

**Päiväys 18.12.2023**

**Viite 101005733-028**  
Sivu 1 (5)  
Yhteyshlö Antti Pelho  
antti.pelho@afry.com

HELSINGIN KAUPUNKI

HESPERIANPUISTON RANNAN STABILITEETTITARKASTELOT

GEOTEKNINEN SUUNNITTELURAPORTTI

Laatinut	Antti Pelho	AFRY Finland Oy	18.12.2023
Tarkastanut	Matti Konttinen	AFRY Finland Oy	18.12.2023
Hyväksynyt			xx.x.2023

## Sisällys

1	Yleiskuvaus ja maaperä.....	3
2	Tehdyt tarkastelut.....	3
3	Stabiliteetti- ja painumatarkastelut.....	4
3.1	Laskentaleikkaukset .....	4
3.2	Laskentatulokset.....	5
4	Eroosiosuojaus ja lujiterakenteet.....	5
5	Johtopäätökset .....	6
6	Liitteet .....	6

## 1 YLEISKUVAUS JA MAAPERÄ

Hesperianpuisto sijaitsee Helsingissä Töölönlahden länsipuolella. Hesperianpuistoa kehitetään vastaamaan paremmin nykyajan tarpeita. Hesperianpuiston läpi kulkeva Töölönlahden rannan tuntumassa sijaitseva raitti uudistetaan vastamaan paremmin pyöräilyn ja kävelyn tarpeita. Tämä geotekninen selvitys keskittyy raitin uudistamisen geoteknisiin vaikutuksiin. Rannassa kasvaa vanhoja puita, joiden säilyttäminen huomioidaan myös geoteknisissä ratkaisuissa.

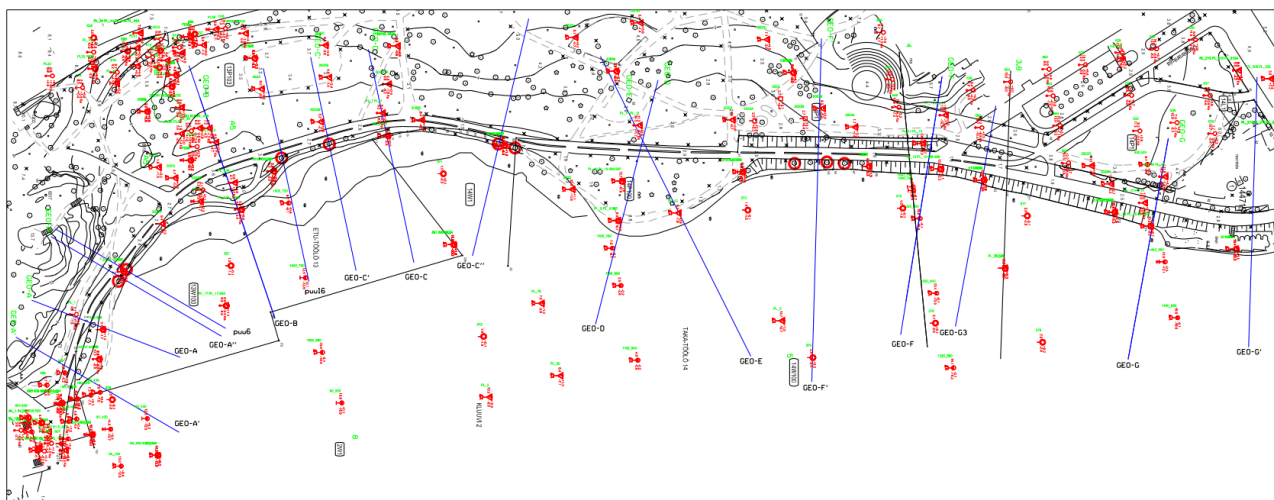
Maanpinta alueella on tasolla +0...+4,16. Hesperianpuiston maaperä on pohjatutkimuksien mukaan sekalaista täyttötä, jonka alla on koheesiomaakerros. Töölönlahden pohjalla on pohjatutkimuksien mukaan 3...10 m kerros liejua ja savea. Töölönlahden liejun suljettu leikkauslujuus vaihtelee 2...6 kPa välillä. Liejun alaisen saven leikkauslujuus vaihtelee 4...14 kPa välillä.

Rannan puolella täytön paksuus vaihtelee 1...5 m välillä. Täyttö on kairauksien perusteella pääosin hiekkaa. Koekuopista on tehty huomioita myös rakennusjätteestä ja jopa rataakiskoista. Täytön alla oleva koheesiokerros on suurimmalta osin savea. Koheesiokerros on noin 1...4 m paksu täytön alla riippuen sijainnista Hesperianpuistossa. Täytön kitkakulmana on käytetty laskennoissa 28...32 riippuen kairaustuloksista. Alueelta tehtyjen siipikairauksien mukaan saven redusoimaton leikkauslujuus on 5,8...18,5 kPa. Siipikairauksien tulokset on saatu hyvin pieneltä alueelta kairauksista, minkä vuoksi leikkauslujuuden muutos syvyyden funktiona on vaikea havaita. Muutamien siipikairauskoeken perusteella saven leikkauslujuus kasvaa syvyyden kasvaessa täytön alla.

Pohjavedenpinta on merivedenpinnan tasolla ja oletettu nousevan koheesiomaan yläpinnan mukaisesti sisämaahan päin.

## 2 TEHDYT TARKASTELUT

Hesperian puiston rannan stabiileetti on tarkasteltu kokonaisvarmuustarkasteluna valituista kohteista. Laskennasta saatava varmuus on sovittu Helsingin kaupungin geoteknikoiden kanssa arvoon  $F > 1,5$ . Meriveden pinta on sovittu Helsingin kaupungin kanssa olevan laskennoissa tasolla +0,0. Laskennassa huomioidaan uusi raitin tasaus ja uudet alueelta tehdyt pohjatutkimukset. Leikkaukset, joista stabiileettilaskennat ovat tehty esitetään kuvassa 1.



Kuva 1. Alueelta tehdyt stabiileettilaskennat

Laskennat tehtiin kolmessa iteraatiokierroksessa. Ensimmäisellä kierroksella selvitettiin rannan stabiileetti uusien pohjatutkimuksien tuloksien pohjalta aikaisemman vuoden 2020

laskentaselostuksen laskentaleikkauksista uudella raitin tasauksella sekä luiskan muotoilulla. Varmuuden todettiin monessa kohtaa olevan alle vaaditun uusien pohjatutkimuksien perusteella tehdyissä laskelmissa. Laskennassa todettiin rannan tarvitsevan ponttiseinää tai muita pohjanvahvistustoimenpiteitä, jotta varmuus olisi yli 1,5. Laskentojen perusteella 1:3 luiska todettiin parhaimmaksi luiskakaltevuudeksi stabiliteetin kannalta. Jyrkemmällä luiskalla raitin ja lahden välisen rantapenkereen varmuus ei ole riittävä ja loivempi täytöllä tehty luiska aiheuttaa huomattavaa täyttöä lahden puolen liejun päälle.

Seuraavassa kierroksessa laskennat toteutettiin siten, että rannan stabiliteettia pyrittiin parantamaan vastapenkereellä sekä kevennyksillä, jotta ponttiseinää tai muita liukupintoja estävää rakennetta ei rannalle tarvittaisi. Rannan stabiliteetin kokonaisvarmuus saatiin vaadituksi hankalissa kohteissa, kun vastapenger oli 10 metrin pituinen noin -0,6...-1,0 m raitin tasauksesta alkava 1:10 pintaluiskalla, jonka lisäksi valituissa kohteissa oli lisänä 0,5 m paksu kevennys raitin alla. Esimerkkilaskenta vastapenkereestä on esitetty laskentaliitteessä 2.

Vastapenger aiheutti liikaa maisemahaittaa ja sen rakentaminen todettiin vaikeaksi, jonka vuoksi kolmannen kierroksen stabiliteettilaskennoissa pyrittiin saamaan rannan varmuus vaadituksi paksummilla kevennyksillä sekä uuden tasauksen sekä rannan muotoilulla välittämättä vanhoista puista.

Tässä raportissa esitetään esimerkkilaskennat iteraatiokierroksista sekä viimeisen kierroksen kaikki laskennat. Laskentojen perusteella tehdyt johtopäätökset esitetään raportin loppuksi.

Lisäksi raportissa esitetään ratkaisu rannan eroosiosuojaukselle.

### 3 STABILITEETTI- JA PAINUMATARKASTELUT

Stabiliteettitarkastelut on tehty GeoCalc 5.1 -laskentaohjelmalla.

