yanda kalan dilimler kaymayı tetiklerken diğerinde kalanlar duraylılığı korur.

Tek kaynak varsayımı, aynı kaynaktan gelen ağırlığın tamamına aynı katsayının uygulanmasıdır; gerekçesi, aynı kaynağın farklı kısımlarına farklı katsayı uygulamanın tutarsız olduğudur. Ancak bu varsayım güvenlik sayısını yaklaşık %10 daha büyük hesaplar. KDYY Tasarım El Kitabı 9.1.1, varsayım kullanılmadan yapılacak hesapların KDYY esaslarına daha uygun olacağını belirtir; programda varsayılan kapalıdır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

12. Sonuçların Okunması

12.1 Dilim tablosu

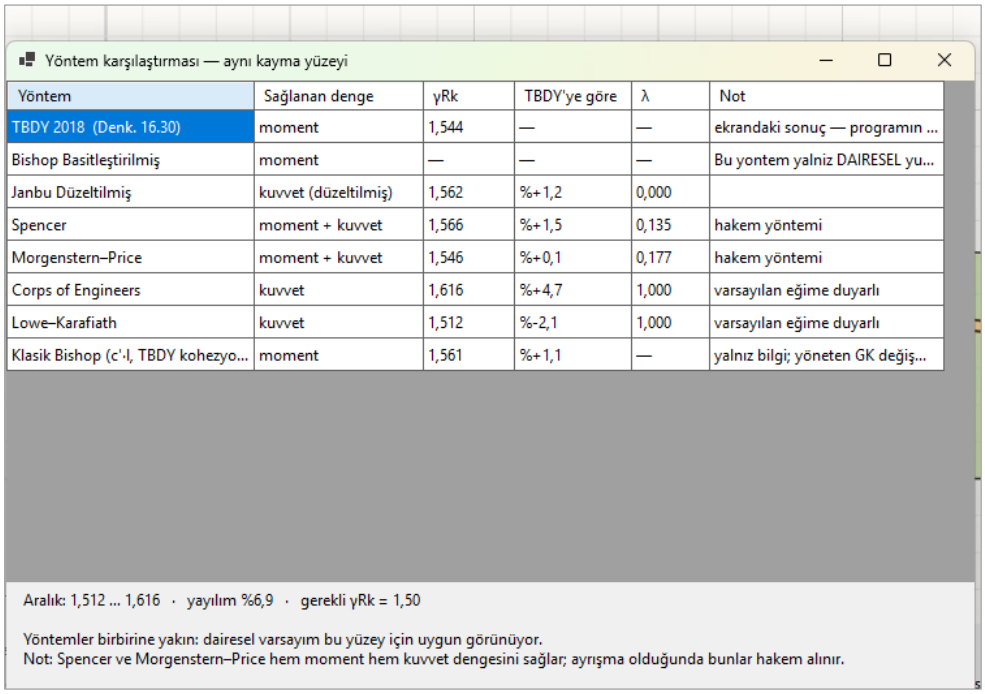
Analiz sonrası alt bölümdeki tablo, kritik yüzeye ait her dilimin bütün büyüklüklerini gösterir. Amaç hesabın elle izlenebilmesidir: en alttaki toplam satırında Σkoruyucu / Σdevirici bölmesini kullanıcı kendisi yapıp γ_{Rk}'yi doğrulayabilir. Bir hesap, elle takip edilebildiği ölçüde denetlenebilirdir.

Poligonal yüzeylerde m(α) ve moment terimleri boştur, çünkü o yüzeylerde moment dengesi tanımsızdır. Geometri ve dayanım terimleri geçerliliğini korur.

12.2 Yöntem karşılaştırması

Kritik yüzey bir yöntemle bulunur; aynı yüzey bütün yöntemlerle yeniden çözülür. Yöntemlerin birbirine yakınsaması sonucun sağlamlığını gösterir. Sağlam bir dairesel yüzeyde Bishop ile Spencer binde birkaç farkla aynıdır. %25'i aşan bir saçılım, yüzeyin ya da modelin sorgulanması gerektiğine işarettir ve program bu durumda uyarır.

Pencerenin ilk satırı seçili çözücünün adını taşır. Bir yöntemin sonucu aynı yüzeyin diğer yöntemlerinin oluşturduğu makul bandın dışında kalırsa güvenilmez sayılıp elenir ve satırda nedeni yazılır. Yakınsamayan yöntem için "yakınsadı" yazılmaz; satırda "kesişmedi" ya da "bu yüzey tipinde uygulanamaz" gibi gerçek durum belirtilir. Dairesel yüzeyde klasik Bishop satırı bilgi olarak eklenir (Bölüm 10.7).

