

## Suvadás helyreállítási költsége

**Dr. Nagy Gábor, Dr. Nagy László, Dr. Takács Attila**

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Építőmérnöki Kar, Geotechnika és Mérnökgeológiai Tanszék**

**Kivonat:** A vízparton egy-egy nagyobb árvíz után tucatjával alakulnak ki kisebb medersuvadások. Amire a szakma is már odafigyel, amikor magaspart mozdul meg (*Nagy 2004, 2006, 2007ab, Nagy 2008, Nagy-Takács 2010, Nagy-Takács 2010*), különösen, ha ez belterületen történik (*Nagy 1985, 1987, Nagy 2003ab, Farkas-Nagy 2005, Nagy-Takács 2011, Nagy-Takács 2012*). 2019 tavaszán a korábbi évek árvizeit túlélő tiszavárkonyi magaspart vízoldali rézsúje mozdult meg (*Nagy-Nagy-Takács 2019*). A geodéziai és geotechnikai előmunkálatokat tovább folytatva foglalkoztunk a helyreállítás költség vonzatával. Három helyreállítási módnál vizsgáltuk a várható költségeket, sőt a biztonsági tényező egy századnyi javulásához szükséges költséget. Jelen közlemény tehát azzal a szándékkal készült, hogy ne csak egy helyreállítási munka végösszegét nézzük, hanem a különböző műszaki megoldások költséghatékonyságát is összehasonlítsuk.

**Kulcsszavak:** suvadás, költség, rézsúállékonyság, helyreállítás, apadás,

### Bevezetés

A tiszavárkonyi rézsú mozgása egy magasvíz után bekövetkezett hirtelen vízszint csökkentés után alakult ki. A lassú mozgás a hátulról jövő vízterhelés csökkenés hatására megállt, mintegy méteres elmozdulás után (*1. ábra*) a rézsú ideiglenesen stabilizálódott. A következő nagyobb Tisza vízszint csökkenés idején a mozgás újból beindulhat, így a helyreállítás a település közelsége miatt teljes mértékben indokolt. A suvadás mintegy 500-600 méteren volt azonosítható Tiszavárkony északi részén.

Az alábbiakban ennek a megcsúszott töltésrészűnek az állékonysági vizsgálata követhető végig a rézsúállékonysági problémák végeselemes módszerrel való megoldásában. A számítás Plaxis 2D szoftverrel készült, így annak egyes részleteit mutatja be jelen közlemény.

### Talajvizsgálati jelentés

Az őszi bejárás után 2019.10.18-án indult a magaspart állapotának felmérése.

A talajvizsgálati jelentés szerint a talajrétegződés közel párhuzamos rétegfelépítést mutat (*4. ábra*), húsz méteres mélységig öt réteg került azonosításra a magaspartról indított fúrásoknál: a felszíni mintegy 1,5 m vastag sötétbarna iszapos agyag takarásában világosbarna kemény közepes agyag volt kimutatható 2,8 m-ig, majd 12,8 m-es mélységig barna kemény-merev kövér agyag öszlet húzódtott, melyet 17,5 m-ig szürke nagyon puha-puha konzisztenciájú iszap réteg követett. Amit sötétszürke agyagos homok – iszap követett 18,8 m-ig, majd a feltárás alsó határáig (20,1 méter mélységig) szürke gyúrható homokos iszapot – sovány agyagot azonosítottunk.

