

PM/GEOTEKNIK  
STABILITETSUTREDNING  
SÄVERSTA 1:45 M.FL, BOLLNÄS



SLUTRAPPORT  
2021-02-05

UPPDRAG 302325, Säversta 1:45 m.fl., Bollnäs  
Titel på rapport: Stabilitetsutredning  
Status: Slutrapport  
Datum: 2021-02-05

#### MEDVERKANDE

Beställare: Hammarströms Fastigheter AB  
Kontaktperson: Per Hammarström  
  
Konsult: Lena Mörén, Tyréns AB  
Uppdragsansvarig: Håkan Henriksson  
Kvalitetsgranskare: Håkan Henriksson /Jan Blumenberg

#### REVIDERINGAR

Revideringsdatum ÅR-MÅN-DAG  
Version: X.Y exv. 1.0  
Initialer: Namn, Företag

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	OBJEKT OCH SYFTE .....	4
2	UNDERLAG FÖR BERÄKNIGS PM.....	4
3	STYRANDE DOKUMENT .....	4
4	PLANERAD/FÖRESLAGEN KONSTRUKTION OCH (TILLHÖRANDE) GEOTEKNISKA FRÅGETSTÄLLNINGAR.....	4
	4.1 PLANERAD KONSTRUKTION/ANLÄGGNING .....	4
	4.2 GEOTEKNISKA FRÅGESTÄLLNINGAR.....	4
5	MARKFÖRHÅLLANDEN.....	4
	5.1 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN.....	4
	5.2 HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN.....	5
	5.3 VATTENNIVÅ I SJÖN VARPEN .....	5
6	SAMMANSTÄLLNING AV HÄRLEDDA EGENSKAPER.....	5
7	BERÄKNINGAR.....	6
	7.1 FÖRUTSÄTTNINGAR.....	6
	7.2 GEOTEKNISK KATEGORI OCH SÄKERHETSKLASS .....	6
	7.2.1 PARTIALKOEFFICIENTER I BROTTGRÄNS.....	6
	7.2.2 OMRÄKNINGSFAKTORER.....	6
	7.2.3 DIMENSIONERANDE VÄRDEN .....	7
	7.2.4 KRAV OCH RESULTAT .....	7
8	SLUTSATSER/REKOMMENADTIONER.....	7

### BILAGOR

Beteckning	Datum	Rev. datum
Bilaga 1. Sammanställning odränerad skjuvhållfasthet	2021-02-04	
Bilaga 2. Stabilitetsberäkningar	2021-02-04	

### TILLHÖRANDE DOKUMENT/HÄNVISNINGAR

Beteckning	Datum	Rev. datum
MUR (Markteknisk undersökningsrapport)/Geoteknik, upprättad av Tyréns AB	2020-04-08	2021-01-27
Geoteknisk utredning för handelsområde. Jan Blumenberg Geokonsult AB	2020-04-29	2021-02-05

## 1 OBJEKT OCH SYFTE

På uppdrag av Hammarströms Fastigheter AB i Bollnäs har Tyréns AB utfört en geoteknisk undersökning inför en ny detaljplan på fastighet Säversta 1:45 m.fl. Bollnäs kommun. I undersökningen har även en stabilitetsutredning för belastningar från byggnader och uppfyllnader enligt planförslaget utförts. Föreliggande PM redogör för utförd stabilitetsutredning. Uppdragsansvarig för Tyréns AB är Håkan Henriksson och ansvarig geotekniker Lena Mören. Per Hammarström har varit beställarens kontaktperson.

## 2 UNDERLAG FÖR BERÄKNIGS PM

Som underlag till utförd stabilitetsutredning har utförda fältundersökningar nyttjas. Dessa redovisas i sin helhet i MUR (Markteknisk undersökningsrapport)/Geoteknik, upprättad av Tyréns 2020-04-08, kompletterad 2021-01-27. Underlag har även "Geoteknisk utredning för handelsområde. Jan Blumenberg Geokonsult AB, 2020-04-29, kompl 2020-11-17 varit samt planförslaget, plankartan, samrådsunderlag.