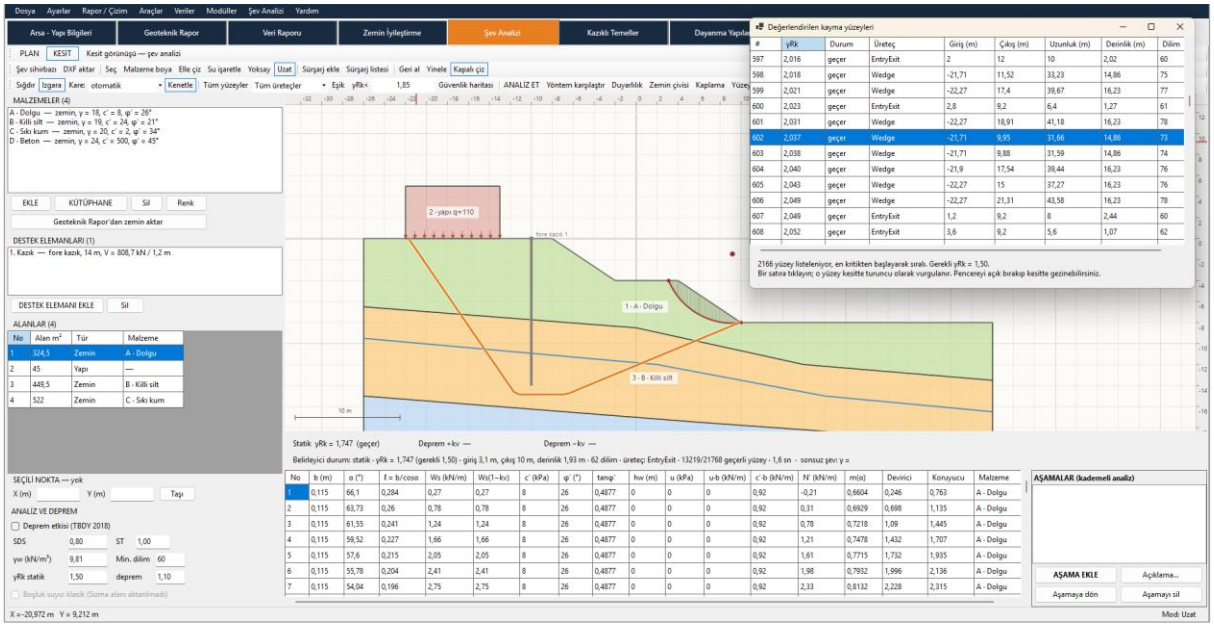


Şekil 18. Yöntem karşılaştırması penceresi: aynı kayma yüzeyi için yöntemlerin sonuçları ve klasik Bishop bilgi satırı

12.3 Topuktan ve toptan göçme

Kayma yüzeyleri, çıkış noktasının şev topuğuna göre konumuna bakılarak iki gruba ayrılır. Birçok dayanma yapısında topuktan göçme toptan göçmeden çok daha kritiktir; KDYY 9.2.1 ikisinin ayrı ayrı incelenmesini ister ve rapor ikisini ayrı verir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.



Şekil 19. Değerlendirilen kayma yüzeyleri penceresi: yüzey listesi ve seçilen yüzeyin kesitte vurgulanması

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

13. Duyarlılık Analizi

Bir raporun en zayıf noktası zemin parametrelerinin belirsizliğidir. Tek bir γ_{Rk} vermek, o parametrelerin kesin bilindiği izlenimini yaratır. Oysa c’ ve ϕ’ deneylerden türetilir ve her ikisinde de saçılım vardır.

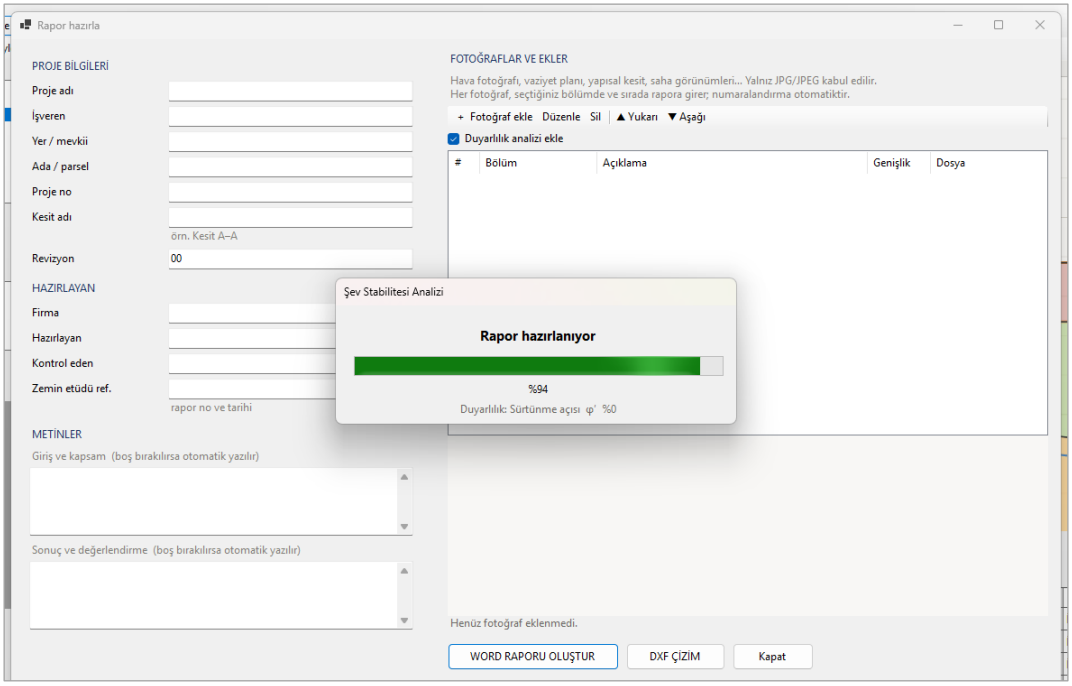
Duyarlılığı göstermek sonucu zayıflatmaz; belirsizliği açıkça ortaya koyar. Okuyucu hangi parametrenin belirleyici olduğunu ve ne kadar güvenle konuşabileceğini görür.

Her parametre tek başına değiştirilir, diğerleri sabit tutulur. Her değişiklikte kritik yüzey yeniden aranır, çünkü parametre değişince kritik yüzeyin yeri de değişebilir; eski yüzeyi yeni parametrelerle çözmek duyarlılığı olduğundan küçük gösterirdi.

Sapma sınırları ayarlardan belirlenir. Varsayılan en büyük sapma %20, adım %5’tir; bu, zemin parametrelerinde olağan bir saçılıma karşılık gelir.