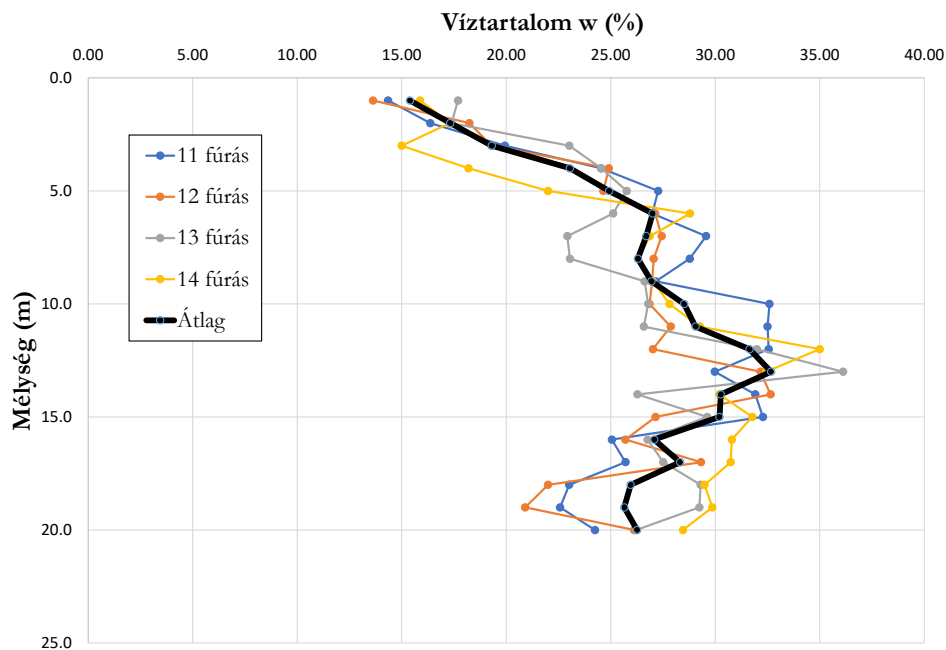
A sötétszürke agyagos homok – iszap és a szürke homokos iszap – sovány agyag rétegek kis mértékben a Tisza felé lejtettek (*4. ábra*).

A talajvíz mindenkori szintjét kis késleltetéssel a Tisza vízállása határozta meg.



1. ábra A károsodás jelei a rézsú felszínén

A Tisza menti töltés helyszíni bejárásakor rézsúcsúszás egyértelmű jelei voltak felfedezhetők (1. ábra), melyek a csúszólap felső kimetsződését, illetve alsóbb szinteken való elválását is láthatóvá tették. Ennek egyik indikátora a rézsún lévő növényzet (jelen példában a fák megdőlése is ezt mutatja).



2. ábra Víz tartalom-változás a fúrásokban. A négy fúrás átlagos víz tartalmi értékeit a vastag fekete vonal mutatja.

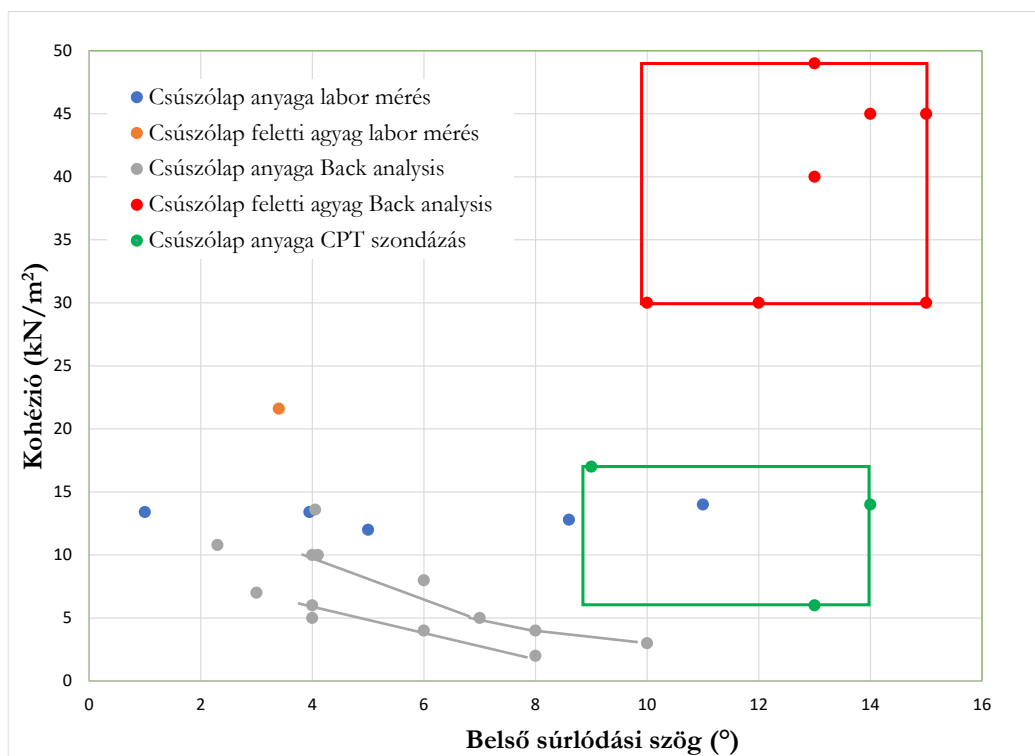
A rézsúmozgás okainak feltárására nagytérű fúrások, valamint CPTu szondázások készültek, hogy a mozgások okait vizsgálni lehessen. A feltárásokból vett talajmintákon végzett víz tartalmi mérések alapján jól elkülönült egy mélységzóna, ahol is a víz tartalom értékek növekedése volt tapasztalható (1. ábra).

