

PM Geoteknik

Skäggeberg 15:61, Sunne Kommun

Geoteknisk utredning i samband med ändring av detaljplan

Datum: 2020-08-20	Rev A:	Uppdragsnummer: 1220052
Upprättad av: Emil Svahn, Anton Laitila		

ADMINISTRATIVA UPPGIFTER

UPPDRAGSNAMN: Skäggeberg 15:61
Geoteknisk utredning

UPPDRAGSNUMMER: 1220052
UPPRÄTTAD DATUM: 2020-06-09
REVIDERAD DATUM:

BESTÄLLARE: Sunne Kommun
BESTÄLLARENS OMBUD:
Mikael Persson
Samhällsplanerare

KONSULT: Mitta AB
Organisationsnummer:
556676-6647

Projektledare:
Emil Svahn

Granskare:
Emil Svahn

Geotekniker:
Anton Laitila

Företagsadress:
Vältvägen 9, 541 38 Skövde
Epost:
Emil.Svahn@mitta.se

INNEHÅLL

1	BAKGRUND	4
2	UPPDRAG OCH SYFTE	4
3	UNDERLAG	6
4	BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	7
4.1	GEOTEKNISK KATEGORI OCH SÄKERHETSKLASS	7
4.2	PROGRAMVARA	7
4.3	BERÄKNINGSSEKTIONER	7
4.4	STABILITETSKRAV	7
4.5	JORDMODELL OCH GEOTEKNISKA PARAMETRAR.....	8
5	FÖREKOMST AV KVICKLERA	9
6	KOMPLETTERANDE STABILITETSBERÄKNINGAR	10
6.1	BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN	10
6.2	FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER (SEKTION C-C)	11
7	SIMULERING AV BAKÅTGRIPANDESKRED	12
8	MER DETALJERAD REDOVISNING AV TIDIGARE UTFÖRDA STABILITETSBERÄKNINGAR (SEKTION A-A OCH B-B)	15
8.1	BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN	15
8.2	FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER	16
9	SLUTSATSER	17
9.1	SENSITIVITET.....	17
9.2	BEFINTLIGA SLÄNTER	17
9.3	BAKÅTGRIPANDE SKRED	18
BILAGOR		18

1 BAKGRUND

ÅF Infrastructure AB har utfört en geoteknisk utredning inför ändring av detaljplan för fastigheten Skäggeberg 15:61, även kallad Lerbroacken. Utförda undersökningar och resultat är sammanställt och redovisat i Markteknisk undersökningsrapport (MUR) och tillhörande PM Geoteknik, daterade 2019-12-12

I samband med att ändring av detaljplanen har varit ute på samråd har SGI på begäran av Länsstyrelsen skrivit ett samrådsyttrande och lämnat synpunkter på den geotekniska utredningen. Följande synpunkter lämnades:

1. Tillämpning av ett högt densitetsvärde (23 kN/m³) för erosionsskydd i stabilitetsberäkningar.
2. Svårighet att avgöra vilken metod slår mest på stabiliteten.
3. Komplettering av stabilitetsberäkningarna med hänsyn till eventuell justering av markytan som inte är marklovspliktig.
4. Inverkan av föreslaget erosionsskydd på åfåran.
5. Förekomst av kvicklera, stabilitet i intilliggande slänter samt risken för eventuellt bakåtgripande skred.
6. En mer detaljerad redovisning av utförda stabilitetsberäkningar med avseende på fler beräknade glidytor.

Efter att ändringen av detaljplanen varit ute på granskning konstaterade SGI att det geotekniska underlaget delvis har kompletterats av ÅF med hänsyn till synpunkter 1 – 4, dock kvarstår säkerhetsfrågor som behöver svaras i det fortsatta planarbetet

2 UPPDRAG OCH SYFTE

Mitta AB har fått i uppdrag av Sunne kommun att utföra en kompletterande stabilitetsutredning för rubricerad fastighet.

Syftet med denna utredning är att besvara kvarstående synpunkter enligt granskningsutlåtande från SGI.

I Tabell 1 nedan listar Mitta kvarstående frågeställningar (enligt Mitta) samt de åtgärder som utförts för att besvara dessa:

Tabell 1. Frågeställningar och åtgärder.

1. Förekomst av kvicklera	Genomgång av befintligt geotekniskt underlag från närliggande områden. Värdering av uppmätta sensitivitetar vid dels rutinanalyser på ostörda jordprover (Kv) och dels vingförsök (Vb) i fält
2. Stabilitet i intilliggande slänter (fastighet 769)	Fler beräkningssektioner (2 st) i kritiska snitt. Geometrier tas fram utifrån terrängmodell och jordmodeller interpoleras fram utifrån undersökningar utförda i angränsande områden (Lerbrobacken, Allégatan m.fl.)
3. Risk för bakåtgripande skred	Korta glidytor närmast slänten studeras i mer detalj. Vid låga säkerhetsfaktorer utförs beräkningar stegvis för att simulera det bakåtgripande händelseförloppet
4. Mer detaljerad redovisning av utförda stabilitetsberäkningar	Beräkningar utförs i samtliga sektioner (4 st) med sökmetoden grid and radius. Resultaten redovisas med både kritiska och valda glidytor

Vid otillfredsställande stabilitet i nya beräkningssektioner lämnas förslag på tänkbara förstärkningsåtgärder nödvändiga för att planområdet ska få en tillfredsställande stabilitet.

3 UNDERLAG

För planområdet:

- Geoteknisk undersökning i samband med ändring av detaljplan - Fastigheten Skäggeberg 15:61, Sunne kommun, Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik (MUR/GEO), AF, daterad 2019-12-12
- Geoteknisk utredning i samband med ändring av detaljplan - Fastigheten Skäggeberg 15:61, Sunne kommun, PM Geoteknik, AF, daterad 2019-12-12
- Planbeskrivning - Samrådshandling, Ändring av detaljplan för stadsägorna 350 inom Skäggeberg i Sunne tätort, Sunne kommun, Värmlands län, datum saknas.
- Granskningsutlåtande – Ändring av detaljplan för stadsägorna 333 G, 333 Ö, 350 med flera inom Skäggeberg – Lerbrobacken, Sunne kommun, Värmlands län, daterad 2020-03-01
- Primärkarta och höjdkurvor för Lerälven, erhållen av Sunne kommun

Övriga handlingar:

- Detaljerad stabilitetsutredning Allégatan/Lerälven, Fastigheten Skäggeberg 1:315, Sunne kommun, Markteknisk undersökningsrapport/geoteknik (MUR/GEO), AF, daterad 2019-11-07
- Detaljerad stabilitetsutredning Allégatan/Lerälven, Fastigheten Skäggeberg 1:315, Sunne kommun, PM Geoteknik, AF, daterad 2019-11-07
- Detaljplan för Leran 3:330 m.fl., Sunne kommun, Markteknisk undersökningsrapport/geoteknik (MUR/GEO), AF, daterad 2016-04-22
- Geotekniskt PM för detaljplan, Leran 3:330 m.fl., Sunne kommun, daterad 2016-04-22

4 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR

4.1 Geoteknisk kategori och säkerhetsklass

Beräkningar är utförda för permanentsskedet, i geoteknisk kategori 2 (GK2) och säkerhetsklass 2 (SK2). För glidytor i skikt där kvicklera kan förekomma gäller säkerhetsklass 3 (SK3).

4.2 Programvara

Stabilitetsberäkningarna har utförts med programmet SLOPE/W 2020. I Slope/W beräknas säkerhetsfaktorer mot skred med jämviktsteorier i det vertikala planet.

I de aktuella analyserna har cirkulärcylindriska glidytor beräknats med Morgenstern-Price's lamellmetod. Beräkningarna har utförts med både kombinerad och odränerad analys. Inga tredimensionella effekter är medtagna i beräkningarna.

4.3 Beräkningssektioner

Samtliga beräkningssektioner har framtagits utifrån en höjdkarta erhållen av Sunne kommun.

Beräkningar har utförts i totalt fyra beräkningssektioner. De sektioner som benämns A-A och B-B har motsvarande lägen som de tidigare framtagna sektionerna av ÅF, se ritning G31 i PM geoteknik, dat. 2019-12-12. Kompletterande beräkningar har utförts i dessa två sektioner för att kunna besvara frågeställning nr. 4 i avsnitt 2.

Två kompletterande sektioner har framtagits som benämns C-C respektive D-D. Beräkningar har utförts i dessa sektioner för att kunna besvara frågeställning 2 och 3 i avsnitt 2.

Geometrin i bäckbotten för sektion C-C har uppskattats utifrån VIAK:s utredning från 1987. Denna refereras till i PM Geoteknik, daterad 2019-12-12, ÅF.

Samtliga sektioner redovisas i plan på ritning G1.

4.4 Stabilitetskrav

För kompletterande sektioner C-C respektive D-D har samtliga stabilitetsberäkningar genomförts med avseende på totalsäkerhet enligt IEG:s Rapport 4:2010. I Tabell 3 redovisas tillämpbara säkerhetsfaktorer.

Tabell 2. Rekommenderade säkerhetsfaktorer för "Planläggning" för detaljerad utredning, IEG:s rapport 4:2010.

F_c	$\geq 1,7 - 1,5$
F_{komb}	$\geq 1,5 - 1,4$
F_ϕ	$\geq 1,3$ (sand)

Valda säkerhetsfaktorer är för totalsäkerhetsmetoden, $F_c \geq 1,65$ samt för $F_{\text{komb}} \geq 1,45$

För de tidigare framtagna sektionerna A-A respektive B-B har beräkningar genomförts enligt IEG:s Rapport 4:2010 enbart för befintligt rådande förhållanden (slätens tillstånd i dagsläget), se säkerhetsfaktorer i Tabell 2.

Vid beräkningar med åtgärdsförslag (erosionsskydd, avschaktning mm.) har partialkoefficientmetoden enligt Eurokod tillämpats (se IEG:s Rapport 6:2008). För GK2 och SK2 gäller att $F_{EN} \geq 1,0$.

4.5 Jordmodell och geotekniska parametrar

I beräkningssektioner A-A och B-B har den konceptuella jordmodellen tidigare framtagen av ÅF nyttjats, se tabell 6-1 i PM Geoteknik dat. 2019-12-12.

Inga geotekniska undersökningar har utförts i direkt anslutning till de upprättade beräkningssektionerna C-C och D-D. Jordmodellen har uppskattats och interpolerats fram utifrån undersökningsresultat vid andra delar av fastigheten samt närliggande fastigheter. Samma jordmodell används på båda sektionerna.

I Tabell 3 redovisas vald konceptuell jordmodell med hållfasthets- och deformationsegenskaper för sektioner C-C och D-D. kohesion, c' , är antagen till $0,1 \cdot c_u$.

Tabell 3. Sammanställning av karakteristiska värden på materialparametrar.

Jordart	Tunghet γ (kN/m ³)	Hållfasthetsegenskaper		
		Friktionsvinkel, φ (°)	Kohesion, c' (kPa)	Odränerad skjuvhållfasthet, c_u (kPa)
Siltig torrskorpelera (siClde)	18	30	1	50
Sandig silt (saSi)	18	32	1	-
Siltig lera (siCl)	17	30	$2 + 0,32z$	$20 + 3,15z$
Friktionsjord	19	35	1	-

5 FÖREKOMST AV KVICKLERA

För att besvara frågeställning nr 1 i Tabell 1 har en inventering av samtliga relevanta undersökningar för bestämning av jordens sensitivitet i närområdet utförts. Undersökningarna som studerats är rutinanalyser på ostörda jordprover (Kv) och vingförsök (Vb) i fält. I Tabell 4 redovisas en sammanställning över samtliga erhållna värden. Värdena markeras med färg beroende på värdet. Med kvicklera avses en lera med sensitiviteten, $S_t > 50$ (SGI Information 1:2008).

Tabell 4. Sammanställning av utvärderade sensitiviteter från utförda rutin- och vingförsök.

Område	Borrhål	Djup	Metod	Utvärderad Sensitivitet
Allégatan	19AF02	3	Kv	6,2
	19AF02	5	Kv	21,9
	19AF03	4,5	Vb	-
	19AF03	5,5	Vb	-
Magasingatan	3	6	Kv	79
	3	7	Kv	31
	3	8	Kv	31
	3	9	Kv	80
Lerbrobacken	AF6	6	Vb	-
	AF6	6,5	Vb	-
	AF6	7	Vb	-
	AF6	7,5	Vb	-
	AF6	8	Vb	-
Ekebyvägen	20M001	3,6	Vb	5
	20M001	5,2	Vb	4
	20M001	9	Vb	4
	20M001	11	Vb	4
	20M002	2,6	Vb	8
	20M002	6	Vb	4
	20M002	7,4	Vb	3
Tingshuset (leran 3:34)	20M003	3,5	Vb	21
	20M003	7	Vb	5
	20M003	11,5	Vb	7
Gränsvärden (SGI Information 1)	Lågsensitiv $S_t < 8$	Mellansensitiv $S_t 8 - 30$	Högsensitiv $S_t > 30$	Kvick $S_t > 50$

Inventeringen visar att kvicklera enbart påträffats i området vid Magasingatan (Leran 3:330 m.fl) på två djup, 6 respektive 9 meter under markytan. I övriga områden uppgår de utvärderade värdena till mellan 3 – 22, dvs jorden är generellt låg- till mellansensitiv.

Närmast angränsande område, med relativt likartade jordlageregenskaper, är Allégatan som ligger strax väster om Lerbrobacken.

Inga utvärderade värden har påträffats i nu utrett område.

6 KOMPLETTERANDE STABILITETSBERÄKNINGAR

För att besvara frågeställning 2 har kompletterande stabilitetsberäkningar utförts i två sektioner, sektion C-C respektive D-D, se lägen i plan på ritning G1. Slänterna i vilka de kompletterande beräkningar utförts ligger på en angränsande fastighet i väster, Skäggeberg 15:98.

Beräkningar har utförts för befintligt rådande förhållanden samt för åtgärder som framtagits för att uppnå erforderlig säkerhet (se stabilitetskrav i avsnitt 3.3)

6.1 Befintliga förhållanden

Resultat från stabilitetsberäkningar avseende de befintliga förhållandena i slänterna redovisas i sin helhet i Bilaga 1. För en sammanställning av resultaten, se Tabell 5.

Tabell 5. Resultat från stabilitetsberäkningar. Erforderlig säkerhetsfaktor är angiven inom parentes. Röda siffror visar att erforderlig säkerhet inte uppnås.