#### 3.1 Laskentaleikkaukset

Tarkastelut on tehty kokonaisvarmuustarkasteluna. Stabiliteettia on tarkasteltu laskennallisesti seuraavista laskentaleikkauksista:

Laskentaliite	Laskentaleikkaus	Tarkastelut	Iteraatiokierros/toimenpide
1	C''	stabiliteetti	1/ei pohjanvahvistuksia, uusi tasaus
2	C''	stabiliteetti	2/vastapenger ja mahdollinen kevennys
3	A'	stabiliteetti	3/kevennys ja luiskan muotoilu tarvittaessa
4	A	stabiliteetti	1/ei pohjanvahvistuksia, uusi tasaus
5	Puu6	stabiliteetti	3/kevennys ja luiskan muotoilu tarvittaessa
6	Puu16	stabiliteetti	3/kevennys ja luiskan muotoilu tarvittaessa
7	C'	stabiliteetti	3/kevennys
8	C'	stabiliteetti	3/kevennys ja luiskan muotoilu
9	C	stabiliteetti	3/kevennys ja luiskan muotoilu tarvittaessa
10	C''	stabiliteetti	3/kevennys ja luiskan muotoilu tarvittaessa
11	D	stabiliteetti	1/ei pohjanvahvistuksia, uusi tasaus
12	E	stabiliteetti	1/ei pohjanvahvistuksia, uusi tasaus
13	F'	stabiliteetti	3/kevennys ja luiskan muotoilu tarvittaessa
14	F	stabiliteetti	1/ei pohjanvahvistuksia, uusi tasaus
15	G3	stabiliteetti	1/ei pohjanvahvistuksia, uusi tasaus

16	G	stabiliteetti	2/vastapenger ja mahdollinen kevennys
17	G' ravintola	stabiliteetti	1/ei pohjanvahvistuksia, uusi tasaus

Laskentageometriat sekä maaparametrit on esitetty tämän raportin liitteenä olevissa laskentatuloksissa.

### 3.2 Laskentatulokset

Kokonaisvarmuuden F tulee olla  $>1,5$ .

Laskentaliite	Laskentaleikkaus	Varmuus F	Suosittelut toimenpiteet
1	C''	1,0	puupaalut tai ponttiseinä
2	C''	1,5	puupaalut tai ponttiseinä
3	A'	1,5	puupaalut tai ponttiseinä
4	A	1,6	ei vahvistuksia
5	Puu6	1,4	puupaalut tai ponttiseinä
6	Puu16	1,5	kevennys ja luiskan muotoilu tai puupaalut
7	C'	1,2	puupaalut tai ponttiseinä
8	C'	1,5	puupaalut tai ponttiseinä
9	C	1,5	kevennys ja luiskan muotoilu tai puupaalut
10	C''	1,4	puupaalut tai ponttiseinä
11	D	1,6	ei vahvistuksia
12	E	1,5	ei vahvistuksia
13	F'	1,3	puupaalut tai ponttiseinä
14	F	1,5	ei vahvistuksia, uusi tasaus
15	G3	1,0	puupaalut tai ponttiseinä
16	G	1,4	puupaalut tai ponttiseinä
17	G' ravintola	1,3	puupaalut tai ponttiseinä

Nykytilanteessa rannan stabiliteetin varmuus vaihtelee 1,0-1,6 välillä riippuen sijainnista. Uuden raitin rakentamisen vuoksi rannan kokonaisvarmuuden vaaditaan olevan yli 1,5, vaikka raitti ja uusi tasaus ei heikentäisi itsessään rannan stabiliteettia.

Vastapenger on riittävä toimenpide lähes koko rannassa, kuten laskentaliitteen 2 leikkauksen C'' esimerkki osoittaa. Vastapengertä ei kuitenkaan valittu pohjanvahvistustoimenpiteeksi.

Laskentaleikkauksissa A' ja C' laskentaliitteiden 3 ja 8 mukaisesti luiskan muotoilu ja kevennys riittävät pohjanvahvistustoimenpiteeksi, mutta luiskan muotoilun vuoksi säilytettäviä puita tulisi poistaa.

Lähes koko rannalle ehdotetaan pohjanvahvistustoimenpiteenä puupaaluja tai ponttiseinää, joka asennetaan raitin alle, jotta puut voitaisiin säilyttää ja nykyiseen rantaan ei tarvitsisi tehdä suuria muutostoimenpiteitä.

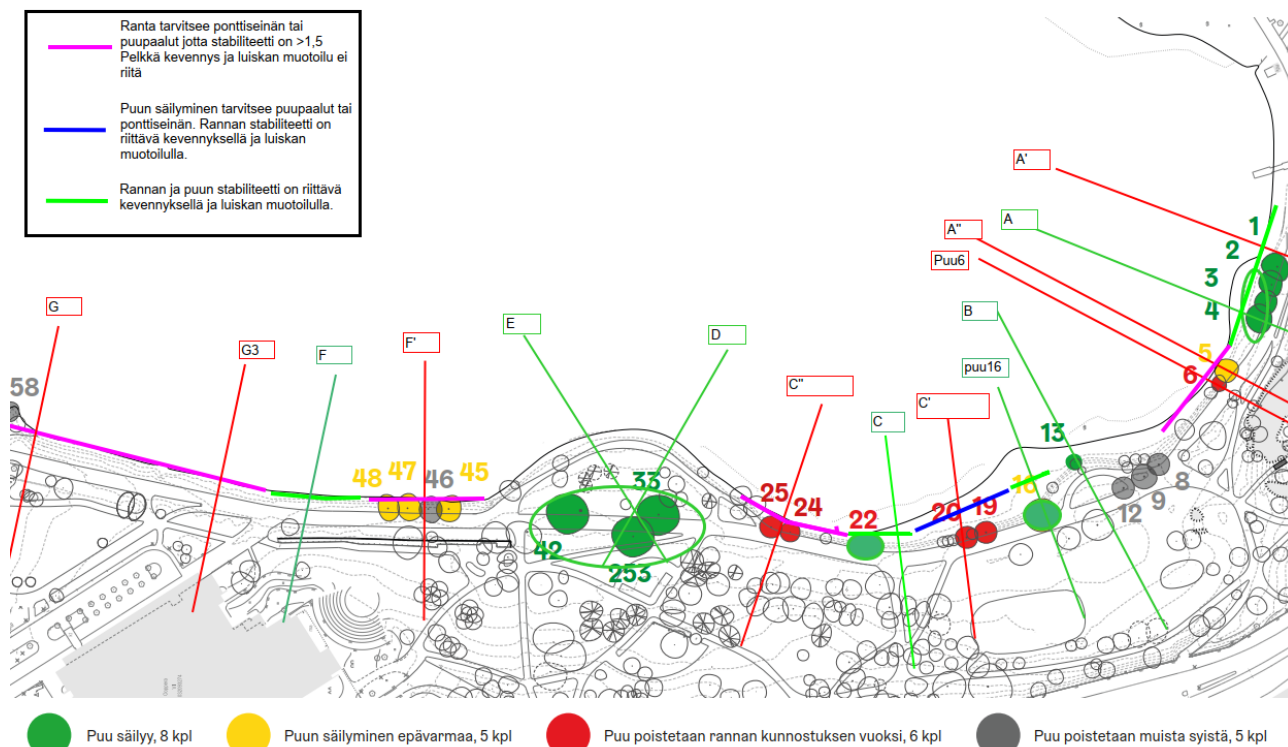
## 4 EROOSIOSUOJAUS JA LUJITERAKENTEET

Rannan eroosiosuojaus rakennetaan erillisessä suunnitelmassa esitettyihin kohteisiin, joihin tehdään uutta luiskatäyttöä. Eroosiosuojaus tehdään siemeneroosiomatolla, joka asennetaan 1:3 luiskaan. Eroosiomatto ankkuroidaan harjateräksillä tai vastaavalla valmistajan ohjeiden mukaisesti katurakenteen ja luiskan väliselle viheralueelle.

Erosiosuojaus esitetään erillisessä suunnitelmassa.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Laskentojen perusteella Hesperian puiston Töölönlahden rannan stabiileetti tulee parantaa erillisessä suunnitelmassa ja kuvassa 2 esitetyillä alueilla joko puupaaluilla tai ponttiseinällä. Alueet, joilla rannan stabiileettia ei tarvitse parantaa esitetään kuvassa 2 ja erillisessä suunnitelmassa.



Kuva 2. 2D-stabiileettilaskentojen johtopäätökset ja valitut leikkaukset karttakuvassa.

Tuloksien perusteella on tehty 3D FEM puupaalutarkastelu, jolla selvitetään puupaalujen mahdollinen stabiileettia nostattava vaikutus kohteessa kolmessa leikkauksessa A'', C'' ja F'. Puupaalut ovat ympäristöystävällinen rakennusmateriaali ja toimii hiilinieluna. Puupaalut todettiin riittäväksi toimenpiteeksi stabiileetin parantamisessa riittävään varmuuteen. Laskenta ja tulokset on esitetty erillisessä raportissa.