A fentiek, valamint a fúrásokban tapasztalt talajrétegződés kimutatott egy, a talajrétegződésben jelen lévő magas víztartalmú, így alacsony relatív konzisztenciaindex értékű talajzónát, mely a laboratóriumi vizsgálatok alapján sovány agyag – iszap rétegekből állt a rézsű hossza mentén. Nyírószilárdsági vizsgálatok megerősítették azt a gyanút, amely a 2. ábrán szereplő mélységtartományban húzódó talajok kapcsán felmerült. Alacsony nyírószilárdsági paraméterek (gyenge teherbírás) jellemezték az említett zónát, így a felszíni jelenségek, a víztartalmi és nyírószilárdsági jellemzők együttesen összetett csúszólap menti elmozdulás lehetőségére mutattak.

Érdeemes megemlíteni a talajparaméterek megbízhatóságának kérdését. Jelen esettanulmányban is felmerült annak kérdése, hogy a különböző módszerekkel számított és származtatott paraméterek közül – amennyiben köztük eltérés van – melyeknek a megbízhatóságát fogadjuk el inkább. A 3. ábra foglalja össze a különböző forrásokból származó nyírószilárdsági értékpárokat, melyeket laboratóriumi, back analysis és CPT szondázási eredményekből határoztuk meg.

A vizsgálat következő lépése a végeselemes számítás volt, egyrészt, hogy

- olyan modell jöjjön létre, amely jól reprodukálja a lejátszódott rézsűmozgást,
- a biztonság mértéke megállapítható legyen, illetve
- ezek fennállása esetén a stabilizálás is tervezhető legyen.



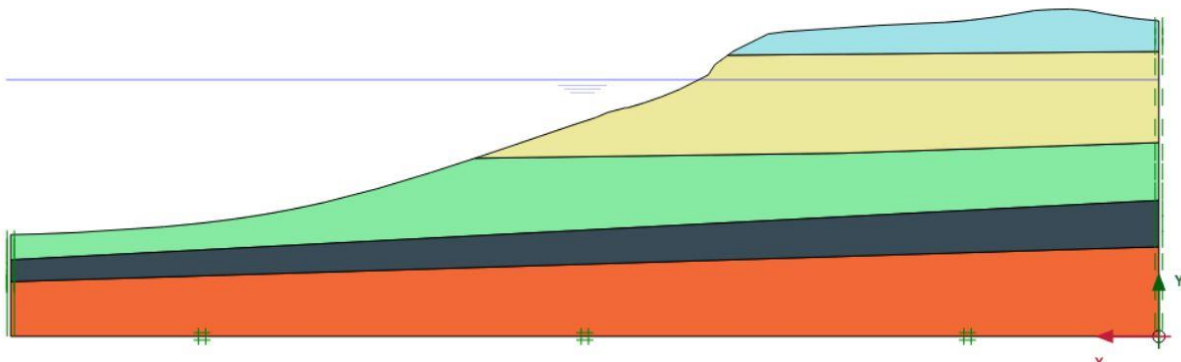
3. ábra Nyírószilárdsági paraméterek meghatározása különböző módszerekkel

### Az állékonyságszámítás

A talajmechanikai fúrások és laboratóriumi vizsgálatok eredményeképpen előre feltételezhető módon a károsodás az ábrán szürke színnel jelölt iszap réteg felszínén ment végbe, ennek megfelelően állapítottuk meg a talajfizikai paramétereket.

A számítás Plaxis 2D szoftverrel készült. Jelen mintapélda célja nem a szoftver működésének és beállításainak taglalása, arra a Plaxis Manual részletes segédletekkel áll rendelkezésre, csupán néhány, a feladat szempontjából kiemelt aspektus kerül tárgyalásra.

