

Projekterings-PM Geoteknik

F16 Uppsala, Uppställningsplatser
Airfield Group

Datum: 2023-09-28
Reviderad, revidering A: 2024-04-26
Uppdragsnummer 1320067805
Förstudie/Projekteringsunderlag
Stockholm Geoteknik

Erik Gunnars
Uppdragsledare

Elias Hammarström
Handläggare

Joakim Persson/Ann-Sofie Roslund
Granskare

Ramboll Sweden AB
Krukmakargatan 21,
118 51 Stockholm

Ramboll.se

Uppdragsnummer: 1320067805

Confidential

Innehållsförteckning

1.	Uppdrag	1
1.1	Syfte/begränsning	1
2.	Styrande dokument	2
3.	Underlag	2
4.	Befintliga förhållanden	2
5.	Planerad byggnation	3
5.1	Dagvattenanläggning	3
6.	Geotekniska förhållanden	5
6.1	Område vid dagvattenanläggning	5
7.	Grundvattenförhållanden	6
8.	Stabilitetsförhållanden	6
8.1	Stabilitet vid temporära schakter för dagvattenanläggning	6
8.1.1	Förutsättningar för temporära schakter	6
8.1.2	Resultat stabilitetsanalys ledningsschakt	8
8.1.3	Resultat stabilitetsanalys inräknat 3D-effekter	10
9.	Rekommendation för fortsatt projektering	11
10.	Rekommendation för dagvattenanläggning	12
10.1	Stabilitet för temporära schakter	12
10.2	Bottenupplyftning och länshållning	13
10.3	Grundläggning	14

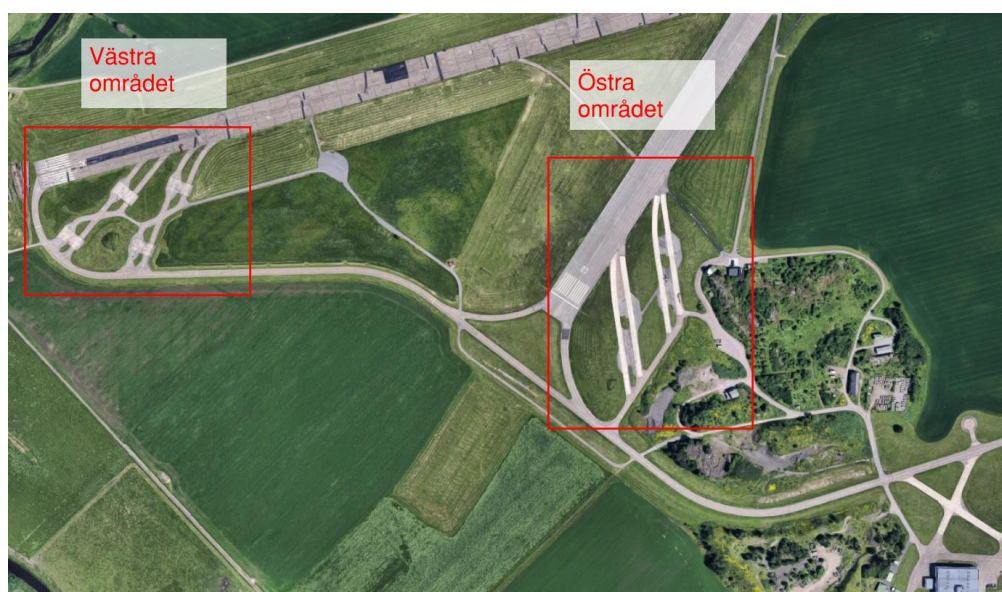
BILAGOR:

Bilaga 1. Stabilitetsberäkningar inklusive erhållen sektion- och planritning 2024-02-13.

Bilaga 2. Beräkning 3D-effekter.

1. Uppdrag

På uppdrag av Airfield Group har Ramboll Sverige AB utfört geoteknisk undersökning inför nybyggnation och ombyggnation av infartsbanor och uppställningsplatser i F16 Flyganläggning i Uppsala. Undersökningen och utredningen omfattar två områden på anläggningen med ett avstånd på ca 700 m från varandra. I figur 1 redovisas undersökningsområdena där om- och nybyggnation planeras.



Figur 1. Områden där nybyggnation planeras markerade i rött.

Revidering A avser kompletterande undersökning och utredning i mars 2024 med ytterligare sonderingar och provtagning för att kontrollera förutsättningarna för schakt och grundläggning av nytt rörmagasin och pumpbrunn för dagvattenanläggning. Denna PM innehåller rekommendationer för utförande av dessa schakter inklusive stabilitetsberäkningar för temporära slänter.

1.1 Syfte/begränsning

Syftet med detta Projekterings-PM är att beskriva geotekniska förhållanden och rekommendationer inför fortsatt projektering av planerad anläggning.

Beroende på hur den färdiga konstruktionen utformas kan denna undersökning och utredning behöva kompletteras med ytterligare information.

I samband med den geotekniska undersökningen utfördes även en miljöteknisk undersökning där markmiljöprover togs. Projektering avseende markmiljö presenteras inte i följande rapport utan i separat miljötekniskt PM "Miljöinventering airside F16" daterat 2023-10-23.

2. Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997-1:2005 samt Boverkets konstruktionsregler EKS.

Materialtyp och tjälfarlighetsklassificering angivna i denna PM är gjorda enligt AMA Anläggning 20.

3. Underlag

- Markteknisk undersökningsrapport F16 Uppsala daterad 2023-09-28, kompletterad 2024-04-26, upprättad av Ramboll.
- Diskussioner med Gabriel Gustavsson på Airfield Scandinavia avseende planerad om- och nybyggnation.
- Preliminära bygghandlingar i plan och sektion avseende pumpbrunn och rörmagasin erhållna från Tekona teknikkonsult 2024-02-13.

4. Befintliga förhållanden

De två undersökningsområdena ligger vid ett flygfält och utgörs av asfalterade ytor där de befintliga flygplansanläggningarna är och öppna grönytor i övrigt. På vissa av ytorna förekommer i stället för asfalt, betong som ytskikt och körbana. Marken är generellt flack.

På det västra området är marken plan. På det östra området stiger terrängen strax öst om undersökningsområdet. Enligt SGU:s jordartskarta finns även ett område med ytnära berg strax väst om området, se Figur 2.



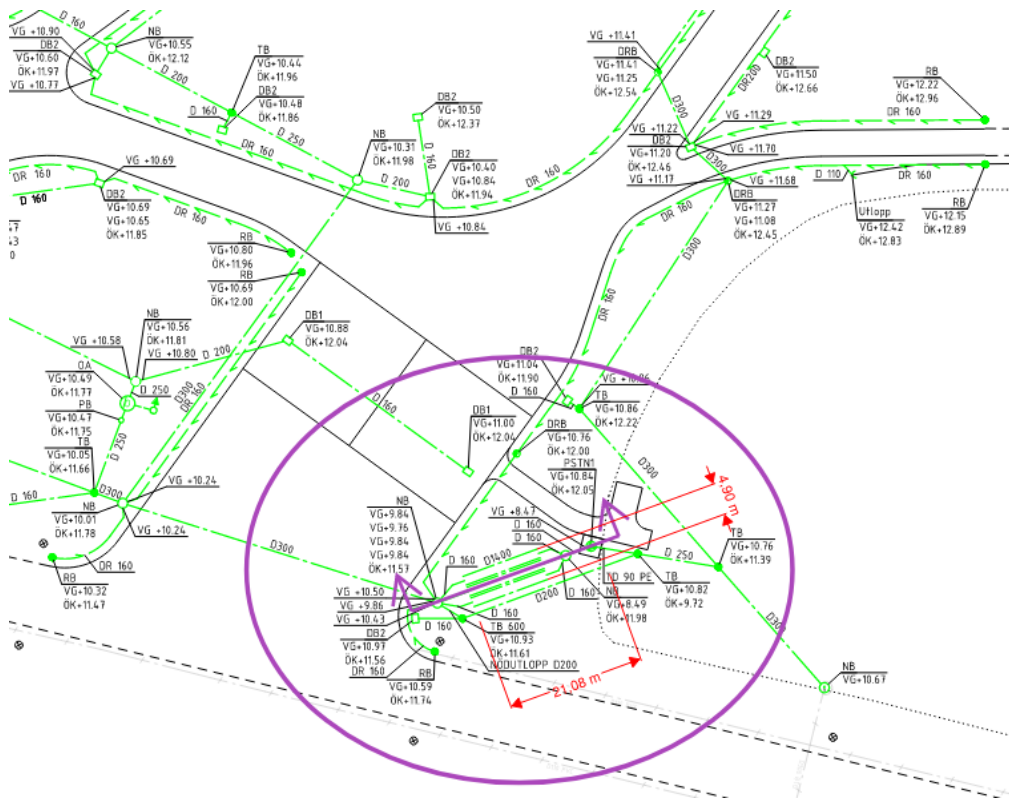
Figur 2. SGU Jordartskarta som visar huvudsaklig jordart. Gult = Postglacial lera, Rött = ytnära berg, Skrafferad ytan indikerar att marken är uppfylld, ovan berg vid röd skraffering eller ovan lera vid gul skraffering.

5. Planerad byggnation

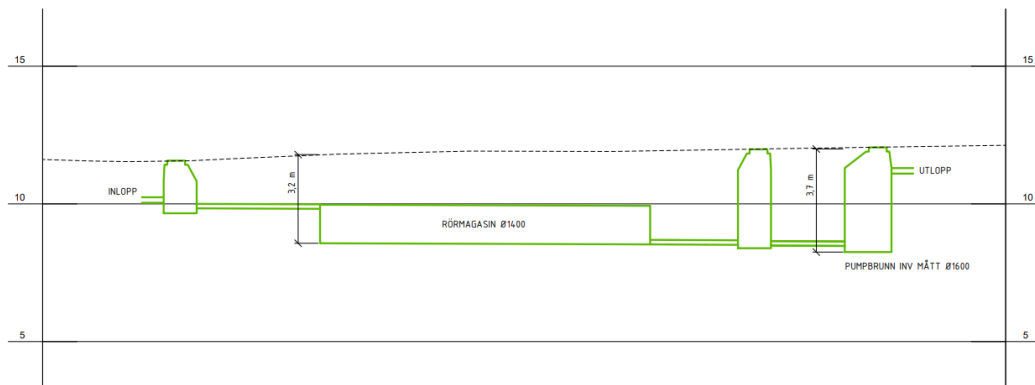
På platsen planerar man att bygga om nuvarande hårdgjorda ytor samt i vissa delar anlägga nya belagda körbanor. Eftersom projektet ännu befinner sig i ett tidigt skede har situationsplan och höjdsättning ej funnits tillgängligt. På båda platserna planeras liknande nybyggnation.