Şekil 20. Duyarlılık analizi penceresi: parametre sapmasına göre güvenlik katsayısının değişimi



Şekil 21. Rapor hazırla penceresi: “Duyarlılık analizi ekle” seçeneği ve rapor hazırlanırken yürüyen duyarlılık taraması

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

14. Doğrulama

Bu modülün hesapları bağımsız doğrulama örnekleri ve el hesaplarıyla kontrol edilmiştir. Doğrulama üç tür dayanağa oturur: referans şev analizi raporlarının dilim dilim sayıları, bağımsız çözümlerle (sonlu eleman, kapalı çözüm, sınır çözümü) karşılaştırma ve iç tutarlılık kuralları. Bu bölümde karşılaştırmalar tablolar hâlinde verilmiş, bilinen farklar ayrıca belirtilmiştir.

Tablo 18. Doğrulamanın dayanakları

Dayanak	Kapsamı
Referans şev analizi raporu	Dilim genişliği, taban açısı, dilim alanı ve yineleme adımları sayı sayı karşılaştırılır; geometri, dilimleme kuralları ve denklem ayrı ayrı kontrol edilir.
Sonlu eleman karşılaştırması	Kesme kapasiteli kazıkla desteklenmiş bir kazı kesiti, bağımsız bir sonlu eleman çözümüyle karşılaştırılır; fark %2 mertebesindedir ve sonucun kapasiteyle monoton artıp doyduğu denetlenir.
İç tutarlılık kontrolleri	Alan kurulumu, düğüm düzenleme, rijit blok davranışı, kama ve kompozit üreteçler, eşyükselti çözücüsü, sürşarj aktarımı, simetri ve DXF üretimi; bina (yapı alanı) yükü, devirici momentin işareti, Sızma'dan emme aktarımı, DXF planı ve geri analiz.

Doğrulama neyi söyler, neyi söylemez

Doğrulama, programın kendi kurallarına ve referans sayılara uyduğunu gösterir. Bir sahanın zemin parametrelerinin doğru seçildiğini ya da modelin o sahayı temsil ettiğini göstermez; bunlar mühendisin sorumluluğundadır.

14.1 Referans şev analizi raporlarıyla karşılaştırma

Program, iki referans şev analizi raporunun sayılarıyla karşılaştırılır. Birincisi 31 dilimli dairesel bir kesittir; ikincisi su, sürşarj ve deprem içeren 35 dilimli kesittir. Dilim genişliği, taban açısı, dilim alanı, ağırlık, boşluk suyu ve yineleme adımları sayı sayı denetlenir. Karşılaştırmada ayrıca program dilimlemeyi ham geometriden başlayarak kendisi yapar (uçtan uca) ve yüzey aramasının raporun kritik yüzeyine eşit ya da daha kritik yüzey bulup bulmadığına bakılır.

Tablo 19. Referans raporlarla karşılaştırma (γ_{Rk})

Karşılaştırma	Büyüklük	Referans	Program	Fark
Rapor-1, TBDY Denk. 16.30 yinelemesi (rapor dilimleriyle)	Yineleme 1 / 2 / 3 / 4	1,742 / 1,581 / 1,565 / 1,563	1,7425 / 1,5812 / 1,5646 / 1,5628	En çok 0,0005; 4/4 yineleme eşleşti
Rapor-1, toplam kuvvetler	Devirici / koruyucu toplam	0,8910 / 1,3930	0,8914 / 1,3929	0,0004 / 0,0001
Rapor-1, ham geometriden uçtan uca (çember-1)	γ_{Rk}; dilim sayısı	1,563; 31	1,5635; 31	%0,03
Rapor-1, ham geometriden uçtan uca (çember-2)	γ_{Rk}; dilim sayısı	1,563; 31	1,5632; 31	%0,01
Rapor-2, formül (su, sürşarj, deprem) statik	γ_{Rk}	2,351	2,3512	0,0002
Rapor-2, formül, deprem $+k_v$	γ_{Rk}	1,555	1,5554	0,0004
Rapor-2, formül, deprem $-k_v$	γ_{Rk}	1,535	1,5350	0,0000
Rapor-2, 35 dilim uçtan uca (statik)	γ_{Rk}; devirici; koruyucu	2,351; 16,607; 39,047	2,3511; 16,6068; 39,0437	%0,00
Rapor-2, yüzey araması (statik)	γ_{Rk}	2,351	2,350	%0,04
Rapor-2, yüzey araması (deprem $+k_v$)	γ_{Rk}	1,555	1,555	%0,00

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Karşılaştırma	Büyüklük	Referans	Program	Fark
Rapor-2, yüzey araması (deprem −k_v)	γ_{Rk}	1,535	1,533	−%0,13

Bütün satırlar kabul ölçütü içindedir. Yüzey aramasında programın bulduğu kritik çember raporunkinden küçük farklarla ayrışır (statik durumda merkez ve yarıçap farklıdır); güvenlik katsayıları ise 0,002 içinde ve program raporunkine eşit ya da daha kritiktir. Deprem satırlarındaki uçtan uca dilim karşılaştırması statik kritik çember üzerinde yapılmıştır; raporun deprem kritik çemberleri (yarıçap 8,614 m ve 9,315 m) yüzey araması karşılaştırmasında kullanılmıştır.

14.2 Çözücülerin birbiriyle ve klasik çözümle karşılaştırması

Aynı dairesel yüzey bütün çözücülerle çözülür. Sonuçlar Tablo 20'dadır. Doğrulanmış klasik Bishop değeri 2,6365'tir; GLE içindeki Bishop çözümüyle farkı 0,0022'dir (ölçüt 0,01).