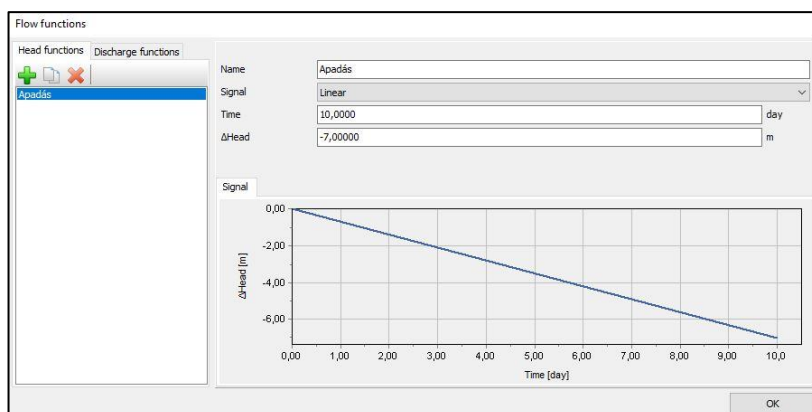
A számítások során javasolt több szelvényt is figyelembe venni a felszínmozgás kiterjedése függvényében, illetve hasznos tud lenni egy kontroll szelvény felvétele is, amely az esetleges különbségeket kimutathatja az elmozdult szakaszokon tapasztaltakhoz képest. Egy vizsgált keresztiszelvényt mutat a 4. ábra.



4. ábra A vizsgált geometria

A folyóvíz hatásának kezelése egy kiemelendő tényező. Árvízvédelmi töltések esetén a vízdali rézsű állékonyságát döntően befolyásolja a folyó vízszintje, annak ingadozása, illetve szélsőséges értékei, valamint a rézsűben a vízáramlás és annak változása.

A víz szerepe kettős az állékonyságszámítás szempontjából, magas vízállás mellett a vízdalon a rézsű megtámasztásra kerül, azonban ekkor a töltés vagy rézsű szerkezetétől és talajadottságaitól függően szivárgási problémák adódhatnak. Ellenkező esetben, alacsony vízállás mellett a vízdali rézsű állékonyságát a rézsű geometriája és a talajok nyírószilárdsága befolyásolja, így a víz megtámasztó hatása nem érvényesül, viszont ez esetben a rézsűn keresztül szivárgás sem tud olyan mértékű károsodásokat okozni.



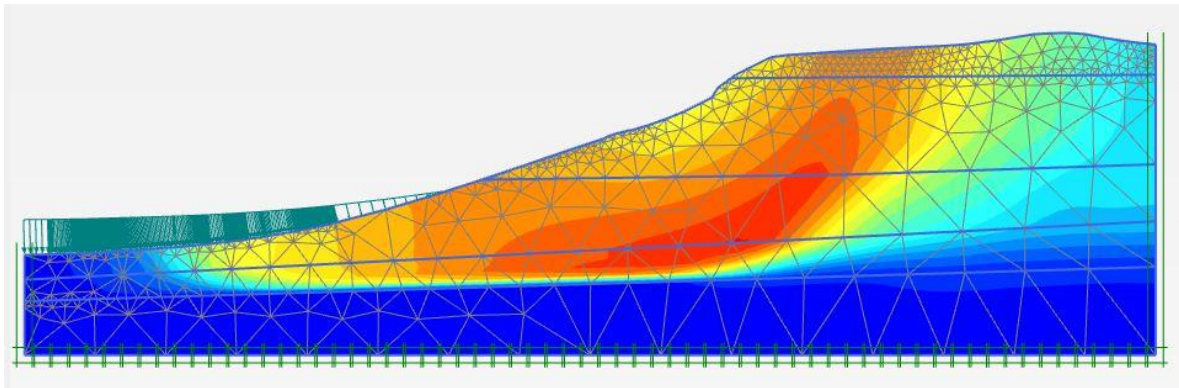
5. ábra Apadás megadása a Plaxis szoftverben

A számítások során sok esetben célszerű egy apadás hatását figyelembe venni, amikor is a vízszint csökkenésének időbelisége döntően befolyásolja a rézsűállékonyságot. Erre a Plaxis lehetőséget ad, a jelenlegi verzió szerint a Flow modul segítségével.