5.1 Dagvattenanläggning

I det västra området planeras ett nytt rörmagasin och en ny pumpbrunn. Lägsta golvnivån för pumpbrunnen planeras hamna på ca. 3,7 m under markytan och för rörmagasinet ca. 3,2 m under markytan. Hela schakten omfattar ca 21 m i längd. Schaktbredd för rörmagasin kommer vara ca. 4 meter. Se Figur 3 och Figur 4 nedan, redovisas även i bilaga 1.



Figur 3. Pumpbrunn och rörmagasin läge i plan.



Figur 4. Pumpbrunn och rörmagasin läge i sektion.

6. Geotekniska förhållanden

Jordlagerförhållandena består på båda platserna av fyllning ovan lera.

Fyllning har påträffats i samtliga undersökningspunkter på båda områdena, fyllningen är generellt runt 0,5 m mäktig och i enstaka punkter uppemot 1 meter mäktig. Fyllningen utgörs generellt av sandigt grus med krossmaterial tillhörande materialtyp/tjälfarighetsklass 2/1. I enstaka punkter har dock fyllning som utgörs av torrskorpelera eller sandigt grus uppblandat i siltig torrskorpelera påträffats, dessa punkter finns både i det östra och västra området. Detta fyllnadsmaterial tillhör materialtyp/tjälfarighetsklass 4B/3 samt 5A/4.

Under fyllning finns lera. Leran har generellt överst en fast torrkorpa ned till ca. 1 m djup och är därunder lös. I enstaka punkter har ingen tydlig torrkorpa påträffats.

Lerans odränerade skjuvhållfasthet i det västra området är uppmätt till 20 – 30 kPa och i det västra till 30 – 40 kPa. Leran tillhör generellt materialtyp/tjälfarighetsklass 4B/3 förutom i vissa punkter där leran är innehåller silt där den tillhör 5A/4.

Lerans deformationsegenskaper har inte undersökts men leran kan preliminärt förväntas vara sättningssärlig och normalkonsoliderad under torrskorpan.

Djup till berg har inte undersökts men kan förväntas ligga mer än 4 m under markytan i de undersökta områdena. Där moränkullar sticker upp kan bergnivån förväntas vara närmare markytan.

6.1 Område vid dagvattenanläggning

Jordlagerföljden består av fyllning ovan lera.

Fyllningen ovan leran bedöms vara ca. 0,5 – 1 m mäktig. Utifrån benämning från labb utgörs fyllningen av sandig lera.

Leran under fyllningen består överst av en tunn torrkorpa. Under torrskorpan är leran brungrå rostfläckig ned till ca. 2 meters djup varefter leran övergår till svartgrå sulfidhaltig lera. Den sulfidhaltiga leran har en konflytgräns som varierar mellan 111 – 115 % och vattenkvot mellan 94 och 98 %. Den ej sulfidhaltiga leran som sträcker sig ned till ca. 2 meter under markytan har en konflytgräns som varierar mellan 62 – 73 % och vattenkvot mellan 51 och 64 %. Leran på djupare nivåer (6 meter och nedåt) har inte undersökts genom provtagning men utifrån utförda CPT sonderingar ökar lerans skjuvhållfasthet mot från 5 m djup under markytan och nedåt.

Lerlagrets mäktighet bedöms vara mellan 30 – 40 meter.

Djup till berg undersöktes i samband med installation av grundvattenrör och var ca. 42 m under markytan i denna punkt.

7. Grundvattenförhållanden

Grundvattenrör installerades under den kompletterande undersökningen i punkt 24R60. Röret är installerat med spetsen mot berg i friktionsjorden under leran.

Lodning av grundvatten skedde 2024-03-12 och uppmätt nivå var 4,1 m under rör-överkant motsvarande 4 meter under markytan.

8. Stabilitetsförhållanden

Då områdena utgörs av flack lermark bedöms totalstabiliteten i områdena ha betryggande säkerhet mot skred. Mindre schakter (2 meter eller mindre) bedöms kunna utföras enligt anvisningar i "Schakta säkert" det vill säga med en släntlutning på 1:1 och obelastat släntkrön. För djupare schakter har stabilitetsutredning skett enligt 8.1 nedan.

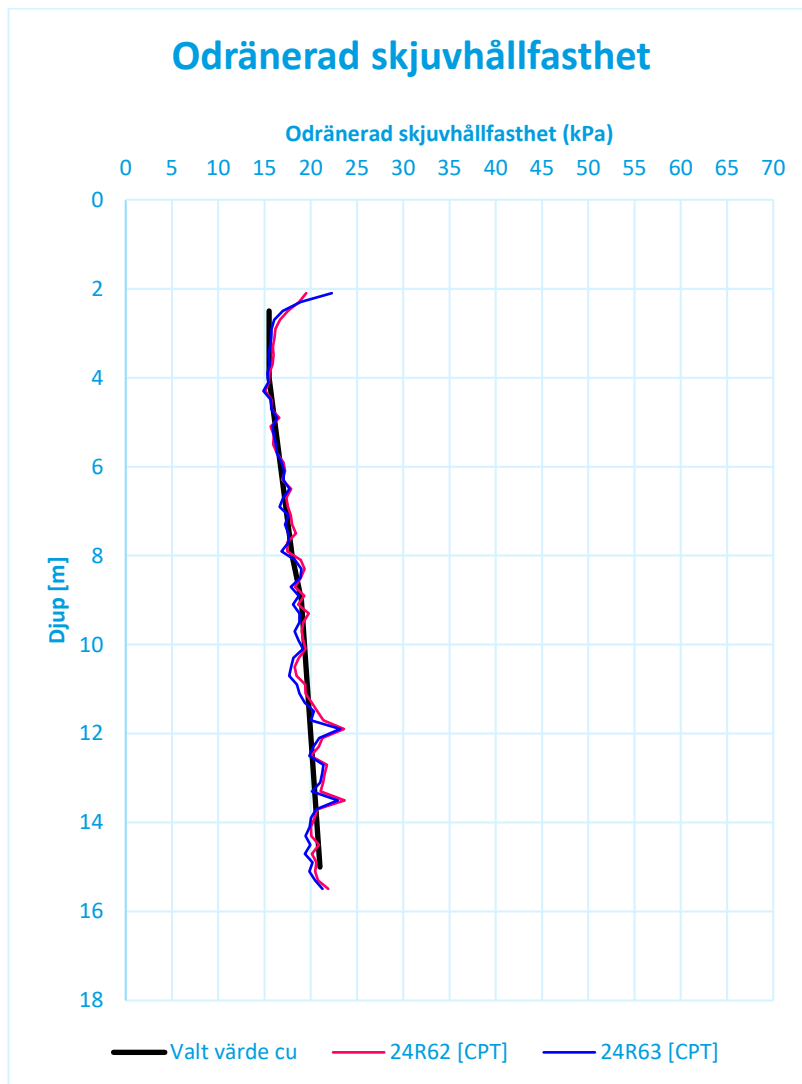
8.1 Stabilitet vid temporära schakter för dagvattenanläggning

8.1.1 Förutsättningar för temporära schakter

För temporära schakter för dagvattenanläggning har schaktdjup antagits till 3,5 m respektive 4,2 m för rörmagasin respektive pumpbrunn (lägsta grundläggningsnivå inklusive tillägg för eventuell krossbädd).

Värden på skjuvhållfasthet har valts enligt Figur 5. Valda värden stabilitetsanalys är gjord utifrån utförda CPT-sonderingar på området. Empiriska värden har valts för fyllning och torrskorpa enligt *Tabell 1. Valda värden*. Stabilitetsanalys har gjord utifrån totalsäkerhetsanalys med karakteristiska värden. Detta innebär att säkerhetsfaktorn bör uppgå i minst 1,3 eller mer för att schakten ska anses ha betryggande säkerhet mot brott.

Flera stabilitetsanalyser har utförts men i denna PM redovisas endast beräkningar i fallet då en belastning på 5 kPa, motsvarande 500 kg/m² belastar schakt från släntkrön och 4 meter ut. Från 4 meter till 11 meter från släntkrön en belastning på 20 kPa och 11 meter och utåt en belastning på 40 kPa motsvarande 2 respektive 4 ton per kvadratmeter.



