

PUSZTAZÁMORI REGIONÁLIS HULLADÉKKEZELŐ KÖZPONT FEJLESZTÉSE

**PRHK II. ütemű hulladéklerakójának kapacitás bővítése új, II/4. jelű
lerakómedence létesítésével**

Egységes környezethasználati engedély módosítási kérelem

GEOTECHNIKAI TERVEZÉSI BESZÁMOLÓ

Beruházó:



MOHU BUDAPEST Zrt.

1081 Budapest, Alföldi utca 7.

Generáltervező:



MÉLYÉPTERV ENVIRO Kft.

1185 Budapest, Nyíregyháza utca 73.

Telefon: +36-1-269-4532

E-mail: titkarsag@envirokft.hu

Szaktervező:

dr. Vásárhelyi Balázs

1126 Budapest, Hollósy Simon utca 3.

Telefon: +36-20-460-1182

E-mail: vasarhelyib@gmail.com

Munkaszám: 1519-2025

Dátum: 2026. február

Tartalom

1. Bevezetés, kiindulási adatok	3
2. Alkalmazott numerikus modellezés	3
3. Talajfizikai paraméterek:.....	4
4. Vizsgált szelvények és a modellezés eredményei	5
4.1 II/D-1 metszet vizsgálata	6
4.1.1 1:3-as rézsű esetén 212 mBf színtig feltöltve (feltöltés magassága: 62 m)	6
4.1.2 1:2,5-ös rézsű esetén támasztótöltéssel 220 mBf színtig feltöltve (70 m magassággal)	8
4.2 I-1 metszet.....	9
4.2.1 1:3-as rézsű esetén 212 mBf színtig feltöltve.....	10
4.2.2 1:2,5-ös rézsű esetén támasztótöltéssel 220 mBf színtig feltöltve.....	12
4.3 II/D-2 metszet	14
4.3.1 1:3-as rézsű esetén 212 mBf színtig feltöltve.....	15
4.3.2 1:2,5-ös rézsű esetén támasztótöltéssel 220 mBf színtig feltöltve.....	17
5. Összefoglalás.....	19

1. Bevezetés, kiindulási adatok

A tárgyi munkaterületen a hulladék-lerakó bővítését tervezik. Jelen geotechnikai szakvélemény tárgya annak meghatározása, hogy ezen bővítések, hulladék-elhelyezések milyen geometriával készíthetők el biztonságosan. Munkánkat a hatályos MSZ EN 1997 (EC7) geotechnikai tervezési szabvány előírásai szerint végeztük, a következők szerint: a Geotechnikai tervezési beszámolóban a felhasznált jelentések adatai alapján, a tervezési diszpozíció figyelembevételével, a létesítmény tervezőivel és üzemeltetőjével interaktív - iteratív munkamódszerrel megadjuk tervezett építési munkákkal kapcsolatos egyéb geotechnikai vonatkozású észrevételeinket és javaslatainkat.

Ezen dokumentáció elkészítéséhez az alábbi jelentéseket, szakvéleményeket használtuk fel, ill. vettünk figyelembe:

- Pusztazámor Regionális Hulladékkezelő Központ I. ütem – lerakó továbbművelésének állékonyságvizsgálata. (készítette: Geon System Kft., készült: 2025. március)
- Pusztazámor Regionális Hulladékkezelő Központ II. ütem – geotechnikai vizsgálatok (készítette: Bakó és Társa Kft., készült: 2010. december)
- Pusztazámor Regionális Hulladékkezelő Központ I. ütem – állékonysági ellenőrző vizsgálata. (készítette: Trischler Hungária Kft., készült: 2012. május)
- Szakvélemény az FKF Zrt. Pusztazámori Regionális Hulladékkezelő Központ, I. ütemű hulladéklerakó állékonysági ellenőrző vizsgálatáról. (készítette: Telekes Kft., készült: 2007. december)

Valamint rendelkezésünkre állt a meglévő állapot geodéziai felmérési rajza *.dwg fájlként.

2. Alkalmazott numerikus modellezés

A rézsű állékonyságának vizsgálatát PLAXIS elnevezésű 8.5 verziójú programmal végeztük el, melyet a hollandiai Delft-i műszaki egyetemen dolgoztak ki. A számítógépes program a véges elemek elvén működik, melynek lényege az, hogy a vizsgált talaj-kontinuumot egymáshoz kapcsolódó, különböző konvex alakzatú (jelen munkánkban háromszög alakú) idomokra bontva, a peremeken működő alakváltozások és erők hatására keletkező kapcsolati erőket és elmozdulásokat meghatározzuk. A számításhoz ki kell jelölni a vizsgált talaj-kontinuumot, a geometriai peremet, és jelen feladatnál a kapcsolódó szerkezetet is. Generálva egy célszerűen konstruált hálózatot, modellezhetők a tetszőleges számú rétegek valamint a kívánt építési fázisok. Ennek alapján elvégezhető a stabilitási, alakváltozási és konszolidációs számítás.

A PLAXIS 8.5 program a hálózat generálását automatikusan végzi oly módon, hogy figyelembe veszi a talajrétegek helyzetét és a geometriailag kijelölt építési fázisokat, egyben lehetőséget kínál arra is, hogy lokális és globális finomításokat végezzünk. A végtelen féltér mechanikailag szignifikáns térrészét – talajkörnyezetét – ábrázoljuk, és a kijelölt kontúr mentén erő vagy

elmozdulási kényszereket alkalmazunk: azaz a valóságos kapcsolatot reprezentáló peremfeltételeket adunk meg. A hálózatgenerálás során a talajtömeg geometriai jellemzői kiadódnak: elemek, csomópontok és feszültségi pontok. A háromszög elemeken belül 6 vagy 15 csomópont jelölhető ki, az utóbbi pontosabb számítást tesz lehetővé (természetesen nagyobb számítási idővel). A feszültségi pontok előre kiválaszthatók a feszültségi görbék illetve a feszültség-alakváltozási diagramok generálásához.

A csatlakozó szerkezetek és talajok feszültség-alakváltozási (σ - ϵ) viselkedését anyagmodellek segítségével írjuk le. A legegyszerűbb talajmodell, a Mohr-Coulomb féle és a módosított Mohr-Coulomb féle talajmodell, amely lineárisan rugalmas-tökéletesen képlékeny σ - ϵ összefüggést tartalmaz. A kezdeti lineáris szakasz E merekségű, a folyási alakváltozást elérve vízszintessel modellezhető a diagram. A PLAXIS lehetővé teszi a drénezett és drénezetlen talajállapotot – akár rétegenként eltérően megadott elrendezés – vizsgálatát is, evvel együtt számítható a pórusvíznyomás, a hatékony és a teljes feszültség is. A módosított Mohr-Coulomb féle folyási feltételek függvényekkel írhatók le, a folyási függvényekben megjelenik a szokványosan alkalmazott két képlékenységtani jellemző, a ϕ belső súrlódási szög és a c kohézió.

A rézsű állékonyságának vizsgálatakor nemcsak a végső stabilitási, hanem a közbeni építési állapotokat is modelleztük, az egymásra-hatást figyelembe vettük.

A PLAXIS az ún. Globális biztonsági tényezőt alkalmazza: ez azt jelenti, hogy a kohéziót és a belső súrlódási szöget azonos arány szerint, lépésenként redukáljuk, azaz $c/c_r = \tan\phi/\tan\phi_r = \Sigma M_s f$ eredménysszorozót meghatározzuk. Ez az érték a biztonsági tényező, melyet iterációval a program úgy számol ki, hogy a két állandó fokozatos csökkentésével meghatározza az instabilitáshoz tartozó értékeket, melyekkel a fenti egyenlettel adja meg a biztonságot. Az elvégzett stabilitási számítások során, az eredmények értékelésekor ezt a viszonyszámot adjuk meg, alkalmazva a fenti jelöléseket, de némileg eltérve a talajmechanikai gyakorlat konvencionális értelmezésétől.