Tablo 20. Aynı yüzeyde çözücülerin karşılaştırılması

Yöntem	Denge	γ_{Rk}	GLE-Bishop'a göre fark
Fellenius (Ordinary)	Moment	2,4202	−%8,3
Bishop basitleştirilmiş	Moment	2,6387	—
Janbu basitleştirilmiş	Kuvvet	2,3151	−%12,3
Janbu düzeltilmiş	Kuvvet (düzeltilmiş)	2,5134	−%4,7
Spencer	Moment + kuvvet	2,6335	−%0,2
Morgenstern–Price	Moment + kuvvet	2,6334	−%0,2
Corps of Engineers	Kuvvet	2,8023	+%6,2
Lowe–Karafiath	Kuvvet	Yakınsamadı	—

Beklenen sıralar sağlanmıştır: Fellenius Bishop'tan düşüktür, Janbu düzeltilmiş Janbu basitleştirilmişten yüksektir, Spencer ve Morgenstern–Price Bishop'la binde birkaç farkla (%0,20; ölçüt %3) örtüşür. Dairesel olmayan yüzeyde Bishop reddedilir. Homojen zeminde dairesel yüzey kamadan daha kritik çıkar (dairesel 1,087; kama 1,359); kuvvet dengesi yöntemlerinde yakınsama oranı Janbu basitleştirilmiş ve düzeltilmiş için %100, Corps of Engineers için %64,7'dir. Bu yüzeyde Corps of Engineers 2,8023 vermiş, Lowe–Karafiath yakınsamamıştır.

Tablo 21. TBDY çözücüsü (klasik terim) ile GLE-Bishop karşılaştırması

Durum	TBDY çözücüsü (klasik terim)	GLE-Bishop	Fark
Karakteristik, statik	2,6365	2,6387	0,0022
Karakteristik, deprem +k_v	1,8340	1,8355	0,0014
Karakteristik, deprem −k_v	1,7503	1,7517	0,0014
Kısmi katsayılı, statik	1,8461	1,8476	0,0015
Kısmi katsayılı, deprem +k_v	1,4241	1,4253	0,0011

İki çözücü cebirsel olarak özdeştir; fark yalnız kiriş/yay ayrıklaştırmasından gelir (ölçüt 0,01). Kısmi katsayılı esasta güvenlik katsayıları karakteristik esasa göre düşüktür (statik 1,8461 < 2,6365; deprem 1,4241 < 1,8340).

Tablo 22. Poligonal yüzeyin dairesel eşdeğeriyle karşılaştırılması (Janbu)

Poligon nokta sayısı	Poligonal Janbu	Dairesel Janbu (1,7219) ile fark
8	1,7277	0,0058

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Poligon nokta sayısı	Poligonal Janbu	Dairesel Janbu (1,7219) ile fark
16	1,7232	0,0013
32	1,7221	0,0001
64	1,7217	0,0002

Nokta sayısı arttıkça poligonal çözüm dairesel çözüme yakınsar (64 noktada fark 0,0002; ölçüt 0,005). Aynı yüzeyde Spencer sonucu dairesel 1,8311, poligonal 1,8310'dur (sapma %0,00; ölçüt %0,5). Bishop basitleştirilmiş ve Fellenius poligonal yüzeyde reddedilir.

Tablo 23. Kohezyon terimi: TBDY 2018 yazımı ile klasik Bishop

c′ (t/m²)	TBDY 2018	Klasik Bishop	Klasik yazımın farkı
0,000	0,838	0,838	%0,0
0,306	1,563	1,720	%9,1
1,000	3,190	3,746	%14,8
3,000	7,870	9,623	%18,2

Referans rapor-1 kesitinde (ϕ′ = 21°) kohezyonsuz zeminde iki yazım özdeştir; kohezyon arttıkça TBDY yazımı güvenli tarafta kalır. Fark dilim tabanı dikleştikçe büyür: düşey yüzlü 8 m'lik kazıda (c′ = 30 kPa, ϕ′ = 26°) aynı kritik yüzeyde TBDY yazımı 0,46, klasik terim 1,59 vermiştir (Culmann düzlemi 1,18; ayrı bir yüzeydir). Bu nedenle kohezyon terimi ayarı vardır (Bölüm 10.7) ve zemin çivili duvarda TBDY Denk. 16.30 kullanılmaz (Bölüm 9.12).

14.3 Bağımsız çözümlerle karşılaştırma

Kesme kapasiteli kazıkla desteklenmiş 5 m'lik kazı kesiti (kazık Ø65 cm, aralık 90 cm, boy 12 m, sürşarj 15 kPa) bağımsız bir sonlu eleman çözümüyle (PLAXIS) karşılaştırılır. Bağımsız kaynakların değerleri PLAXIS 2,351, Janbu 2,416 ve Bishop 2,908'dir; kabul ölçütü PLAXIS'ten %10 içinde kalmak, kapasiteyle monoton artmak ve çok büyük kapasitede doymaktır.

Tablo 24. Kesme kapasiteli kazık: kapasiteye duyarlılık

Kazık kesme kapasitesi (kN)	Metre başına (kN/m)	γ_{Rk} (program)	Referans	Fark
0	0	0,234	—	—
100	111	1,525	—	—
233	259	2,306	2,351 (PLAXIS)	−%1,9
400	444	2,939	—	—
800	889	3,279	—	—

Program kapasiteyle monoton artar, 400 kN'dan sonra doyar (800 kN'da 3,279) ve kapasitesiz hâlde 1,0'ın altındadır. 233 kN için PLAXIS'e farkı %1,9'dur; ölçütün altındadır.

Tablo 25. Zemin çivili düşey kazı ve düzlem blok: kapalı çözümlerle karşılaştırma

Karşılaştırma	Referans	Program	Fark
Düşey kazı H = 4 m, c′ = 20 kPa	Chen (1975) 1,414	Morgenstern–Price 1,432	+%1,3
Düşey kazı H = 8 m, c′ = 30 kPa	Chen (1975) 1,144	Morgenstern–Price 1,159	+%1,3
Düzlem blok: 2 açı × {çatlaksız, kuru çatlak, su dolu çatlak, çivili, çivili + su dolu}, 10 vaka	Kapalı çözüm	Janbu = Spencer = Morgenstern–Price	< %0,01

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Chen (1975) çözümü düşey kazının log-spiral üst sınırıdır; programın sonucu ona %1,3 üstten yaklaşır. Bu satırlar KDYY/FHWA esaslı zemin çivisi çözümünün (Bölüm 9.12) doğrulamasıdır. KDYY P20 örnek projesiyle karşılaştırma Tablo 14'te (Bölüm 9.10) verilmiştir.