Figur 5. Valda värden stabilitetsanalys

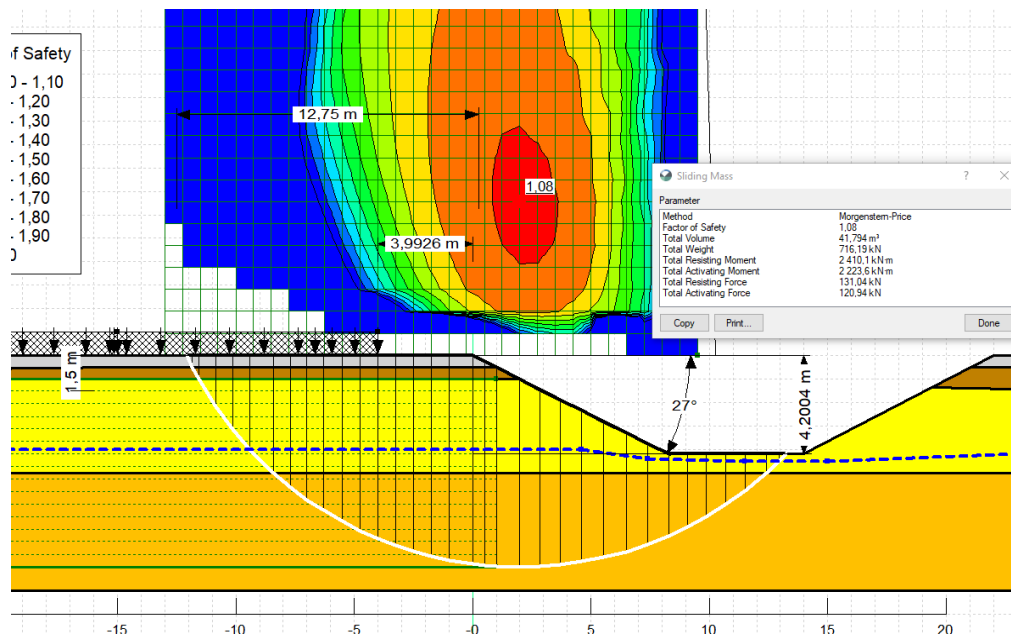
Tabell 1. Valda värden

Jordart	Djup från markytan [m]	Tunghet över/under gvy γ/γ' [kN/m ³]	Friktionsvinkel ϕ [°]	Odränerad skjuvhållfasthet c_u [kPa]
Fyllning	0 – 0,5	20/20	32	-
Torrskorpelera	0,5-1	17	-	30
Lera 1	1 - 5	17	-	15,5
Lera 2	5 - var.	17	-	15,5 + 0,625*z

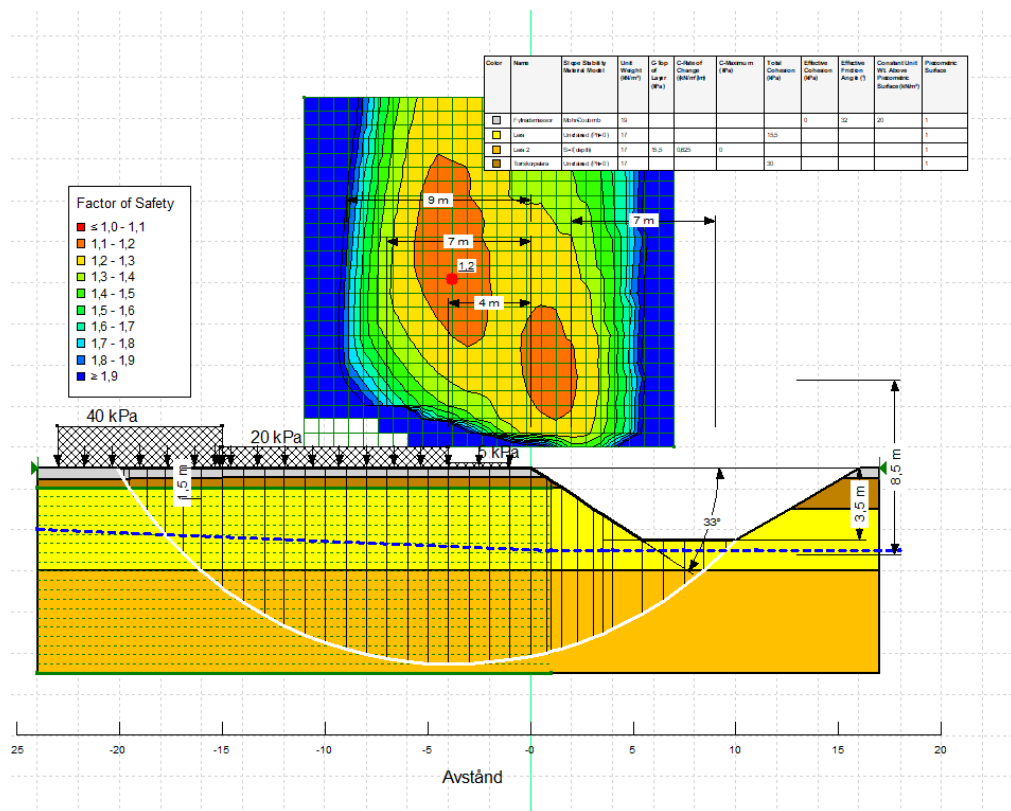
8.1.2 Resultat stabilitetsanalys ledningsschakt

Stabilitetsanalysen visar att stabiliteten är otillräcklig utan åtgärder då säkerhetsfaktorn ska minst uppnå 1,3, se Figur 6 och Figur 7. Säkerhetsfaktorn 1.1 och 1.0 uppnås.

Då ledningsschakt räknat med 2D-effekter inte uppfyller kraven har beräkningar utförts med beaktande av 3D-effekter då schakt sker i homogen kohesionsjord.



Figur 6. Säkerhetsfaktor 1 uppnå för schakt i den djupa delen (schaktdjup 4,2 m)



Figur 7. Säkerhetsfaktor 1.1 uppnås för schakt i den grundare delen (schaktdjup 3.5 m).

8.1.3

Resultat stabilitetsanalys inräknat 3D-effekter

Beräkning av 3D-effekter har utförts enligt anvisningar i SGI:s rapport 1.1-2105-0350 som i sin tur bygger och korregerar tillvägagångssätt beskrivet i Skredkommissionens anvisningar rapport 3:95. Säkerhetsfaktorn med 3D-effekt inräknat har reducerats med avseende på begränsad stabilitet i omgivande mark (säkerhetsfaktorn är satt till 4). Säkerhetsfaktorer samt data för geometri av glidyta har hämtats från beräkningar i Slope/w i vilket även stabilitetsberäkningar utförts enligt bilaga 1. Ökning av säkerhetsfaktor med mer än 25 % är olämpligt enligt rekommendationer från SGI rapport 1.1.2105-0350 varför säkerhetsfaktor på minst 1,1 har försökts uppnås beräkning utan 3D-effekter. Säkerhetsfaktorn med 3D-effekter för kritisk glidyta för schaktdjup 3,5 m olika längdetapper enligt Tabell 2.

Tabell 2. Säkerhetsfaktor inklusive 3D-effekt för schaktdjup 3,5 m, kritisk glidyta enligt Figur 7. Säkerhetsfaktor utan 3D-effekt 1,2.

Etapplängd L:	F3d
1	5,68
2	3,42
3	2,67
4	2,29
5	2,06
6	1,91
7	1,81
8	1,73
9	1,66

Säkerhetsfaktorn med 3D-effekter för kritisk glidyta för schaktdjup 4,2 m olika längdetapper enligt Tabell 3.

Tabell 3. Säkerhetsfaktor inklusive 3D-effekt för schaktdjup 4,2 m, kritisk glidyta enligt Figur 6. säkerhetsfaktor utan 3D-effekt 1,1.

Etapplängd L (m):	F3d
1	4,63
2	2,86
3	2,27
4	1,97
5	1,79
6	1,68
7	1,59
8	1,53

Fler beräkningar har utförts med avseende på 3D-effekter för att ta hänsyn till säkerhetsfaktorn för andra glidytor än den kritiska enligt stabilitetsanalys i 2D då annan kritisk glidyta kan gälla vid beaktande 3D-effekt. Beräkningar för alla dessa presenteras i Bilaga 2. Även stabilitetsberäkningar för andra släntlutningar presenteras i Bilaga 1.

9. Rekommendation för fortsatt projektering

Generellt:

Förutsatt att anläggningen inte utsätts för exceptionellt stora laster och vägöverbyggnad anläggs med förstärkningslager i erforderlig mäktighet kan nybyggnation utföras utan omfattande förstärkningsåtgärder av lerlager. Under vägöverbyggnaden erfordras materialavskiljande lager eller geotextil för att förhindra att krossmaterialet tränger ner i leran.

Befintlig fyllning kan eventuellt behöva ersättas med ny fyllning, men eventuellt kan den återanvändas. Åtgärder för att reducera tjäle kan också bli aktuellt. Se nedan.

Följande bör beaktas i fortsatt projektering:

- Leran i båda områdena är sättningskänslig och långtidssättningar kan förväntas utvecklas när denna utsätts för högre belastning. Vid uppfyllnader ovan marken finns därmed risk för omfattande markförstärkningsåtgärder för att reducera storleken på sättningar. Av den anledningen bör man vid höjdsättning av områdena undvika att höja markytan om det inte är motiverat. Mindre uppfyllnader kan möjligtvis utföras utan markförstärkningsåtgärder men bör föregås av kompletterande geotekniska undersökningar för att utreda lerans sättningsegenskaper.
- Leran tillhör tjälfarlighetsklass 3 och i enstaka punkter 4 vilket bör beaktas vid dimensionering av överbyggnaden. Eventuellt kan tjälskyddande åtgärder såsom utskiftning eller tjälisolerande material bli aktuellt beroende på vilka krav som ställs på anläggningen. Som alternativ till utskiftning kan man överväga att höja markytan för att erhålla tillräckligt djup till tjälfarliga jordar.
- Den befintliga fyllningen är generellt relativt homogen och kan, förutsatt att dess miljötekniska egenskaper har kontrollerats och godkänts, sannolikt återanvändas.
- I enstaka punkter har fyllning som utgörs av torrskorpelera påträffats, denna bör inte återanvändas utan skiftas lämpligtvis ut innan nybyggnation. Fler geotekniska undersökningar blir eventuellt aktuellt för att kartlägga var denna fyllning och eventuellt om det finns delar utan fyllning.

- Kompletterande geotekniska undersökningar kan bli nödvändigt. Omfattning av kompletterande undersökningar bör bestämmas av geotekniker i samråd med beställare när ett mer detaljerat förslag på byggnation har tagits fram.

10. Rekommendation för dagvattenanläggning

10.1 Stabilitet för temporära schakter

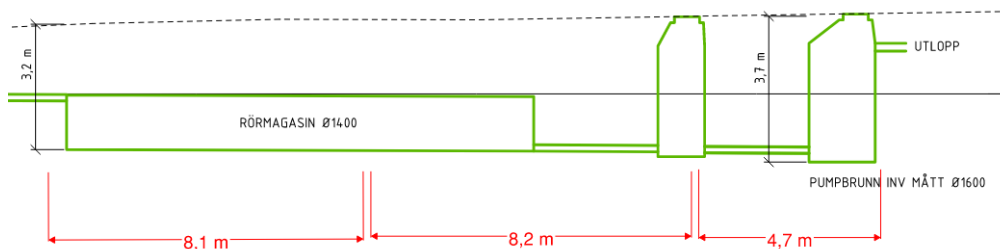
Stabilitetsberäkningar visar att ledningsschakt utan restriktioner eller åtgärder inte uppfyller kraven på arbetsmiljö eftersom säkerhetsfaktorn vid schakt minst ska överstiga 1,3.