Amennyiben rendelkezésre állnak a vízállás adatok, úgy azt táblázatosan meg lehet adni a *Flow conditions* menüpont alatt, hogy a lehető legpontosabb vízállás és talajvíz-viszonyok legyenek figyelembe véve. Ennek hiányában összehasonító tapasztalatok, vagy függvények is alkalmazhatók a vízállás változásának megadására.

A számítást arra az esetre végeztük el, amikor is egy gyors, 10 napos apadás tapasztalható a vízszintben, ennek megfelelően a 4. ábrán látható maximális vízszintet 10 nap alatt csökkentettük 7 méterrel mélyebbre, melyet a feltárásokban tapasztalt talajvízszintek alapján állapítottunk meg. Jelen példában egy 10 napon át tartó, összesen 7 méteres apadás hatását vettük figyelembe (5. ábra), ami egy reális érték Nagy (2003a) alapján.

Az apadás figyelembevételével mellett végzett számítás során a kapott csúszási felület (kritikus csúszólap) jól közelítette a helyszínen tapasztaltakat, a csúszólap a feltárt nagy víztartalmú, és alacsony nyírószilárdságú réteg felszínén jött létre. A kapott biztonság értéke 1,0-ra adódott.



6. ábra A kialakult csúszólap

A rézsűállékonyság vizsgálata ritkán ér véget a csúszólap meghatározásával, a károsodott szakaszok helyreállítása is a feladat részét képezi. A stabilizálás fejezetben bemutatottak alapján számos lehetőség van a rézsű állékonyság biztonságának növelésére.

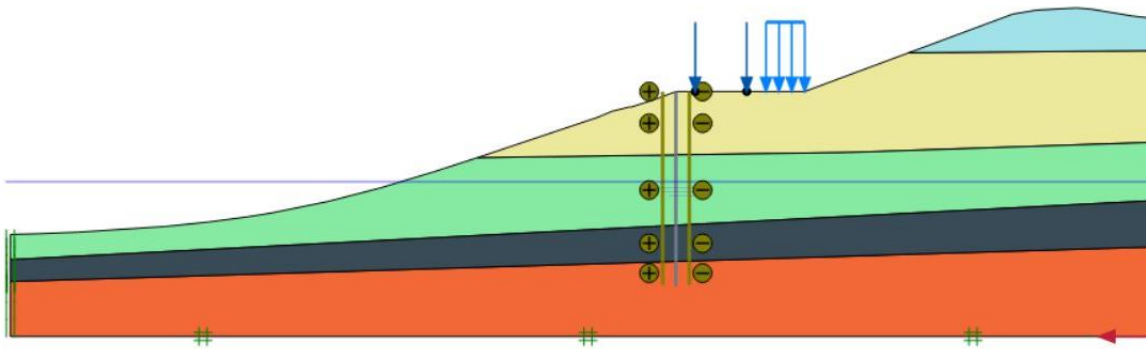
### Stabilizálási lehetőségek

Jelen példánál több stabilizálási lehetőség is megvizsgálásra került, melyek közül három esetén vizsgáltuk a keletkező költségeket:

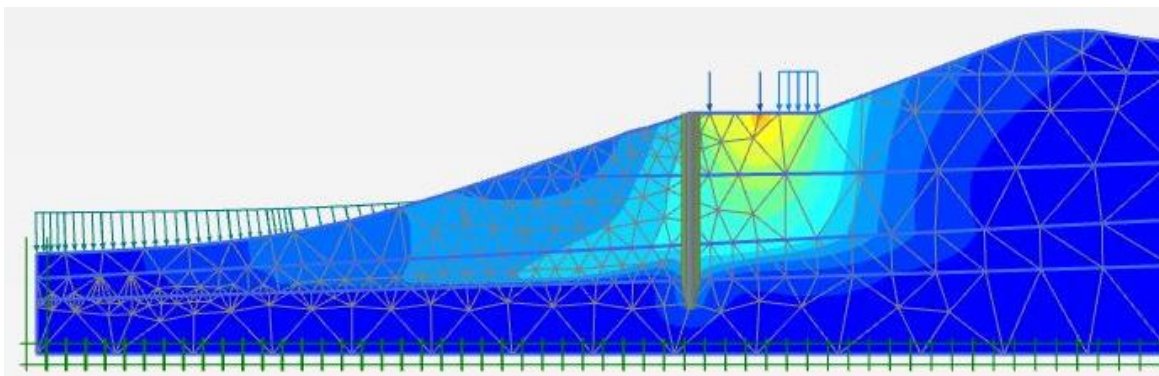
- A rézsű laposítása, a kitermelt föld elszállításával.
- A „gyenge” talajréteg alá egy Larssen lemezekből álló szádfal került befogásra, a rézsű felső éle mentén a rézsűlaposítás is számításba lett véve, a megmozdult talajtömeg részleges eltávolításával. Utóbbi amellet, hogy a rézsűszög csökkentésével az állékonyságot javítja, a szádfal kivitelezéséhez a munkagépek lejárását is elősegíti, illetve a padka kialakítása a szádfal deponálására is lehetőséget ad. Kiegészítő szerkezet beépítése során a számítást építési fázisokkal javasolt tagolni, jelen esetben kritikus az az állapot, amikor a rézsűlaposítás elkészült, a padka kialakult, de a szádfal még nem került beépítésre, viszont a kivitelező gép már a kialakított platón áll.