Lastfall	Typ av analys	Sidnr, Bilaga 1	Beräknad säkerhetsfaktor		Erforderlig säkerhetsfaktor
			Kritisk	Vald	
Sektion C-C Befintliga förhållanden	Kombinerad analys	1	0,87	1,20 (Hus 1) 2,45 (Hus 2)	$F_{\text{komb}} \geq 1,4$
	Odränerad analys	2	0,90	1,20 (Hus 1) 2,44 (Hus 2)	$F_c \geq 1,6$
Sektion D-D Befintliga förhållanden	Kombinerad analys	3	1,45	2,17	$F_{\text{komb}} \geq 1,4$
	Odränerad analys	4	2,17	3,30	$F_c \geq 1,6$

Enligt utförda beräkningar är de befintliga stabilitetsförhållandena fullgoda i slänten som representeras av sektion D-D. I sektion C-C har dock inte erforderlig säkerhetsfaktor uppnåtts. I detta område krävs någon form av åtgärd, se förslag i avsnitt 6.2.

6.2 Förslag på åtgärder (sektion C-C)

Inom ramen för aktuellt uppdrag har två åtgärdsalternativ studerats. Ett alternativ innebär en kombination av flackning (avschaktning) av befintlig slänt vid släntkrön (i anslutning till Lerbäcken) och uppfyllning av stödmassor vid släntfot. Ett annat alternativ är omgrävning av Lerälven inom aktuell sträckning. Vid en omgrävning antas att Lerälvens nya dragning förflyttas sydväst (inom Leran 3:32) vilket möjliggör att befintlig älvfåra kan fyllas igen.

En sammanställning av resultaten redovisas i Tabell 6. Endast kombinerad analys har utförts i och med att föreslagna åtgärder endast ska ses som principiella och ej slutgiltiga.

Tabell 6. Resultat från stabilitetsberäkningar. Erforderlig säkerhetsfaktor är angiven inom parentes. Röda siffror visar att erforderlig säkerhet inte uppnås.

Lastfall	Typ av analys	Sidnr, Bilaga 1	Beräknad säkerhetsfaktor		Erforderlig säkerhetsfaktor
			Kritisk	Vald	
Sektion C-C Flackning av bef. slänt och uppfyll i släntfot	Kombinerad analys	5	1,00	2,28 (Hus 2)	$F_{\text{komb}} \geq 1,4$
Sektion C-C Omgrävning av Lerälven och uppfyll i älvfåra	Kombinerad analys	6	1,44	3,19 (Hus 2)	$F_{\text{komb}} \geq 1,4$

Enligt utförda beräkningar kan ej erforderlig säkerhet uppnås genom att flacka ut slänten och tillskapa en stödfyllning vid släntfoten. Detta skulle kräva så pass omfattande schaktning att befintlig bebyggelse skulle påverkas, samt att mängden uppfyllning skulle bli så stor att det inte är praktiskt genomförbart.

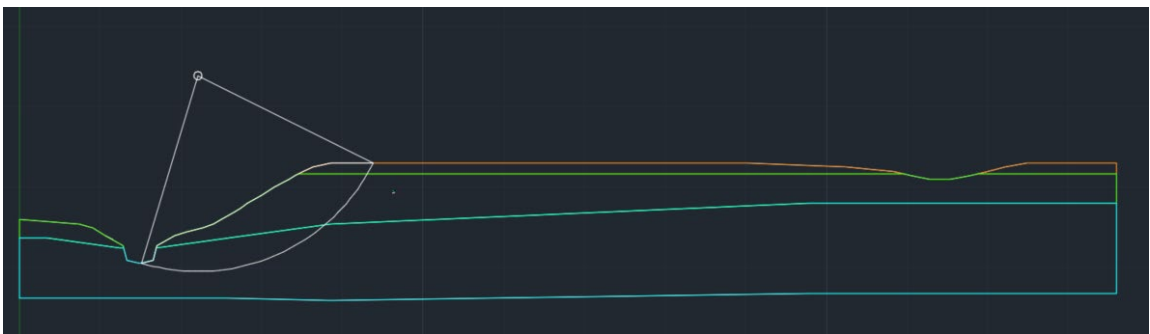
Alternativet med omgrävning av Lerälven i kombination med att befintlig älvfåra fylls ut ger emellertid en fullgod säkerhet mot skred.

7 SIMULERING AV BAKÅTGRIPANDESKRED

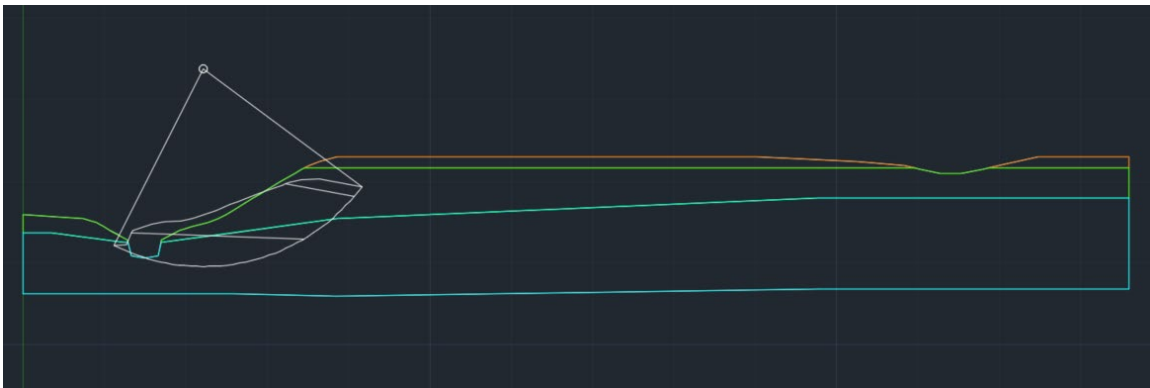
För att besvara frågeställning nr 3 har stabilitetsberäkningar utförts i flera steg för att simulera ett bakåtgripande skred. Simuleringen bygger på antagandet att skred kommer inträffa enligt den kritiska framräknade glidyta för de befintligt rådande förhållandena i dagsläget. Därefter anpassas modellen efter det skred som inträffar. Ny beräkning utförs därefter för att erhålla en ny kritisk glidyta. Om säkerhetsfaktorn för denna glidyta underskrider erforderlig säkerhetsfaktor anpassas modellen än en gång efter det ytterligare skredet som inträffat.

Stegvis illustration av det simulerade bakåtgripande skredet redogörs i följande figurer:

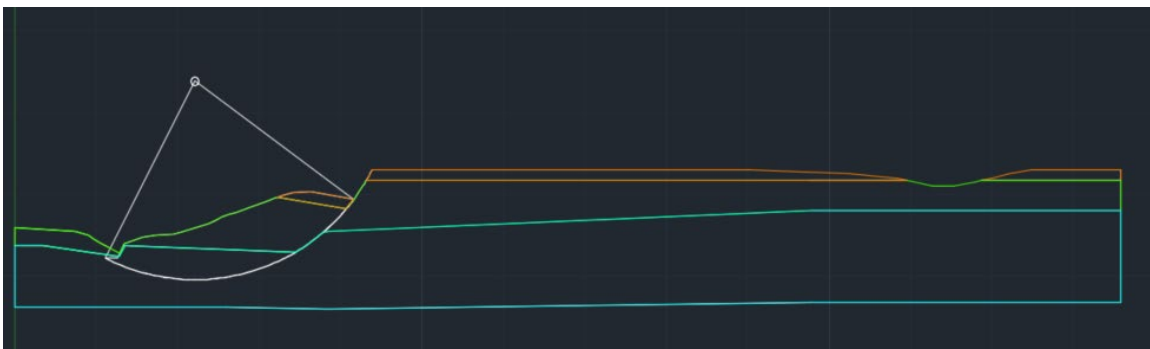
Steg 1. Kritisk glidyta och rotationscentrum (Sidnr 1 Bilaga 1)



Steg 2. Modellen roteras till ett antaget jämviktsläge nåtts.



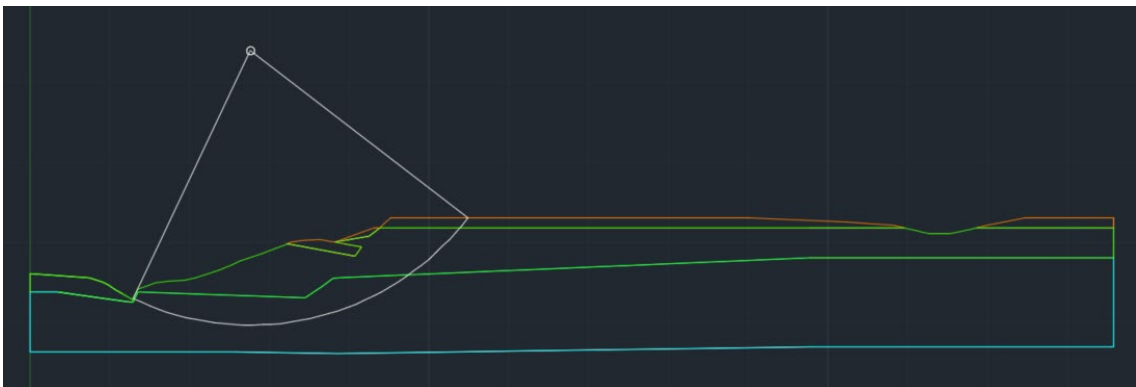
Steg 3. Justering av jordlagerföljd.



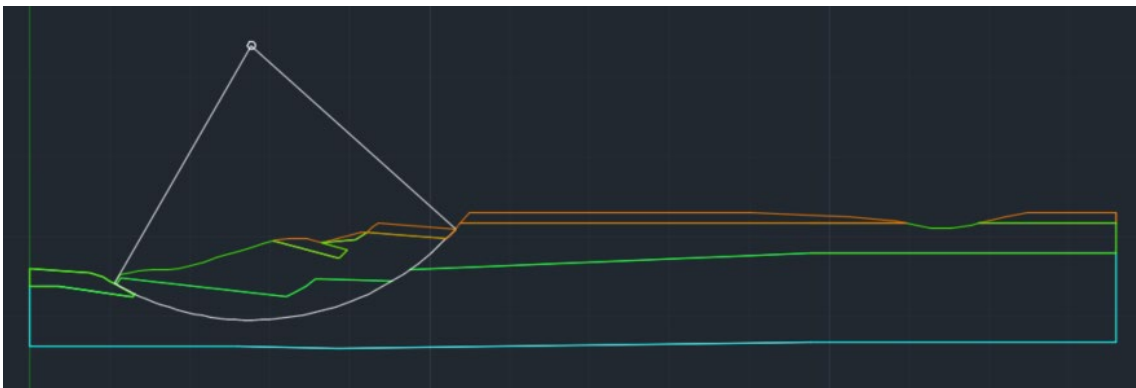
Steg 4. Utjämning av jordlager



Steg 5. Ny Kritisk glidyta och rotationscentrum (Sidnr 7 Bilaga 1)



Steg 7 Modellen roteras kring rotationscentrum till ett antaget jämviktsläge nåtts, justering av jordlager.



Steg 8 Modellen har nått ett jämviktsläge ($F_{komb} > 1,40$) inga ytterligare beräkningar utförs (Sidnr 8 Bilaga 1)



En sammanställning av resultaten redovisas i Tabell 7. Endast kombinerad analys har utförts.

Tabell 7. Resultat från stabilitetsberäkningar för bakåtgripande skred. Erforderlig säkerhetsfaktor är angiven inom parentes. Röda siffror visar att erforderlig säkerhet inte uppnås

Lastfall	Typ av analys	Sidnr, Bilaga 1	Beräknad säkerhetsfaktor		Erforderlig säkerhetsfaktor
			Kritisk	Vald	
Sektion C-C Skred 1 (samma som befintliga förhållanden)	Kombinerad analys	1	0,87	1,20 (Hus 1) 2,45 (Hus 2)	$F_{\text{komb}} \geq 1,4$
Sektion C-C Skred 2	Kombinerad analys	7	1,27	2,42 (Hus 2)	$F_{\text{komb}} \geq 1,4$
Sektion C-C Skred 3	Kombinerad analys	8	2,57	2,88 (Hus 1) 3,074 (slänt)	$F_{\text{komb}} \geq 1,4$

Resultaten visar att fullgod stabilitet nås efter att andra skredet inträffat. I detta skede har undergrunden på ett avstånd om ca 1/3 av från rubricerad fastighet påverkats.

8 MER DETALJERAD REDOVISNING AV TIDIGARE UTFÖRDA STABILITETSBERÄKNINGAR (SEKTION A-A OCH B-B)

För att besvara frågeställning nr 4 har sektion A-A och B-B som tidigare framtagits av ÅF återupprättats, se ritning G31 i PM Geoteknik, dat. 2019-12-12.

Beräkningar har utförts för befintligt rådande förhållanden (släntens tillstånd i dagsläget) samt för åtgärder som framtagits för att uppnå erforderlig säkerhet (se stabilitetskrav i avsnitt 3.3).

8.1 Befintliga förhållanden

Resultat från stabilitetsberäkningar avseende de befintliga förhållandena i slänterna redovisas i sin helhet i Bilaga 1. För en sammanställning av resultaten, se Tabell 8.

Nu utförda stabilitetsberäkningar med sidnr 9 respektive 13 i Bilaga 1 motsvarar beräkningar med sidnr 1 respektive 5–6 i bilaga 1 i PM Geoteknik dat. 2019-12-12 framtagen av ÅF. Det vill säga likvärdiga förhållanden avseende geometrier, jordmodell, laster mm. råder mellan beräkningarna. Skillnaden är att Mitta använt sökmetoden ”Grid and Radius” för att beräkna den farligaste glidyten.

Tabell 8. Resultat från stabilitetsberäkningar. Erforderlig säkerhetsfaktor är angiven inom parentes. Röda siffror visar att erforderlig säkerhet inte uppnås.

Lastfall	Typ av analys	Sidnr, Bilaga 1	Beräknad säkerhetsfaktor		Erforderlig säkerhetsfaktor	Beräknad säkerhetsfaktor enligt ÅF
			Kritisk	Vald		
Sektion A-A Befintliga förhållanden	Kombinerad analys	9	0,616	1,20 (kort glidyta) 1,27 (lång glidyta)	$F_{\text{komb}} \geq 1,4$	1,01
	Odränerad analys	Ej utförd, tidigare utförda stabilitetsberäkningar av ÅF visar att kombinerad analys är dimensionerande				
Sektion B-B Befintliga förhållanden	Kombinerad analys	13	1,32	2,32 (lång glidyta)	$F_{\text{komb}} \geq 1,4$	0,79 (kort glidyta) 2,01 (lång glidyta)
	Odränerad analys	Ej utförd, tidigare utförda stabilitetsberäkningar av ÅF visar att kombinerad analys är dimensionerande				

I samtliga beräkningar uppnås ej fullgod stabilitet i slänten som representeras av sektion A-A och B-B. Nu utförda beräkningar visar att säkerhetsfaktorn varierar mellan ca 0,6 till 2,0 för sektion A-A och mellan 1,3 till 2,7 för sektion B-B. De av ÅF framräknade säkerhetsfaktorerna ligger inom dessa intervall.

För att erhålla tillräcklig säkerhet i slänten krävs en eller flera åtgärder, se förslag i avsnitt 8.2.