Som åtgärd för detta föreslås två alternativ:

Alternativ 1, lastrestriktioner och schaktetapper enligt stabilitetsanalys i kap. 8.1.3.

Med detta alternativ utförs schakt etappvis med lastrestriktioner invid slänkrön enligt beräkningsgång i kap 8.1.3 för att säkerställa att 3D-effekter kan nyttjas för schakt.

Av hänsyn till att 3D-effekter ska nyttjas relativt restriktivt på grund av osäkerheten kring de verkliga förhållanden som råder bör schaktetapper inte utföras för långa samt i flack släntlutning. Förslagsvis utförs schakten i 3 etapper, 8 + 8 m i den grundare delen med schaktdjup 3,5 m och 5 meter i den djupa delen med schaktdjup 4,2 m. Detta ger en säkerhetsfaktor, vilken inklusive 3D-effekt, överstiger 1,5 vilket bedöms vara acceptabelt samt stabilitet på minst 1.1 utan hänsyn till 3D-effekter. Till detta tillkommer även lastrestriktioner där upplag placeras minst 4 meter från schaktkrön med max marktryck på 20 kPa motsvarande 2 ton/m². Mindre laster för exempelvis rörledning med maxvikt 500 kg/m³ kan placeras vid schakt, dock bör schaktkrön och 1 meter ut hållas lastfritt för att ytterligare minimera risken för skred. Större laster på uppemot 40 kPa kan placeras på ett avstånd av 15 m från slänkrön för den grunda schakten. Grävmaskiner borde placeras på kortsidorna för att säkerställa att 3D-effekter alltid nyttjas under schaktarbeten. Släntlutning har antagits utföras i 1:1.5 ned till djup 3,5 och släntlutning 1:2 där schakt utförs till mer än 4 meters djup.



Figur 8. Exempel på etappindelning.

Vid etappvisa schakter ska även utökad kontroll utföras, det vill säga stor hänsyn ska tas till eventuella rörelser i jord och till om de verkliga jordlagerföljden överensstämmer med utförda undersökningar. Schakter ska inte hållas öppna under för lång tid för att säkerställa att dränerat brott inte sker i jorden. Kontrollsystem, exempelvis stakkäppar bör installeras längs med schakten och löpande kontrolleras för att ge ytterligare syn över uppkomna rörelser.

Lastrestriktioner, etappindelning och släntlutning kan utföras på olika sätt beroende på konstruktion och önskemål från entreprenör. Eventuella förändringar bör dock föregås av kompletterande stabilitetsanalys för att säkerställa tillräcklig säkerhet mot brott.

Alternativ 2, schakt inom stödkonstruktion.

Alternativt kan schakt utföras inom stödkonstruktion. Med stödkonstruktion kan schaktmängder minimeras och utföras utan lika omfattande lastrestriktioner. Schakt behöver inte heller utföras i etapper.

Stödkonstruktion kan utformas på olika sätt, att notera är att stödkonstruktion kan fodra 2 – 4 meters underslagning för att säkerställa att totalstabiliteten är tillfredställande.

10.2 Bottenupplyftning och länshållning

Eftersom grundvattennivån har uppmätts till under schaktbotten och mäktiga lerlager finns under schaktbotten bedöms ingen risk finnas för hydraulisk bottenupplyftning.

Länshållning av grundvatten bedöms inte bli aktuellt då schakt utförs i lera och över uppmätt grundvattennivå, länshållning av tillrinnande ytvatten kan dock bli aktuellt.

10.3

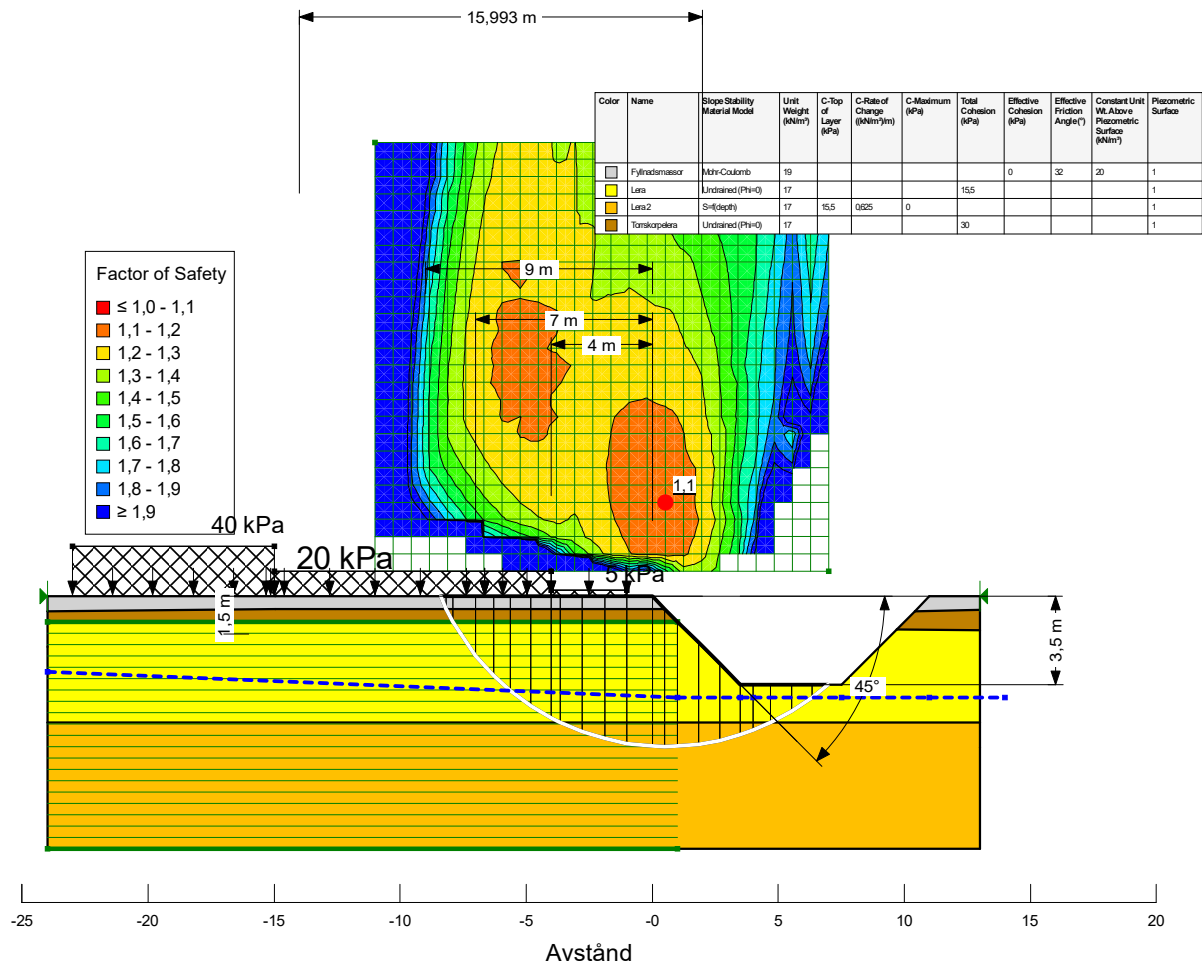
Grundläggning

Rörmagasin och pumpbrunn kommer grundläggas med terrass på lös lera. Pålggrundläggning bedöms inte erfordras enligt resonemang i kap. 9. Under pumpbrunnen och rörmagasin kan ny packad fyllning ovan materialskiljande geotextil kan vara nödvändigt för att säkerställa bärighet med hänsyn till lerans låga skjuvhållfasthet.



1:1 Släntlutning avstånd 4 m
Morgenstern-Price
Schaktdjup 3,5m

Factor of Safety:
1,1

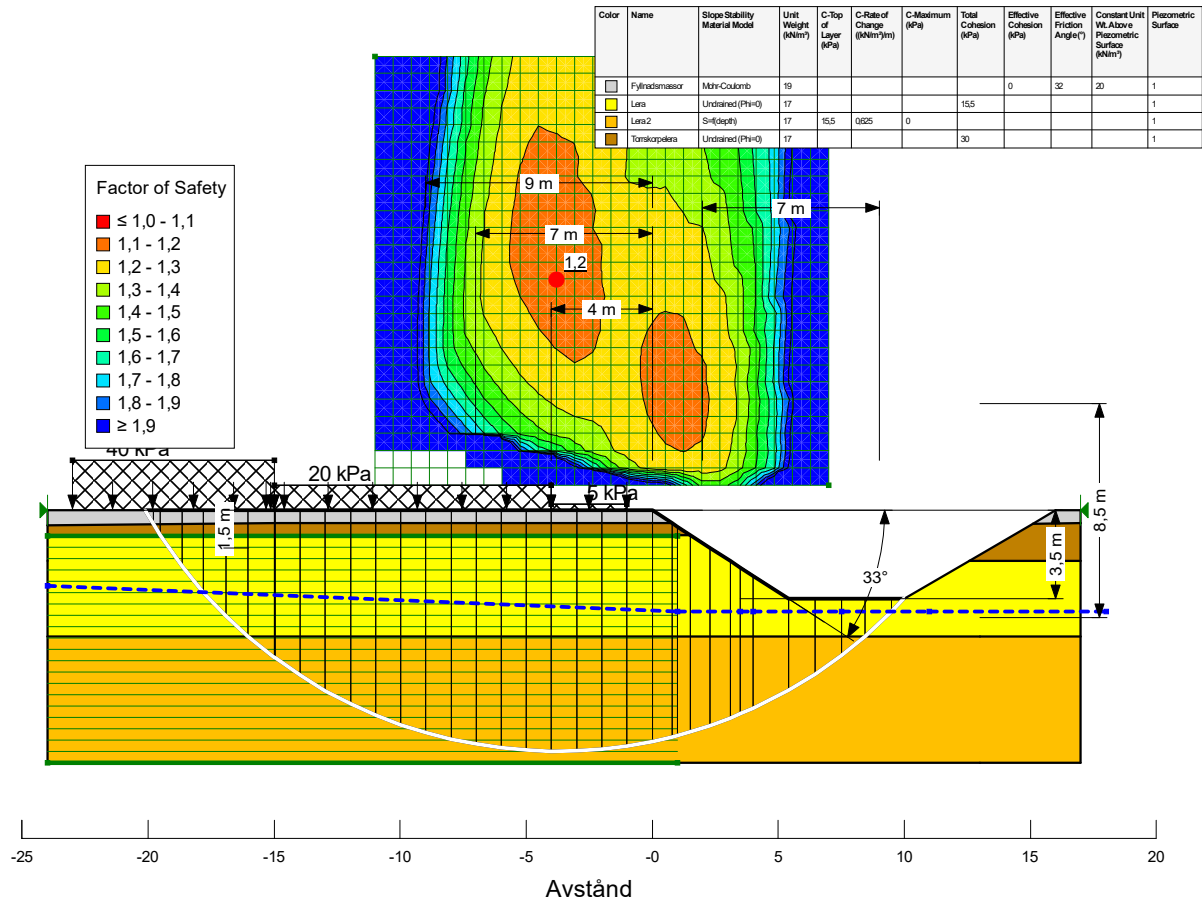


Skala: 1:300 (A4)