## 3 STYRANDE DOKUMENT

I tabell 1 nedan redovisas använda styrande och rådgivande dokument för utredningen

Tabell 1 Styrande dokument.

Dokument	Datum
Eurokod 7, Dimensionering av geokonstruktioner del 1 och 2 SS-EN 1997 (1:2005)	
TK Geo 13, version 2.0 (om TRVFS)	2016-02-29
Tillämpningsdokument kap 11 och 12, Slänter och bankar	2008, rev 2010

## 4 PLANERAD/FÖRESLAGEN KONSTRUKTION OCH (TILLHÖRANDE) GEOTEKNISKA FRÅGETSTÄLLNINGAR

### 4.1 PLANERAD KONSTRUKTION/ANLÄGGNING

Inom området planeras handelshus med tillhörande parkeringar. Färdigt golv (FG) i byggnaderna planeras ligga på nivån +58,00 (RH2000), vilket innebär att planerade byggnader kommer att ligga 0-3 meter över nuvarande markyta.

Mellan handelshuset och sjön Varpen planeras serviceytor för varutransporter. Denna ligger ca 15 - 40 meter öster om huset med planerad färdig väg på nivåer mellan ca +55 och +56. Mellan vägen och sjön Varpen lämnas naturmark inom en ca 20 meter bred remsa.

Planerad exploatering innebär således att uppfyllning kommer ske av naturlig mark.

### 4.2 GEOTEKNISKA FRÅGESTÄLLNINGAR

För att utreda stabiliteten inom området har stabilitetsberäkning utförts på den del av planerad byggnad och utfyllnader där sedimentet är som mäktigast och fyllningarna som högst.

## 5 MARKFÖRHÅLLANDEN

### 5.1 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

Mark- och jordartsförhållanden inom området beskrivs i sin helhet i "Geoteknisk utredning för handelsområde". Jan Blumenberg Geokonsult AB, 2020-04-29, kompl 2020-11-17.

Jorden i aktuellt område består av 0,5-3 meter sediment av silt, lerig silt och siltig lera. Sedimenten vilar på morän av sandig siltig typ. Sedimenten är som regel av torrskorpekaraktär.

## 5.2 HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

Grundvattenytan bedöms normalt ligga mer än 1 meter under markytan inom större delen av området. Närmast sjön Varpen bedöms grundvattenytan ligga yttligare. Förekommande jordar är relativt täta. Vatten på väg ner mot grundvattenytan kan därför uppträda ytligt efter nederbörd och snösmältning.

## 5.3 VATTENNIVÅ I SJÖN VARPEN

Sjön Varpen har enligt vattendomen en dämningssgräns på +51,60 (RH00) och sänkningsgräns på +51,30 (RH00), dvs DG +52,40 och SG+52,10 i RH2000.

Enligt Ljusnas vattenregleringsföretag är en beräknat högsta vattennivå +56,74 (extremflöde) (RH2000) vilket är ett underlag som tagits fram för samordnad beredskapsplanering avseende dammbrott i Ljusnan och Voxnan (Rapport 2016-04-26, Svenska kraftnät och vattenregleringsföretagen). Räddningstjänsten i Södra Hälsingland har också sammanställt översvämningar under de senaste 100-åren, se Figur 1.

<b>Översvämningintervaller Bollnäs dokumenterade i Ljusnan vid sjön Varpen</b>				
• 1916 Vårflöde	(+4,3 m)	plusnivå	55,90	
• 1966 Vårflöde	(+3,6 m)	plusnivå	55,20	
• 1967 Vårflöde	(+2,95 m)	plusnivå	54,55	
• 1977 Vårflöde	(+ 2,75 m)	plusnivå	54,35	
• 1981 Sommarflöde	(+2,3 m)	plusnivå	53,90	
• 1985 Höstflöde	(+2,95 m)	54,55		Voxsjön (+2,6 m) Q 100 flöde
• 1986 Vårflöde				
• 1987 Vårflöde	(+2,15 m)	plunsnivå	53,75	
• 1995 Vårflöde	(+2,80 m)	plusnivå	54,20	
• 2000 Sommarflöde	(+ 2,80 m)	plusnivå	54,20	Voxsjön (+ 2,3 m)
• 2001 Höstflöde	(+2,2 m)	plusnivå	53,80	Voxsjön (+1,1 m)