3. Talajfizikai paraméterek:

A modellezésnél használt karakterisztikus talajfizikai paramétereket az eddigi üzemeltetési tapasztalatok alapján, az archív jelentéseket figyelembe véve az alábbi értékekkel vettük figyelembe:

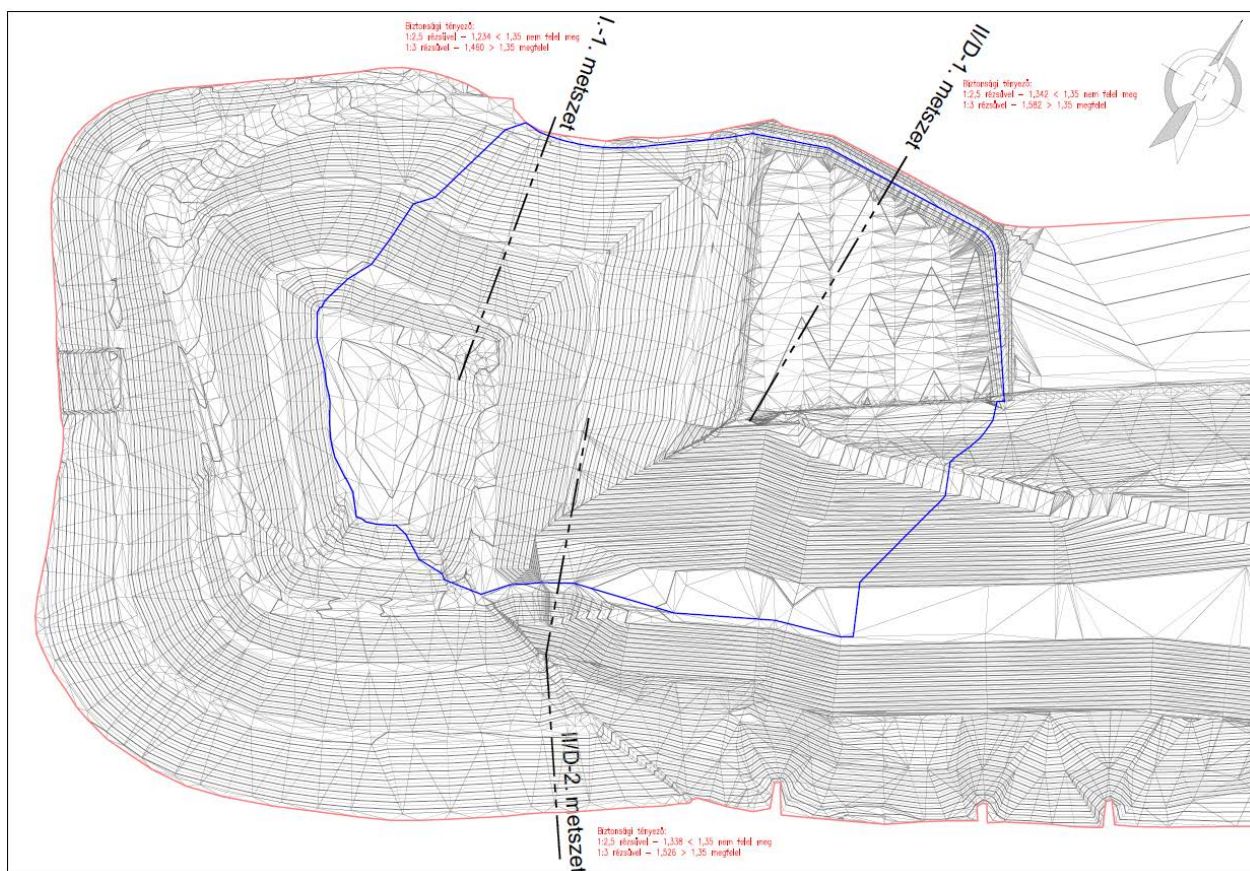
- Régi hulladék esetén in situ tapasztalatok alapján: $\phi = 22^\circ$, $c = 10 \text{ kPa}$, $\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$, $E_s = 10 \text{ MPa}$.
- A friss hulladék esetén ÖNORM javaslata alapján: $\phi = 25^\circ$, $c = 5 \text{ kPa}$, $\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$, $E_s = 4 \text{ MPa}$.
- Földanyagú támasztótöltés 1:2,5-ös rézsű esetén: $\phi = 20^\circ$, $c = 30 \text{ kPa}$, $\gamma = 20,5 \text{ kN/m}^3$, $E_s = 10 \text{ MPa}$.
- A hulladéklerakó alatti termett talajösszlet esetére felvett homogenizált paraméterek: $\phi = 20^\circ$, $c = 35 \text{ kPa}$, $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$, $E_s = 20 \text{ MPa}$.

4. Vizsgált szelvények és a modellezés eredményei

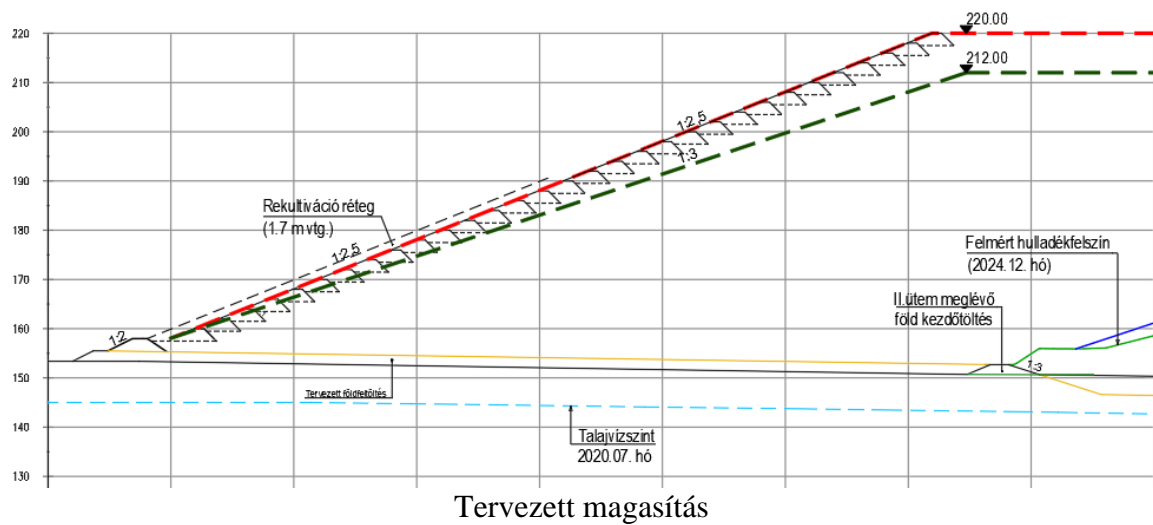
A Megbízó igényeinek megfelelően a megadott metszeteket vizsgáltuk, minden esetben külön-külön modelleztük:

- 1:3-as meredekségű rézsű esetén, támasztótöltés nélküli
- 1:2,5-ös meredekségű rézsű támasztótöltéssel

A modellezés csak a biztonsággal foglalkozik – a hulladék elhelyezése után jelentős konszolidáció várható, ennek lefolyását nem vizsgálja. A felvett szelvényeket az alábbi ábra mutatja be:

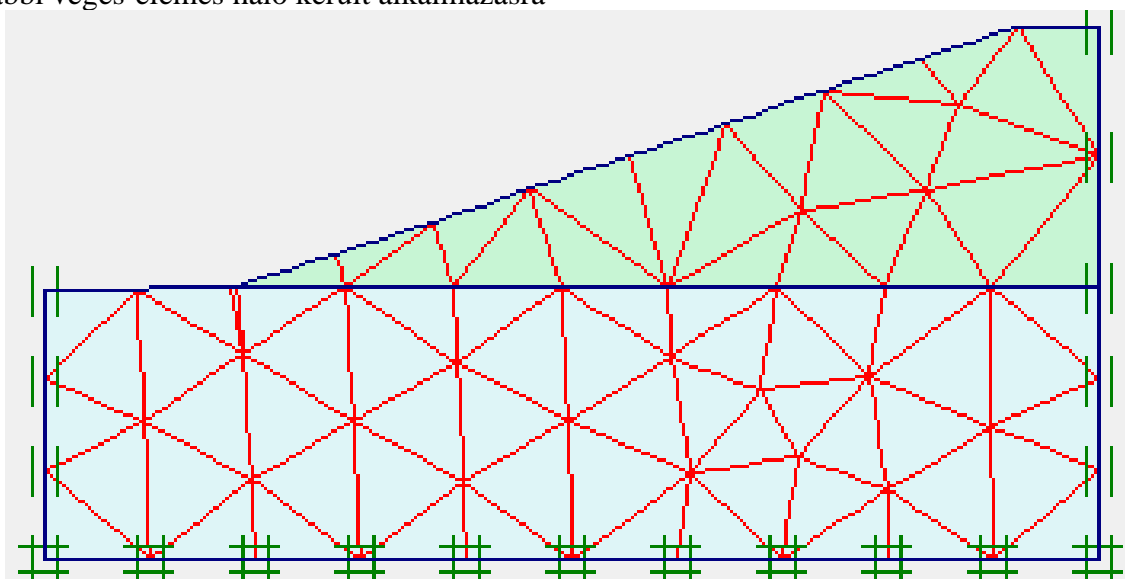


4.1 II/D-1 metszet vizsgálata

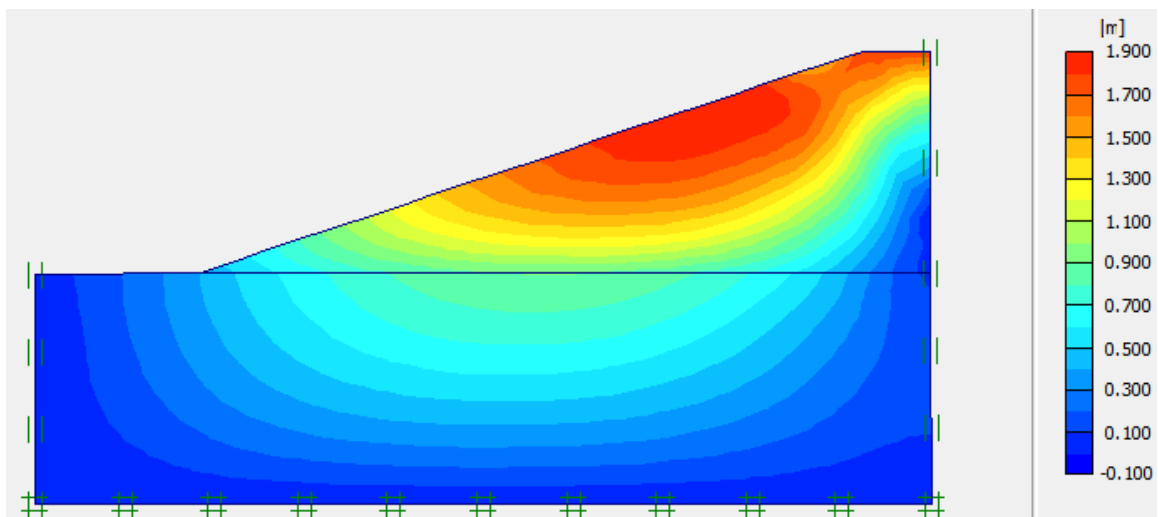


4.1.1 1:3-as rézsű esetén 212 mBf szintig feltöltve (feltöltés magassága: 62 m)

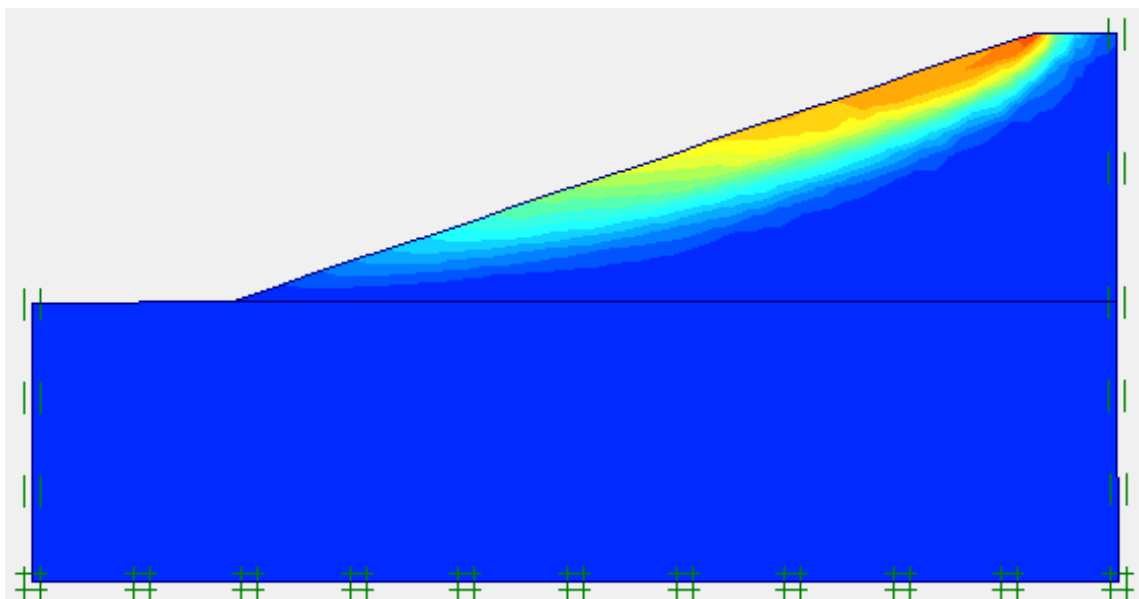
Az alábbi véges-elemes háló került alkalmazásra



A hulladék elhelyezése után közel 2 méteres süllyedés prognosztizálható:

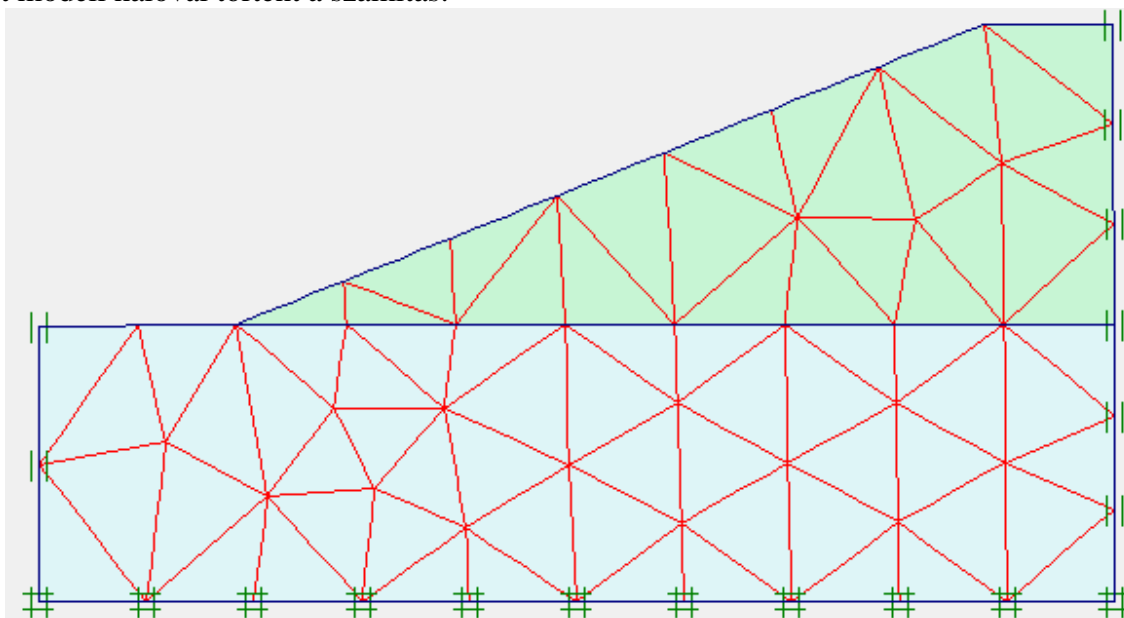


Ebben az esetben a rézsű kellő biztonsággal áll – a számított érték **1,582**, ami nagyobb a szükséges 1,35-ös értéknél. A kialakuló tönkremenetel az alábbi:

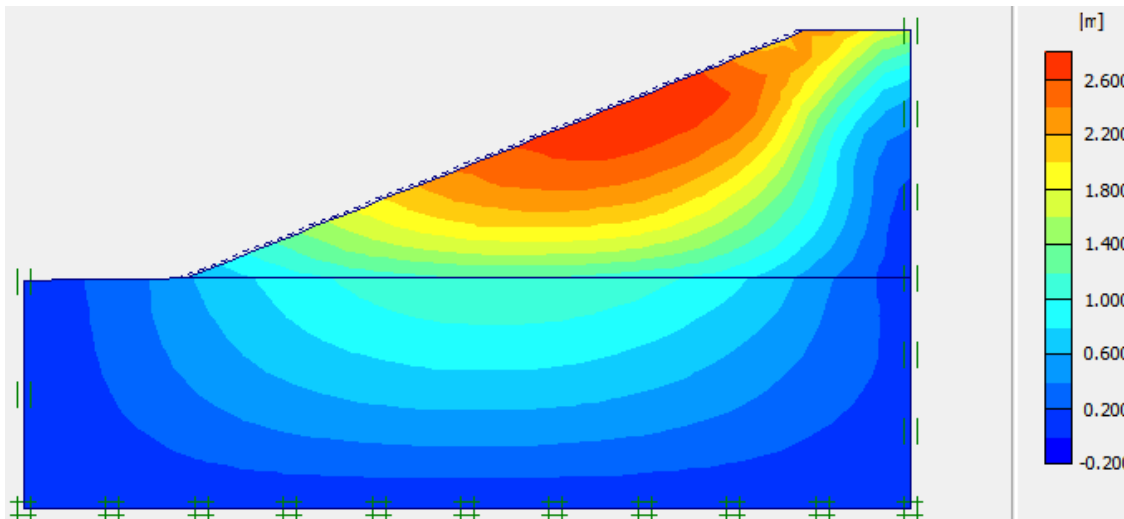


4.1.2 1:2,5-ös rézsű esetén támasztótöltéssel 220 mBf szintig feltöltve (70 m magassággal)