1:1,5 lutning lastavstånd 4 m
Morgenstern-Price
Schaktdjup 3,2m Lutning 1:1,5

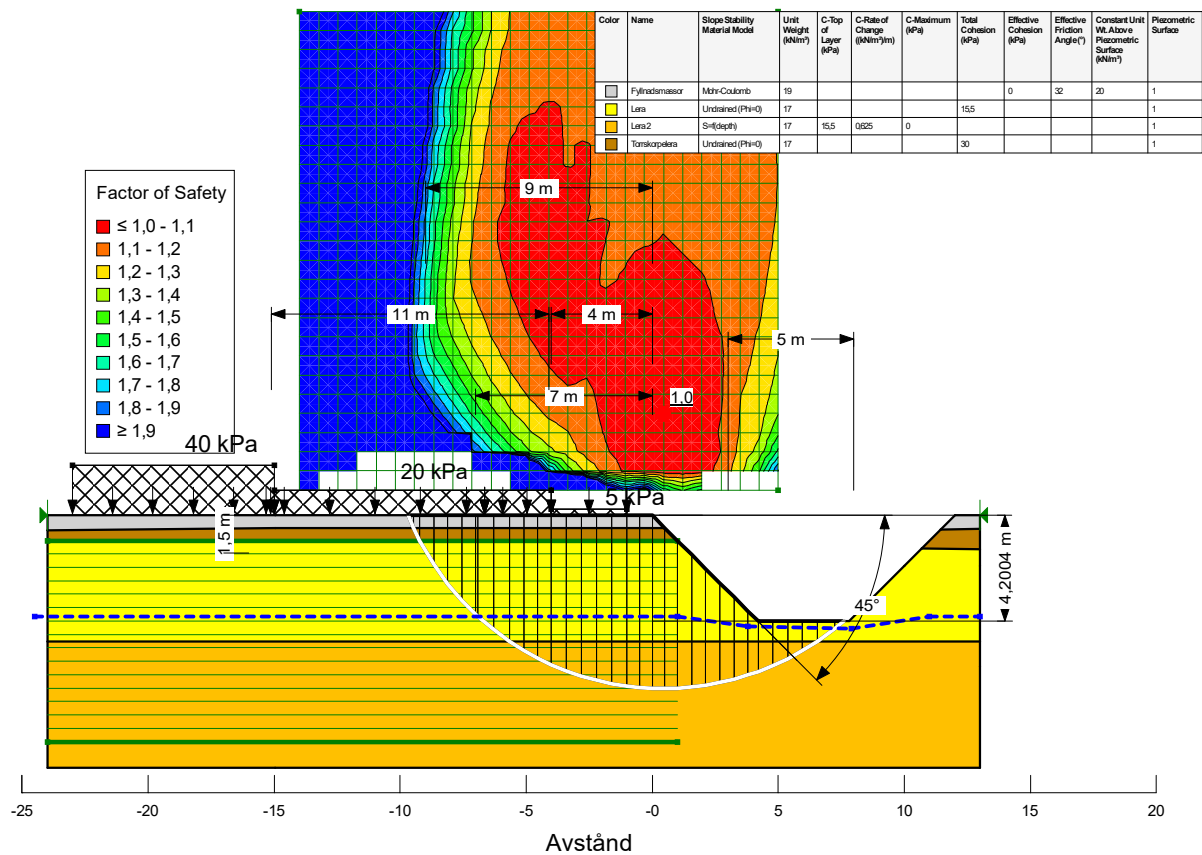
Factor of Safety:
1,2





1:1 lutning lastavstånd 4 m
Morgenstern-Price
Schaktdjup 4.2 m

Factor of Safety:
1,0



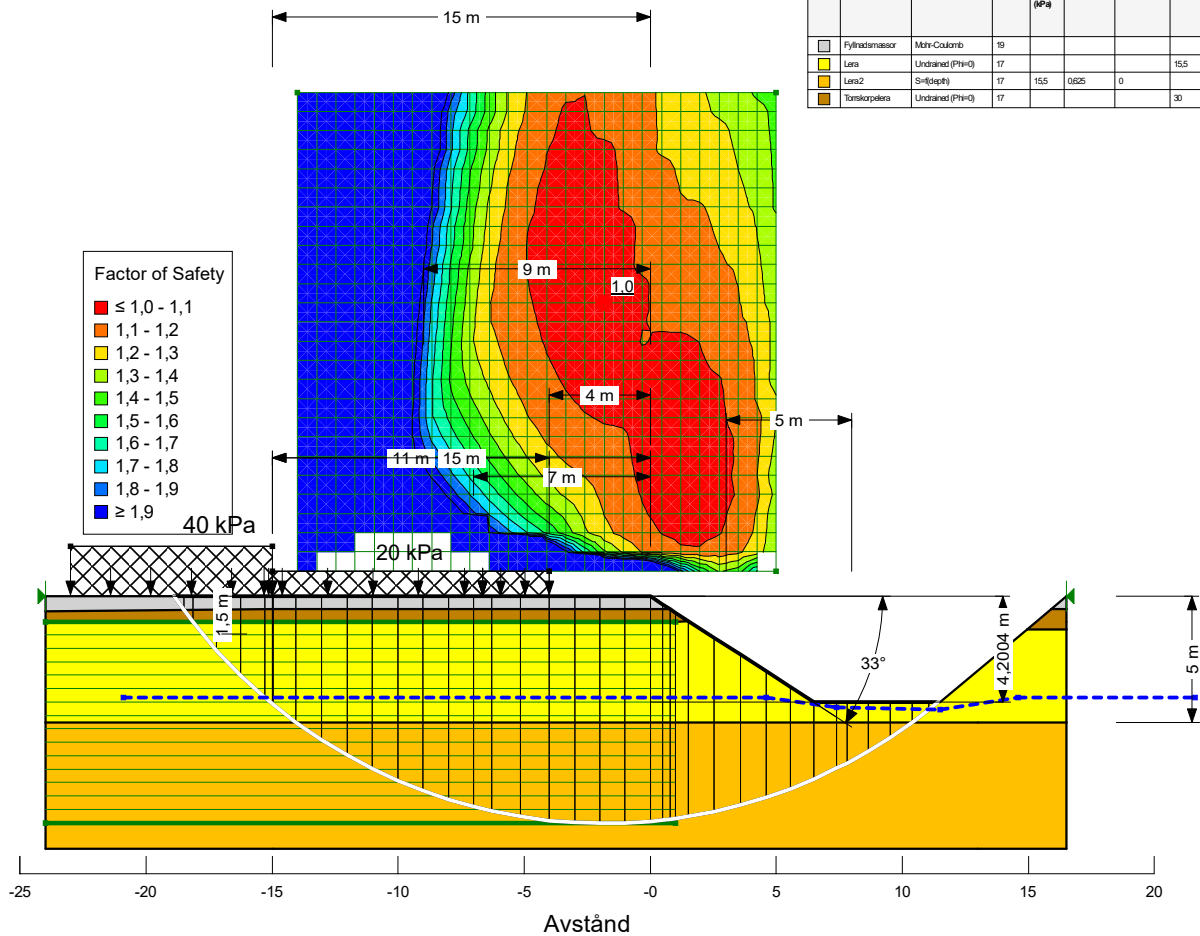
Skala: 1:300 (A4)



1:1,5 lutning lastavstånd/djup 4m
Morgenstern-Price
Schaktdjup 4.2 m 1:1,5

Factor of Safety:
1,0

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m³/m)	C-Maximum (kPa)	Total Cohesion (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	Piezometric Surface
	Fyllnadsmassor	Mohr-Coulomb	19					0	32	20	1
	Lera	Undrained (Pw=0)	17				15,5				1
	Lera2	Strain(soft)	17	15,5	0,025	0					1
	Tonskopelera	Undrained (Pw=0)	17				30				1