Figur 1 Dokumenterade översvämningar i sjön Varpen. Höjdnivå i RH00

## 6 SAMMANSTÄLLNING AV HÄRLEDDA EGENSKAPER

Jordens friktionsvinklar har utvärderats utgående från utförd CPT som utvärderats enligt TK Geo figur 5.2-9. I leran har en friktionsvinkel på 30 grader antagits.

Jordens odränerade skjuvhållfasthet har utvärderats utifrån utförd CPT-sonderingar som har utvärderats med programmet Conrad 3.1.1. För stabilitetsberäkningen har utförda punkter kring den identifierade "farligaste" sektionen sammanställts, se bilaga 1, och härledd egenskap har valts utifrån denna sammanställning tillsammans med resultatet av utförda konforsök på upptaget kolprov i punkt 20T11.

En sammanställning av härledda värden redovisas i Tabell 2 nedan.

Tabell 2. Sammanställning av härledda värden.

Jordmaterial	Djup under markyta, $m_y^*$ [m]	Friktionsvinkel $\phi$ [°]	Tunghet, $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Odränerad skjuvhållf., $c_u$ [kPa]
Lerig silt	My-1	31	17(10)	100
Siltig lera	1 -2	30	17 (10)	50
Fast friktionsjord (morän)	>2m	40	20 (11)	-
Fyllning	-	40	20	-

\*Djupet under markytan varierar något. För bedömda jordlagerindelningar se bilaga 2.

## 7 BERÄKNINGAR

### 7.1 FÖRUTSÄTTNINGAR

Kontroll av släntstabilitet har utförts för områdets planerade utseende. Höjdinformation har baserats på utförda inmätningar i området samt höjder från plankartan och planerad bebyggelse. Beräkningar har utförts med antagande om plant spänningstillstånd (2 dimensionellt).

Beräkningar har utförts i brottgränstillstånd med tillskottslast från planerad bebyggelse på 20 kPa vilket motsvarar ungefär en tvåvåningsbyggnad. För trafiklast har 20 kPa använts i enlighet rekommendationer i TKGeo 13. Säkerhet mot stabilitetsbrott är bestämd i enighet med IEG´s tillämpningsdokument EN 1997-1 kapitel 11 och 12, slänter och bankar.

Stabilitetsberäkningarna har utförts med programmet Geostudio 2020 Slope. Beräkningar har utförts i en sektion ner mot Varpen, sektion E-E i ritning G-11-01-001 tillhörande MUR, vilken anses vara mest representativa och "farligast" ur ett stabilitetsperspektiv utifrån de planerade konstruktionernas placering samt terrängens utformning. I beräkningarna har "entry and exit" valts som glidyteberäkning. Plana glidytor har också kontrollerats med hjälp av "fully specified" glidytesökning. Jordlagrens dimensionerande egenskaper finns angivna i avsnitt 7.2.3 nedan.

### 7.2 GEOTEKNISK KATEGORI OCH SÄKERHETSKLASS

Planerad anläggning avseende grundläggning och eventuella stödkonstruktioner hänförs till geoteknisk kategori 2 (GK2) och säkerhetsklass 2 (SK2). Projekterad mark mellan planerade byggnader och Varpen hänförs till säkerhetsklass 1 (SK1).

#### 7.2.1 PARTIALKOEFFICIENTER I BROTTGRÄNS

Partialkoefficienter för framtagande av dimensionerande materialegenskaper framgår i Tabell 3.

Tabell 3 Partialkoefficienter.