8.2 Förslag på åtgärder

De åtgärdsalternativ som har studerats är flackning (avschaktning) av befintlig slänt, utskiftning av material i släntfot som ersätts med erosionsskydd eller en kombination av båda.

En sammanställning av resultaten redovisas i Tabell 9. Odränerad analys har endast utförts för det slutliga framtagna åtgärdsförslaget där erforderlig säkerhet uppnåddes, som kontroll. Föreslagna åtgärder ska endast betraktas som principiella och ej slutgiltiga.

Ingen jämförelse med ÅF:s beräkningsresultat utförs eftersom åtgärdsförslagen skiljer sig åt.

Tabell 9. Resultat från stabilitetsberäkningar. Erforderlig säkerhetsfaktor är angiven inom parentes. Röda siffror visar att erforderlig säkerhet inte uppnås.

Lastfall	Typ av analys	Sidnr, Bilaga 1	Beräknad säkerhetsfaktor		Erforderlig säkerhetsfaktor
			Kritisk	Vald	
Sektion A-A Anl. av erosionsskydd i släntfot	Kombinerad analys	10	0,845	0,939 (kort glidyta) 1,01 (lång glidyta)	$F_{EN} \geq 1,0$
Sektion A-A Flackning av bef. slänt och anl. av erosionsskydd i släntfot	Kombinerad analys	11	1,02	1,06 (kort glidyta) 1,08 (lång glidyta)	$F_{EN} \geq 1,0$
	Odränerad analys	12	1,11	1,19 (kort glidyta) 1,12 (lång glidyta)	$F_{EN} \geq 1,0$
Sektion B-B Flackning av bef. slänt	Kombinerad analys	14	1,16	1,48 (lång glidyta)	$F_{EN} \geq 1,0$
	Odränerad analys	15	1,239	1,52 (kort glidyta) 1,58 (lång glidyta)	$F_{EN} \geq 1,0$

I sektion A-A uppnåddes erforderlig säkerhet genom en kombination av flackning av befintliga slänten och anläggning av erosionsskydd vid släntfot (bäcken).

I sektion B-B uppnåddes erforderlig säkerhet genom enbart flackning av den befintliga slänten.

9 SLUTSATSER

9.1 Sensitivitet

Resultatet av utförd inventering visar att förekomsten av kvicklera är relativt begränsad i närliggande områden. Av totalt 16 utförda undersökningar för bestämning av sensitivitet i jorden har värden överskridande gränsen för kvicklera uppmätts i två.

Utvärderade värden är relativt snarlika mellan Allégatan, Ekebyvägen och Tingshuset (leran 3:34) och uppgår mellan 3 – 22, dvs låg- till mellansensitiv. Magasingatan särskiljer sig från övriga områden och värdena uppgår där mellan 31 – 80, dvs högsensitiv till kvick.

I och med att inga undersökningar av sensitiviteten är utförda i nu utrett område kan det inte uteslutas att jordlager av kvicklera även förekommer där. Sannolikheten bedöms emellertid som liten.

9.2 Befintliga slänter

Stabiliteten i den slänt som sluttar åt sydost på fastighet Skäggeberg 15:98 (sektion D-D) kan anses vara fullgod.

Erforderlig säkerhet har dock inte uppnåtts i de beräkningar som är utförda för den slänt som sluttar i sydvästlig riktning (sektion C-C). För att uppnå erforderlig säkerhet krävs någon form av åtgärd.

Utförda beräkningar visar att erforderlig säkerhet inte kommer uppnås genom att flacka ut befintlig slänt och anlägga stödfyllning vid släntfoten. Åtgärden skulle innebära utskiftning av mycket stora jordvolymmer samt att flackningen skulle ta stora ytor i anspråk.

Som alternativ, till omgrävning av Lerbäcken, kan förstärkning av jorden utföras med exempelvis kalk- och cementpelare. Till vilket djup och vilken täckningsgrad detta utförs kan beräknas och kräver i så fall vidare utredning.

Beräkningarna baseras på många antaganden, bl.a. har bäckbottens nivåer uppskattats utifrån VIAK:s utredning från 1987 för en sektion som befinner sig relativt långt bort. Vidare har inte jordmodellen som använts i beräkningarna (Sektion C-C och D-D) verifierats med fältundersökningar. Detta kan ha stor betydelse för resultaten.

I sektion A-A uppnåddes erforderlig säkerhet genom en kombination av flackning och anläggning av erosionsskydd vid släntfoten (bäcken). I de tidigare utförda beräkningarna av ÅF inkluderade åtgärdsförslaget, utöver flackning och erosionsskydd, att återfyllning sker med lättfyllning till en viss täckningsgrad under framtida bebyggelse. Detta anses ej längre vara nödvändigt med nu utförda kompletterande beräkningar.

I sektion B-B uppnåddes erforderlig säkerhet genom att enbart flacka ut den befintliga slänten, dvs anläggning av erosionsskydd vid släntfoten anses inte vara nödvändigt.

9.3 Bakåtgripande skred

Syftet med simuleringen av det bakåtgripande skredet var att säkerställa att det inte föreligger någon risk att det bakåtgripande skredet kan nå det aktuella planområdet (Skäggeberg 15:61).

Beräkningarna visar att när det bakåtgripande skredet nått ca 1/3 av avståndet till fastigheten är modellen stabil ($F > 2,9$).

Endast kombinerade analyser är utförda men utfallet bedöms bli snarlikt även vid odränerade analyser.

Det bedöms därmed inte föreligga någon risk att bakåtgripande skred vid fastighet Skäggeberg 15:98 kommer påverka undergrunden vid rubricerad fastighet. Verifiering av jordmodellen med fältundersökningar och verkliga nivåer i bäckbotten kommer i detta fall sannolikt inte förändra denna slutsats.

Mitta Geoteknik Vatten & Miljö	Skövde 2020-08-20
 Anton Laitila	 Emil Svahn

BILAGOR

Bilaga 1 – Stabilitetsberäkningar

Bilaga 2 – Ritning G1

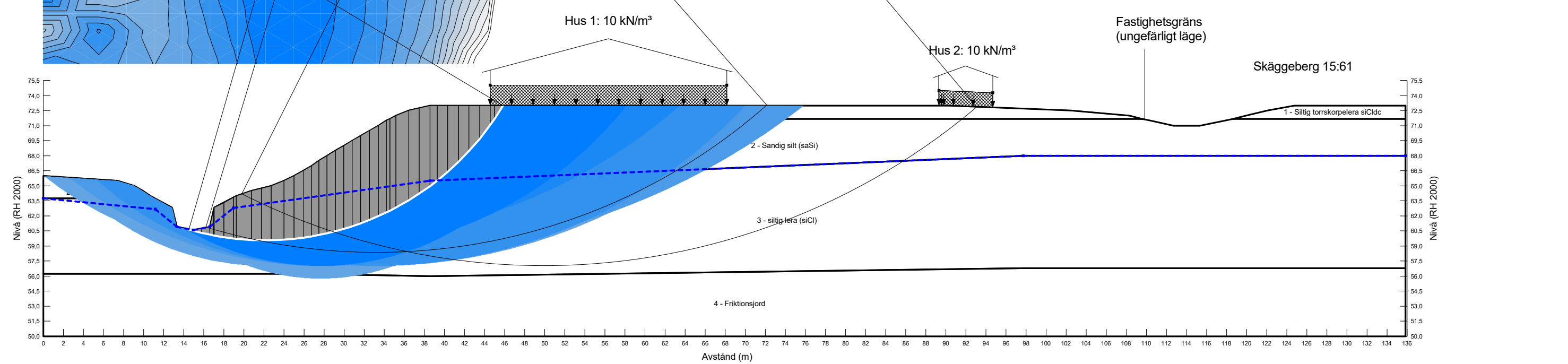
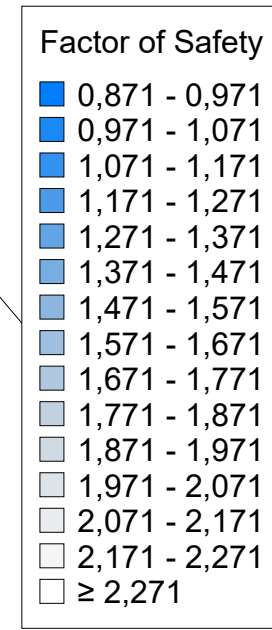
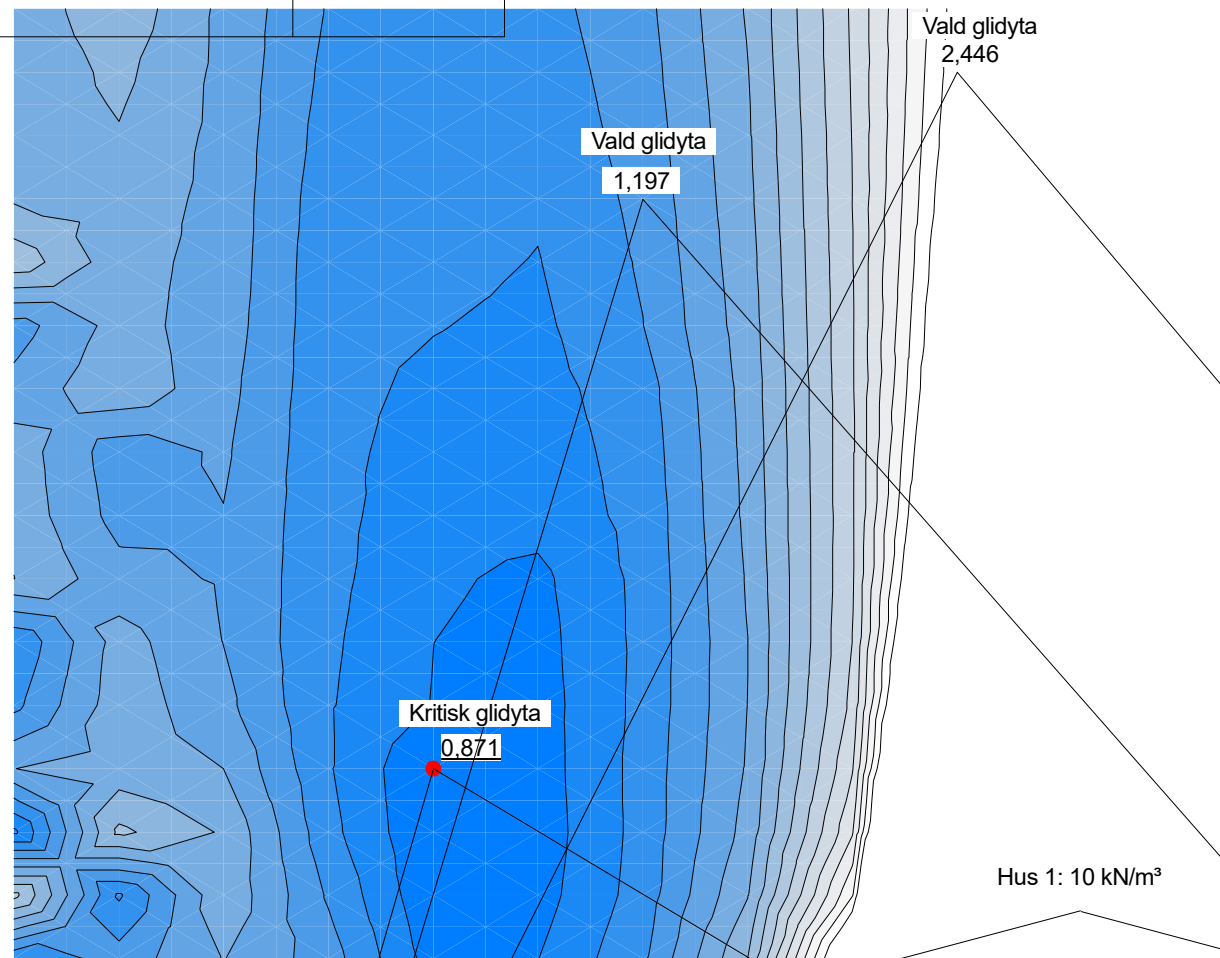


Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

Sektion C-C
Befintliga förhållanden

Skala: 1:400
Format: A3

Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)
1 - Siltig torrsorpelera siClc	Combined, S=f(depth)	18		30	5	0	50	0
2 - Sandig silt (saSi)	Mohr-Coulomb	18	1	32				
3 - siltig lera (siCl)	Combined, S=f(depth)	17		30	2	0,32	20	3,15
4 - Friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	1	35				



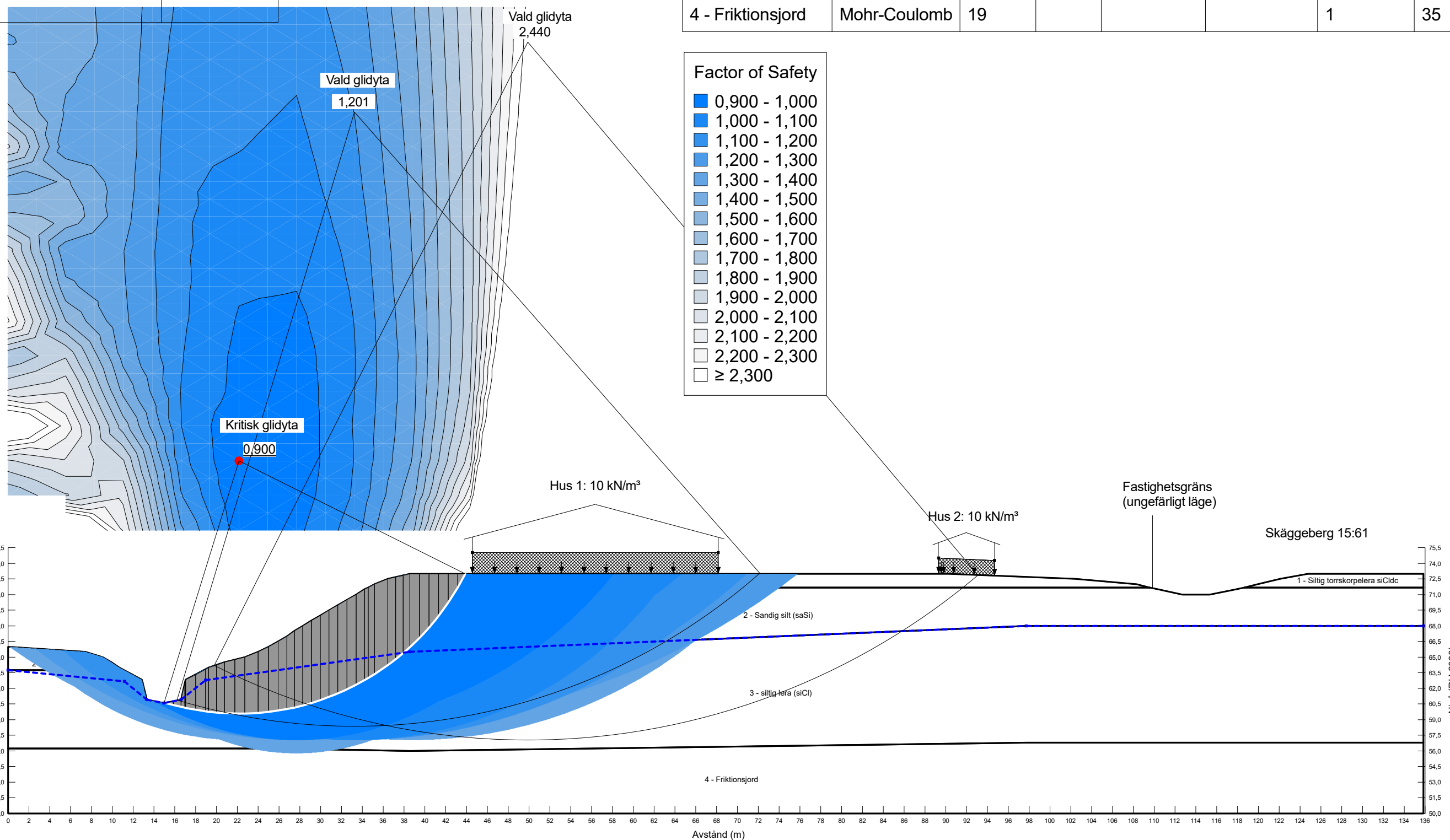


Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Odränerad
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