14.4 İç tutarlılık kontrolleri

Alan kurulumu, düğüm düzenleme, rijit blok davranışı, kama ve kompozit üreteçler, eşyükselti çözücüsü, sürşarj aktarımı, simetri, DXF üretimi, yapı yükü, devirici momentin işareti, Sızma'dan emme aktarımı, DXF planı ve geri analiz için yapılan iç tutarlılık kontrolleri, bağımsız doğrulama örnekleri ve el hesaplarıyla desteklenmiştir.

14.5 Bilinen farklar ve sınırlamalar

Aşağıdaki karşılaştırma, aynı çözücüleri Dayanma Yapıları modülünün toptan göçme denetiminde, tek bir kesit (tek tabakalı taş duvar, H = 4 m) için PLAXIS (ϕ–c indirgeme) sonucu 1,56 ile karşılaştırır. Fark yalnız bu kesit için ölçülmüştür.

Tablo 26. Toptan göçme: yöntemlerin PLAXIS (1,56) ile karşılaştırması (tek kesit)

Yöntem	γ_{Rk}	PLAXIS 1,56'ya göre
Spencer (belirleyici)	1,46	−%6,4
TBDY 16.30 (dairesel)	1,44	−%7,7
Janbu düzeltilmiş	1,292	−%17,2
Janbu basitleştirilmiş	1,224	−%21,5

PLAXIS'te kayma mekanizması kama/blok biçimindedir. Spencer, güvenli tarafta kalarak PLAXIS'e en yakın yöntemdir; üst ucu dik olan bir yüzeyde (taban açısı 67°–78°) Janbu'nun düşük çıkması beklenen davranıştır. Başka kesitlerde PLAXIS karşılaştırması yapılmamıştır.

Karşılaştırılmayan konular: zemin çivili duvarın toptan güvenlik katsayısı FHWA GEC-7'nin çözümlü örneğiyle ya da PLAXIS ile karşılaştırılmamıştır; KDYY P20 örneği iç tahkikleri kapsar ve toptan güvenlik katsayısı vermez. Kama üretecinin sonuçları için iki bloklu kuvvet dengesinin bağımsız bir elle karşılaştırması da henüz yapılmamıştır. Bu alanlarda sonuç, kullanıcının kendi bağımsız denetimiyle desteklenmelidir.

15. Rapor ve Çizim

15.1 Word raporu

Rapor menüsündeki "Şev analizi raporu…" komutu rapor ekranını açar. Solda proje bilgileri, sağda fotoğraf yönetimi bulunur. Yalnız JPG/JPEG biçimi kabul edilir; her fotoğrafa şekil açıklaması, rapor bölümü ve sayfa genişliği atanır.

Rapor kapak, içindekiler, şekil ve tablo listeleri, simgeler ve bölümlerden oluşur. Şekil ve tablo numaraları Word'ün kendi alan mekanizmasıyla üretilir; belgeyi açtıktan sonra Ctrl+A → F9 ile listeler güncellenir. Geri analiz yapılmışsa Şev analizi raporuna "Geri analiz" bölümü eklenir (Bölüm 10.10).

Ana programda Rapor ve Çizim ayrı alt menülerdir. Şev için Rapor menüsünde iki komut bulunur: "Şev analizi raporu…" yalnız güncel kesitin Word raporunu hazırlar. "Kademeli şev analizi raporu…" aşama eklenmiş projelerde kendi düzenini kullanır: kapak (Kademeli Şev Stabilitesi Raporu), giriş, imalat kademeleri (tablo ve kazılan çizgiler), zemin, hesap yöntemi, her aşama için ayrı tam bölüm (genel bakış, yükleme durumları, mekanizmalar, yöntem karşılaştırması, notlar ve belirleyici durumun dilim tablosu), kademelerin karşılaştırılması,

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

sonuç ve kaynaklar. Rapor hazırlanırken her aşama kendi kayıtlı kesitinden bağımsız olarak yeniden çözülür; aşama sayısına göre süre uzayabilir ve ilerleme penceresi gösterilir. Dilim tablosu yalnız belirleyici yükleme durumu için verilir. Aşaması olmayan bir projede kademeli rapor için önce aşama eklenmelidir (Bölüm 10.5).

15.2 DXF çizimi

Kesit, katmanlara ayrılmış bir AutoCAD çizimi olarak dışa aktarılır. On temel katman şunlardır: arazi, tabakalar, yapılar, rijit bloklar, su, destek elemanları, kayma yüzeyi, dilimler, etiketler ve çerçeve. Koşula bağlı ek katmanlar (örneğin püskürtme beton kaplama, kazı ölçüleri, plan katmanları) gerektiğinde eklenir. Çizimin altına malzeme parametreleri tablosu konur.

Dilimlere numara verilmez. Çizimin amacı elle doğrulamadır; kullanıcı denetlemek istediği dilimi kendisi seçip numaralandırır.

Çizimler Çizim menüsündeki “Çizim al (DXF)…” komutuyla alınır; pencerede üç seçenek vardır: güncel kesit (kritik kayma yüzeyi ve dilimlerle), A1 paftası ve her aşama için ayrı DXF. Aşama çizimleri seçilen klasöre ASAMA_01_…, ASAMA_02_… adıyla yazılır (aynı ad çıkarsa _2, _3 eklenir). Her aşama kendi kesitiyle (kazılmış çizgiler çıkarılmış) yeniden çözülür, kritik yüzeyi çizilir ve başlıkta aşama numarası ile açıklaması yazılır. Kaplama atanmışsa çizimde SEV_PUSKURTME_KAPLAMA katmanı yer alır (Bölüm 10.6). A1 paftasında ölçek standart seriden seçilir (1/50, 1/100, 1/200, 1/500, 1/1000; en büyük 1/50). Kesit 1/1000’de bile A1’e sığmıyorsa ölçek değişmez, kâğıt büyür.