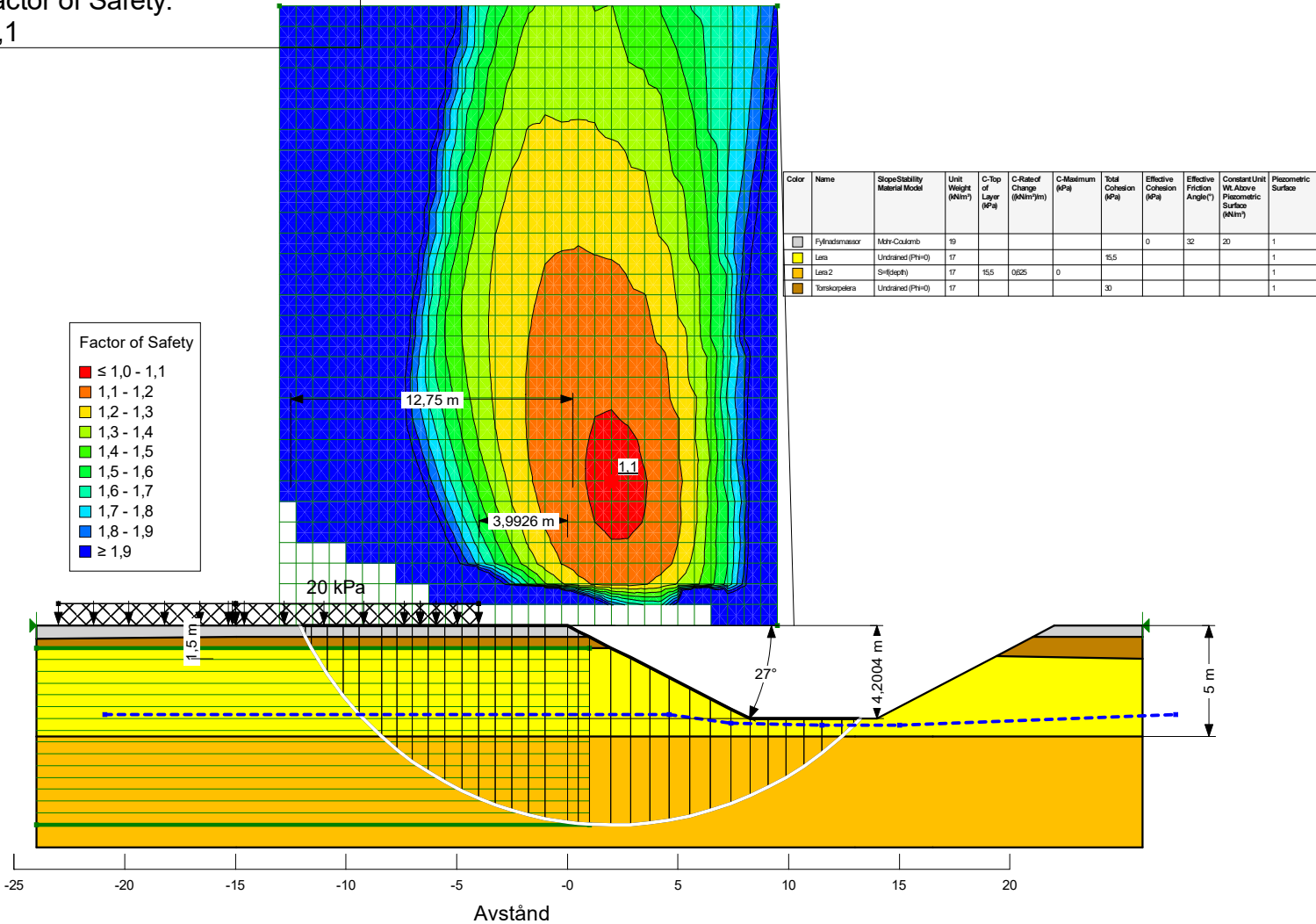


Skala: 1:300 (A4)



1:2 lutning lastavstånd/djup 4m
Morgenstern-Price
Schaktdjup 4.2 m 1:2

Factor of Safety:
1,1

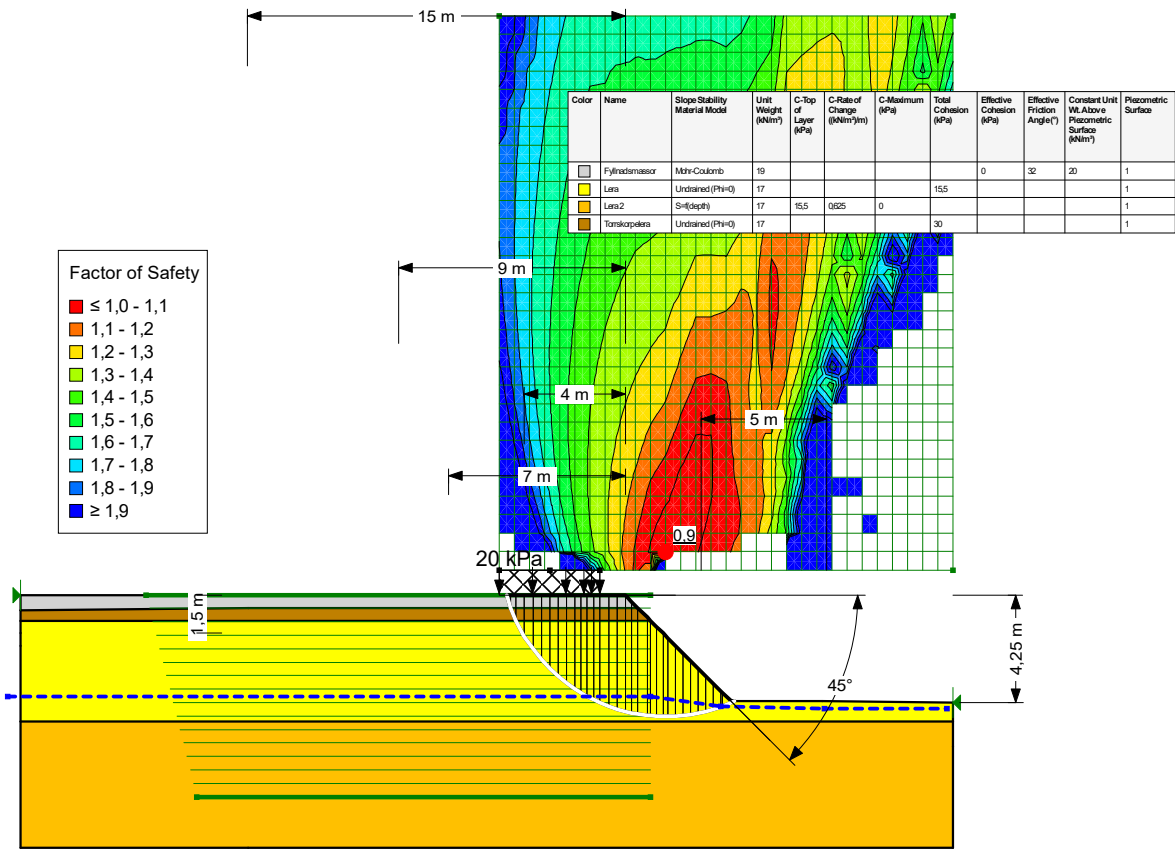


Skala: 1:300 (A4)



1:1 Släntlutning avstånd 4m kortsida
Morgenstern-Price
Schaktdjup 4.2m kortsida

Factor of Safety:
0,9

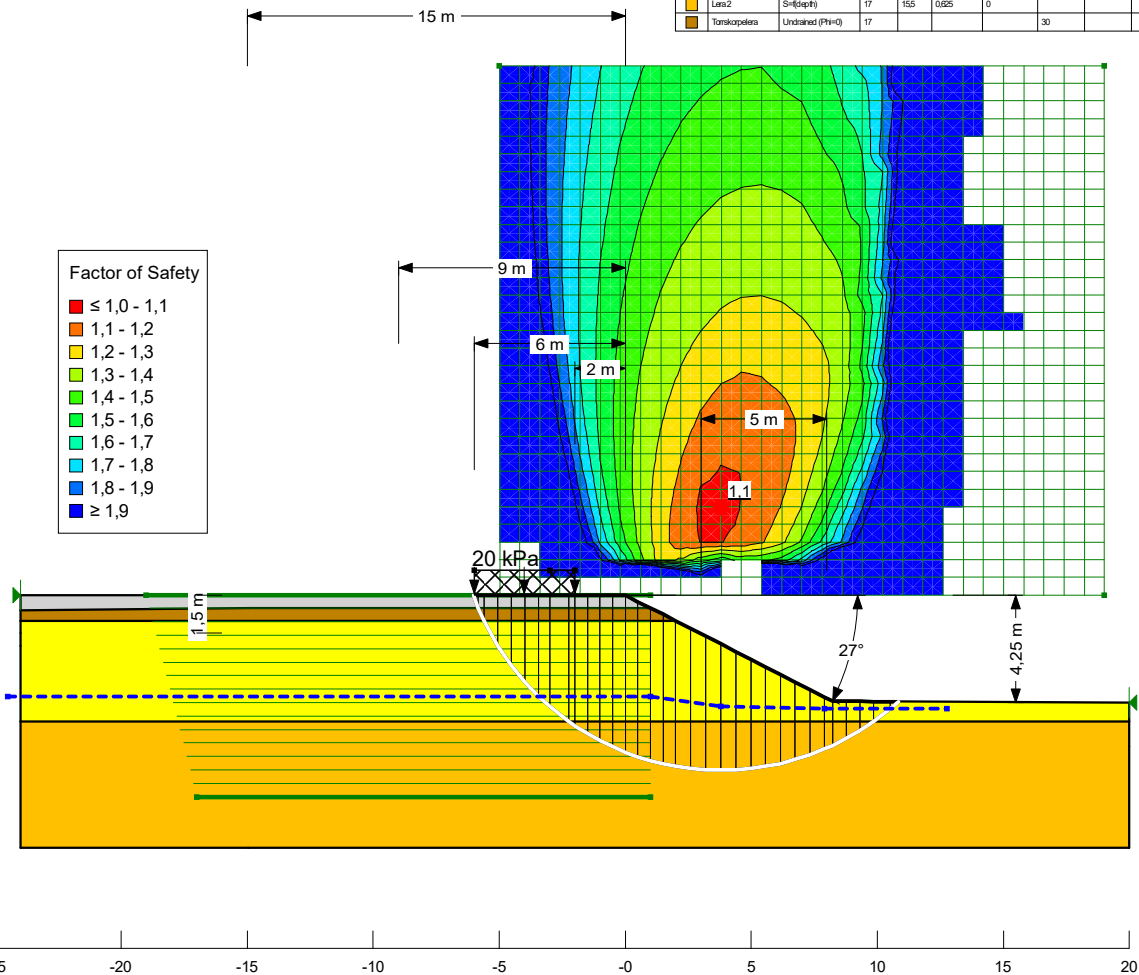




1:2 Släntlutning avstånd 4m kortsida
Morgenstern-Price
Schaktdjup 4.2m kortsida 1:2

Factor of Safety:
1,1

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change (kN/m³/m)	C-Maximum (kPa)	Total Cohesion (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	Piezometric Surface
	Fyllningsmassor	Mohr-Coulomb	19					0	32	20	1
	Lera	Undrained (Phi=0)	17				155				1
	Lera2	S=(d*phi)	17	155	0,025	0					1
	Tonskorpelera	Undrained (Phi=0)	17				30				1