Materialegenskaper	Partialkoefficient, $\gamma_M$
Tunghet $\gamma_d$	1,0
Odränerad skjuvhållfasthet $\gamma_{cu}$	1,5
Effektiv kohesion $\gamma_c$	1,3
Friktionsvinkel $\tan(\phi_d)$	1,3

#### 7.2.2 OMRÄKNINGSFAKTORER

Omräkningsfaktorn har bedömts enligt Tabell 5 för jordens egenskaper. Tunna lager av likartade material har i utförda stabilitetsberäkningar slagits samman. Omräkningsfaktorn för fyllnadsmaterial har utvärderats enligt IEG´s tillämpningsdokument EN 1997-1 kapitel 11 och 12, slänter och bankar, tabell 3.1 och uppgår till 1,0.

Tabell 4 Sammanställning omräkningsfaktorer

Materialegenskap	$\eta_{12}$	$\eta_3$	$\eta_{4567}$	$\eta_{tot}$
Friktionsvinkel, $\phi$	1	1	0,95	0,95
Skjuvhållfasthet, C	0,95	0,95	0,95	0,86

Anm.: För tunghet och deformationsegenskaper väljs alltid  $\eta$  till 1,0.

I Tabell 5 redovisas använda omräkningsfaktorer.

Tabell 5 Omräkningsfaktorer friktionsvinkel/odränerad skjuvhållfasthet

Jordparameter	Djup under markyta*[m]	$\eta\phi$ (tot)	$\eta_{cu}$ (tot)
Lerig silt	My-1	0,95	0,86
Siltig lera	1 -2	0,95	0,86
Friktionsjord	>2	1,0	-

\*Djupet varierar något inom området. För specifik lagerindelning se stabilitetsberäkning i bilaga 2

### 7.2.3 DIMENSIONERANDE VÄRDEN

Härledda egenskaper redovisade i kapitel 6 har omräknats till dimensionerande värden enligt samband redovisat nedan. De använda dimensionerande värdena redovisas i Tabell 6.

Det dimensionerande värdet för geokonstruktionen beräknas enligt IEG:s tillämpningsdokument som:

$$X_d = \frac{1}{\gamma_m} \cdot \eta \cdot \bar{X}$$

där

$\gamma_m$	Fast partialkoefficient
$\eta$	Omräkningsfaktor
$X_d$	= Dimensionerande värde för aktuellt material
$\bar{X}$	= Härledd materialegenskap

Tabell 6 Dimensionerande materialegenskaper för stabilitetsberäkningarna

Jordmaterial	Djup under markyta, $m_y^*$ [m]	Friktionsvinkel, $\phi$ [°]	Tunghet, $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Odränerad skjuvhållf., $c_u$ [kPa]	$C^*$
Lerig silt	My-1	21,7	17	57	0,1*Cu
Siltig lera	1 -2	21,1	17	29	0,1*Cu
Friktionsjord, Morän	>2	29	18	-	
Fyllning	-	29	20	-	

\*Djupet varierar något inom området. För specifik lagerindelning se stabilitetsberäkningar i bilaga 2

I utförda stabilitetsberäkningar har vattennivån i Varpen antagits vara i sänkningsgräns och grundvattennivån antagits i befintlig markyta. Detta för att räkna på ett värsta fall.

### 7.2.4 KRAV OCH RESULTAT

För säkerhetsklass 2 (SK2) ska säkerhetsfaktorn som erhålls med beräkningar i stabilitetsprogram överstiga  $F_{EN} > 1,0$  i enighet med IEG:s tillämpningsdokument EN 1997-7 kapitel 11 och 12, Slänter och bankar. För säkerhetsklass 1 (SK1) ska säkerhetsfaktorn överstiga  $F_{EN} > 0,9$ . För nyexploatering av byggnader gäller säkerhetsklass 2 dvs att  $F_{EN} > 1,0$ .