“Çizim al” penceresinde ayrıca “Plan kuzey yönü [°] (0 = yukarı, saat yönünde +):” kutusu bulunur; değer projeyle saklanır ve plan çizimindeki kuzey oku bu açıya göre döner. Kesit eşyükselti eğrilerinden alındıysa çizimin yanındaki plan çerçevesinde kritik kayma yüzeyinin giriş–çıkış aralığı, kesit çizgisi üzerinde kalın bir çizgiyle SEV-GOCME-BOLGESI katmanına çizilir: güvenlik katsayısı gerekli değeri sağlıyorsa yeşil, sağlamıyorsa kırmızıdır. Altına “Olası göçme bölgesi (kritik kayma yüzeyi giriş–çıkış)” lejantı, renk açıklaması ve kesitin GS’si yazılır; analiz yoksa ya da güncel değilse bölge çizilmez. Kesit uçları kesit adıyla (örneğin K5 ve K5’) kesitte ve planda adlanır. Göçme bölgesi ve lejant A1 paftasında da bulunur.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

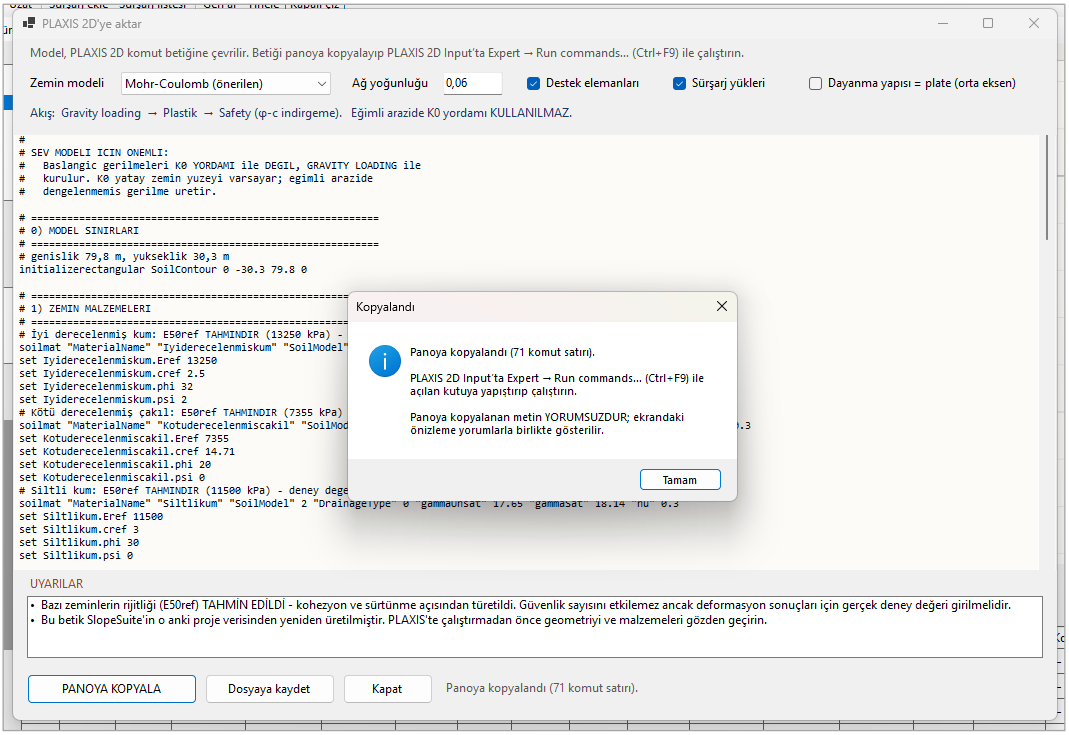
16. PLAXIS 2D Aktarımı

Model, PLAXIS 2D komut betiğine çevrilebilir. PLAXIS düğmesi betiği üretir ve panoya kopyalar; PLAXIS 2D Input'ta Expert → Run commands… ile yapıştırılıp çalıştırılır.

Rijitlik tahmin edilmez. Betiğe yalnız bir alana atanmış (kullanılan) zeminler yazılır. Bunlardan E ya da v'sü eksik olan her tabaka, aktarım başlarken bir pencerede adı ve drenaj durumuyla (drenajlı / drenajsız) sorulur. Tamam denirse girilen değerler projeye yazılır ve aktarım sürer; İptal aktarımı durdurur. Boş kalan bir tabaka betiğin üretilmesini durdurur ve sebep, tabaka adıyla uyarı listesine yazılır.

Mohr-Coulomb modelinde kullanıcının E'si (E_{ref}) ve v'sü kullanılır. Hardening Soil modelinde $E_{50}^{ref} = E_{oed}^{ref} = E_{oed}$, $E_{ur}^{ref} = 3 \cdot E_{oed}$, üs m = 0,5 (c ≤ 3 kPa) ya da 0,8 (diğer; drenajsız tabakada c yerine c_u), ν_{ur} = 0,2 ve ψ = max(0; ϕ − 30°) alınır. E_{oed} ya girilir ya da İksa modülündeki bağıntıyla türetilir: $E_{oed} = E \cdot (1 - \nu) / ((1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu))$; ν en çok 0,49'da kırpılır. Ön izleme hangisinin kullanıldığını yazar.

Ankraj ve çivi davranışı nesne adıyla (EmbeddedBeamRow_N) atanır; su çizgisi _setglobalwaterlevel komutuyla InitialPhase'e bağlanır. PLAXIS'te doğrulanmamış satırlar önizlemede "% DOĞRULANMADI" diye işaretlidir.