- jó megoldás lehet a vízoldalon kőprizma kialakítása a csúszólap kimetsződésének környékén, a rézsű geometriájának teljes ellaposítása, hogy a megcsúszott (ezáltal lecsökkent nyírószilárdságú) földtömeg minél nagyobb része kerüljön eltávolításra, vagy a szádlemeztől eltérő szerkezeti elem beépítése.



7. ábra A szádlemez beépítése



8. ábra Szádlemez hatása

A különböző beavatkozások alkalmazása kapcsán megemlítendő egy gazdaságossági kérdés a fenti példa esetén. Különböző műszaki beavatkozásokhoz költségeket társítva meghatározható, hogy az adott feladat elvégzése során milyen befektetendő összeg társítható a biztonsági tényező „egységnyi” javulásához. A 1. táblázat tartalmaz erre egy összehasonlítást, azonban mindenképp szem előtt tartandó, hogy az adott műszaki beavatkozás megfelelőségét minden egyes projekt esetén mérlegelni kell, az alábbi táblázat csupán egy esettanulmány során felmerült összefüggéseket hivatott bemutatni, nem általános érvényű megállapításokat tartalmaz.

1. táblázat A biztonsági tényező 0,01 javulás esetén jelentkező költség különböző módszerek esetén

Állékonyság javító beavatkozás	Vezérköltség(ek)	Az 0,01 biztonsági tényező növekmény költségvonzata
„lekönnyítés hatása” (rézsűszög laposítás + plató kialakítás)	földmunka 3000 Ft/m <sup>3</sup>	18000 Ft
lábazati kőszórás (a megmozdult földtömeg részleges eltávolításával)	földmunka 3000 Ft/m <sup>3</sup> kőszórás* 45000 Ft/m <sup>3</sup>	30000 Ft

szádlemezés állékonyság javítás (földmunka a munkaterület kialakítása)	földmunka 3000 Ft/m <sup>3</sup> szádolás 70000 Ft/m <sup>2</sup>	29000 Ft
--	--	----------

\* a kő ára szállítással és helyszíni beépítéssel

Ezzel az esettanulmánnyal kapcsolatban fel kell hívni a figyelmet, hogy

- bemutatott elemzés csak a megadott geometriára, talajfizikai paraméterekre és költségekre érvényes,
- a módszereknek vannak korlátai, például a lekönnyítés sem mehet a végtelenségig, mert a közelben házak vannak, vagy a lábazati kőszórás a keresztmetszet növekedése miatt egy méret után jelentősen megrágnak,
- a fenti példa több stabilizálási módszer kombinációjának alkalmazásával is megoldható, például valamilyen méretű kőszórásra a part elmosás elleni védelme miatt mindenképpen szükség van, de ez a jelen példánál nem került figyelembevételre a feladat módszertani megoldását tartva szem előtt,
- 2020. évi árakra vonatkoznak a költségek,
- a költségek az elért biztonsági tényező növelésével nőnek, tehát a biztonsági tényező javulása 1,0-ról 1,01-re kisebb költséget jelent, mint 1,3-ról növelni 1,31-re. Ezért legalább 0,2 biztonsági tényező javuláshoz tartozó költséget meghatározva készült a számítás.
- a földmunka csak a kitermelés, elszállítás és lerakás költségeit jelenti.