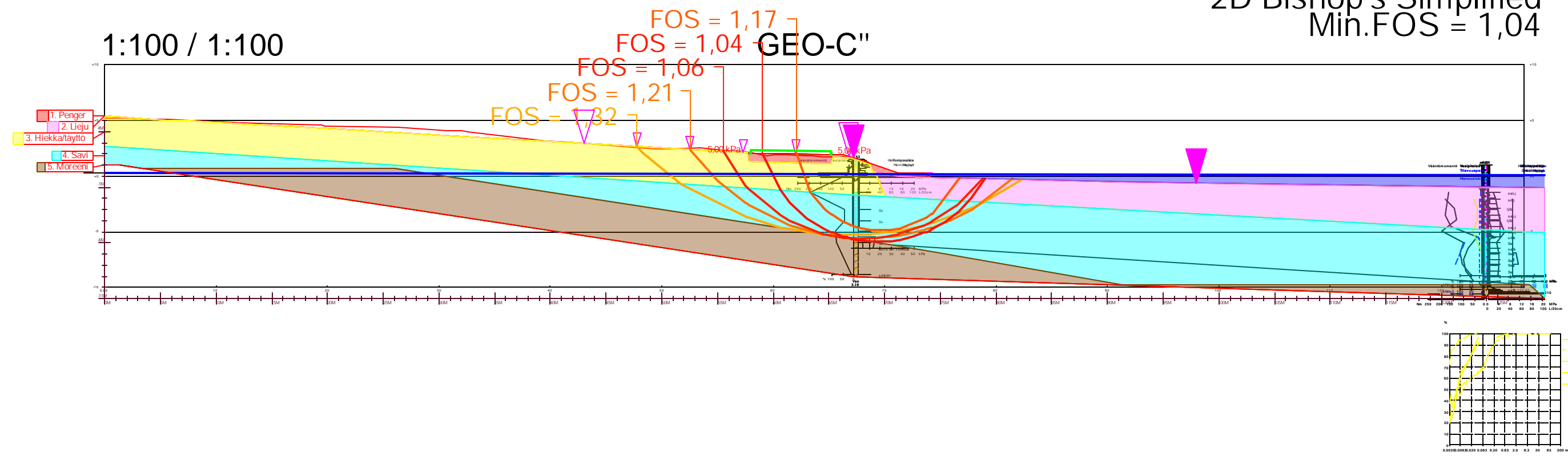
## 6 LIITTEET

- LIITTEET 1...17: Stabiileettilaskennat

Liite 1  
 GEO-C''  
 ei pohjanvahvistuksia  
 uusi raitin ja rannan tasaus

2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 1,04

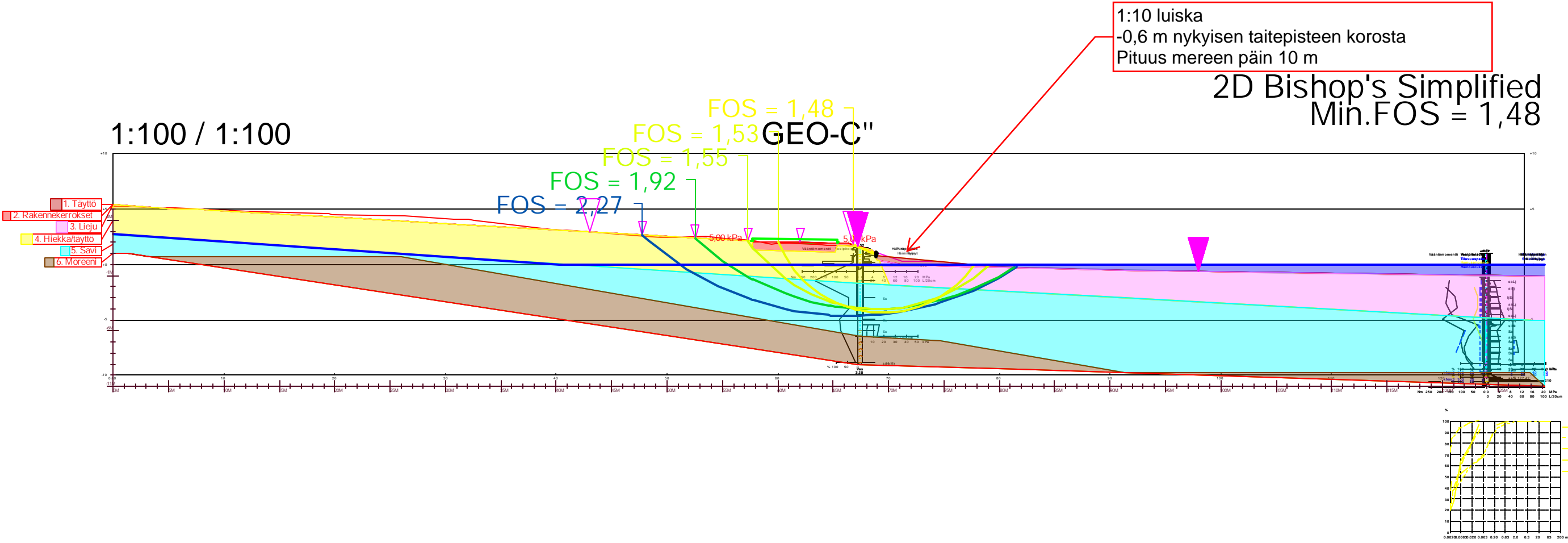
1:100 / 1:100



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$r_u$	$r_{uq}$	$r_u'$	Anisotropy Type	$S_u/S_{u0}$	$S_{uD}/S_{u0}$	$S_{uP}/S_{u0}$
1	Penger	20,00	20,00	40,00				Independent on depth				Isotropic			
2	Liejy	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependent on layer depth				Isotropic			
3	Hiekka/taytto	17,00	17,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			
4	Savi	14,00	14,00	8,00				Independent on depth				Isotropic			
5	Moreeni	19,00	19,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off,  $r_u$  off,  $r_{uq}$  off,  $r_u'$  off

Kokonaisvarmuus  
 /Hesperia  
 Helsinki  
 C''-C'' laskentaleikkaus  
 A. Pelho/AFRY Finland Oy  
 GeoCalc 5.1.1 (15.06.2023 14:46)



1:10 luiska  
 -0,6 m nykyisen taitepisteen korosta  
 Pituus mereen päin 10 m

2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 1,48

1:100 / 1:100

Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$r_u$	$r_{uq}$	Anisotropy Type	$S_uA/S_u0$	$S_uD/S_u0$	$S_uP/S_u0$
1	Täyttö	18,00	18,00		32,00			Independent on depth			isotropic			
2	Rakennekerrokset	20,00	20,00		40,00			Independent on depth			isotropic			
3	Lieju	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependent on layer depth			isotropic			
4	Hiekka/täyttö	17,00	17,00		32,00			Independent on depth			isotropic			
5	Savi	14,00	14,00	8,00				Independent on depth			isotropic			
6	Moreeni	19,00	19,00		32,00			Independent on depth			isotropic			

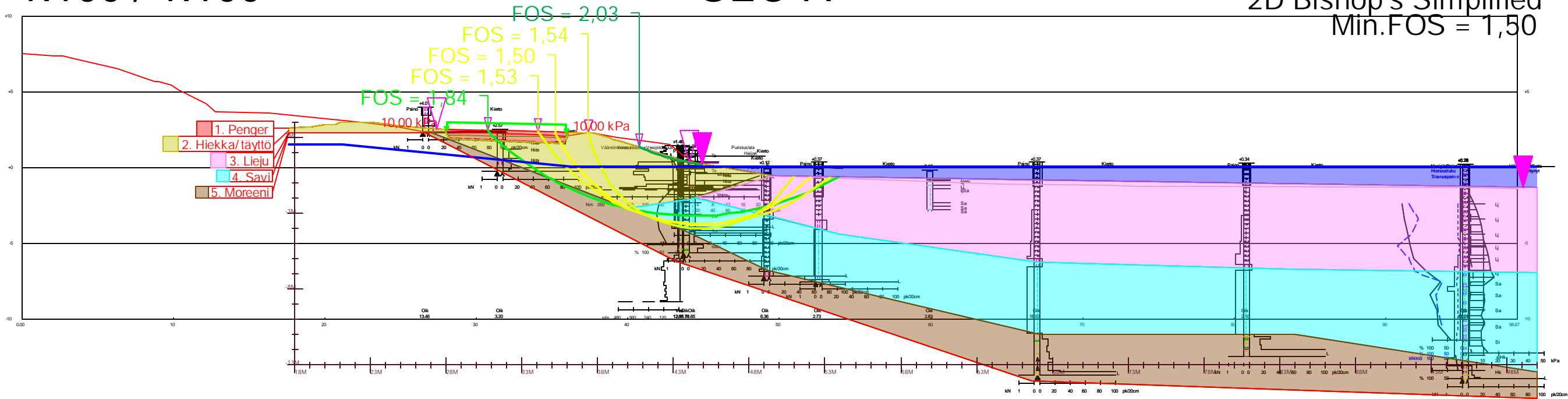
Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off, ru off, ruq off, ru' off  
 End effect in use: K0:0.5 Fos:2 Length:10



1:100 / 1:100

GEO-A'