Resultatet av utförda beräkningar redovisas i bilaga 2. De beräkningar som redovisas visar dels lägsta säkerhetsfaktor för cirkulära glidytor, dels lägsta säkerhetsfaktor för plana glidytor. Lägsta erhållna säkerhetsfaktor är 1,67 för en cirkulär glidytta vid kombinerad analys. Det vill säga säkerhetsfaktorerna överskrider med god marginal kravet på  $F_{EN} > 1,0$ . Det råder med andra ord inga stabilitetsproblem för planerad exploatering.

## 8 SLUTSATSER/REKOMMENDATIONER

Utförda stabilitetsberäkningar behandlar den sektion som har mäktigast med sediment och där uppfyllningen går närmast sjön Varpen. Dessa kan därmed anses som "värsta" fallet och anses därför väl kunna representera hela planområdet. Lägsta erhållna säkerhetsfaktor är 1,67 vilket med god marginal överstiger kravet på  $F_{EN} > 1,0$ . Stabiliteten inom området kan därmed anses vara god och ingen risk för stabilitetsproblem (jordskred) föreligger vare sig för befintliga förhållanden eller framtida förhållanden enligt detaljplaneförslaget.

Bilaga - 1

# SAMMANSTÄLLNING ODRÄNERAD SKJUVHÅLLFASTHET



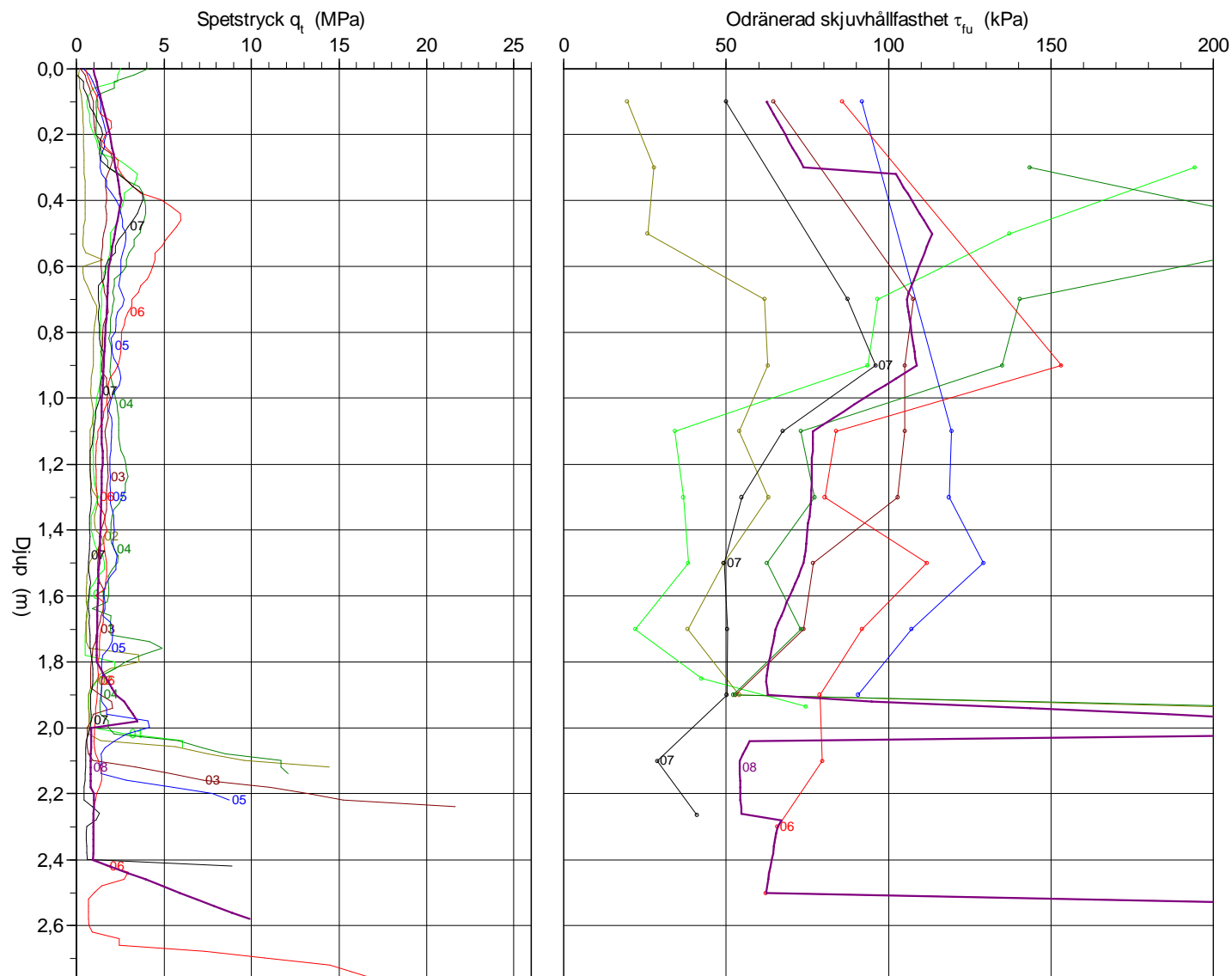
2021-02-05



Sammanställning av CPT sondering

2020-12-22

- 01 Bollnäs 20T11
- 02 Bollnäs 20T42
- 03 Bollnäs 20T41
- 04 Bollnäs 20T08
- 05 Bollnäs 20T44
- 06 Bollnäs 20T43
- 07 Bollnäs 20T45
- 08 Medelvärde