Sektion C-C
Befintliga förhållanden

Skala: 1:400
Format: A3

Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	C-Maximum (kPa)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)
1 - Siltig torrkorpelera siClc	Mohr-Coulomb	18				1	30
2 - Sandig silt (saSi)	Mohr-Coulomb	18				1	32
3 - siltig lera (siCl)	S=f(depth)	17	20	3,15	50		
4 - Friktionsjord	Mohr-Coulomb	19				1	35



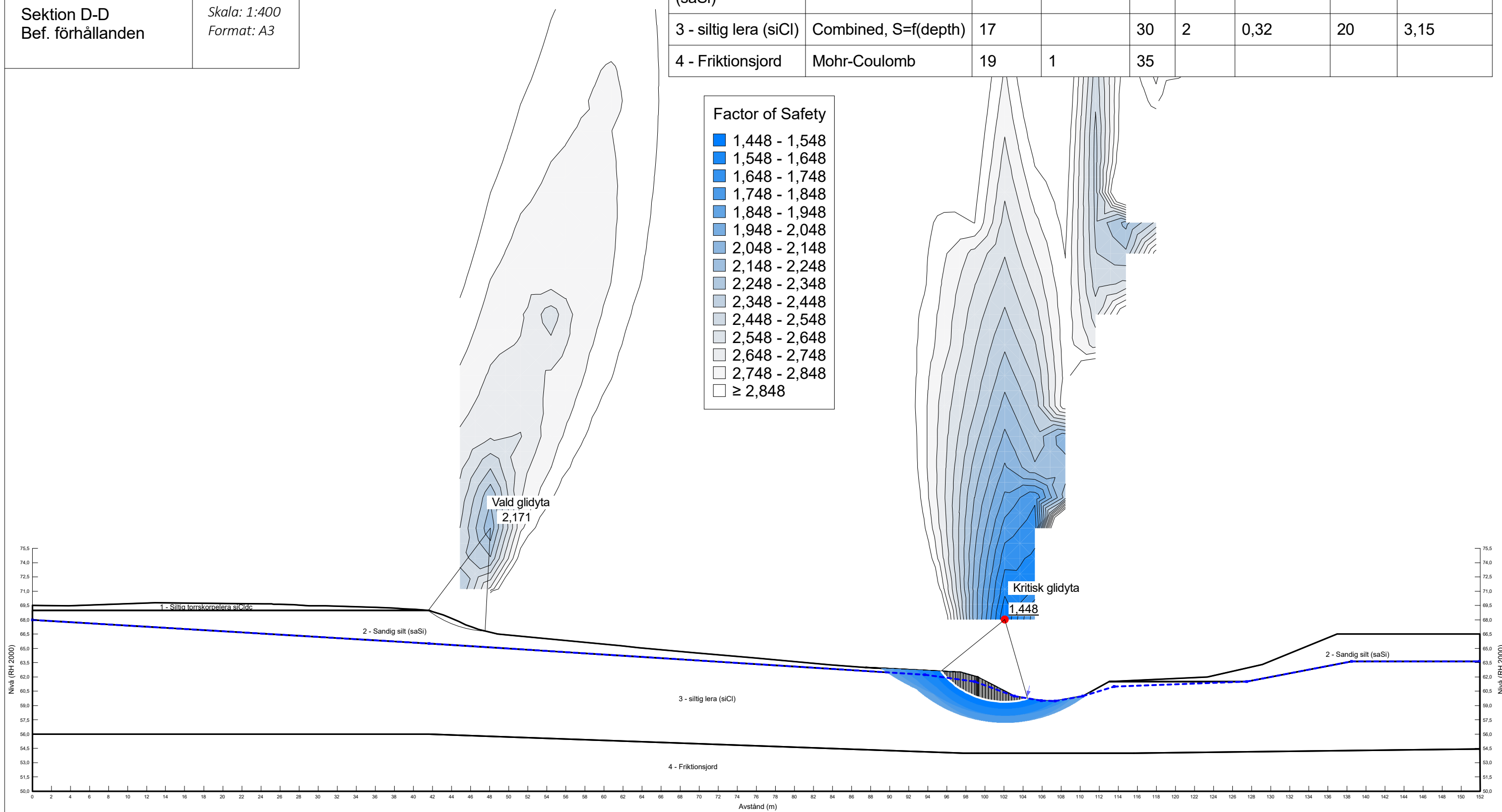
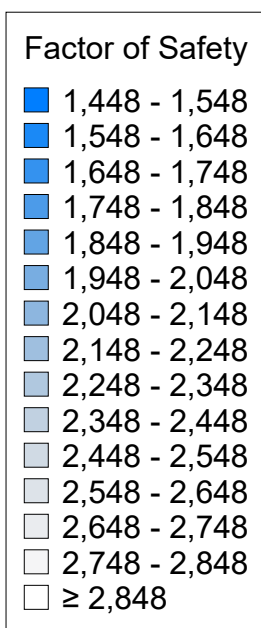


Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

Sektion D-D
Bef. förhållanden

Skala: 1:400
Format: A3

Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
1 - Siltig torrkorpelera siClc	Combined, S=f(depth)	18		30	5	0	50	0
2 - Sandig silt (saSi)	Mohr-Coulomb	18	1	32				
3 - siltig lera (siCl)	Combined, S=f(depth)	17		30	2	0,32	20	3,15
4 - Friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	1	35				



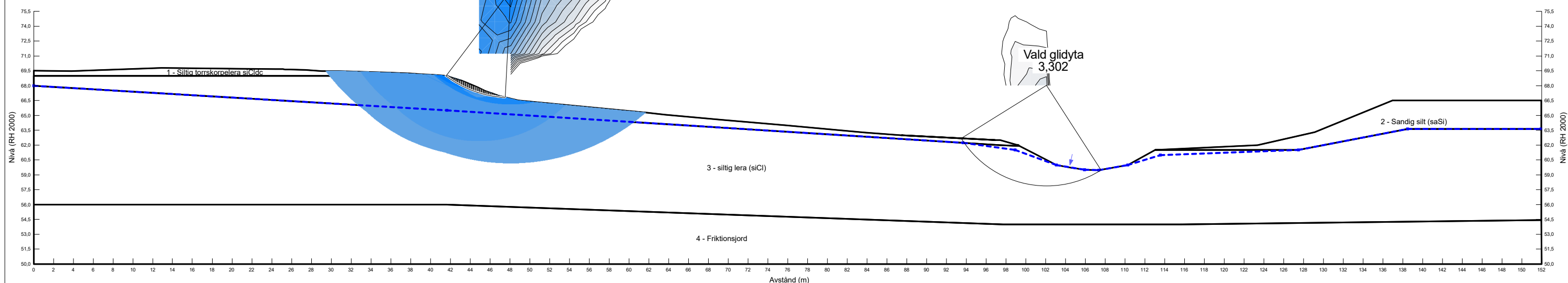
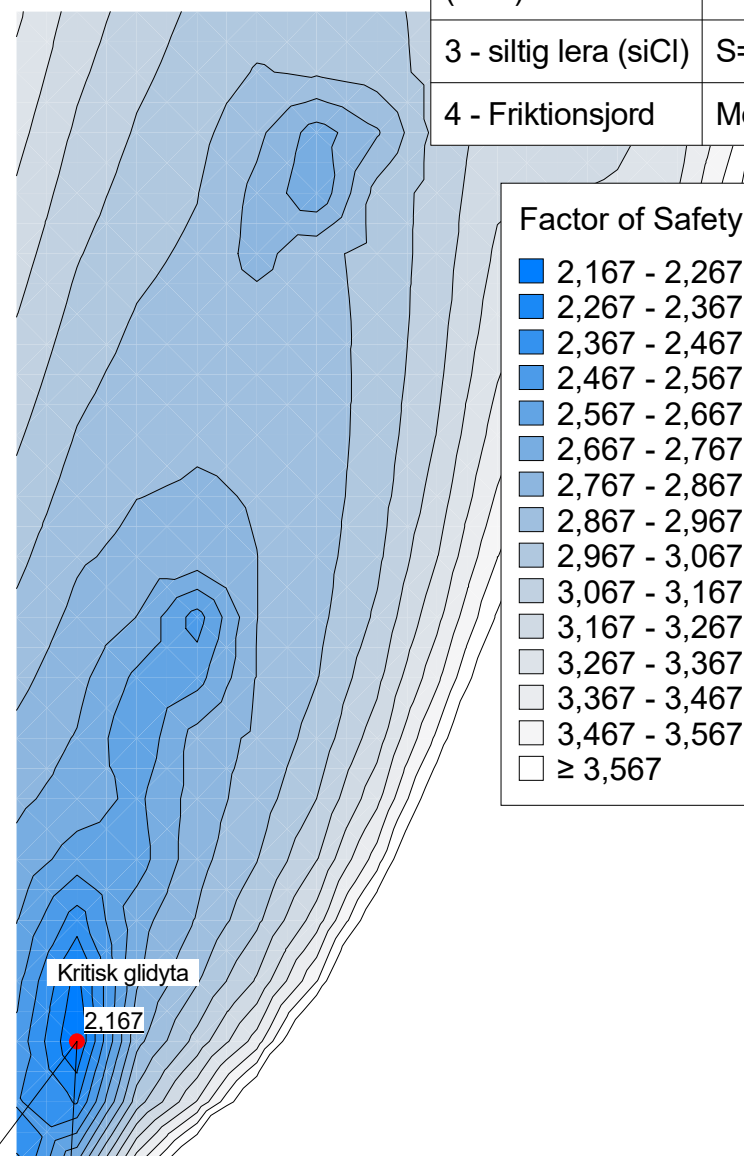


Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Odränerad
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

Sektion D-D
Bef. förhållanden

Skala: 1:400
Format: A3

Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)
1 - Siltig torrkorpelera siClc	Mohr-Coulomb	18				1	30
2 - Sandig silt (saSi)	Mohr-Coulomb	18				1	32
3 - siltig lera (siCl)	S=f(depth)	17	20	3,15	50		
4 - Friktionsjord	Mohr-Coulomb	19				1	35



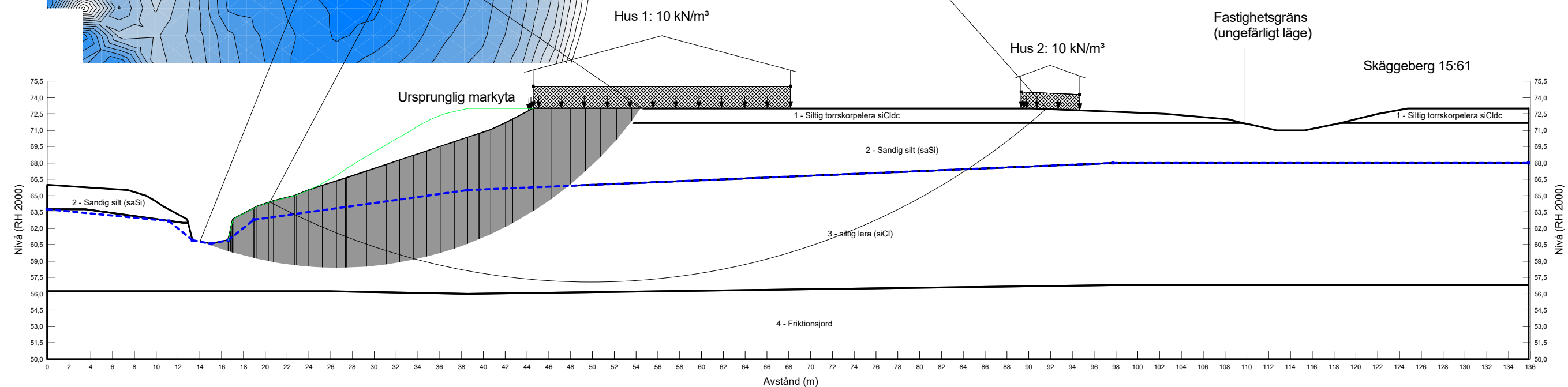
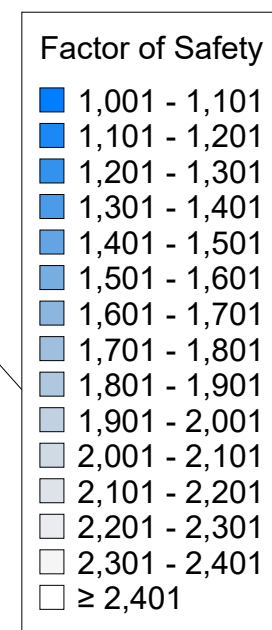
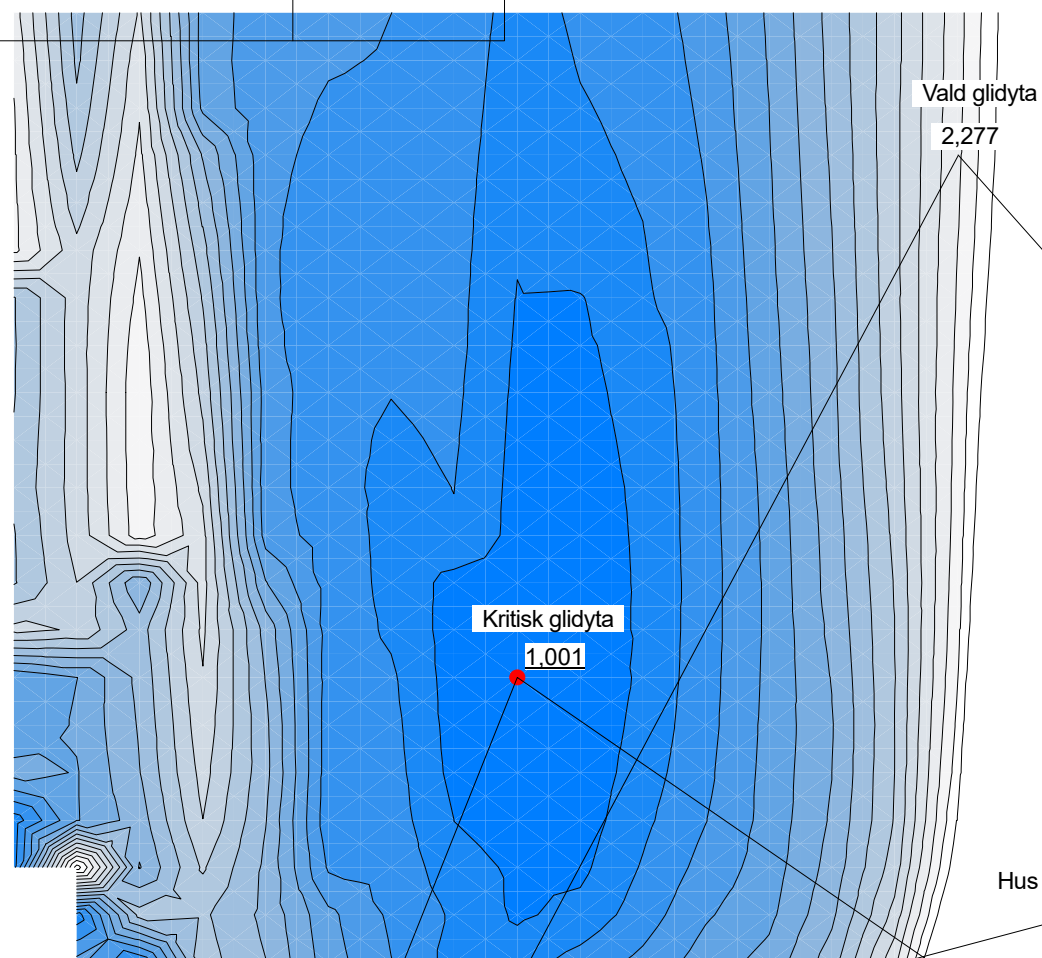


Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

Sektion C-C
Flackning, stödfyll

Skala: 1:400
Format: A3

Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
1 - Siltig torrsorpelera siClc	Combined, S=f(depth)	18		30	5	0	50	0
2 - Sandig silt (saSi)	Mohr-Coulomb	18	1	32				
3 - siltig lera (siCl)	Combined, S=f(depth)	17		30	2	0,32	20	3,15
4 - Friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	1	35				
5 - Fyll	Mohr-Coulomb	20	1	40				



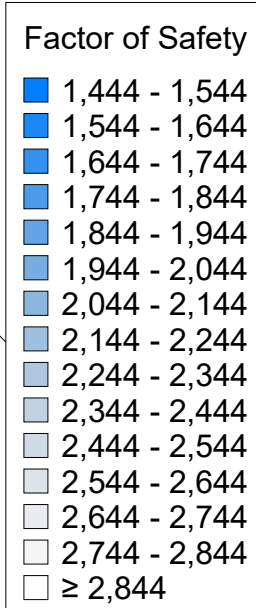
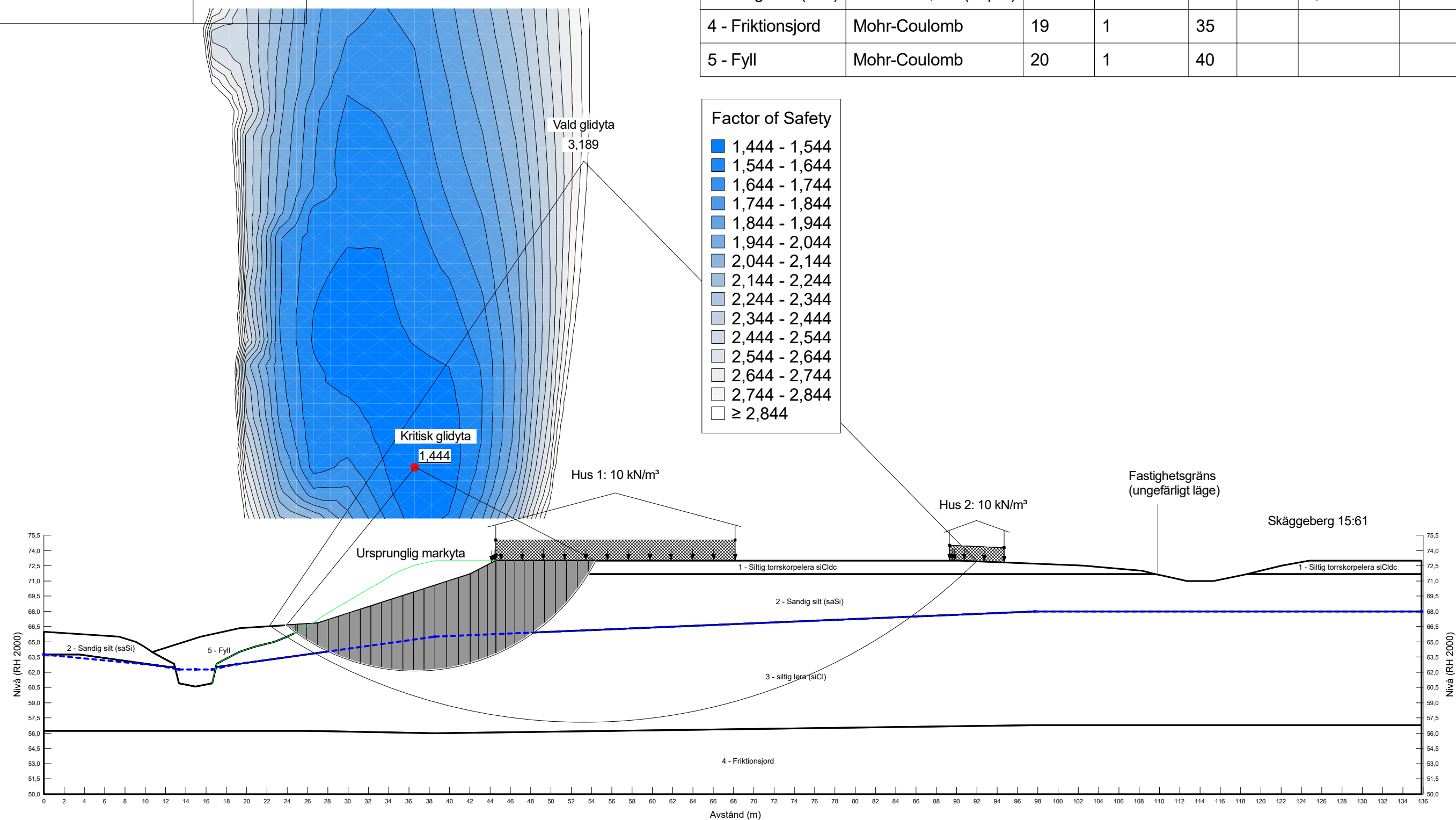


Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

Sektion C-C
Omgrävning, igenfyll

Skala: 1:400
Format: A3

Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
1 - Siltig torrsorpelera siClc	Combined, S=f(depth)	18		30	5	0	50	0
2 - Sandig silt (saSi)	Mohr-Coulomb	18	1	32				
3 - siltig lera (siCl)	Combined, S=f(depth)	17		30	2	0,32	20	3,15
4 - Friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	1	35				
5 - Fyll	Mohr-Coulomb	20	1	40				



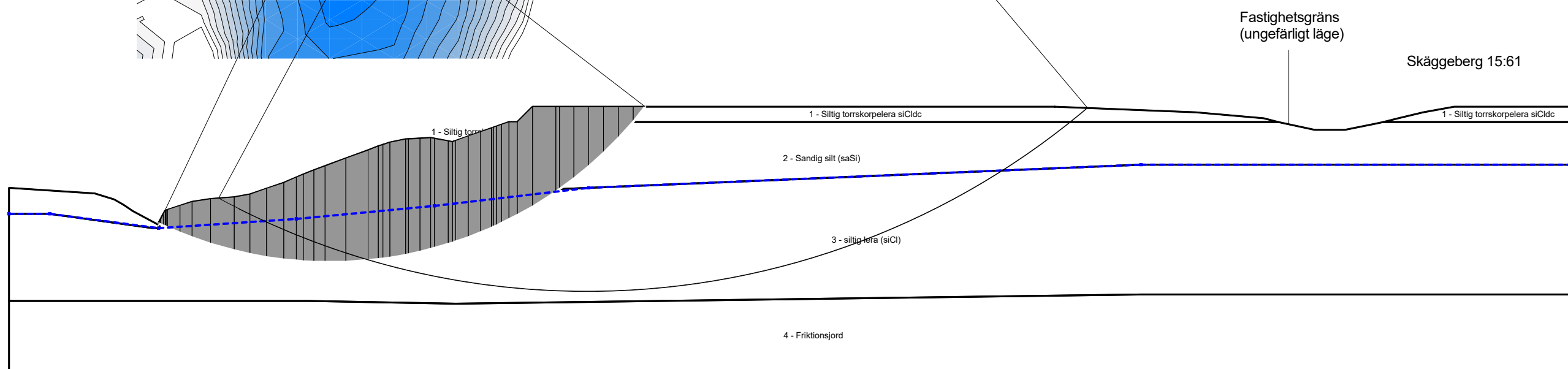
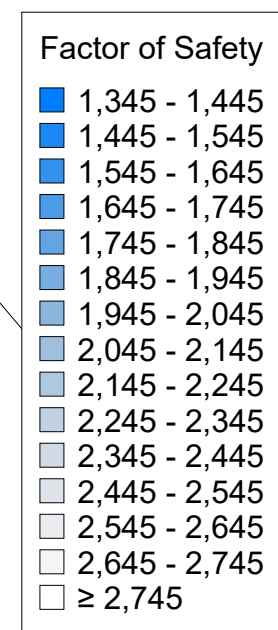
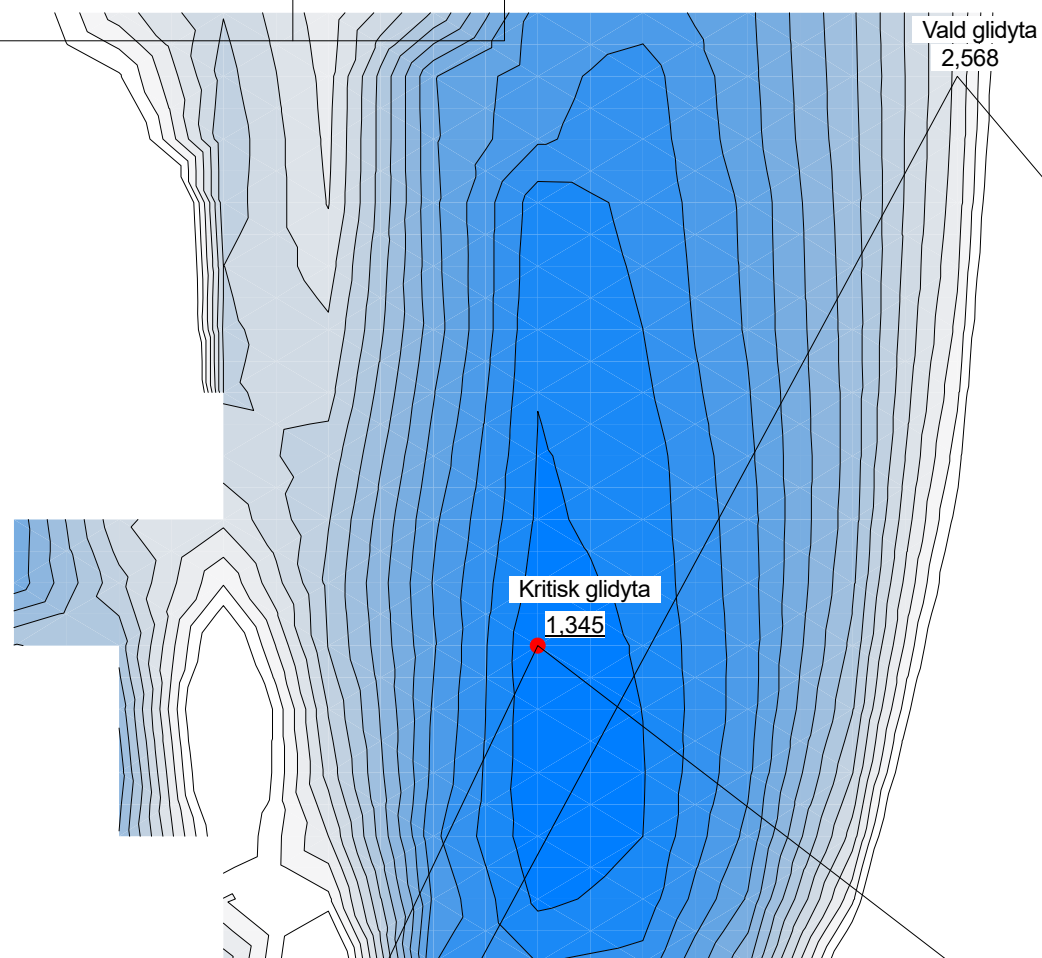


Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

Sektion C-C
Bakåtgripande, steg 2

Skala: 1:400
Format: A3

Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
1 - Siltig torrkorpelera siClc	Combined, S=f(depth)	18		30	5	0	50	0
2 - Sandig silt (saSi)	Mohr-Coulomb	18	1	32				
3 - siltig lera (siCl)	Combined, S=f(depth)	17		30	2	0,32	20	3,15
4 - Friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	1	35				





Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

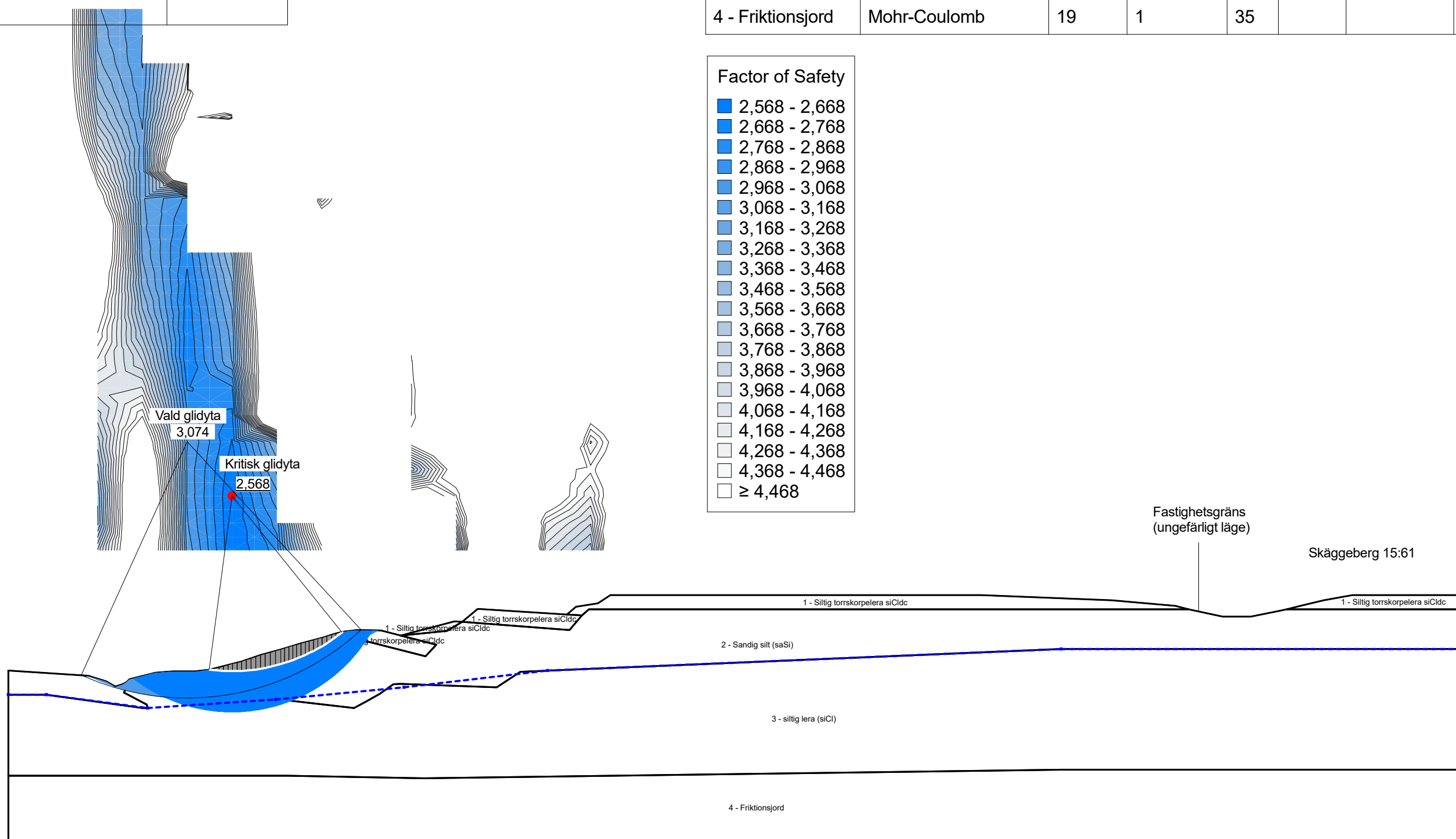
Sektion C-C
Bakåtgripande, steg 3

Skala: 1:400
Format: A3

Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m ²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m ²)/m)
1 - Siltig torrkorpelera siCldc	Combined, S=f(depth)	18		30	5	0	50	0
2 - Sandig silt (saSi)	Mohr-Coulomb	18	1	32				
3 - siltig lera (siCl)	Combined, S=f(depth)	17		30	2	0,32	20	3,15
4 - Friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	1	35				

Factor of Safety

2,568 - 2,668
2,668 - 2,768
2,768 - 2,868
2,868 - 2,968
2,968 - 3,068
3,068 - 3,168
3,168 - 3,268
3,268 - 3,368
3,368 - 3,468
3,468 - 3,568
3,568 - 3,668
3,668 - 3,768
3,768 - 3,868
3,868 - 3,968
3,968 - 4,068
4,068 - 4,168
4,168 - 4,268
4,268 - 4,368
4,368 - 4,468
≥ 4,468





Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

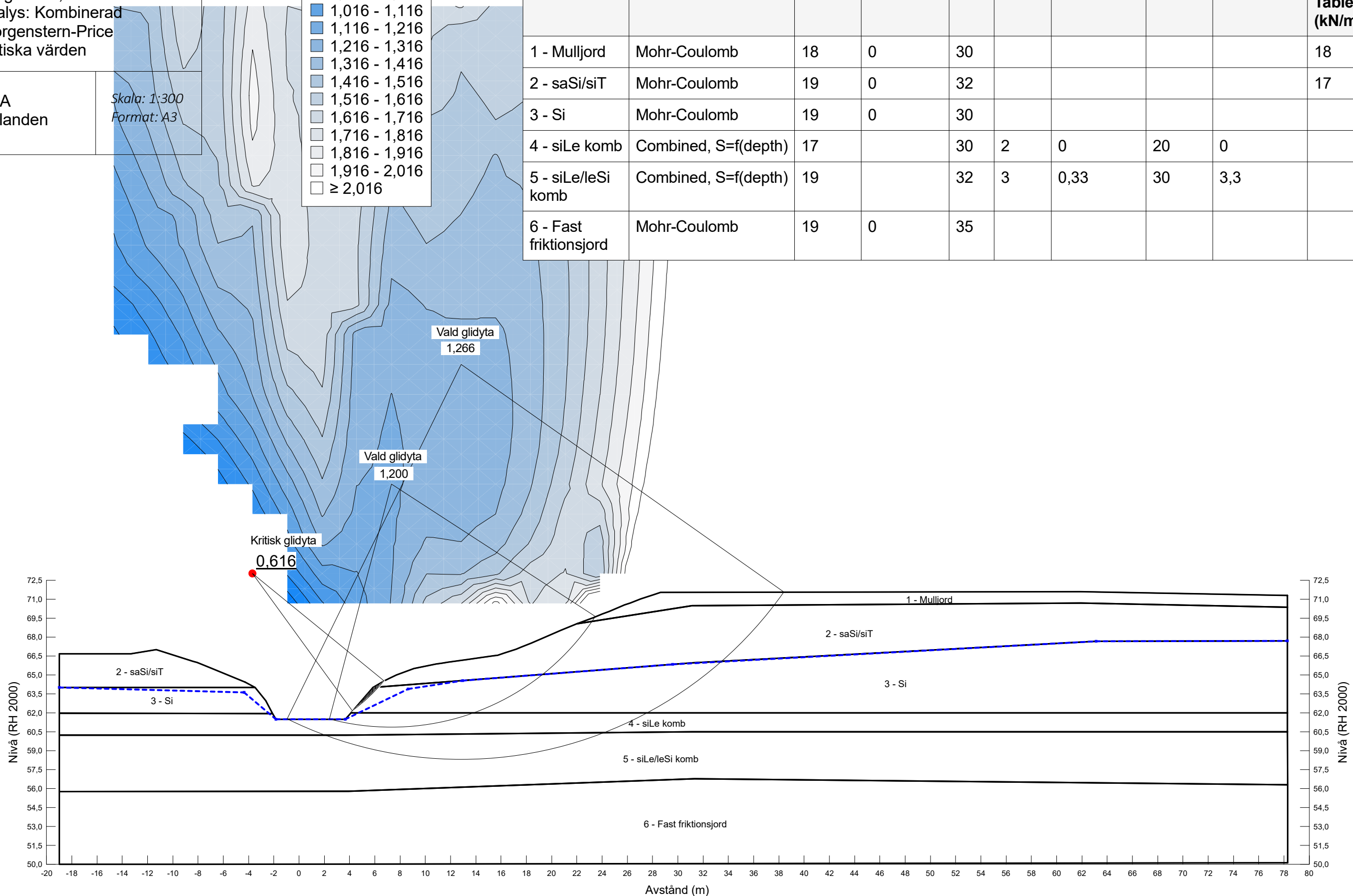
Sektion A-A
Bef. förhållanden

Skala: 1:300
Format: A3

Factor of Safety

- 0,616 - 0,716
- 0,716 - 0,816
- 0,816 - 0,916
- 0,916 - 1,016
- 1,016 - 1,116
- 1,116 - 1,216
- 1,216 - 1,316
- 1,316 - 1,416
- 1,416 - 1,516
- 1,516 - 1,616
- 1,616 - 1,716
- 1,716 - 1,816
- 1,816 - 1,916
- 1,916 - 2,016
- ≥ 2,016

Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³)
1 - Mulljord	Mohr-Coulomb	18	0	30					18
2 - saSi/siT	Mohr-Coulomb	19	0	32					17
3 - Si	Mohr-Coulomb	19	0	30					
4 - siLe komb	Combined, S=f(depth)	17		30	2	0	20	0	
5 - siLe/leSi komb	Combined, S=f(depth)	19		32	3	0,33	30	3,3	
6 - Fast friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	0	35					

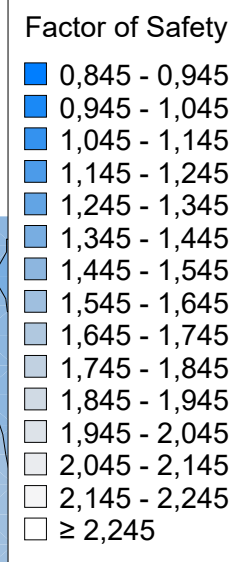




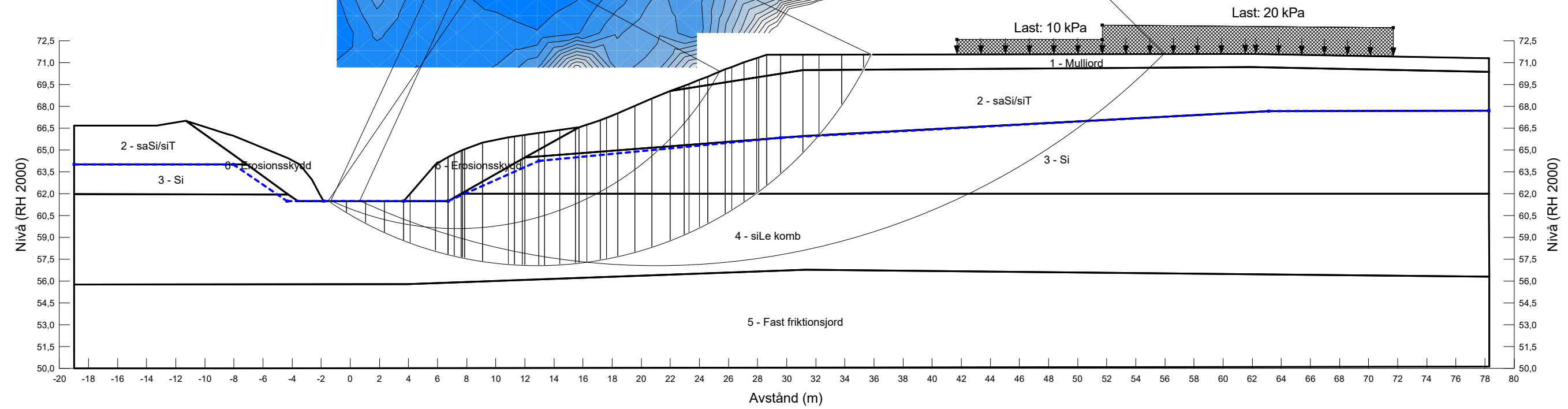
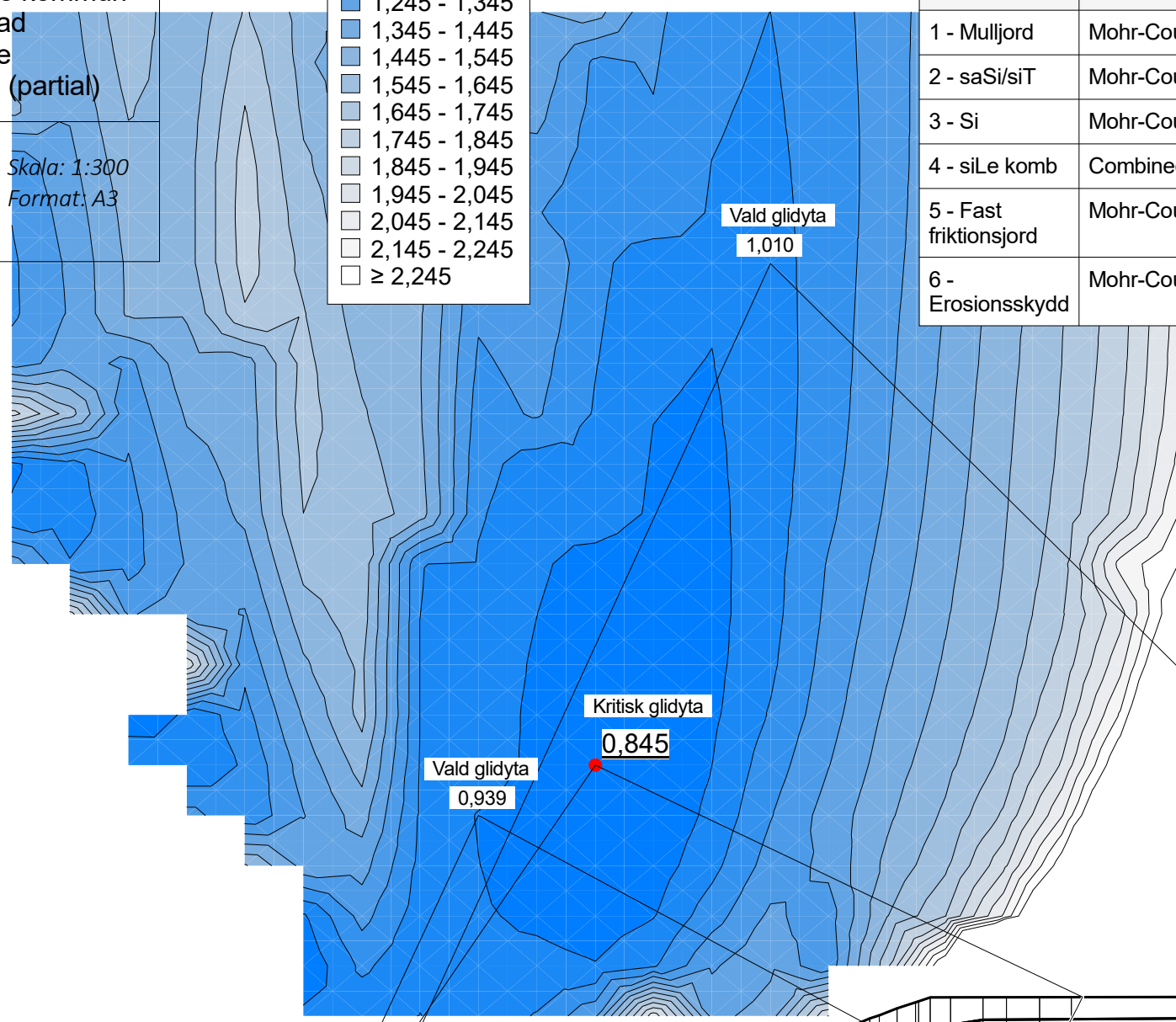
Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Dimensionerande värden (partial)

Sektion A-A
Åtgärdsförslag
Erosionsskydd

Skala: 1:300
Format: A3



Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³)
1 - Mulljord	Mohr-Coulomb	18	0	23,95					18
2 - saSi/siT	Mohr-Coulomb	19	0	25,7					17
3 - Si	Mohr-Coulomb	19	0	23,95					
4 - siLe komb	Combined, S=f(depth)	17		23,95	1,92	0,19	16,7	1,7	
5 - Fast friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	0	35					
6 - Erosionsskydd	Mohr-Coulomb	22	1	27					20





Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Dimensionerande värden (partial)

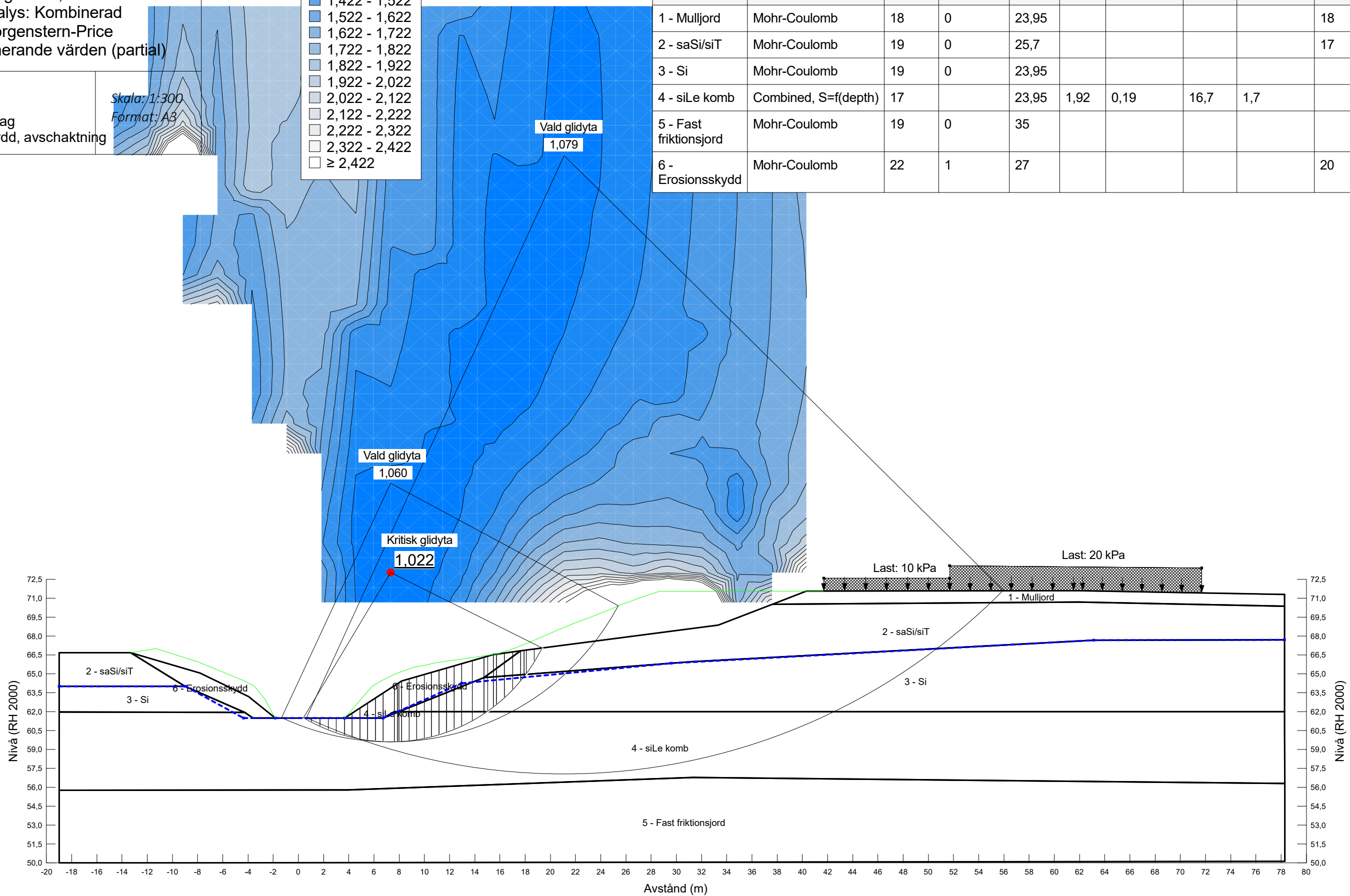
Sektion A-A
Åtgärdsförslag
Erosionsskydd, avschaktning

Skala: 1:300
Format: A3

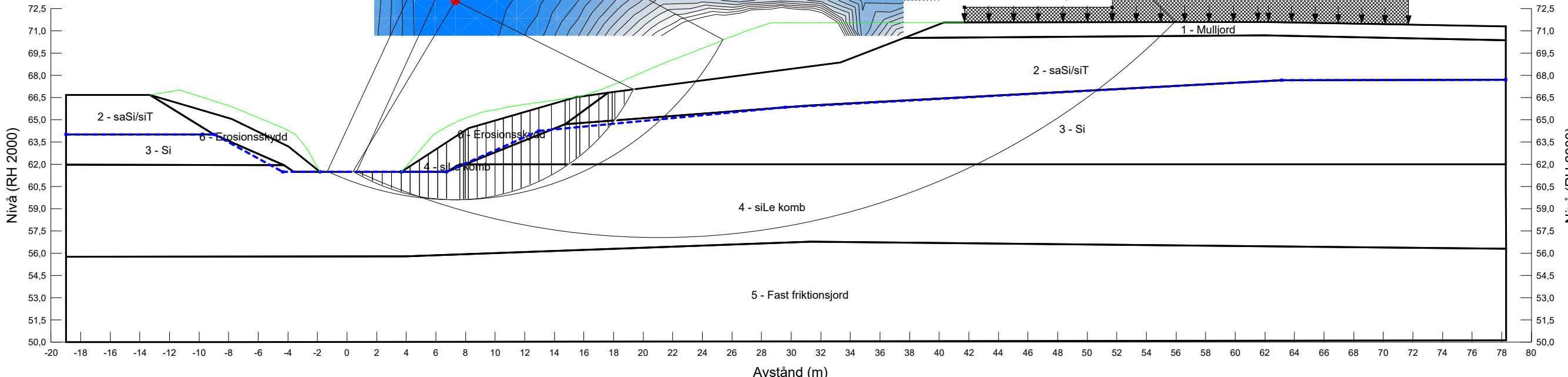
Factor of Safety

- 1,022 - 1,122
- 1,122 - 1,222
- 1,222 - 1,322
- 1,322 - 1,422
- 1,422 - 1,522
- 1,522 - 1,622
- 1,622 - 1,722
- 1,722 - 1,822
- 1,822 - 1,922
- 1,922 - 2,022
- 2,022 - 2,122
- 2,122 - 2,222
- 2,222 - 2,322
- 2,322 - 2,422
- ≥ 2,422

Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³)
1 - Mulljord	Mohr-Coulomb	18	0	23,95					18
2 - saSi/siT	Mohr-Coulomb	19	0	25,7					17
3 - Si	Mohr-Coulomb	19	0	23,95					
4 - siLe komb	Combined, S=f(depth)	17		23,95	1,92	0,19	16,7	1,7	
5 - Fast friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	0	35					
6 - Erosionsskydd	Mohr-Coulomb	22	1	27					20



Last: 10 kPa Last: 20 kPa

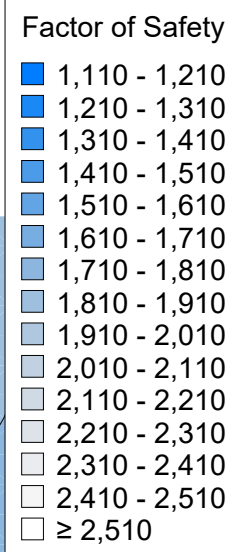




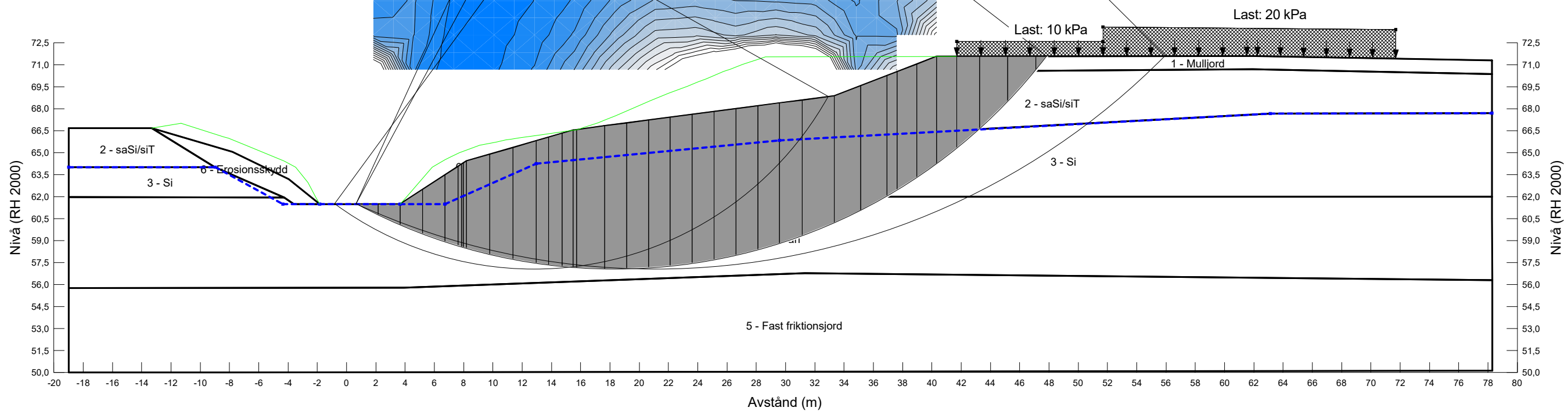
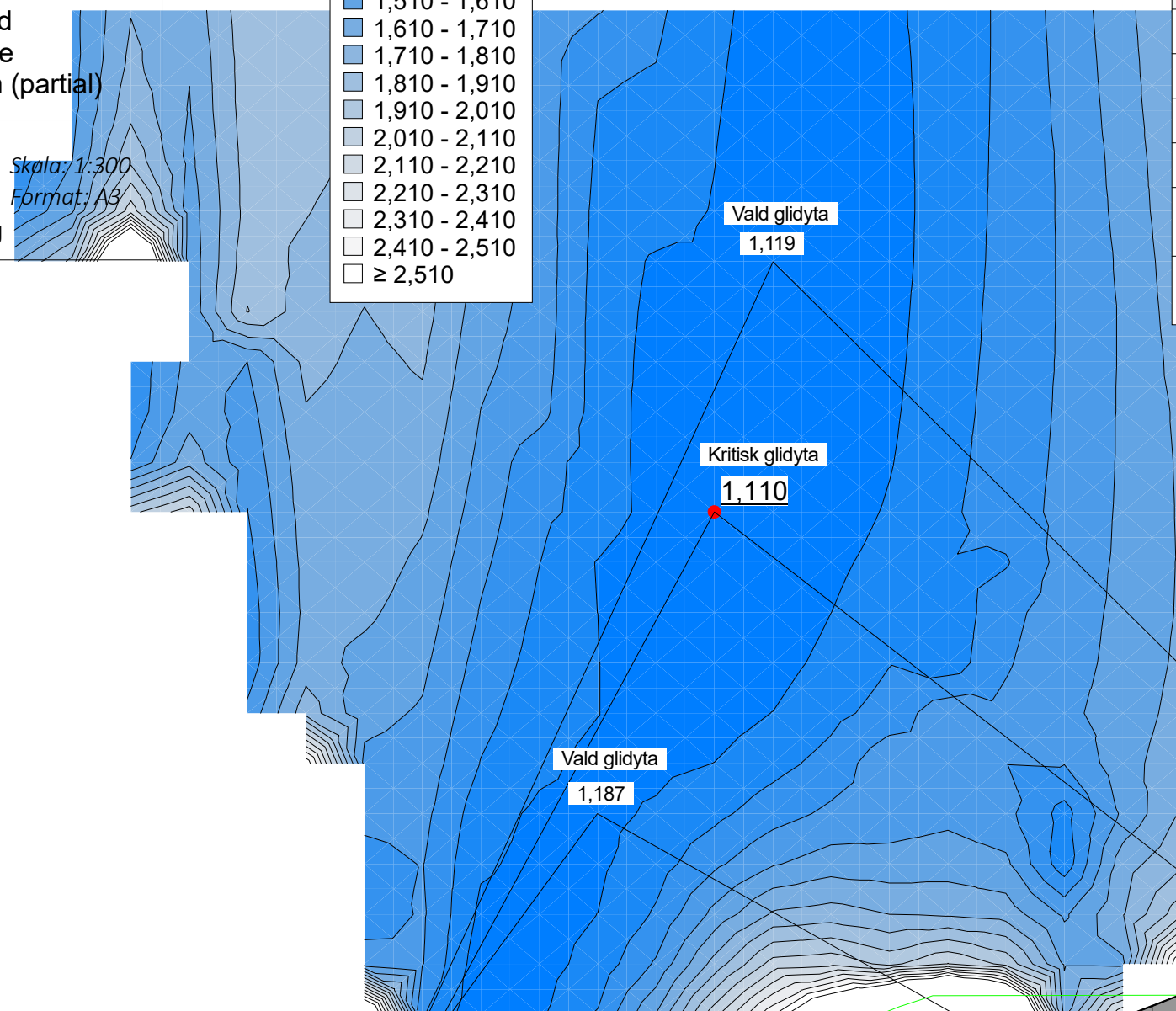
Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Odränerad
Metod: Morgenstern-Price
Dimensionerande värden (partial)

Sektion A-A
Åtgärdsförslag
Erosionsskydd, avschaktning

Skala: 1:300
Format: A3



Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³)
1 - Mulljord	Mohr-Coulomb	18				0	23,95	18
2 - saSi/siT	Mohr-Coulomb	19				0	25,7	17
3 - Si	Mohr-Coulomb	19				0	23,95	
4 - siLe odrän	S=f(depth)	17	16,7	1,7	0			
5 - Fast friktionsjord	Mohr-Coulomb	19				0	35	
6 - Erosionsskydd	Mohr-Coulomb	22				1	27	20





Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Karakteristiska värden

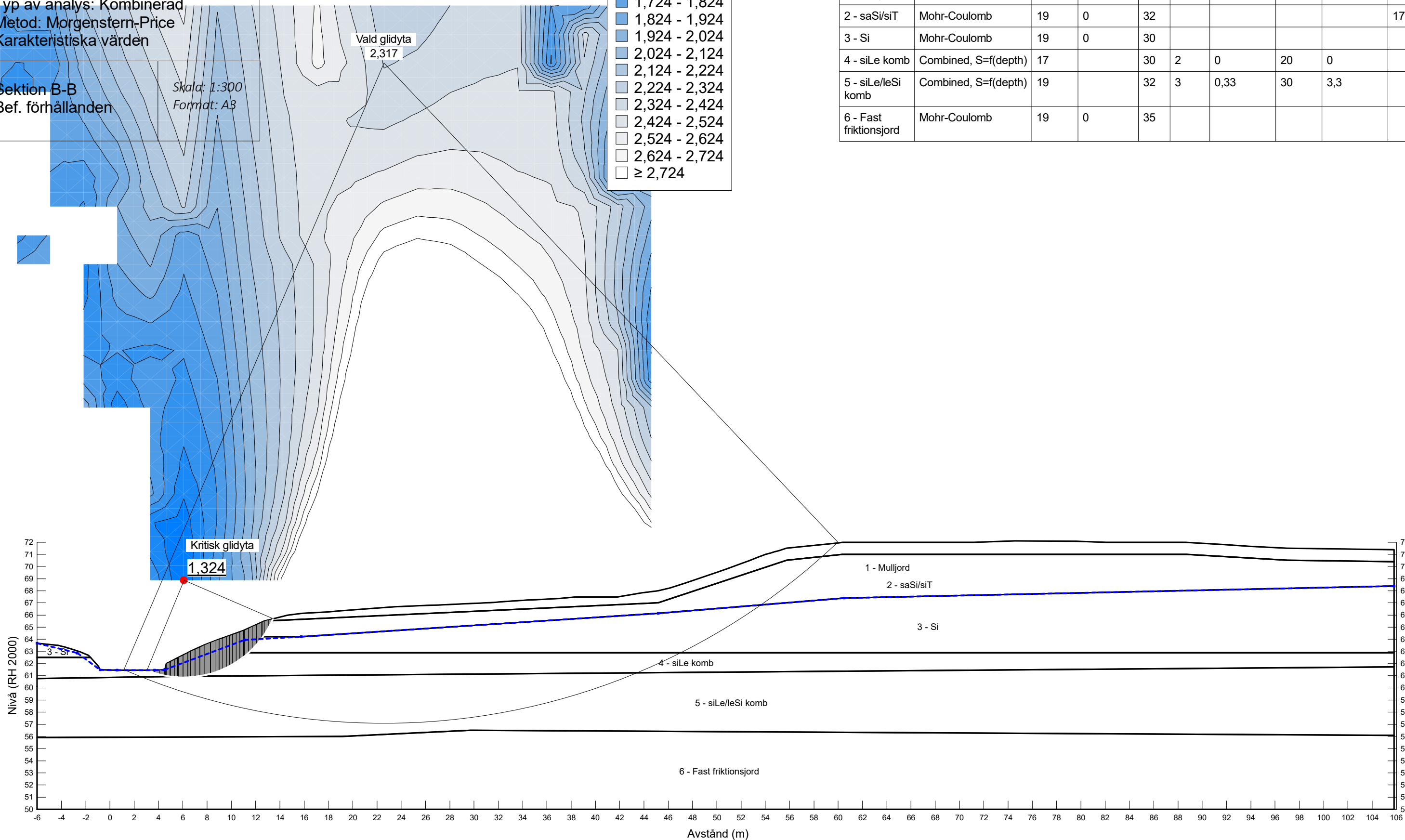
Sektion B-B
Bef. förhållanden

Skala: 1:300
Format: A3

Factor of Safety

- 1,324 - 1,424
- 1,424 - 1,524
- 1,524 - 1,624
- 1,624 - 1,724
- 1,724 - 1,824
- 1,824 - 1,924
- 1,924 - 2,024
- 2,024 - 2,124
- 2,124 - 2,224
- 2,224 - 2,324
- 2,324 - 2,424
- 2,424 - 2,524
- 2,524 - 2,624
- 2,624 - 2,724
- ≥ 2,724

Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³)
1 - Mulljord	Mohr-Coulomb	18	0	30					18
2 - saSi/siT	Mohr-Coulomb	19	0	32					17
3 - Si	Mohr-Coulomb	19	0	30					
4 - siLe komb	Combined, S=f(depth)	17		30	2	0	20	0	
5 - siLe/leSi komb	Combined, S=f(depth)	19		32	3	0,33	30	3,3	
6 - Fast friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	0	35					

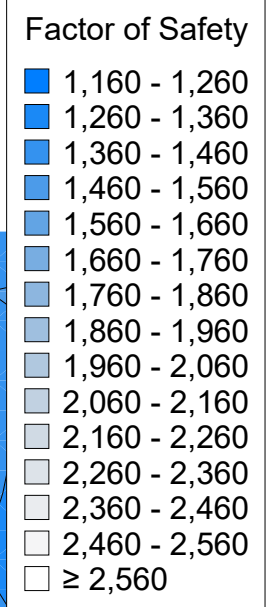




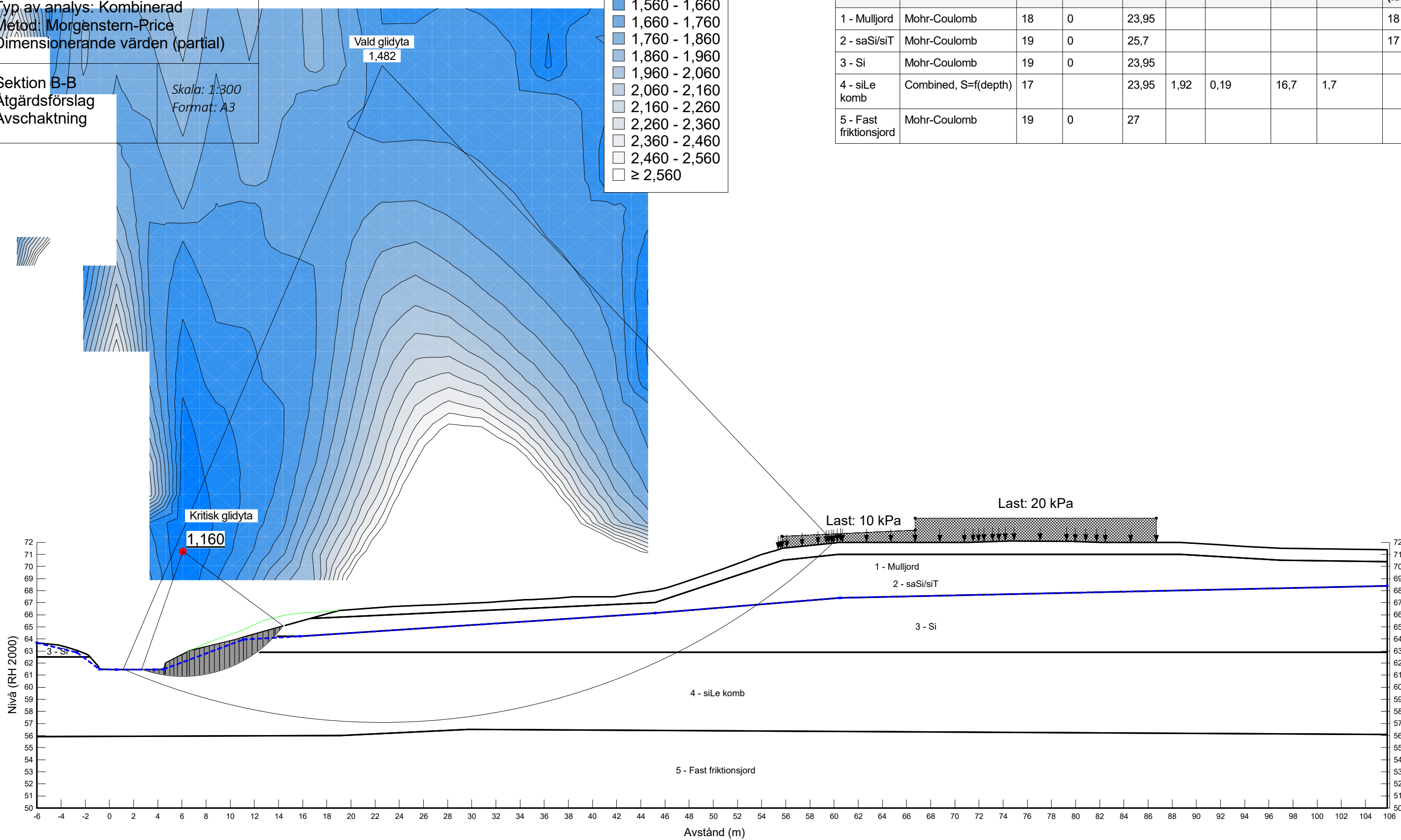
Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Kombinerad
Metod: Morgenstern-Price
Dimensionerande värden (partial)

Sektion B-B
Åtgärdsförslag
Avschaktning

Skala: 1:300
Format: A3



Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³)
1 - Mulljord	Mohr-Coulomb	18	0	23,95					18
2 - saSi/siT	Mohr-Coulomb	19	0	25,7					17
3 - Si	Mohr-Coulomb	19	0	23,95					
4 - siLe komb	Combined, S=f(depth)	17		23,95	1,92	0,19	16,7	1,7	
5 - Fast friktionsjord	Mohr-Coulomb	19	0	27					



Kritisk glidyta
1,160

Vald glidyta
1,482

Last: 10 kPa

Last: 20 kPa

1 - Mulljord
2 - saSi/siT
3 - Si

4 - siLe komb

5 - Fast friktionsjord

Nivå (RH 2000)

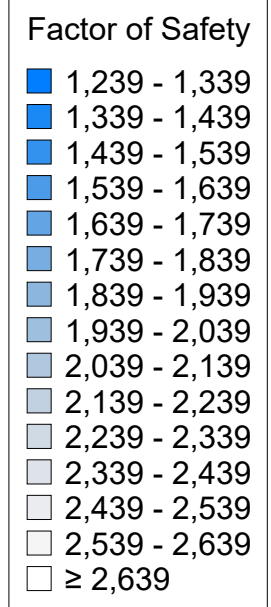
Avstånd (m)



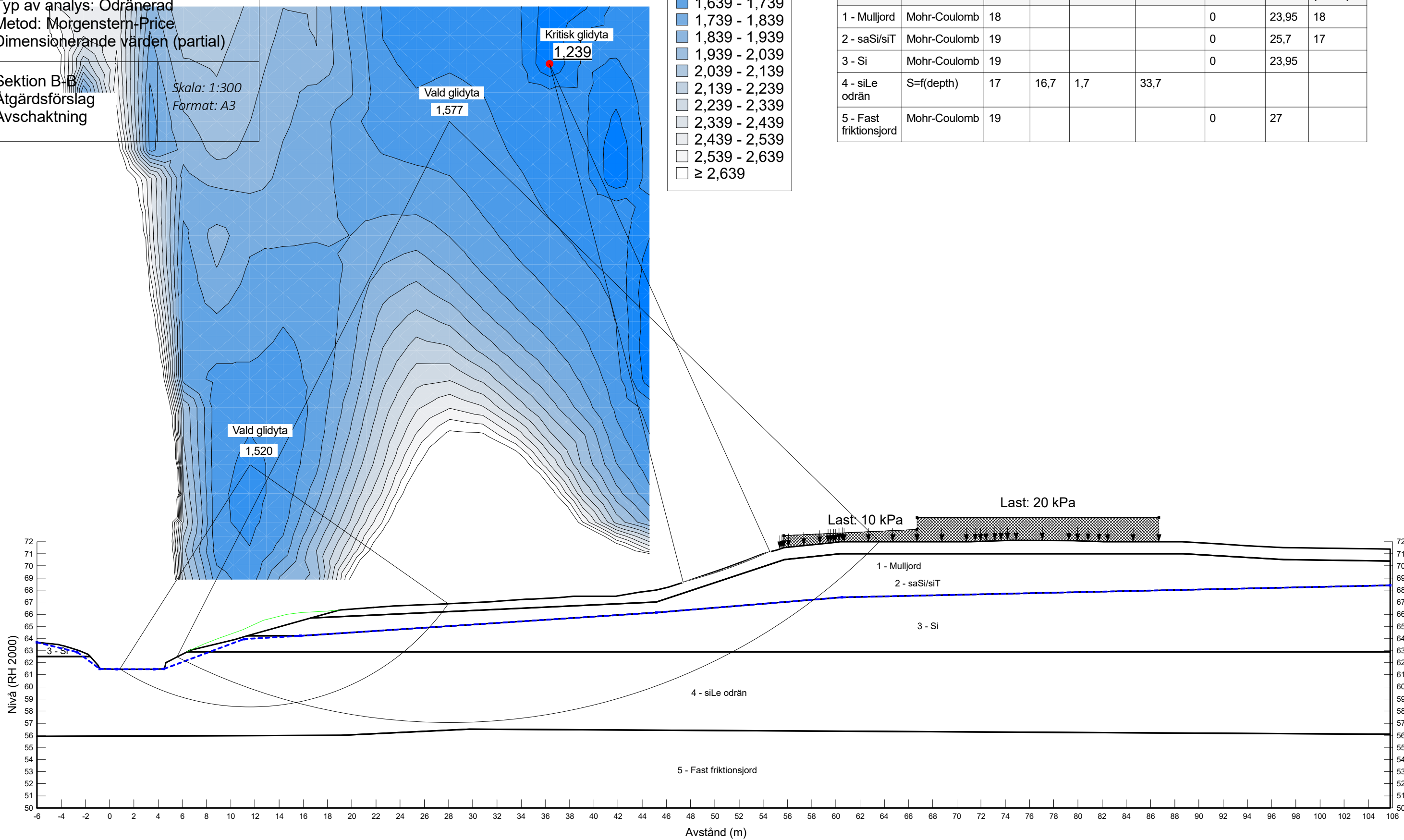
Stabilitetsberäkning
Skäggeberg 15:61, Sunne kommun
Typ av analys: Odränerad
Metod: Morgenstern-Price
Dimensionerande värden (partial)

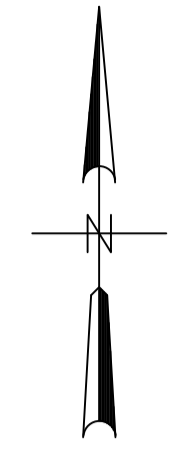
Sektion B-B
Åtgärdsförslag
Avschaktning

Skala: 1:300
Format: A3



Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C-Maximum (kPa)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³)
1 - Mulljord	Mohr-Coulomb	18				0	23,95	18
2 - saSi/siT	Mohr-Coulomb	19				0	25,7	17
3 - Si	Mohr-Coulomb	19				0	23,95	
4 - siLe odrän	S=f(depth)	17	16,7	1,7	33,7			
5 - Fast friktionsjord	Mohr-Coulomb	19				0	27	





KOORDINATSYSTEM: SWEREF 99 13 30
 HÖJDSYSTEM: RH2000

0 10 20 30 40 50 100 Meter

SKALA 1: 1000 (A3)

REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	DATUM
PROJEKT/FÖRETAG SKAGGEBERG 15:61 SUNNE KOMMUN				
BENÄMNING GEOTEKNISK UNDERSÖKNING PLAN				
UPPDRAG 1220052		RITAD AV R. ENGHOLM		KONSTRUERAD AV
DATUM 2020-XX-XX		ANSVARIG A. LAITILA		
SKALA 1: 500(A1) 1: 1000(A3)		NUMMER G1		I BET