2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 1,50



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$r_u$	$r_{uq}$	$r_u'$	Anisotropy Type	SuA/ Su0	SuD/ Su0	SuP/ Su0
1	Penger	20,00	20,00	40,00				Independent on depth				Isotropic			
2	Hiekka/ täyttö	17,00	17,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Lieju	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependent on layer depth				Isotropic			
4	Savi	14,00	14,00	8,00				Independent on depth				Isotropic			
5	Moreeni	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off,  $r_u$  off,  $r_{uq}$  off,  $r_u'$  off

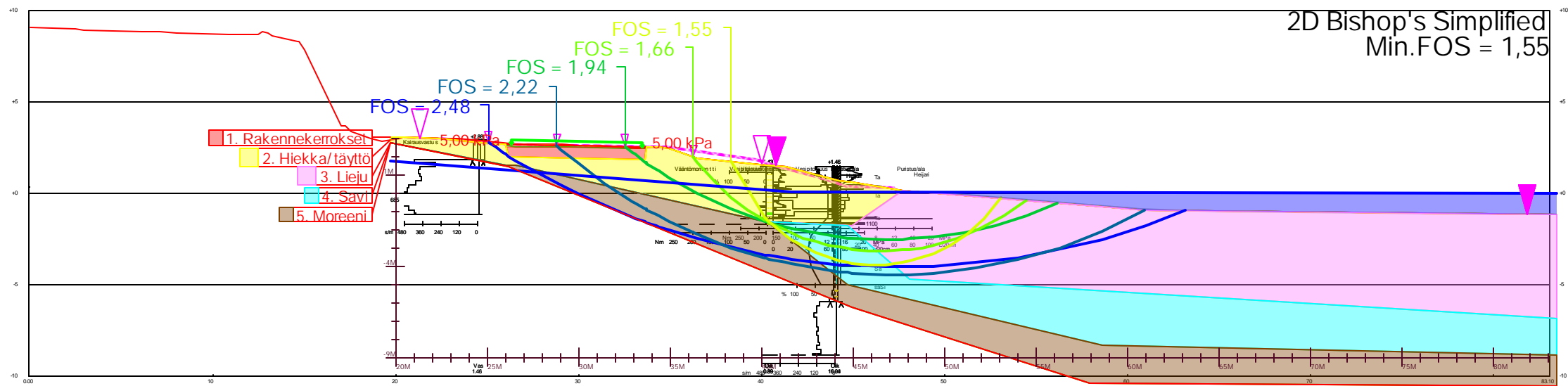
Kokonaisvarmuus

/ Hesperia  
 Helsinki  
 Stabiileittileikkaus A'-A'  
 A. Pelho/AFRY Finland Oy

GeoCalc 5.1.1 (15.06.2023 13:59)

1:100 / 1:100

GEO-A



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	ru	ruq	ru'	Anisotropy Type	SuA/ Su0	SuD/ Su0	SuP/ Su0
1	Rakennekerrokset	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
2	Hiekka/täyttö	17,00	17,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Lieju	15,00	15,00	3,00		1,00		Dependent on layer depth				Isotropic			
4	Savi	15,00	15,00	8,00				Independent on depth				Isotropic			
5	Moreeni	17,00	17,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off, ru off, ruq off, ru' off

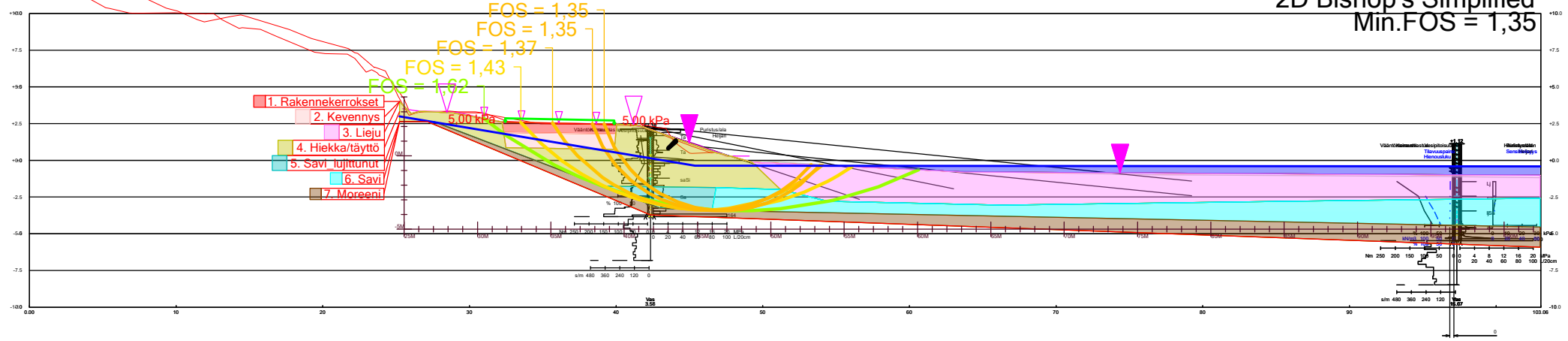
Kokonaisvammuus

/ Hesperian puisto  
 Helsinki  
 Stabiileittileikkaus A-A  
 A. Pelho/ AFRY Finland Oy

Liite 5  
 puu 6  
 1:2 luiska ja kevennys 1,0 m

1:100 / 1:100

2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 1,35



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	ru	ruq	ru'	Anisotropy Type	SuA/Su0	SuD/Su0	SuP/Su0
1	Rakennekerrokset	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
2	Kevennys	4,00	11,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Lieju	13,50	14,00	4,00		1,00		Dependent on layer depth				Isotropic			
4	Hiekka/täyttö	17,00	17,00		30,00			Independent on depth				Isotropic			
5	Savi_lujittunut	15,00	15,00	12,00				Independent on depth				Isotropic			
6	Savi	14,00	14,00	8,00				Independent on depth				Isotropic			
7	Moreeni	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

Kokonaisvarmuus

/Hesperia  
 Helsinki  
 Stabiileittileikkaus Puu6 luiskattu  
 A. Pelho/AFRY Finland Oy

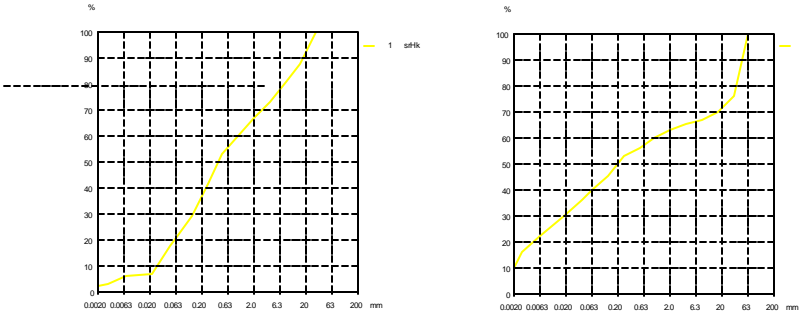
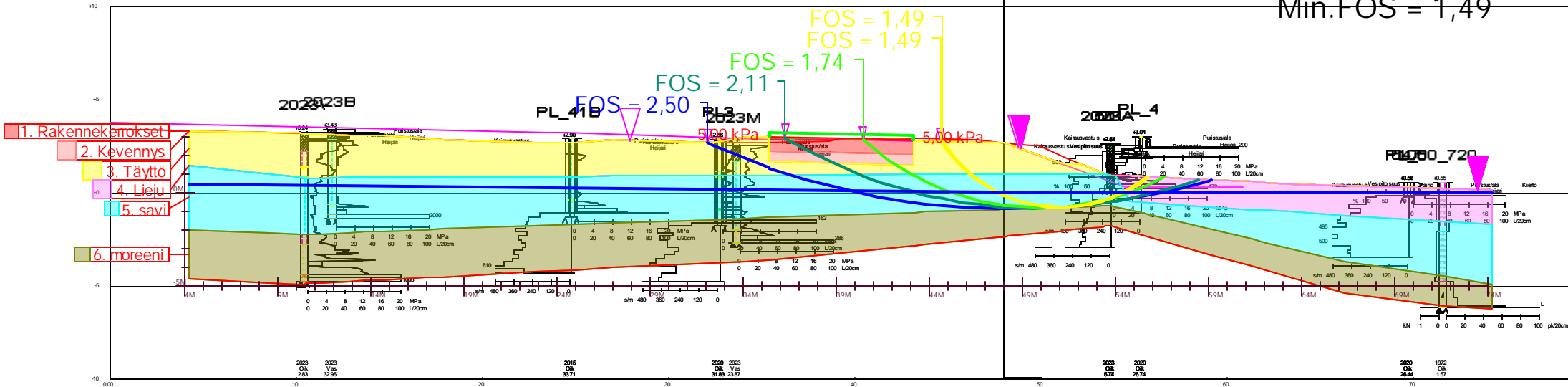
GeoCalc 5.1.1 (21.09.2023 15:08)

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off, ru off, ruq off, ru' off