## Összefoglalás

Összefoglalásként megállapítható, hogy a biztonsági tényező javulásnak eltérő módszerekkel történő eléréséhez különböző költségek adódnak. Meg kell jegyezni, hogy a 0,01 értékű biztonsági tényező javuláshoz megállapított költség átlagos érték az 1,0 biztonsági tényező és az előírt biztonsági tényező között. Vagyis a biztonsági tényező értékének 1,00-ról 1,01-re történő növelésének költsége valószínűleg eltér pl. az 1,34-ről 1,35-re történő növelés költségétől.

Nem elképzelhetetlen, hogy egy összetett rendszer, amely párhuzamosan alkalmaz helyreállítási módszereket, még gazdaságosabb lehet, mint például a földmunka és az amúgyis a Vízügyi Igazgatóság részéről kötelezően előírt kisvízi elhabolás elleni védelem.

Az építőmérnökök között elterjedt volt az a mondás, hogy „az egyenértékű megoldások közül az alacsonyabb költségűt válasszuk”. Ennek a mondásnak csak részben van igaza. Ugyanis a különböző beavatkozások nem mind ugyanazt a biztonsági tényezőt adják (számos ok miatt). Így ami talán jobb összehasonlítást ad a biztonsági tényező növekményének – jelen közleményben a 0,01 érték – költség vonzata.

## Irodalomjegyzék

- Farkas, J.- Nagy, L. (2005): Geotechnikai szakvélemény és elvi helyreállítási javaslat a Szolnok, Téglaházi partmozgás vizsgálatáról, kézirat.
- Nagy L. (1985): A Zagyva jobbpart 1+324 - 1+350 szelvények közötti töltéskárosodás vizsgálata. VITUKI jelentés, Témaszám: 7622/4/567.
- Nagy L. (1987): Zagyva jobb part 0+525 - 1+148 szelvények közötti szakasz feltárása, rézsűállékonyság vizsgálata, VITUKI jelentés, Témaszám: 7622/4/292/717.

- Nagy L. (2003a): Vízoldali rézsű csúszása a Zagyva jobb partján, Vízügyi Közlemények, Vol. LXXXV. évf., 4. szám, pp. 631-650.
- Nagy L. (2003b): A mentett oldali rézsű csúszása Tarpa mellett. Vízügyi Közlemények külön szám, 1. kötet, pp. 193-205, ISSN 0042-7616.
- Nagy L. (2004): Védekezés rézsűcsúszás ellen, In Árvízvédekezés a gyakorlatban. (Nagy L., Szilávik L. szerk.), KTVM Vízügyi Hivatala, pp. 168-187, Budapest, ISBN 963 552 381 5.
- Nagy L. (2006): A szelevényi suvadás, Mérnök Újság, június, pp. 22-23, ISSN 1218-5450.
- Nagy L. (2007a): 2006 évi suvadások geotechnikai tapasztalatai, Hidrológiai Közlöny, LXXXVII évf., 4. füzet, pp. 7-12. ISSN 0018-1323.
- Nagy L. (2007b): Védekezés az árvízvédelmi gátak suvadása ellen. Innova-Print Kft. nyomda, p. 118, ISBN 978-963-87073-9-0.
- Nagy L. (2008): A suvadás elleni védekezés értékelése állékonysági szempontból, Hidrológiai Közlöny, 88. évf., 2. szám, pp. 45-50. ISSN 0018-1323.
- Nagy L., Nagy G. és Takács A. (2019): Geotechnikai szakvélemény a tiszavárkonyi magaspart vizsgálatáról, kézirat.
- Nagy L., Takács A. (2010): Sió-csatorna mederrézsű suvadása, Gazdasági Tükörcső Magazin, augusztus-szeptember, pp. 44-46, ISSN 1587-639X.
- Nagy L., Takács A. (2011): A 2010. július 19-i szolnoki partmozgás vizsgálata, XXIX. MHT Vándorgyűlés, Eger, július 6-8, 4. szekció, 18. cikk, ISBN 978-963-8172-28-0.
- Nagy L., Takács A. (2012): Újabb szolnoki partmozgás 2010-ben, Hidrológiai Közlöny, 92. évfolyam, 2. szám, pp. 49-54. ISSN 0018-1323.