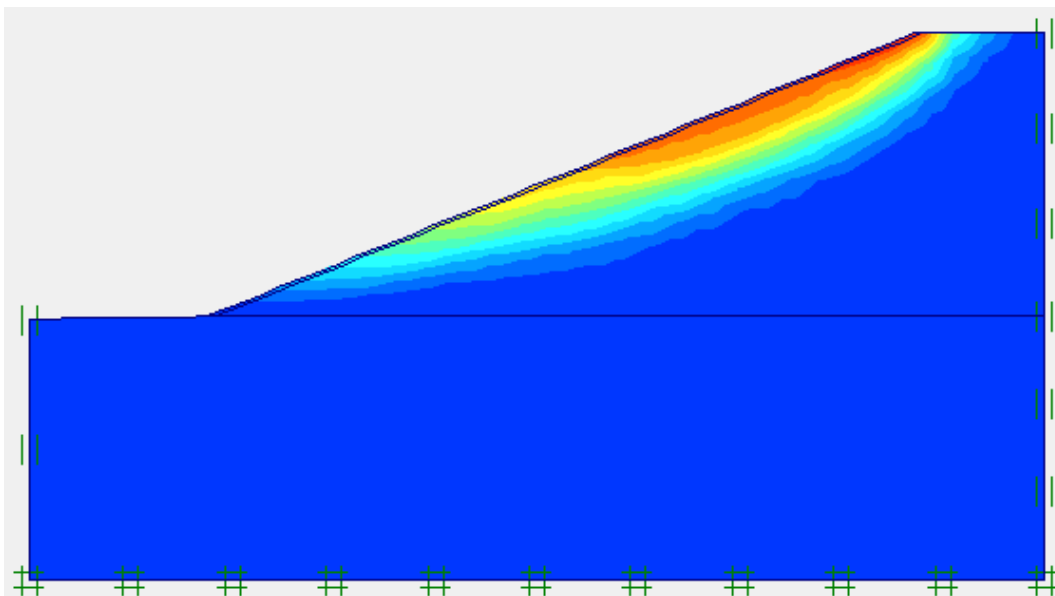
Felvett modell hálózattal történt a számítás:



Várható alakváltozás a hulladék elhelyezése után közel 3 m-es összenyomódás várható:



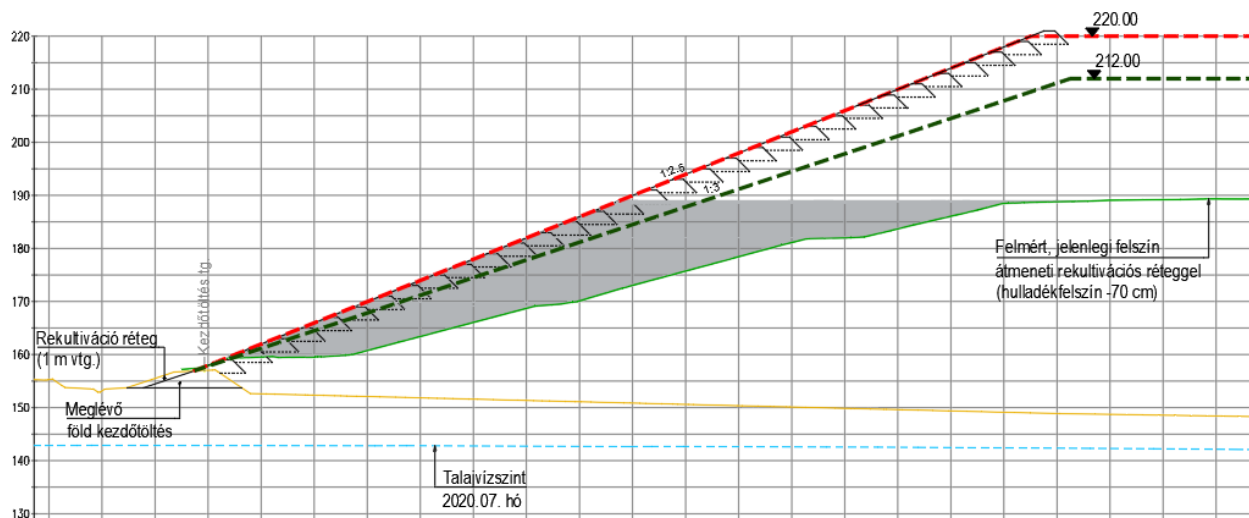
Fedőtöltéssel készített a rézsű számított biztonsága: **1,342**, és az alábbi csúszólap alakulhat ki:



Azaz kijelenthető, hogy a fedőtöltés/támasztótöltés elhelyezésével sem éri el az 1,35-ös biztonságot a hulladéktároló.

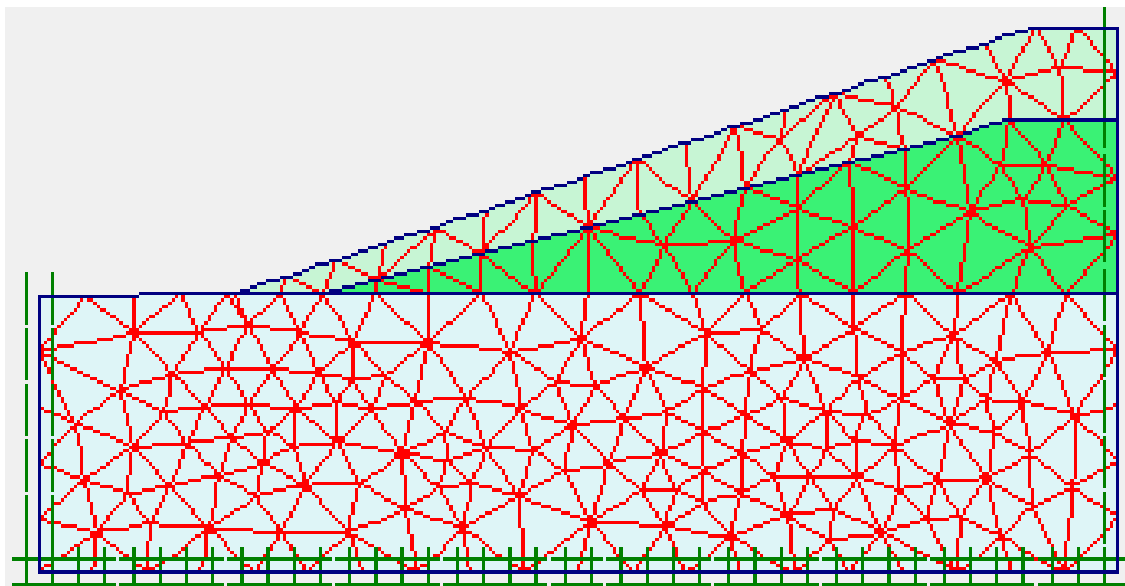
4.2 I-1 metszet

Az átadott tervek alapján a régi 1:4-s generál rézsűvel 190 mBf szintig készült hulladéokra kerülne elhelyezésre az új hulladék. Az új hulladékfeltöltés megkezdése előtt a lerakó északi rézsűjén lévő átmeneti rekultivációs réteget el kell távolítani, hogy az ne képezzen potenciális csúszólapot, a számítást is erre az állapotra végeztük el:



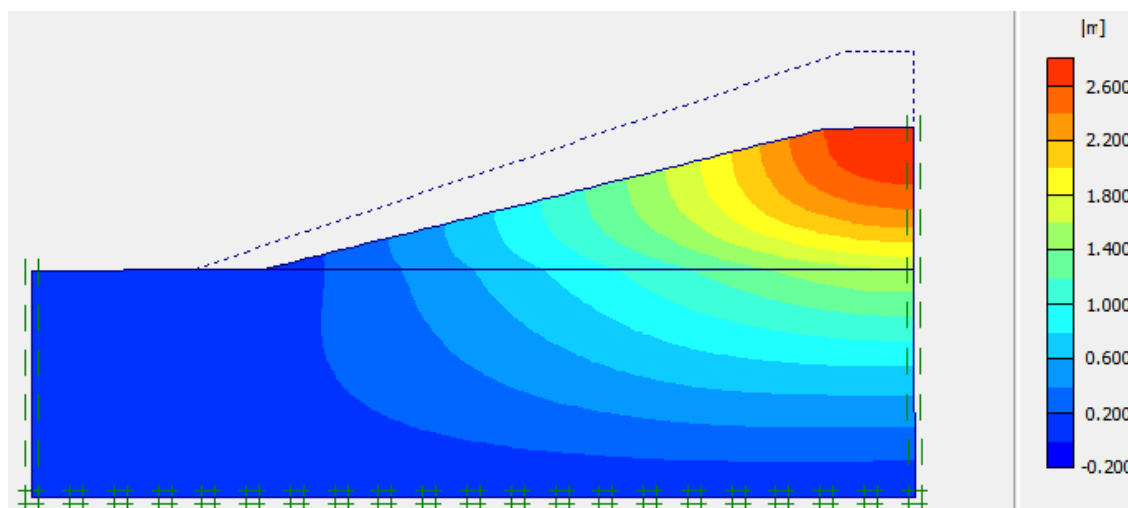
4.2.1 1:3-as rézsű esetén 212 mBf szintig feltöltve

Felvett rétegződés és véges elemes háló:

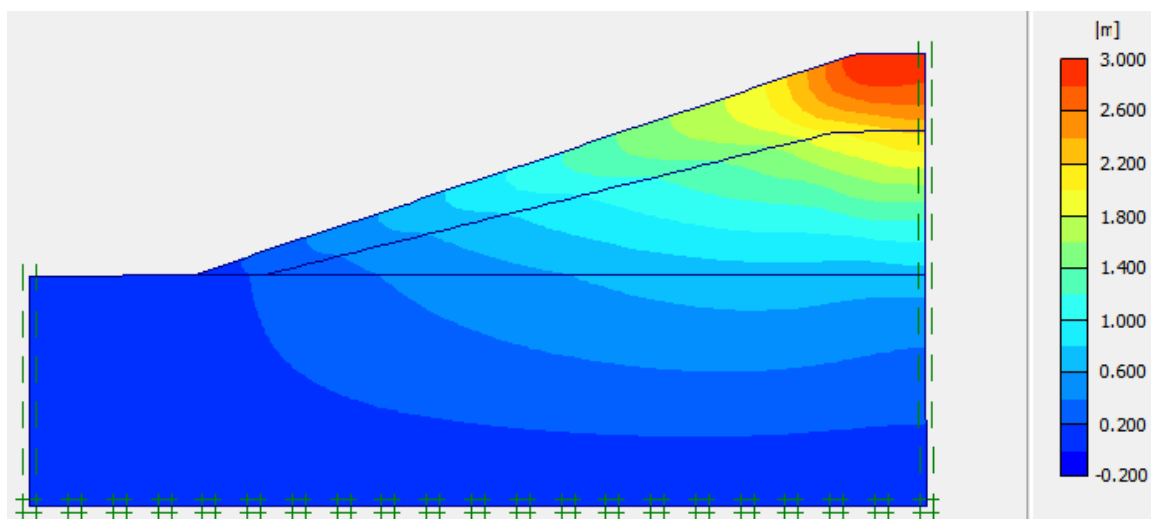


Modellezés lépései

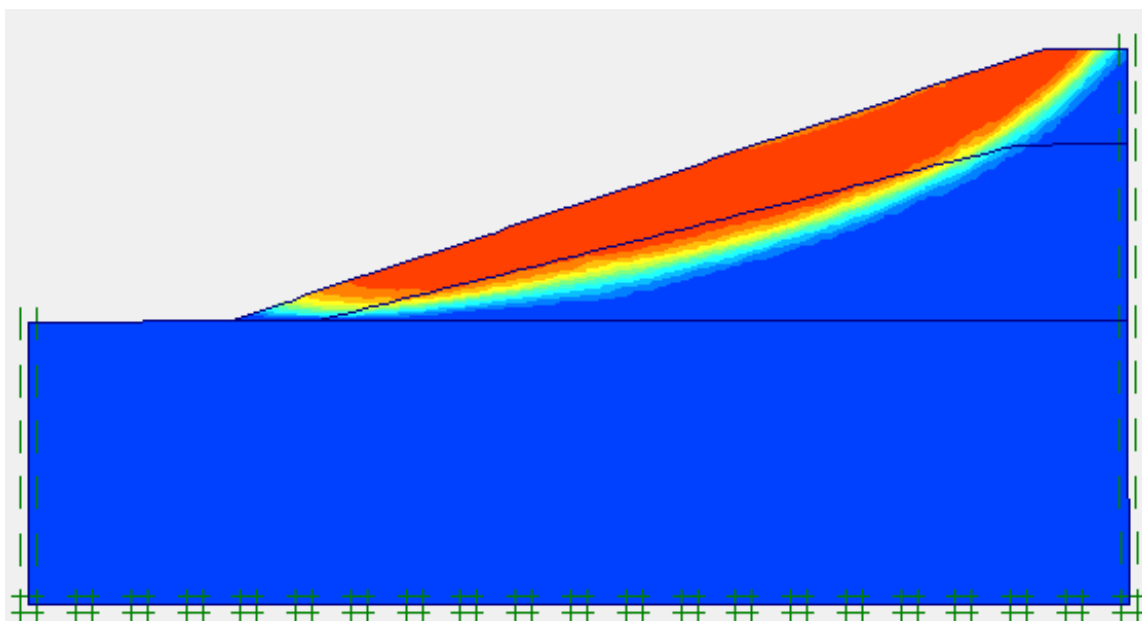
1. Régi hulladékfeltöltés alakváltozása, mely már lejátszódott



2. Az elmozdulásokat lenullázva az új hulladék elhelyezése utáni alakváltozás:

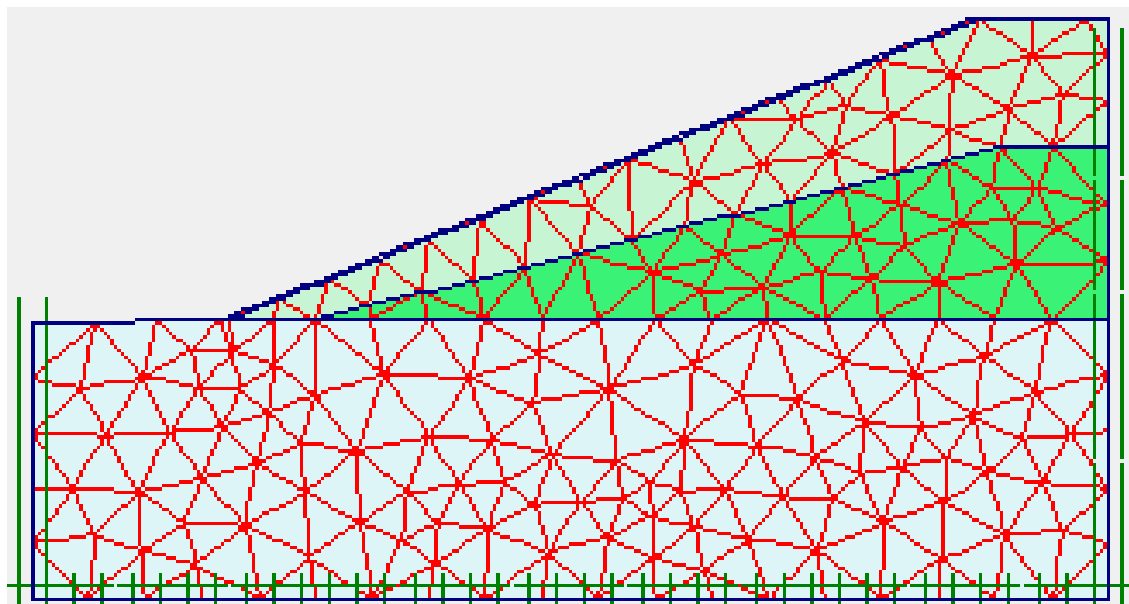


Ebben az esetben a globális biztonság 1,460:



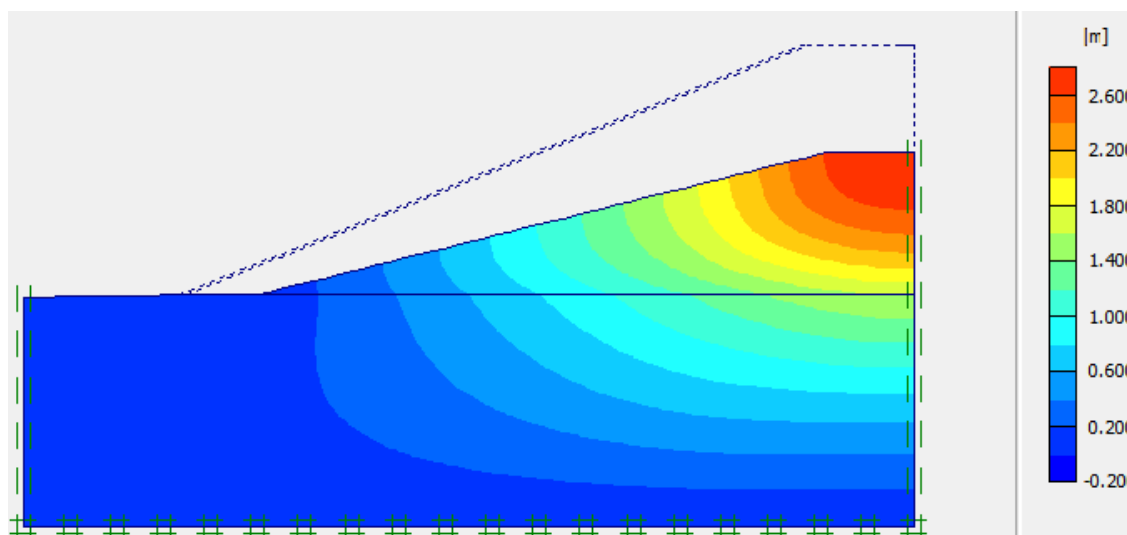
4.2.2 1:2,5-ös rézsű esetén támasztótöltéssel 220 mBf szintig feltöltve

Felvett rétegződés és véges elemes háló:

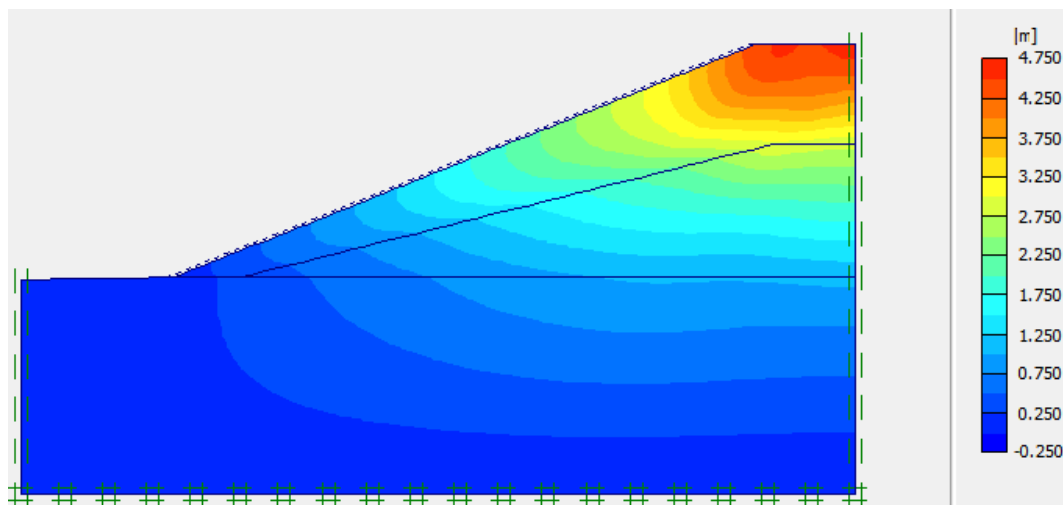


Modellezés lépései

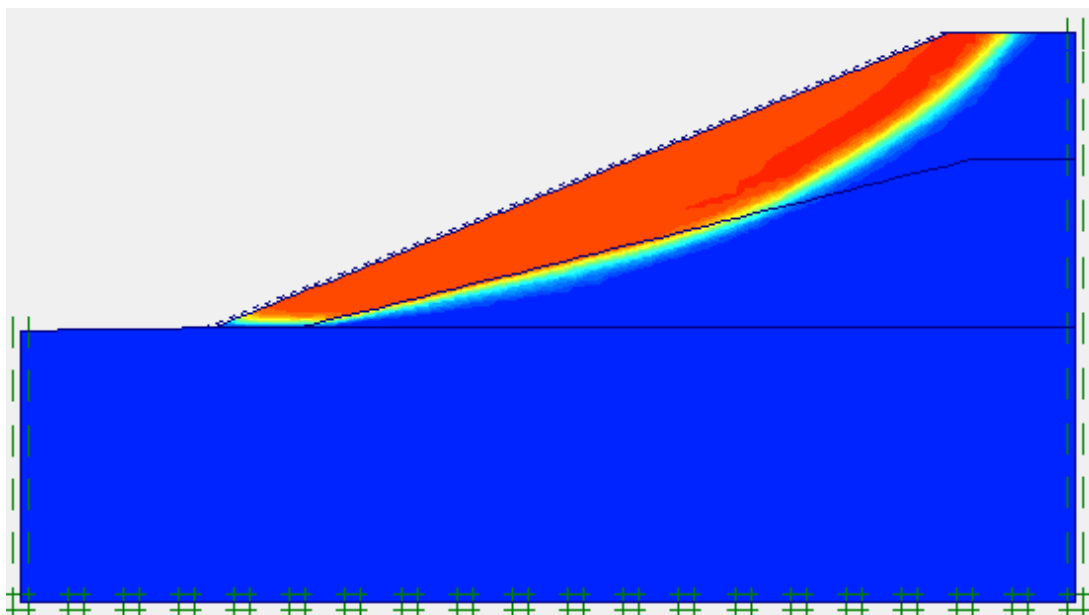
1. Régi hulladékfeltöltés alakváltozása, mely már lejátszódott



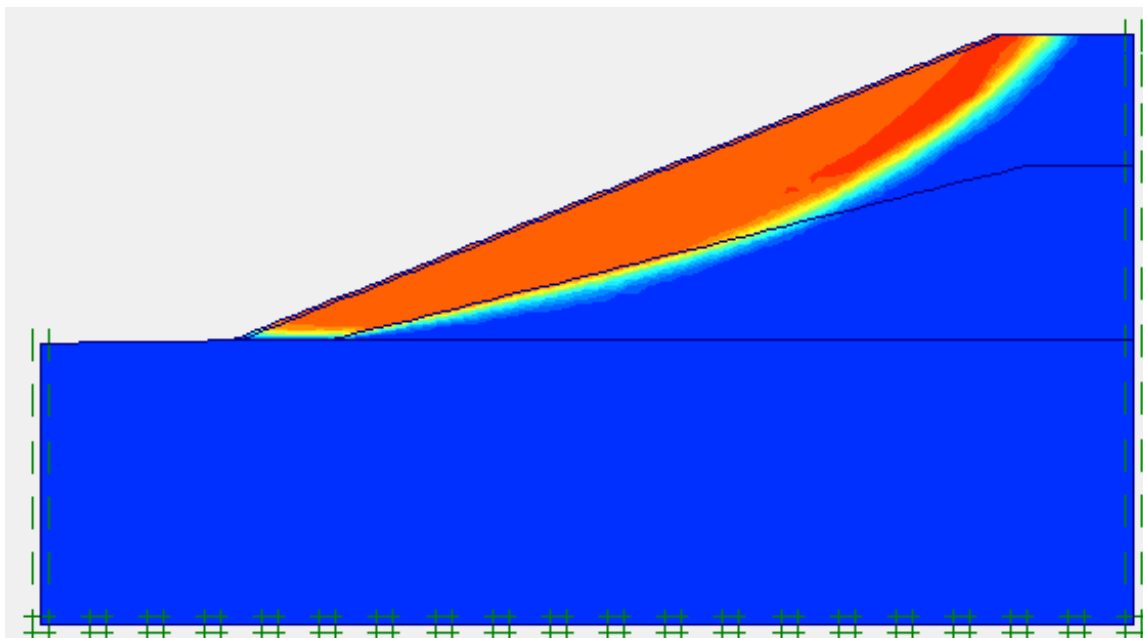
2. Az elmozdulásokat lenullázva az új hulladék elhelyezése utáni alakváltozás:



Ebben az esetben a globális biztonság 1,223:

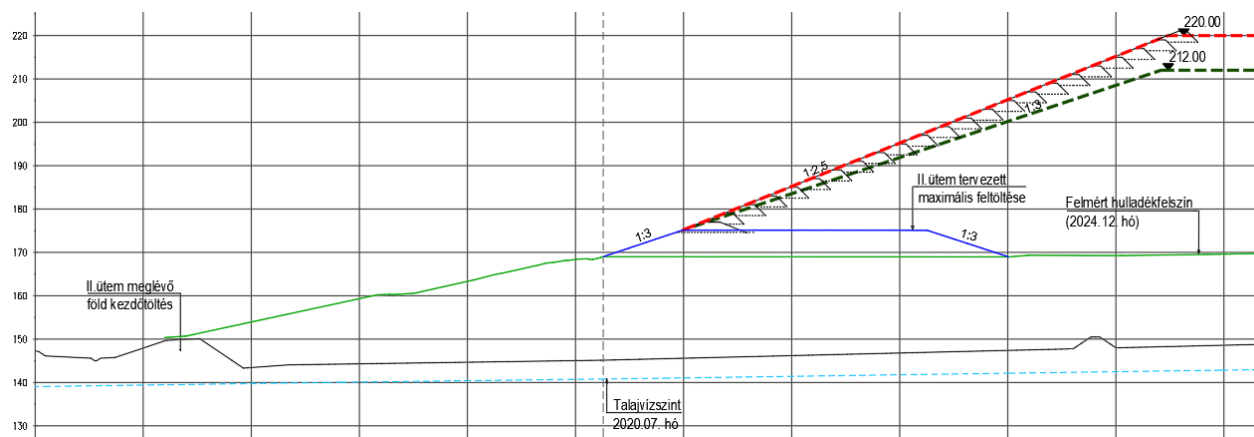


3. Globális biztonság fedőtöltéssel együtt: 1,234, és az alábbi tönkremeneteli mechanizmus léphet fel:



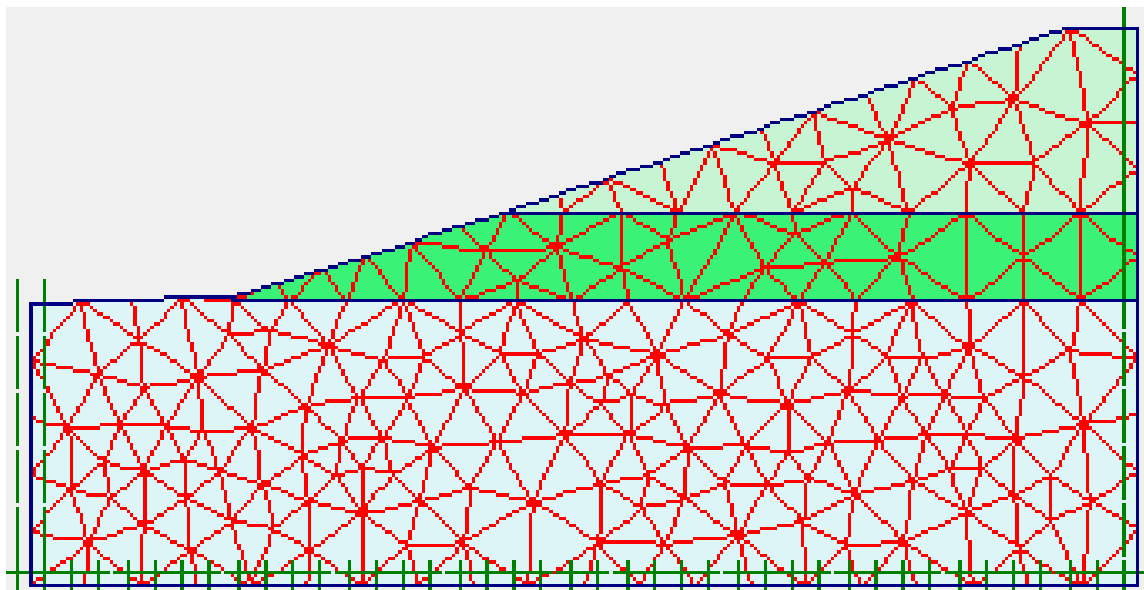
4.3 II/D-2 metszet

A meglévő, 1:3 meredekségű rézsűjű, 20 m vastag hulladéktest fölé kerül az új hulladék elhelyezésre:



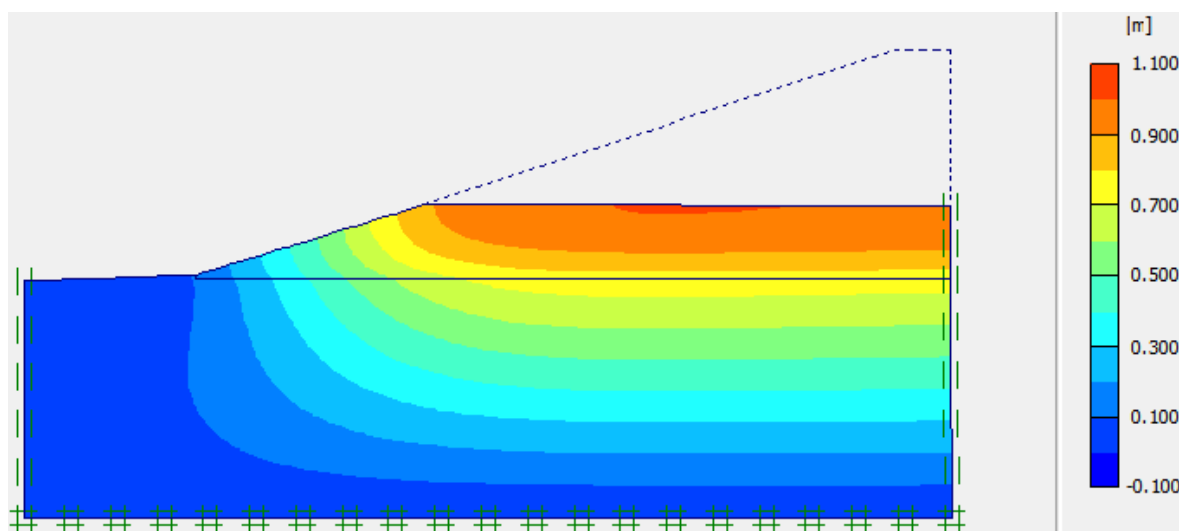
4.3.1 1:3-as rézsű esetén 212 mBf szintig feltöltve

Felvett rétegződés és véges elemes háló:

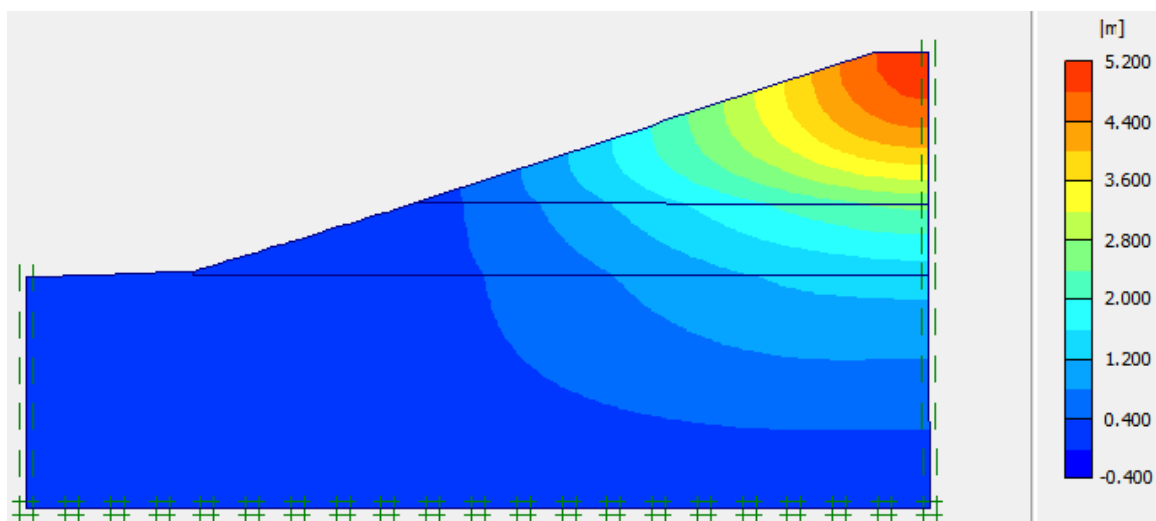


Modellezés lépései

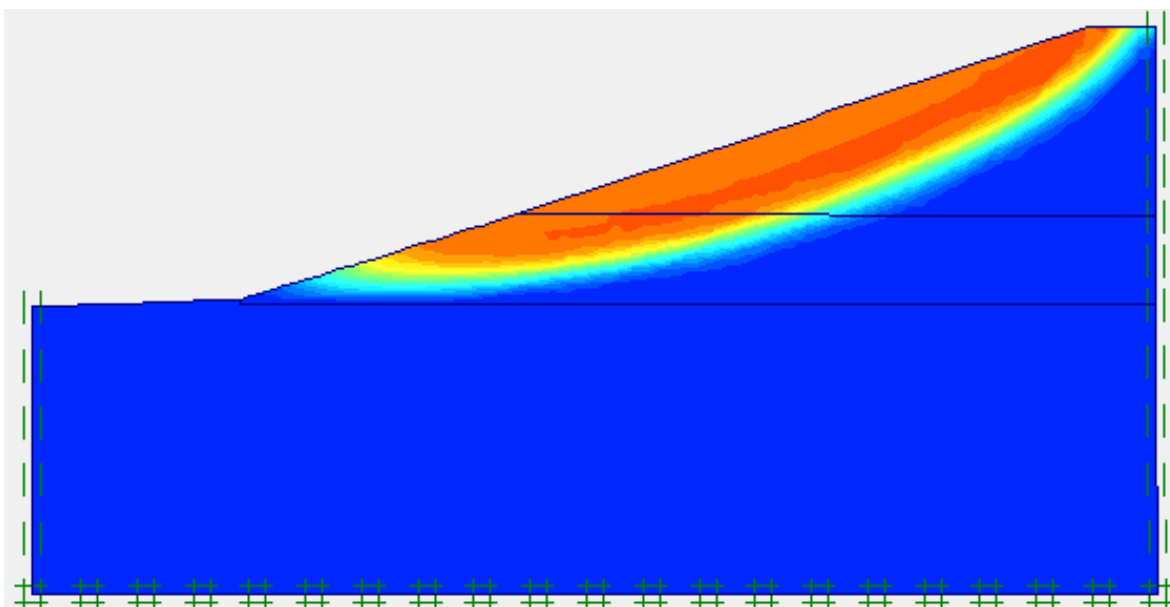
1. Régebben elhelyezett hulladék bekövetkezett alakváltozása:



2. A 20 m vastag régi hulladékra új hulladék elhelyezése:

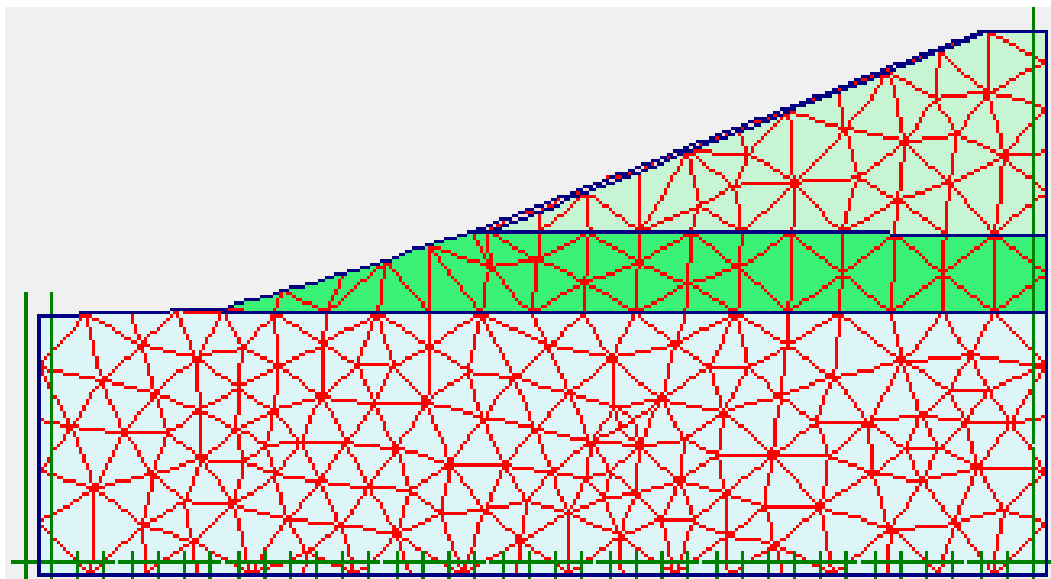


A rendszer globális biztonsága 1,526, azaz megfelelő. Várható tönkremeneteli ábra:



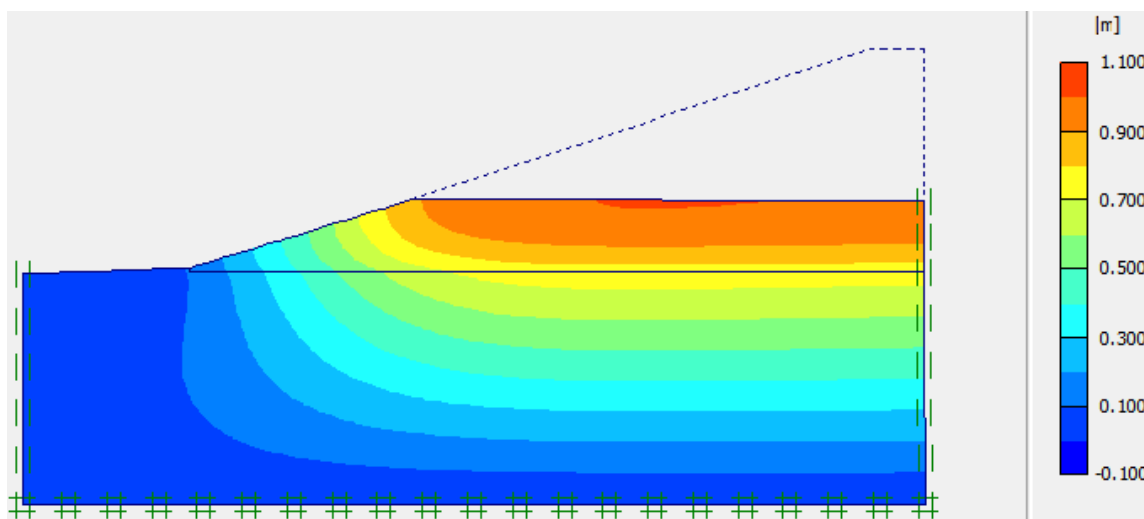
4.3.2 1:2,5-ös rézsű esetén támasztótöltéssel 220 mBf szintig feltöltve

Felvett rétegződés és véges elemes háló:

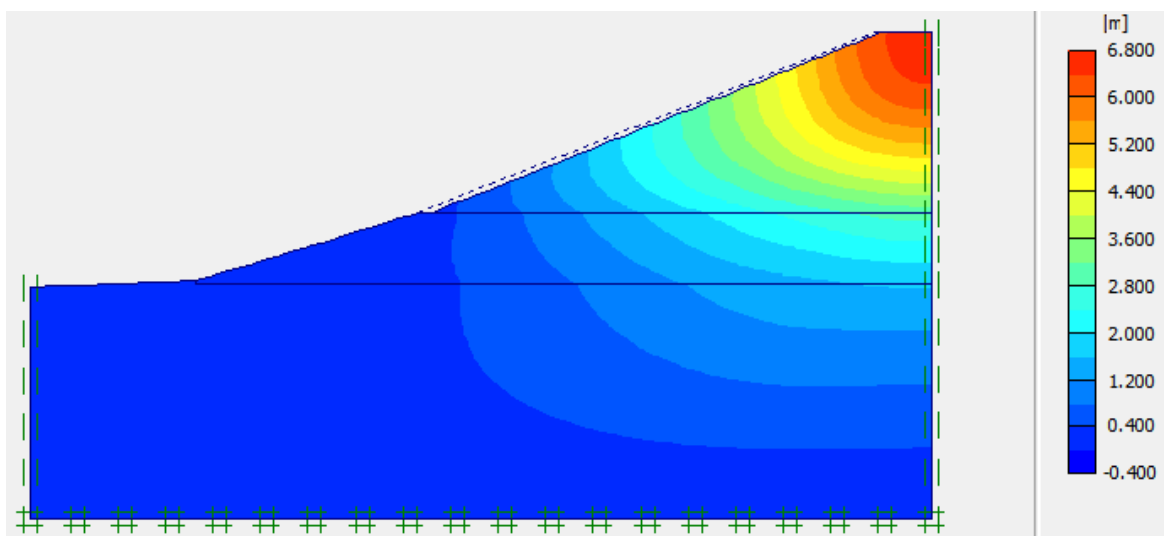


Modellezés lépései

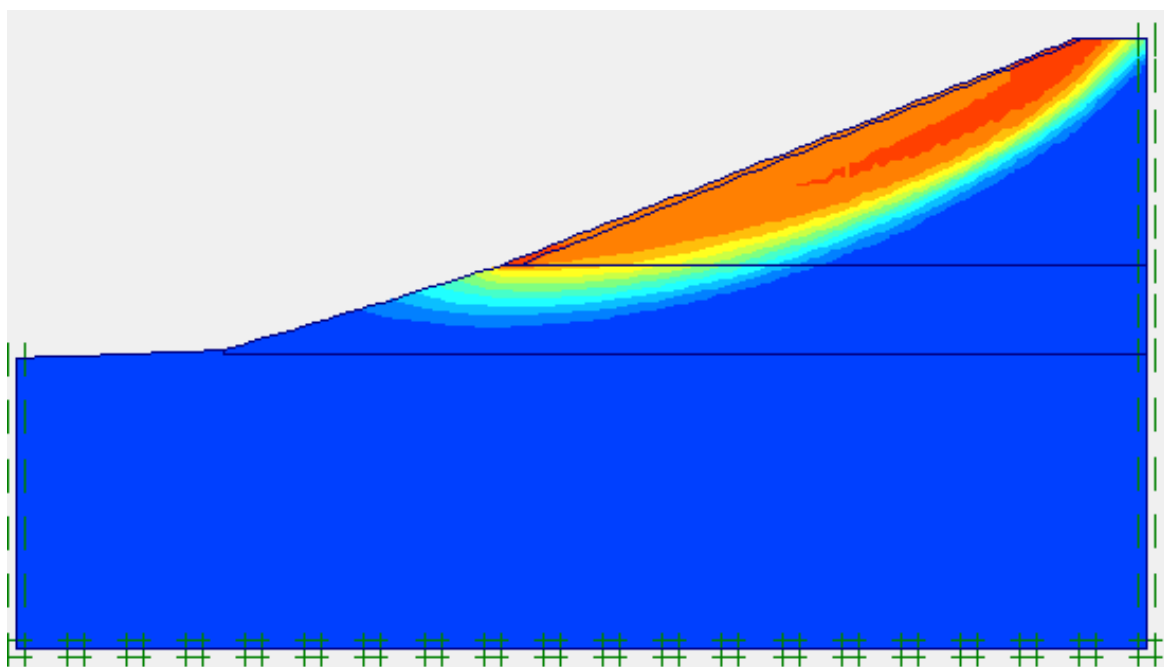
1. Régi hulladékfeltöltés alakváltozása, mely már lejátszódott



2. Az elmozdulásokat lenullázva az új hulladék elhelyezése utáni alakváltozás:



A fedőréteg elkészülte után a globális biztonság 1,338-ra növekszik. A tönkremenetel képe:



5. Összefoglalás

A számított eredményeket az alábbi táblázatban foglaltuk össze:

Modellezett szelvény	1:3-as rézsű 212 mBf szintig	1:2,5-ös rézsű támasztással 220 mBf szintig
II/D-1	1,582	1,342
I-1	1,460	1,234
II/D-2	1,526	1,338

A kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy a támasztótöltéssel megépített 1:2,5-ös meredekségű rézsű biztonsága sehol sem éri el a szükséges 1,35-ös biztonságot, míg az 1:3-as esetben ezt meghaladó értéket kapunk. Javasoljuk a tervezést 1:3-as meredekségű rézsűvel elvégezni.