Liite 6  
 puu 16  
 1:3 luiska ja kevennys 1,0 m

1:100 / 1:100

puu16 2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 1,49



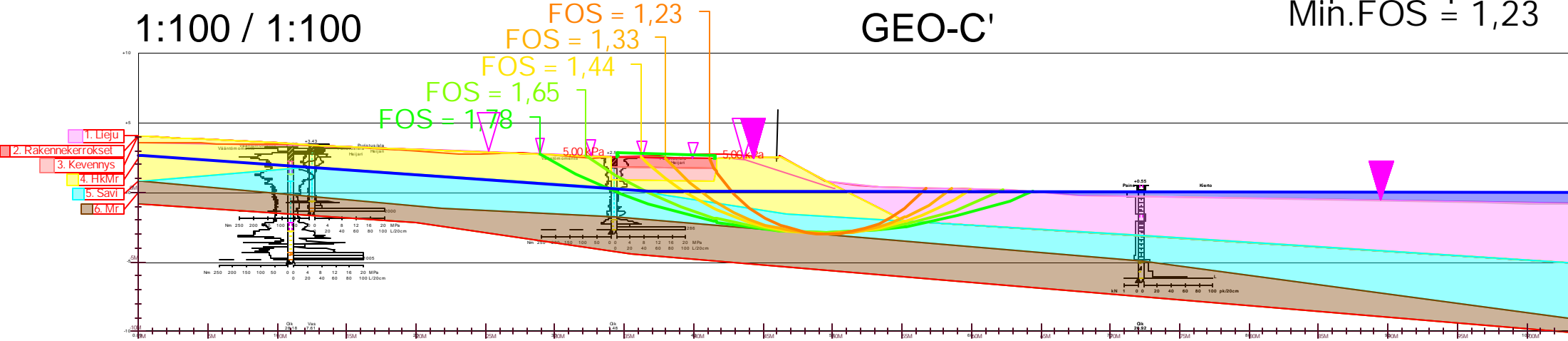
Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$r_u$	$r_{uq}$	$r_{u'}$	Anisotropy Type	SuA/ Su0	SuD/ Su0	SuP/ Su0
1	Rakennekerrokset	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
2	Kevennys	4,00	11,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Täyttö	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			
4	Lieju	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependent on layer depth				Isotropic			
5	savi	15,00	15,00	8,00				Independent on depth				Isotropic			
6	moreeni	19,00	19,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off,  $r_u$  off,  $r_{uq}$  off,  $r_{u'}$  off

Kokonaisvarmuus  
 / Hesperia  
 Helsingin kaupunki  
 Stabiileittilaskenta puu 16  
 A. Pelho/ AFRY Finland Oy  
 GeoCalc 5.1.1 (18.12.2023 19:47)

Liite 7  
 GEO-C'  
 kevennys 1,0 m

2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 1,23



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	ru	uq	ru'	Anisotropy Type	Su/Su0	SuD/Su0	Sup/Su0
1	Lieju	14,00	14,00	4,00		1,00		Independent on depth				Isotropic			
2	Rakennekerrokset	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Kevennys	4,00	11,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
4	HkMr	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			
5	Savi	14,00	14,00	8,00				Independent on depth				Isotropic			
6	Mr	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off, ru off, uq off, ru' off

Kokonaisvarmuus

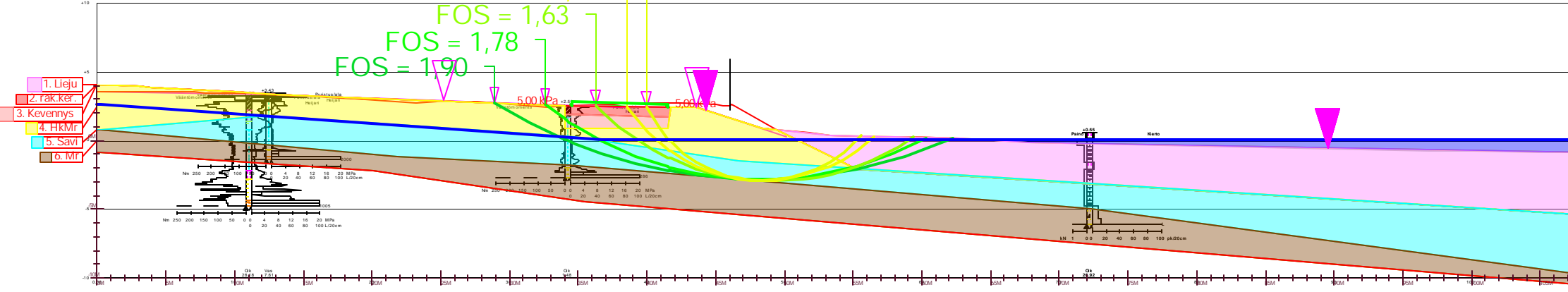
HKI MaKa/Hesperian puisto  
 Rannan stabiilitetti  
 Leikkaus C'-C' (puut 19 ja 20)  
 A. Pelho/AFRY Finland Oy

Liite 8  
 GEO-C'  
 kevennys 1,0 m ja leikkaus 1:3  
 Puut 19 ja 20 joudutaan kaatamaan luiskan vuoksi

2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 1,52

1:100 / 1:100

GEO-C'



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	ru	ruq	ru'	Anisotropy Type	SuA/Su0	SuD/Su0	SuP/Su0
1	Lieju	14,00	14,50	4,00		1,00		Dependent on layer depth				isotropic			
2	rak.ker.	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				isotropic			
3	Kevennys	4,00	11,00		40,00			Independent on depth				isotropic			
4	HkMr	17,50	18,00		32,00			Independent on depth				isotropic			
5	Savi	14,50	14,50	8,00				Independent on depth				isotropic			
6	Mr	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				isotropic			

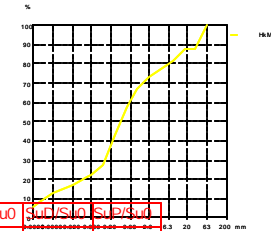
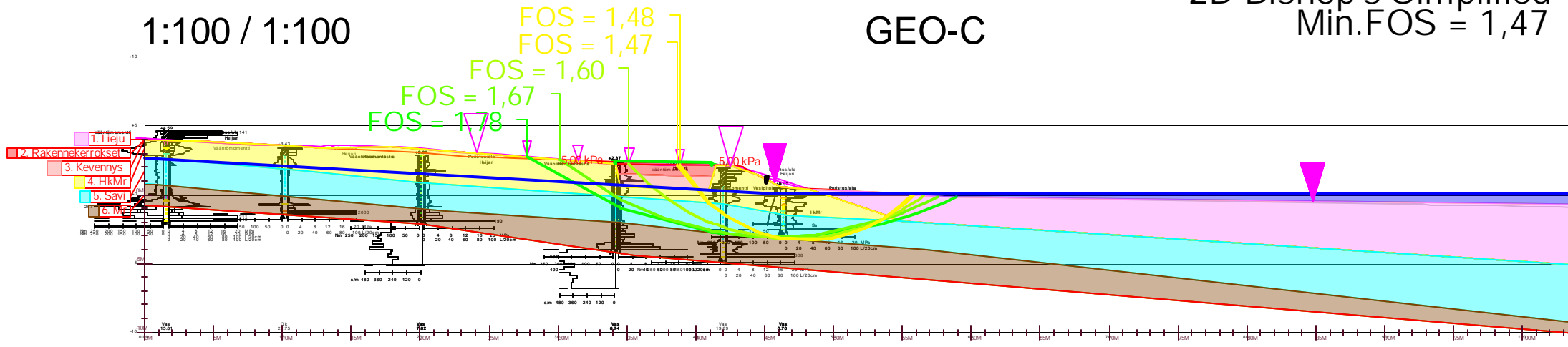
Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off, ru off, ruq off, ru' off

Kokonaisvarmuus  
 HKI MaKa/Hesperian puisto  
 Rannan stabiilitetti  
 Leikkaus C'-C' (puut 19 ja 20)  
 A. Pelho/AFRY Finland Oy  
 GeoCalc 5.1.1 (20.09.2023 10:47)

2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 1,47

1:100 / 1:100

GEO-C



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$r_u$	$r_{uq}$	$r_u'$	Anisotropy Type	$S_u/S_{u0}$	$S_c/S_{c0}$	$S_\Phi/S_{\Phi0}$
1	Liejy	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependent on layer depth				isotropic			
2	Rakennekerrokset	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				isotropic			
3	Kevennys	4,00	11,00		40,00			Independent on depth				isotropic			
4	HkMr	17,00	17,00		32,00			Independent on depth				isotropic			
5	Savi	14,50	14,50	8,00				Independent on depth				isotropic			
6	Mr	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				isotropic			

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off,  $r_u$  off,  $r_{uq}$  off,  $r_u'$  off