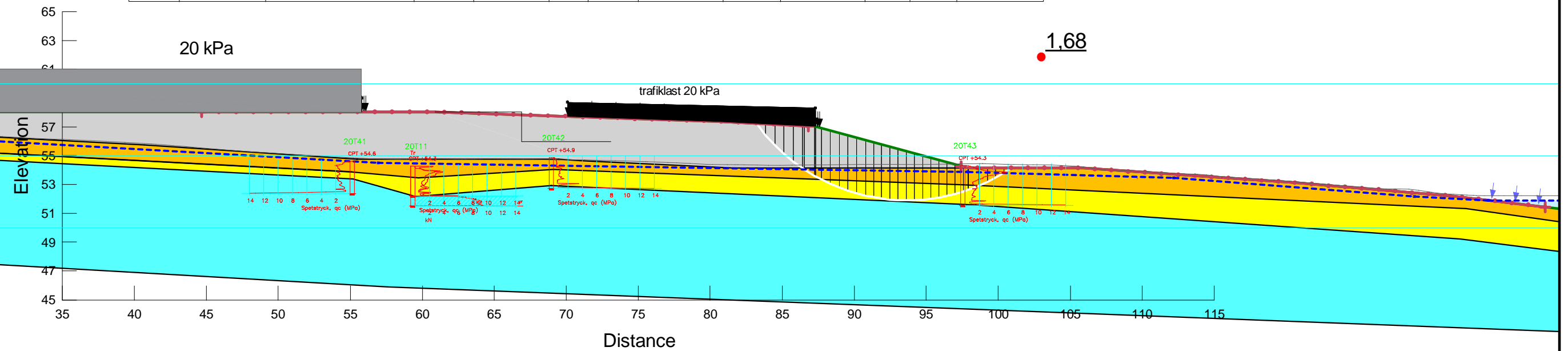


Bilaga - 2  
STABILITETSBERÄKNING



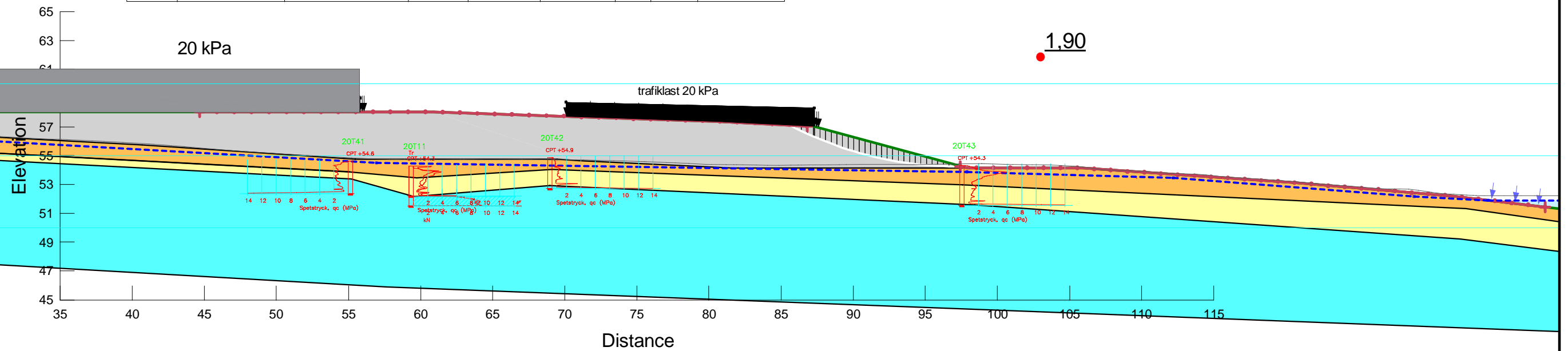
2021-02-05

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C/Cu Ratio	Phi-B (°)	Piezometric Line
Light Blue	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20	0	29						0	1