Şekil 22. PLAXIS 2D'ye aktar penceresi: zemin modeli seçimi ve betik önizlemesi

16.1 Şev modeli için önemli farklar

- Başlangıç gerilmeleri K_0 yordamıyla değil Gravity loading ile kurulur. K_0 yatay zemin yüzeyi varsayar ve eğimli arazide dengelenmemiş gerilme üretir.
- Akış: Gravity loading → Plastik → Safety (ϕ–c indirgeme).
- Dayanma yapıları perde değil beton kütle olarak aktarılır; rijit blok kabulünün sonlu eleman karşılığı budur.
- Yapılar kendi ağırlıklarıyla değil, temel taban kotundaki sürşarj olarak aktarılır. Bodrum hacmi ayrı bir alan olarak çizilir ve devre dışı bırakılır. Gömülü yapıya temel plakası, iki yan perde ve üst bağlantı kirişi plate olarak eklenir; arazide oturan yapıya yalnız temel plakası eklenir. Ayak izinde arazi yapı tabanı olduğundan (Bölüm 7.4) yan perde kotları ayak izinin hemen dışından okunur.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

Betiğin PLAXIS'te doğrulanmamış bölümleri önizlemede ve uyarı listesinde açıkça işaretlenir. Çalıştırmadan önce geometri ve malzemeler gözden geçirilmelidir.

17. Dikkat Edilecek Noktalar

Şu durumlar sık karşılaşılan ve sonucu yanlış yorumlamaya yol açabilen hâllerdir.

17.1 Model kurarken

- DXF biriminin yanlış seçilmesi yalnız görüntüyü değil sonucu bozar; kohezyon uzunlukla doğrusal, ağırlık uzunluğun karesiyle ölçeklenir.
- Eşyükselti yolunda kesit çizgisinin en dik iniş doğrultusundan sapması sonucu güvensiz yönde etkiler: eğik kesit şevi yatık gösterir. Program sapmayı ölçer ve yirmi dereceyi aşarsa uyarır.
- Eşyükselti yolunda kesit uçlarının ötesi düz uzatılır. Kritik yüzey bu bölgeye taşıyorsa kesit çizgisi uzatılmalıdır.
- Kapanmamış köşeler alanların oluşmamasına yol açar; kırmızı çarpılar görmezden gelinmemeli, "Uzat" komutuyla ya da elle kapatılmalıdır.
- Birbirine değmeyen iki zemin bloğu çizilirse üstteki havada durur. Program boşluğu tespit edip uyarır.
- Sihirbaz ve eşyükselti yolları bütün alanları varsayılan bir zemine atar. Bu bir kolaylıktır; malzemeler düzenlenmeden analiz çalıştırılmamalıdır.

17.2 Analiz ederken

- Bir yükün hemen altında çok küçük bir yüzey kritik çıkıyorsa bu şev göçmesi değil, yerel taşıma gücü sorunudur. Program asgari boyut ölçütlerini şev yüksekliğine orantılı tutarak bunu eler; yine de sonuç gözle denetlenmelidir.
- Girişi ve çıkışı aynı kotta olan, baştan sona yatay kayma yüzeyleri aday sayılmaz; çok büyük noktasal yüklerde taşıma gücü benzeri düz çözümlerin şev sonucunu belirlemesi böylece önlenir. Eğimli ve eğri yüzeyler bu kurala takılmaz.
- Kritik yüzey model sınırında çıkıyorsa kutu dar olabilir ve mekanizma kesilmiş olabilir. Kutu genişletilip tekrar denenmeli; sonuç değişiyorsa genişletilmiş hâli doğrudur.
- Yöntem karşılaştırmasında saçılım %25'i aşıyorsa yüzey sayısal olarak güvenilmezdir. Bu özellikle poligonal yüzeylerde görülür: kuvvet dengesi yöntemleri dilimler arası kuvvet açısını varsayar ve kırıklı yüzeyde bu varsayım sonucu belirler.
- İnce bir perdeyi rijit blok olarak tanımlamak sığ mekanizmaları yasaklar ve güvenlik katsayısını güvensiz yönde şişirir.
- Ankrajda yalnız halat kapasitesi girilirse kök sıyrılması kontrol edilmemiş olur; birçok durumda belirleyici olan sıyrılmadır.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

18. Yönetmelik Karşılıkları

Tablo 28, programın hangi işlevinin hangi yönetmelik maddesine karşılık geldiğini gösterir.

Tablo 27. Yönetmelik karşılıkları

Konu	Kaynak	Programdaki karşılığı
Şev duraylılığı güvenlik katsayısı	TBDY 2018, 16.30	Dairesel yüzeylerde varsayılan çözüm
Sözde-statik deprem katsayıları	TBDY 2018, 16.5	Ayarlar → Deprem (S_{DS}, ST)
Gerekli güvenlik katsayıları	TBDY 2018, Tablo 16.1	Statik 1,50 · deprem 1,10
Kısmi katsayı seti	KDYY, Tablo 2.1	Ayarlar → Kısmi katsayılar
Tek kaynak varsayımı	KDYY El Kitabı, 9.1.1	Ayarlar → Tek kaynak varsayımı (varsayılan kapalı)
Topuktan ve toptan göçme	KDYY El Kitabı, 9.2.1	Rapor: göçme biçimi bölümü
Halat kopması ve kök sıyrılması	KDYY El Kitabı, 9.2.2	Destek elemanı penceresi; düşük olan belirleyici
Ankraj kullanılabilir yük kapasitesi	KDYY, 3.2.1.1.e	Tasarım kuvveti girilirken dikkate alınır
Zemin çivisi duvarı	KDYY 2026, 3.3; FHWA GEC-7 (yöntemler)	Bölüm 9; Ayarlar → Zemin çivisi

19. Bilinen Sınırlar ve Kapsam Dışı Konular

Bu bölüm, modülün kapsamı dışında kalan ya da yaklaşık ele aldığı konuları toplar.