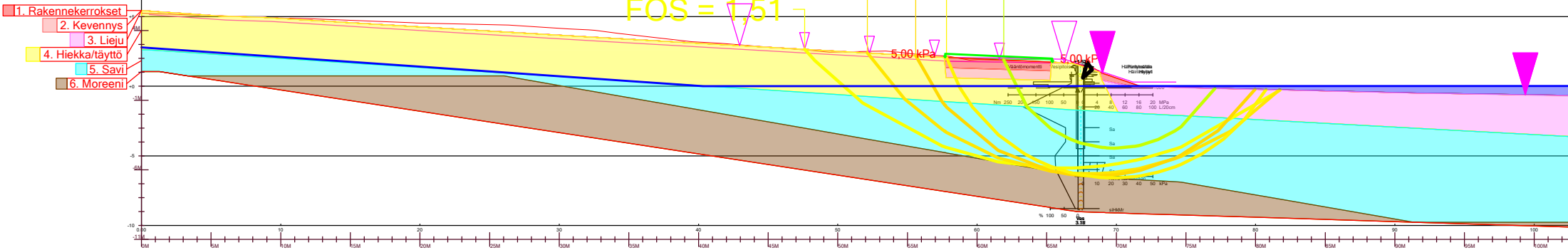
Kokonaisvarmuus  
 HKI MaKa/Hesperian puisto  
 Rannan stabiiteetti  
 Leikkaus C-C (puu 22)  
 A. Pelho/AFRY Finland Oy

Liite 10  
 GEO-C''  
 kevennys 1,0 m ja luiskamuotoilu 1:3

2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 1,42

1:100 / 1:100

FOS = 1,56  
 FOS = 1,48  
 FOS = 1,42  
 FOS = 1,45  
 FOS = 1,51  
 GEO-C''



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	ru	ruq	ru'	Anisotropy Type	SuA/Su0	SuD/Su0	SuP/Su0
1	Rakennekerrokset	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
2	Kevennys	4,00	11,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Lieju	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependent on layer depth				Isotropic			
4	Hiekka/täyttö	17,50	17,50		32,00			Independent on depth				Isotropic			
5	Savi	14,00	14,00	10,00				Independent on depth				Isotropic			
6	Moreeni	19,00	19,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

Kokonaisvarmuus  
 Luiskattu 1:3 täyttämällä

/Hesperia  
 Helsinki  
 C''-C'' laskentaleikkaus (puut 24 ja 25)  
 A. Pelho/AFRY Finland Oy

GeoCalc 5.1.1 (21.09.2023 14:53)

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off, ru off, ruq off, ru' off

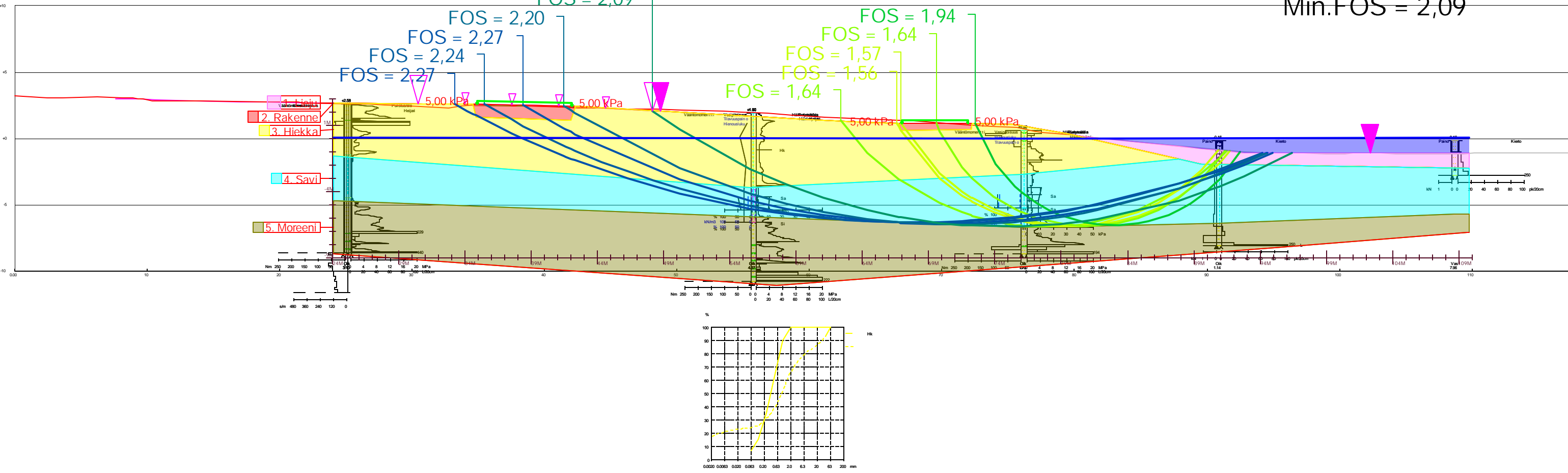


Liite 11  
 GEO-D  
 ei pohjanvahvistuksia  
 uusi raitin ja rannan tasaus

1:100 / 1:100

GEO-D

2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 2,09



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material type	$r_u$	$r_{uq}$	$r_u'$	Anisotropy Type	SuA/ Su0	SuD/ Su0	SuP/ Su0
1	Lieju	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependent on layer depth				Isotropic			
2	Rakenne	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Hiekka	17,00	17,00		30,00			Independent on depth				Isotropic			
4	Savi	14,00	14,00	8,00				Independent on depth				Isotropic			
5	Moreeni	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off,  $r_u$  off,  $r_{uq}$  off,  $r_u'$  off

Kokonaisvamuus  
 / Hesperia  
 Helsinki  
 Laskentaleikkaus D-D  
 A. Pelho/ AFRY Finland Oy  
 GeoCalc 5.1.1 (11.07.2023 12:44)

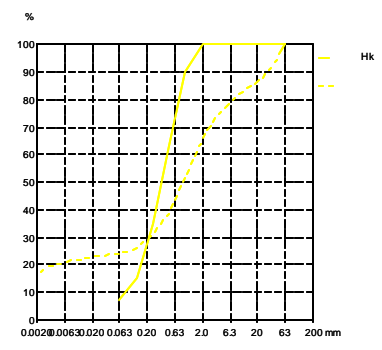
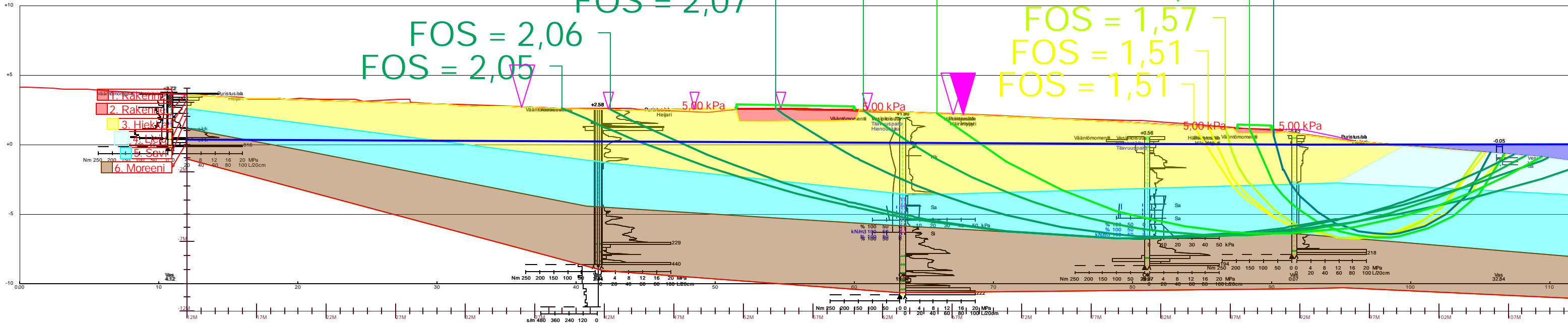
# 2D Bishop's Simplified

## Min.FOS = 1,83

1:100 / 1:100

FOS = 1,83  
 FOS = 1,98  
 FOS = 2,07  
 FOS = 2,06  
 FOS = 2,05  
 FOS = 2,15  
 FOS = 1,85  
 FOS = 1,57  
 FOS = 1,51  
 FOS = 1,51

GEO-E



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$r_u$	$r_{uq}$	$r_{u'}$	Anisotropy Type	SuA/ Su0	SuD/ Su0	SuP/ Su0
1	Rakenne	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
2	Rakenne	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Hiekka	17,00	17,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			
4	Lieju	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependent on layer depth				Isotropic			
5	Savi	14,00	14,00	8,00				Independent on depth				Isotropic			
6	Moreeni	19,00	19,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