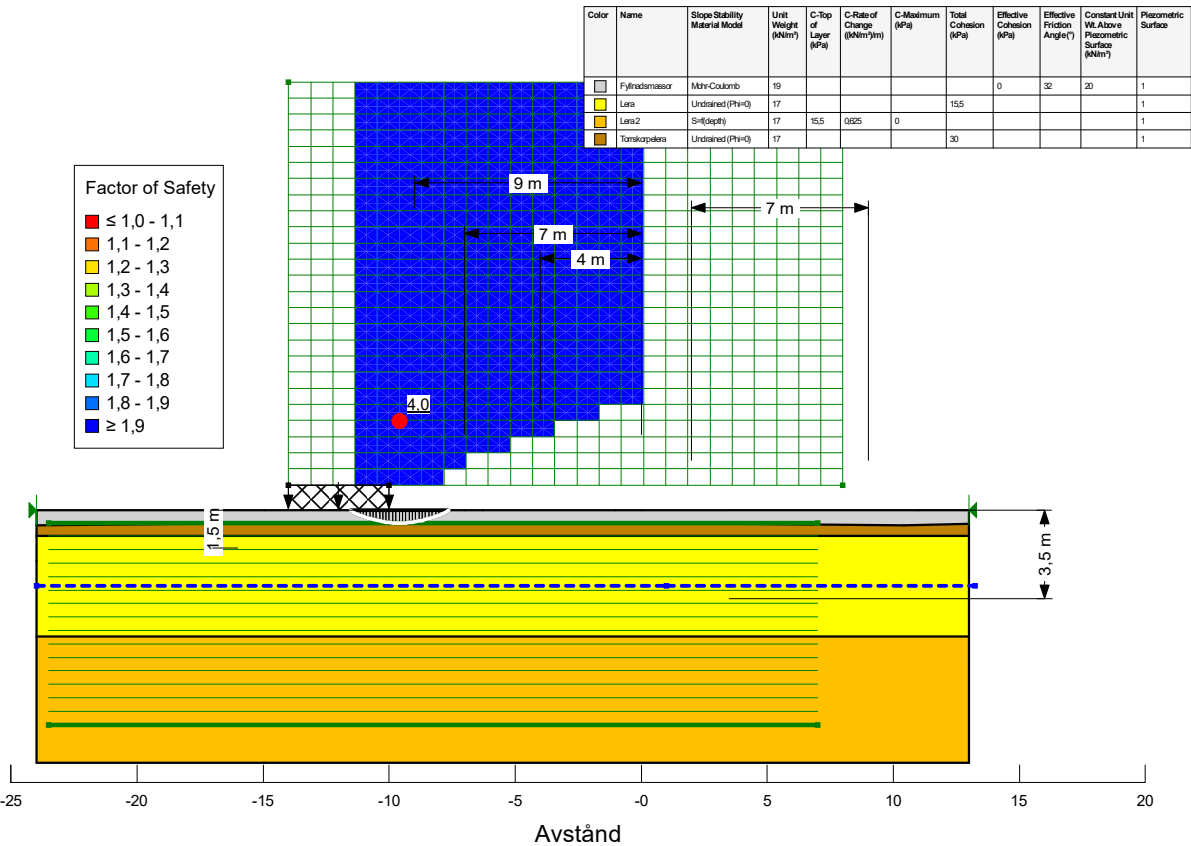


Skala: 1:300 (A4)



Utan schakt
Morgenstern-Price
Ursprungliga förhållanden

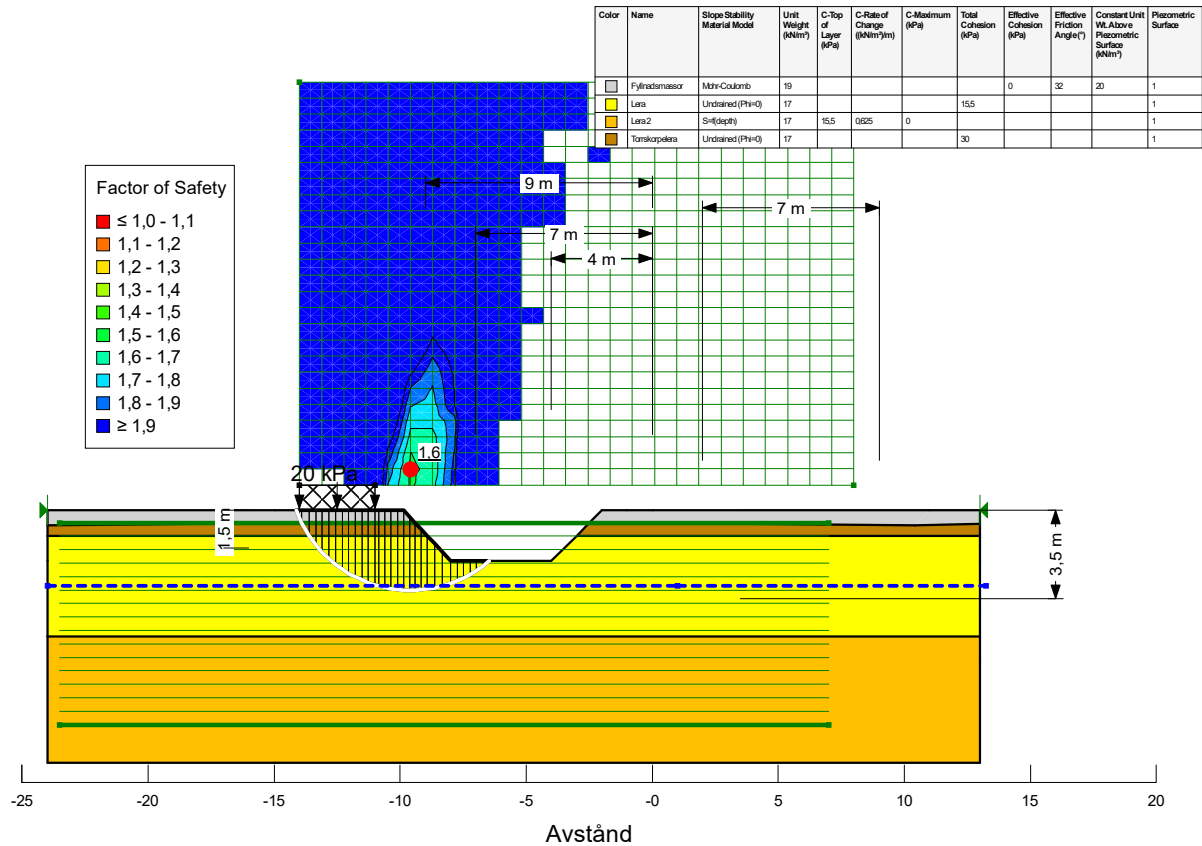
Factor of Safety:
4,0





2 m schakt
Morgenstern-Price
2 m schakt

Factor of Safety:
1,6



1

	MR	MR
F2d	1363,8	1163,5
Fo5	FD,överstark	
1,172153	10	Cu
		15,5

Etapplängd L:	Fp	F3d
1	6,81	4,90
2	3,99	3,04
3	3,05	2,42
4	2,58	2,11
5	2,30	1,92
6	2,11	1,79
7	1,98	1,71
8	1,88	1,64
9	1,80	1,59
10	1,74	1,55
11	1,68	1,51
12	1,64	1,48

$$F_{3D} = F_{2D,krit} + \left(1 - \frac{F_{2D,krit,min}}{F_{2D,överstark,min}}\right) \cdot 0,75 \cdot (F_p - F_{2D,krit})$$

(2-4)

för beräkning av F_p .

$$F_{3D} = F_{2D,krit} + 0,75 \cdot (F_p - F_{2D,krit})$$

(2-1)

$$F_{2D,krit} = \frac{M_R}{M_E}$$

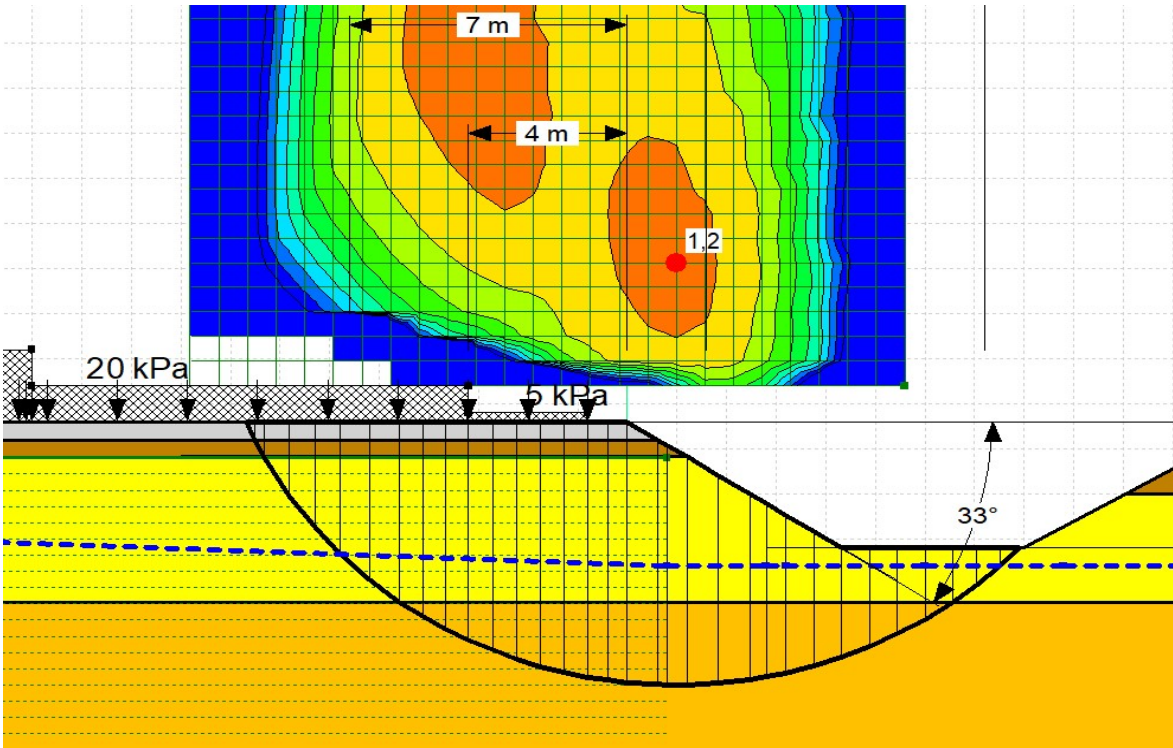
(2-2)

$$F_p = \frac{M_R \cdot L + 2 \cdot A \cdot C \cdot c_u}{M_E \cdot L}$$

(2-3)