Grey	fyllning	Mohr-Coulomb	20	0	29						0	1
Orange	Lerig silt	Combined, S=f(depth)	17		21,7	0	0	57	0	0,1		1
Yellow	siltig lera	Combined, S=f(depth)	17		21	0	0	28,5	0	0,1		1



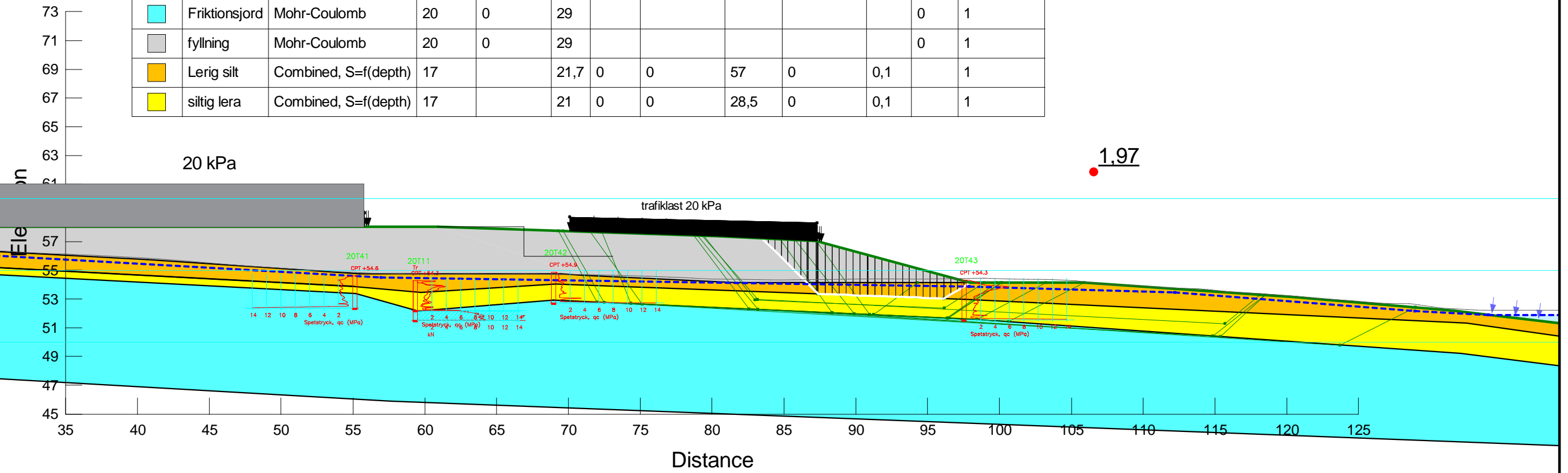
SLOPE/W Analysis	
SäverstasektE-E.gsz	
2021-02-04	1:300