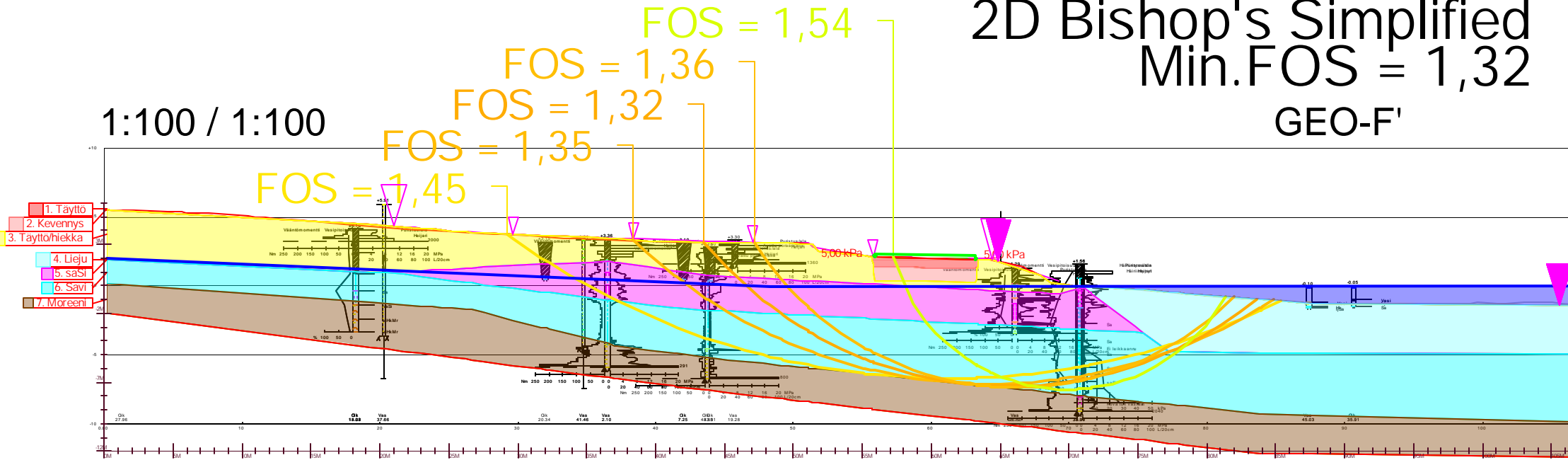
Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off,  $r_u$  off,  $r_{uq}$  off,  $r_{u'}$  off

Kokonaisvarmuus  
 Nykyinen maanpinta rannassa

/Hesperia  
 Helsinki  
 Laskentaleikkaus E-E  
 A. Pelho/ AFRY Finland Oy

Liite 13  
 GEO-F'  
 kevennys 1,0 m

# 2D Bishop's Simplified Min.FOS = 1,32 GEO-F'



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$r_u$	$r_{uq}$	$r_{u'}$	Anisotropy Type	SuA/Su0	SuD/Su0	SuP/Su0
1	Täyttö	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				isotropic			
2	Kevennys	4,00	11,00		40,00			Independent on depth				isotropic			
3	Täyttö/hiekka	17,00	17,00		30,00			Independent on depth				isotropic			
4	Lieju	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependent on layer depth				isotropic			
5	saSi	15,00	15,00		28,00			Independent on depth				isotropic			
6	Savi	14,50	14,50	10,00				Independent on depth				isotropic			
7	Moreeni	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				isotropic			

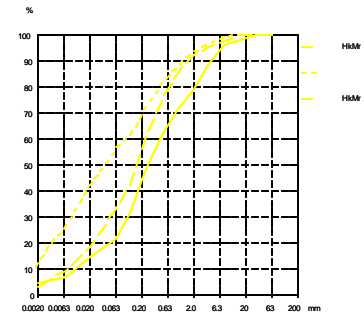
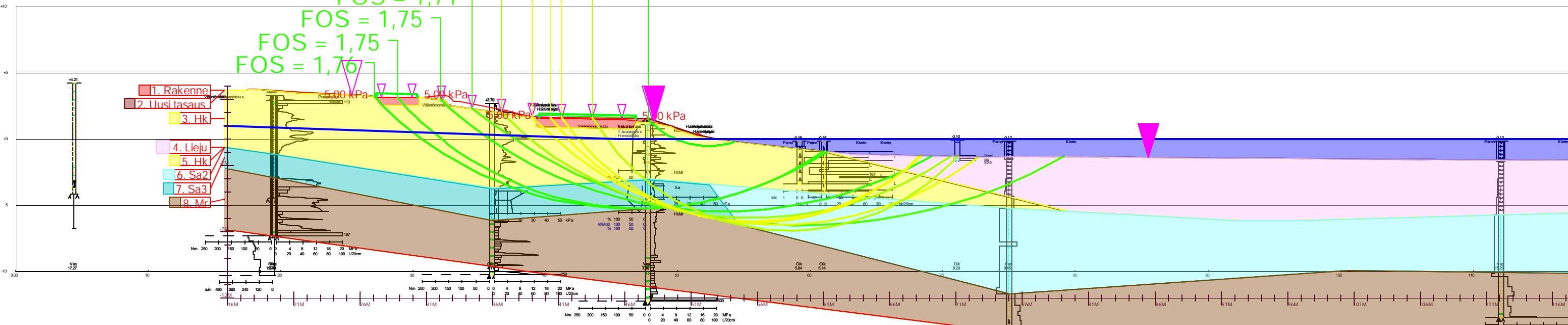
Kokonaisvarmuus

/Hesperia  
 Helsinki  
 Laskentaleikkaus F'-F' (puut 45-48)  
 A. Pelho/AFRY Finland Oy

1:100 / 1:100

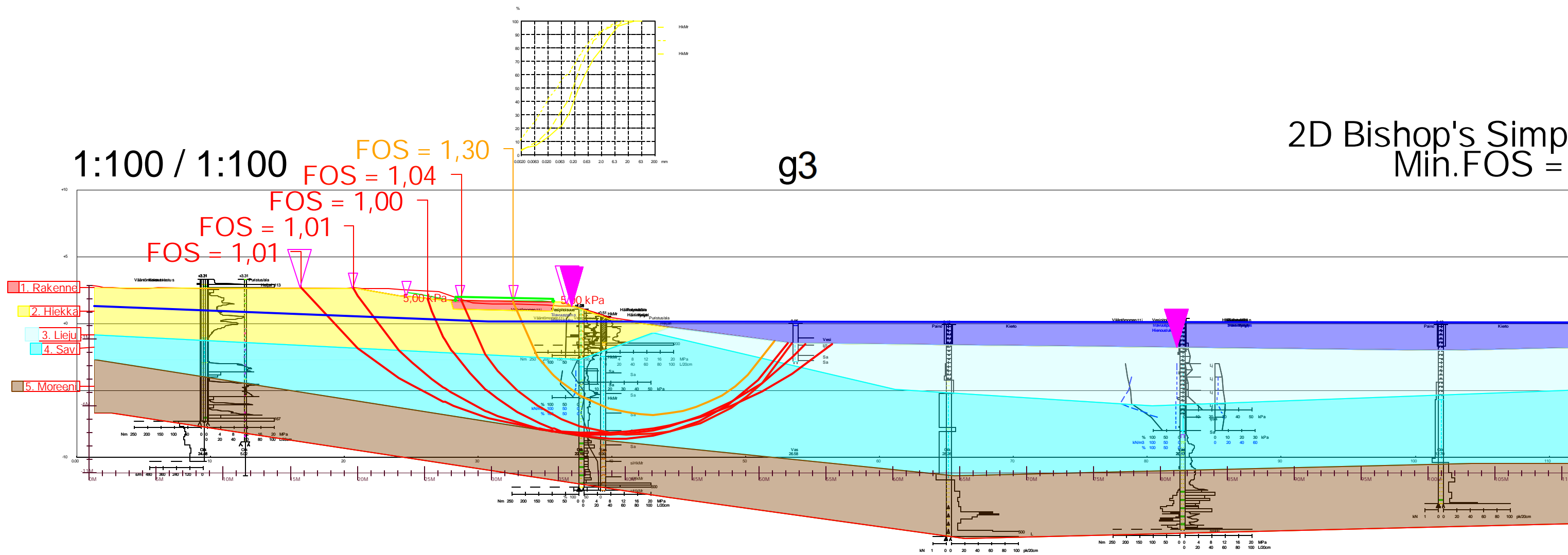
GEO-F

2D Bishop's Simplified  
 Min.FOS = 1,50



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$ru$	$ruq$	$ru'$	Anisotropy Type	SuA/ Su0	SuD/ Su0	SuP/ Su0
1	Rakenne	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
2	Uusi tasaus	20,00	20,00		36,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Hk	17,00	17,00		30,00			Independent on depth				Isotropic			
4	Lieju	14,00	14,00	4,00		0,50		Dependent on layer depth				Isotropic			
5	Hk	17,00	17,00		30,00			Independent on depth				Isotropic			
6	Sa2	14,00	14,00	5,00				Independent on depth				Isotropic			
7	Sa3	14,00	14,00	9,00				Independent on depth				Isotropic			
8	Mr	18,00	19,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

Kevennys 0,5 m  
 HKI MaKa/ Hesperian puisto  
 Rannan stabiileetti  
 Leikkaus F-F  
 A.Pelho/ AFRY Finland Oy  
 GeoCalc 5.1.1 (11.07.2023 13:34)



Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$r_u$	$r_{uq}$	$r_u'$	Anisotropy Type	SuA/ Su0	SuD/ Su0	SuP/ Su0
1	Rakenne	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
2	Hiekka	17,00	17,00		30,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Lieju	14,00	14,00	3,00		0,50		Dependent on layer depth				Isotropic			
4	Savi	14,00	14,00	8,00				Independent on depth				Isotropic			
5	Moreeni	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

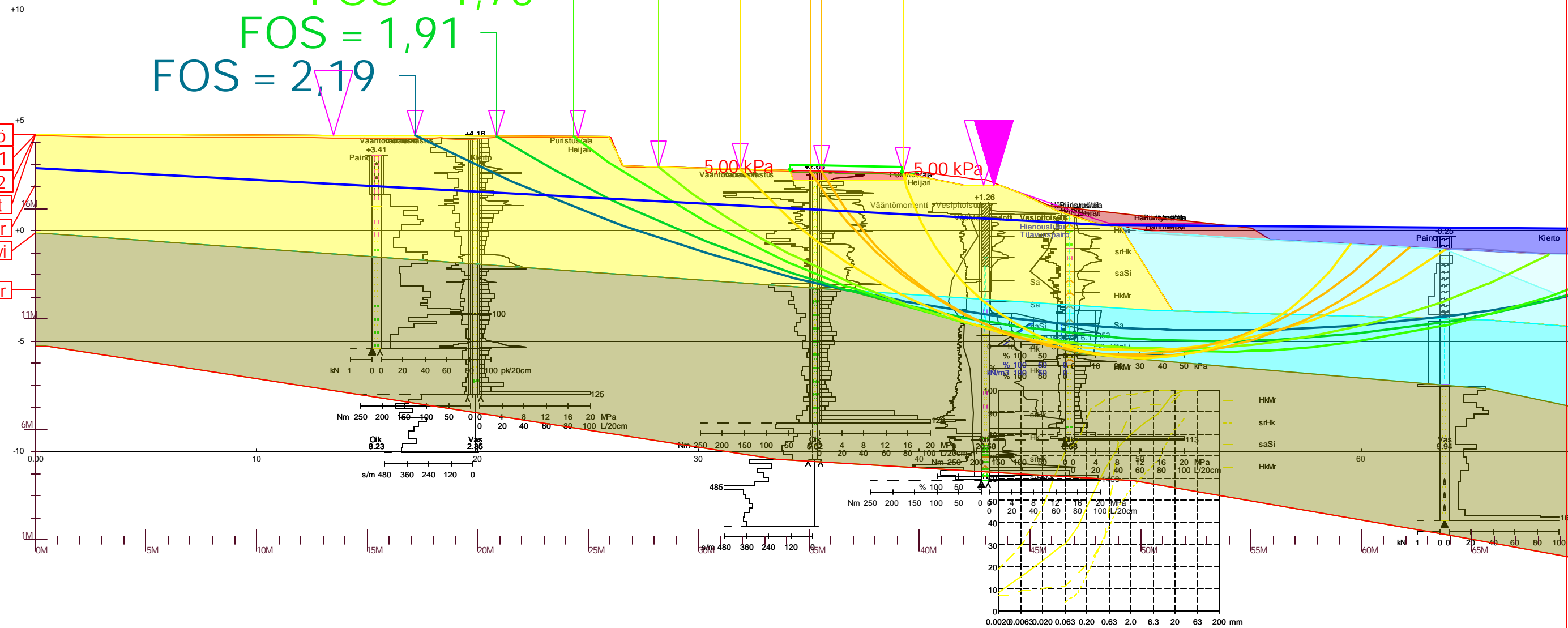
Kokonaisvarmuus  
 Pontiseinä

/ Hesperia  
 Helsinki  
 Leikkaus G ja F välistä  
 A. Pelho/ AFRY Finland Oy

# 2D Bishop's Simplified Min.FOS = 1,35

## GEO-G

1:100 / 1:100

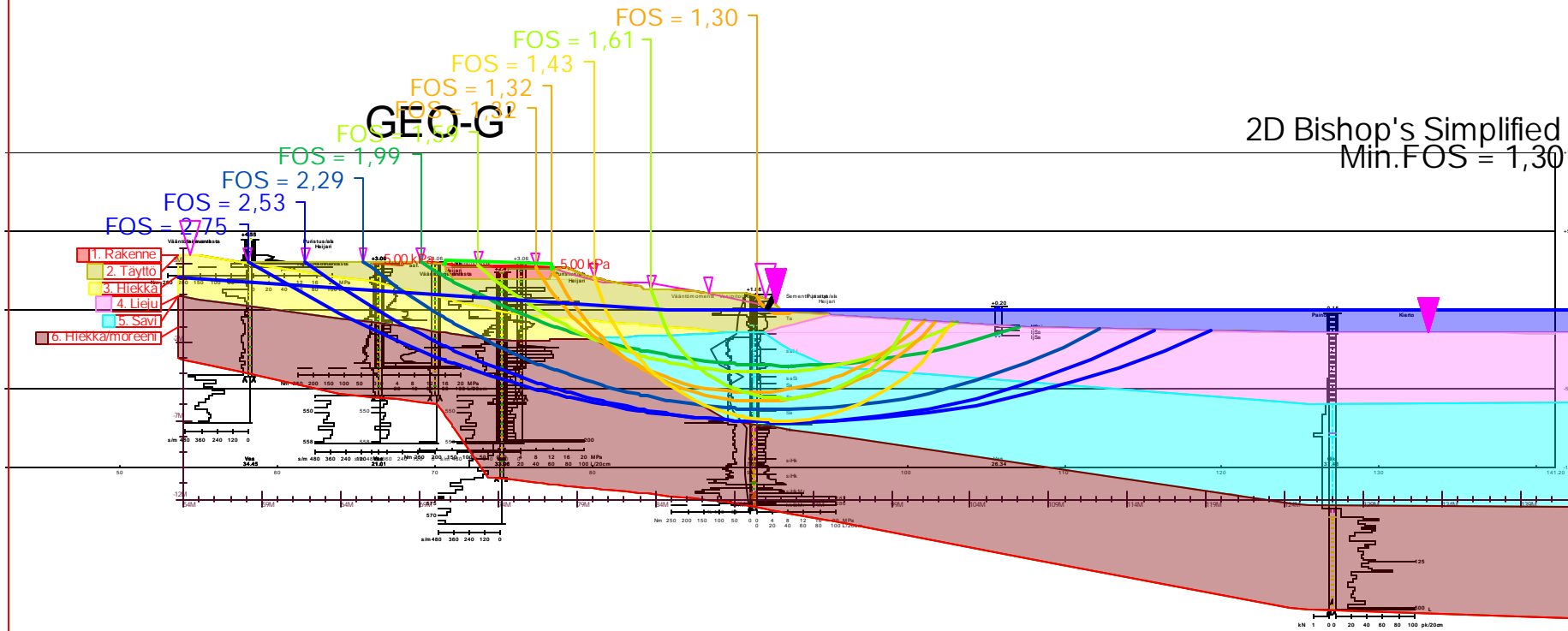


Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$r_u$	$r_{uq}$	$r_u'$	Anisotropy Type	SuA/Su0	SuD/Su0	SuP/Su0
1	Täyttö	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
2	Lieju1	14,00	14,00	2,00		1,00		Dependend on layer depth				Isotropic			
3	Lieju2	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependend on layer depth				Isotropic			
4	rakennekerrokset	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
5	HkMr	17,00	17,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			
6	Savi	14,00	14,00	10,00				Independent on depth				Isotropic			
7	Mr	17,00	18,00		34,00			Independent on depth				Isotropic			

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off,  $r_u$  off,  $r_{uq}$  off,  $r_u'$  off

HKI MaKa/Hesperian puisto  
 Rannan stabiileetti  
 Leikkaus G-G  
 A. Pelho/AFRY Finland Oy

Liite 17  
GEO-G'  
nykytilanne



2D Bishop's Simplified  
Min.FOS = 1,30

Id	Soil layer	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c$ [kPa]	$\Phi$ [°]	$\Delta c$ [kPa/m]	$\Delta \Phi$ [°/m]	Material Type	$r_u$	$r_{uq}$	$r'_u$	Anisotropy Type	SuA/Su0	SuD/Su0	SuP/Su0
1	Rakenne	20,00	20,00		40,00			Independent on depth				Isotropic			
2	Täyttö	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			
3	Hiekka	17,00	17,00		30,00			Independent on depth				Isotropic			
4	Liju	14,00	14,00	4,00		1,00		Dependend on layer depth				Isotropic			
5	Savi	14,00	14,00	9,00				Independent on depth				Isotropic			
6	Hiekkamoreeni	18,00	18,00		32,00			Independent on depth				Isotropic			

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off, ru off, ruq off, ru' off

Kokonaisvarmuus

/Hesperia  
Helsinki  
Leikkaus G'-G'  
A. Pelho/AFRY Finland Oy

GeoCalc: 5.1.1 (18.12.2023 20:23)