Indata från SLOPE/W:

Parameter	Morgenstern-Price	
Method	1,2	
Factor of Safety	25,9	25,9 m³
Total Volume	444,82	444,82 kN
Total Weight	1363,8	1363,8 kN-m
Total Resisting Moment	1163,5	1163,5 kN-m
Total Activating Moment	96,62	96,62 kN
Total Resisting Force	82,455	82,455 kN
Total Activating Force	r	11,7
	C	8,17 från snurra



	MR	ME		
F2d	1714,1	1457,4		
FoS	FD,överstark			
1,176136	4	Cu		15,5

Etapplängd L (m):	Fp	F3d
1	6,79387	4,150583
2	3,985003	2,663359
3	3,048714	2,167618
4	2,580569	1,919747
5	2,299682	1,771025
6	2,112425	1,671877
7	1,978669	1,601057
8	1,878352	1,547942

$$F_{3D} = F_{2D,krit} + \left(1 - \frac{F_{2D,krit,min}}{F_{2D,\overline{o}verstark,min}}\right) \cdot 0,75 \cdot (F_P - F_{2D,krit}) \quad (2-4)$$

för beräkning av F_P .

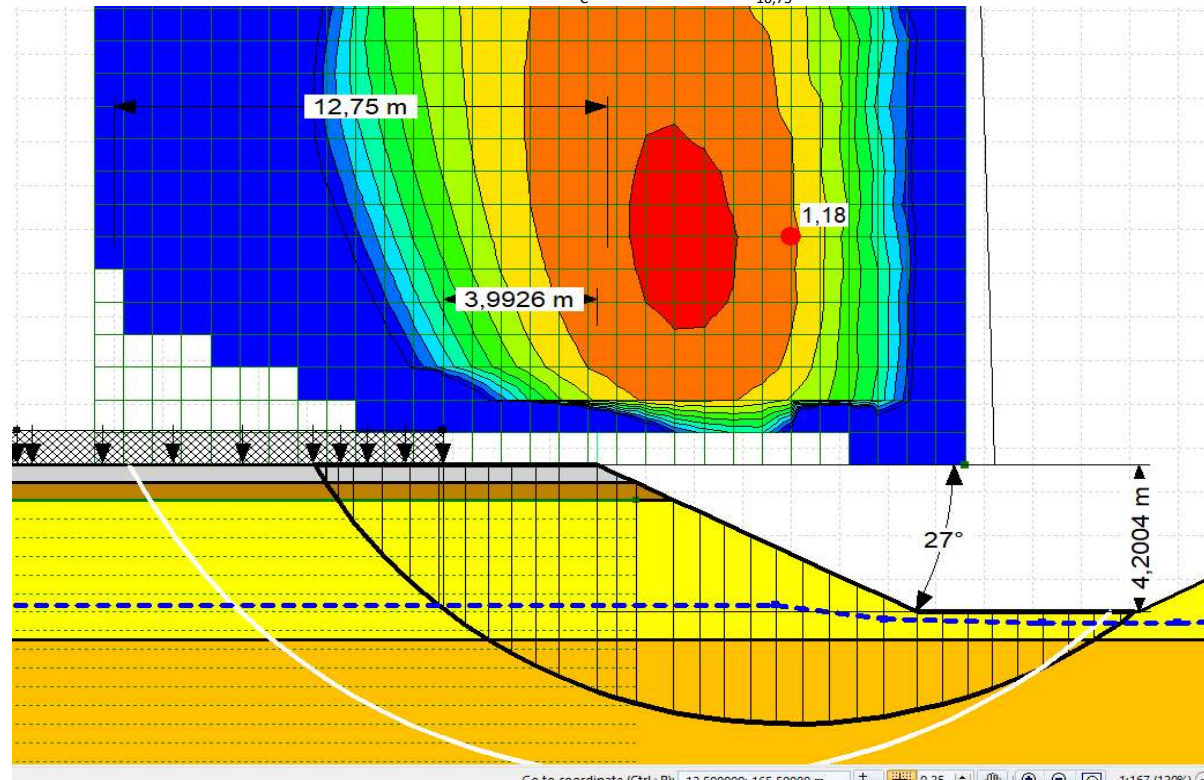
$$F_{3D} = F_{2D,krit} + 0,75 \cdot (F_P - F_{2D,krit}) \quad (2-1)$$

$$F_{2D,krit} = \frac{M_R}{M_E} \quad (2-2)$$

$$F_P = \frac{M_R \cdot L + 2 \cdot A \cdot C \cdot c_u}{M_E \cdot L} \quad (2-3)$$

Indata från SLOPE/W:

Parameter	Morgenstern-Price		
Method			
Factor of Safety	1,18		
Total Volume	24,568	24,568	m³
Total Weight	421,16	421,16	kN
Total Resisting Moment	1714,1	1714,1	kN-m
Total Activating Moment	1457,4	1457,4	kN-m
Total Resisting Force	105,67	105,67	kN
Total Activating Force	89,873	89,873	kN
	r		13,933
	C		10,75



	MR	ME
F2d	2410,1	2223,6
FoS	FD,överstark	
1,083873	4	Cu
		15,5

Etappplängd L (m):	Fp	F3d
1	7,57	4,63
2	4,33	2,86
3	3,25	2,27
4	2,71	1,97
5	2,38	1,79
6	2,17	1,68
7	2,01	1,59
8	1,90	1,53

Indata från SLOPE/W:			
Parameter	Morgenstern-Price		
Method	1,08		
Factor of Safety	1,08		
Total Volume	41,794	41,794	m³
Total Weight	716,19	716,19	kN
Total Resisting Moment	2410,1	2410,1	kN-m
Total Activating Moment	2223,6	2223,6	kN-m
Total Resisting Force	131,04	131,04	kN
Total Activating Force	120,94	120,94	kN
	r	15,533	
	C	11,14	

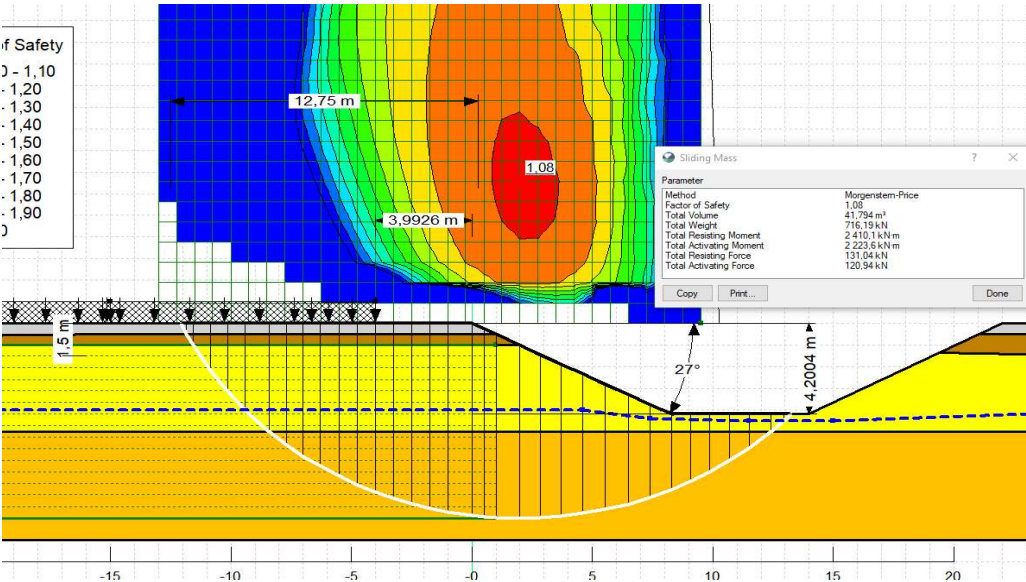
$$F_{3D} = F_{2D,krit} + (1 - \frac{F_{2D,krit,min}}{F_{2D,överstark,min}}) \cdot 0,75 \cdot (F_p - F_{2D,krit})$$
 (2-4)

för beräkning av F_p .

$$F_{3D} = F_{2D,krit} + 0,75 \cdot (F_p - F_{2D,krit})$$
 (2-1)

$$F_{2D,krit} = \frac{M_R}{M_E}$$
 (2-2)

$$F_p = \frac{M_R \cdot L + 2 \cdot A \cdot C \cdot C_u}{M_E \cdot L}$$
 (2-3)



		MR	ME
F2D		1052,2	973,33
FoS, Fd,kritmin		Fd,min överstark	
1,081031099		4	Cu
			15,5
Etapplängd L:	Fp	F3d	
1	3,39	2,34	
2	3,39	2,34	
3	2,62	1,92	
4	2,24	1,71	
5	2,00	1,59	
6	1,85	1,50	
7	1,74	1,44	
8	1,66	1,40	
9	1,59	1,36	

$$F_{3D} = F_{2D,krit} + (1 - \frac{F_{2D,krit,min}}{F_{2D,överstark,min}}) \cdot 0,75 \cdot (F_p - F_{2D,krit})$$

(2-4)

för beräkning av F_p .

$$F_{3D} = F_{2D,krit} + 0,75 \cdot (F_p - F_{2D,krit})$$

(2-1)

$$F_{2D,krit} = \frac{M_R}{M_E}$$

(2-2)

$$F_p = \frac{M_R \cdot L + 2 \cdot A \cdot C \cdot c_u}{M_E \cdot L}$$

(2-3)

Indata från SLOPE/W:	
Parameter	
Method	Morgenstern-Price
Factor of Safety	1,08
Total Volume	19,564 19,564 m³
Total Weight	335,53 335,53 kN
Total Resisting Moment	1052,2 1052,2 kN·m
Total Activating Moment	973,33 973,33 kN·m
Total Resisting Force	83,063 83,063 kN
Total Activating Force	76,868 76,868 kN
r	10,433
C	7,41