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion (kPa)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
<span style="color: cyan;">■</span>	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20		0	29	0	1
<span style="color: gray;">■</span>	fyllning	Mohr-Coulomb	20		0	29	0	1
<span style="color: orange;">■</span>	Lerig silt Odrän	Undrained (Phi=0)	17	57				1
<span style="color: yellow;">■</span>	siltig lera Odrän	Undrained (Phi=0)	17	28,5				1



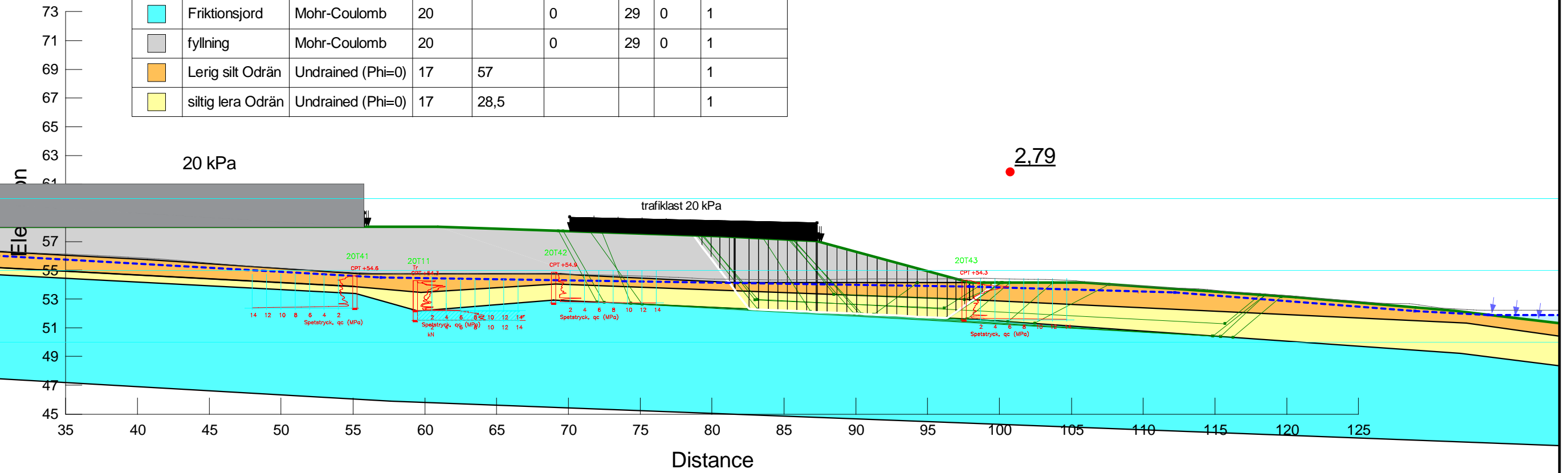
SLOPE/W Odrän
SäverstasektE-E.gsz
2021-02-04
1:300

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C/Cu Ratio	Phi-B (°)	Piezometric Line
Light Blue	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20	0	29						0	1
Grey	fyllning	Mohr-Coulomb	20	0	29						0	1
Orange	Lerig silt	Combined, S=f(depth)	17		21,7	0	0	57	0	0,1		1
Yellow	siltig lera	Combined, S=f(depth)	17		21	0	0	28,5	0	0,1		1



SLOPE/W Analysis	
SäverstasektE-EPlanGlidyta.gsz	
2021-02-04	1:300

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion (kPa)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Phi-B (°)	Piezometric Line
Light Blue	Friktionsjord	Mohr-Coulomb	20		0	29	0	1
Grey	fyllning	Mohr-Coulomb	20		0	29	0	1
Orange	Lerig silt Odrän	Undrained (Phi=0)	17	57				1
Yellow	siltig lera Odrän	Undrained (Phi=0)	17	28,5				1



SLOPE/W Odrän	
SäverstasektE-EPlanGlidyta.gsz	
2021-02-04	1:300