Tablo 28. Kapsam dışı ve sınırlı konular

Konu	Durum
DXF varlık türleri	Yalnız LINE, LWPOLYLINE ve POLYLINE okunur. ARC, SPLINE, CIRCLE, TEXT ve bloklar okunmaz; yay bilgisi doğru kabul edilir. İkili DXF desteklenmez.
Zemin çivisi duvarı	Zemin çivisi duvarı tasarımı (hesap, tasarım sihirbazı, sonuç ekranları, Word raporu, DXF paftası ve PLAXIS betiği) Bölüm 9'da anlatılmıştır. Tmaks çözücüden, PLAXIS aktarımından ya da elle alınır; çivi boyunca kuvvet dağılımı üretilmez. Tasarım yönetmeliği bu sürümde yalnız KDYY 2026'dır; FHWA GEC-7 ve BS 8006-2 henüz seçilemez. PLAXIS'ten okunan N_{maks}'ın metre başına olduğu PLAXIS'te teyit edilmelidir. Kaplamada TS 500 en küçük / en büyük donatı sınırları denetlenmez.
DXF katman seçimi	Bu sürümde içe aktarmada katman süzgeci yoktur; dosyanın tamamı alınır. Fazlalıklar "Yoksay" ile işaretlenir.
Plan çalışmasının saklanması	Eşyükselti eğrileri, kotlar ve kesit çizgileri ana proje dosyasında saklanmaz (yalnız plan kuzey yönü saklanır); haritayla tekrar çalışılacaksa yeniden içe aktarılır.
Haritalı altlık	Hava fotoğrafı ya da haritalı görüntü altlığı desteklenmez; plan kipi yalnız vektör eşyükselti eğrileriyle çalışır.
Üç boyutlu etkiler	Kapsam dışıdır. Analiz düzlem şekil değiştirme kabulüne dayanır.
Şekil değiştirme ve oturma	Kapsam dışıdır; limit denge yöntemi yalnız göçme anını inceler.
Kademeli inşaat	Gerilme geçmişini izleyen kademeli inşaat modellemesi kapsam dışıdır; İksa modülünün konusudur. Şev modülünde aşamalar dondurulmuş kesitler olarak bağımsız çözülür (Bölüm 10.5).
Olasılıksal değerlendirme	Kapsam dışıdır. Belirsizlik, duyarlılık taramasıyla gösterilir.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

20. Sık Sorulan Sorular

Neden bazı yöntemler sonuç vermiyor?

Kritik yüzey poligonal olarak belirlendi ise moment dengesi tanımsızdır ve moment tabanlı yöntemler sonuç veremez. Bu beklenen davranıştır, hata değildir.

Kama üreteci neden hiç yüzey üretmedi?

Kama mekanizması kinematik olarak mümkün olmayabilir; örneğin düz arazide hiçbir kama üretilmez. Ayrıca devirici kuvveti negatif olan yüzeyler (yalnız kamada değil, bütün yöntemlerde) reddedilir, çünkü kütle o yöne kaymak istemez.

Sonuç model kutusunu büyütünce değişiyor mu?

Tarama şevin çevresine yoğunlaştığı için kutu boyutu sonucu etkilemez. Yine de değişiyorsa kritik mekanizma kutunun sınırında kesiliyor demektir; kutu genişletilmelidir.

Rapordaki bazı yöntemler neden görünmüyor?

Fellenius ve Janbu Basitleştirilmiş, dilimler arası kuvvetleri tamamen ihmal eder ve sistematik olarak düşük sonuç verir. Yanlış yoruma yol açmamak için gösterimden çıkarılmışlardır; programda hesaplanmaya devam ederler.

Eşyükselti yolunda kotları program neden kendi bulmuyor?

DXF dosyası eğrilerin kotunu taşımaz ve eşyükselti eğrilerinin düzlemde doğal bir sırası yoktur. Program en az iki elle girilmiş kottan yön ve aralığı çıkarır; bunlar olmadan türetilecek bir bilgi yoktur.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.

21. Kaynaklar

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Kıyı ve Deniz Yapıları Yönetmeliği (KDYY) ve Tasarım El Kitabı. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.

EN 1997-1:2004. Eurocode 7 — Geotechnical design, Part 1: General rules. CEN.

Bishop, A. W. (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Géotechnique, 5(1).

Fellenius, W. (1936). Calculation of the stability of earth dams. 2nd Congress on Large Dams, Washington D.C.

Fredlund, D. G. ve Krahn, J. (1977). Comparison of slope stability methods of analysis. Canadian Geotechnical Journal, 14(3).

Janbu, N. (1973). Slope stability computations. In: Embankment Dam Engineering, Casagrande Volume, John Wiley and Sons.

Krahn, J. (2003). The 2001 R. M. Hardy Lecture: The limits of limit equilibrium analyses. Canadian Geotechnical Journal, 40(3).

Morgenstern, N. R. ve Price, V. E. (1965). The analysis of the stability of general slip surfaces. Géotechnique, 15(1).

Spencer, E. (1967). A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. Géotechnique, 17(1).

Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics. John Wiley and Sons.

Douglas, D. H. ve Peucker, T. K. (1973). Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. The Canadian Cartographer, 10(2).

Hoek, E. ve Bray, J. W. (1981). Rock Slope Engineering, 3. baskı. Institution of Mining and Metallurgy.

Duncan, J. M., Wright, S. G. ve Brandon, T. L. (2014). Soil Strength and Slope Stability, 2. baskı. John Wiley and Sons.

© 2026 Medra Mühendislik Ltd. Şti. — Bu kılavuz Medra Mühendislik Ltd. Şti. tarafından hazırlanmış olup tüm hakları saklıdır. Kılavuzun tamamı veya herhangi bir bölümü, yazılı izin alınmadan çoğaltılamaz, dağıtılamaz ve kaynak gösterilmeden alıntılanamaz.