

PM Geoteknik

Stockholm Vatten och avfall AB

Tenstadalen Dagvattenpark – PM Geoteknik Stabilitetberäkningar

Utredning

Umeå 2022-11-09, Rev 2022-12-08

PM Geoteknik, Stabilitetberäkningar

Utredning

Datum 2022-11-09, Rev 2022-12-08

Uppdragsnummer 1320041697

Tobias Stenmark
Uppdragsledare

Ulrika Wasberg
Handläggare

Carl Olof Modin
Granskare

Ramboll Sverige AB
Box 17009, Krukmakargatan 21
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 1320041697 Organisationsnummer 556133-0506

Sammanfattning

Denna PM Geoteknik sammanfattar stabilitetberäkningar utförda längs Mälarbanan i samband med planeringen av dagvattenpark Tenstadalen. På grund av planerad ökad svällvolym för Bällstaån avschaktas jordmassor längs nya planerade bäcken i närheten av järnvägen. Dokumenten redovisar stabilitetberäkningar och bekräftar godkänd stabilitet för det planerade förslaget. Stabilitetberäkningar har utförts i dagens situation och för den planerade dagvattenparken.

Underlag

Som underlag för geotekniska bedömningen har geotekniska undersökningar utförda av Ramboll Sweden AB använts. Första skedet utfördes mellan 31 juli 2019 och 11 februari 2020 och andra skedet augusti 2021. Inmätning av terrängen är utförd av Rambolls underkonsult AB Kartverkstan i april 2022.

Stabilitetberäkningar från Mälarbanan mot Tenstadalen Dagvattenpark har utförts enligt nya terrängmodellen från april 2022. Den nya terrängmodellen avviker från den gamla tillgängliga modellen. Bredvid Mälarbanan på parksidan finns extra ca 0,3 m fyllning och bäcken har brantare slänter mot Mälarbanan än tidigare modellen. En extra fyllning ger en last på aktiva sidan av glidyten vilket bidrar till lägre säkerhetsfaktor i stabilitetberäkningarna. Detta leder till lägre stabilitet mot järnvägen. Erosion har skett förmodligen i slänterna under en översvämning och kommer att fortsätta eftersom slänterna är branta och oskyddade mot erosion.

Stabilitetberäkningar

Stabilitetberäkningar i befintliga läget visar att säkerhetsfaktorn är under godkänd stabilitet bredvid järnvägsområdet, där säkerhetsklass 2 tillämpas. Säkerhetsfaktorn för glidytor i järnvägsområdet (SK3) är för de flesta beräkningssektioner godkända eller nära värdet till godkänt. Sektion D-D avviker med betydligt lägre säkerhetsfaktor för järnvägen.

Nya förslaget på utformning av Tenstadalen Dagvattenpark med svällvolym höjer säkerhetsfaktorn övervägande till godkänd säkerhet motsvarande säkerhetsklass 2 och 3. För att uppnå godkänd stabilitet måste ca 0,3-0,8 m fyllning avschaktas från banken bredvid järnvägen och befintliga ån måste delvis fyllas igen med fyllnadjord. Avschaktningen ökar gradvis från norra delen till söder.

Problem kvarstår i södra delen vid inloppet till kulverten i sektion F-F där stabiliteten är känslig för nivåändringar i åfåran/kulvertens inlopp. Vidare stabilitetberäkningar måste utföras i fortsatta planeringsskedet när nivåerna är fastslagna.

Innehållsförteckning

1.	Objekt.....	3
1.1	Uppdrag	3
1.2	Syfte	3
2.	Underlag	4
3.	Områdesbeskrivning.....	4
3.1	Topografi och ytbeskaffenhet.....	4
3.2	Befintliga konstruktioner.....	6
3.3	Geotekniska förhållanden.....	6
3.4	Hydrogeologiska förhållanden.....	7
4.	Förutsättningar	8
4.1	Säkerhetsklass.....	8
4.2	Geoteknisk kategori	9
4.3	Dimensioneringssätt	9
4.4	Stabilitetskrav	9
5.	Stabilitetsberäkningar	9
5.1	Beräkningssektioner	9
5.2	Beräkningsmetod	11
5.3	Beräkningsprogram	11
5.4	Materialparametrar	11
5.4.1	Valda värden	11
5.5	Laster.....	17
5.6	Grundvatten	17
5.7	Antaganden vid stabilitetsberäkningar.....	17
5.8	Resultat.....	17
6.	Geotekniska aspekter i projektet.....	19

Bilagor Bilaga

1. PM Stabilitetberäkningar, Sektion A-A
2. PM Stabilitetberäkningar, Sektion B-B
3. PM Stabilitetberäkningar, Sektion C-C
4. PM Stabilitetberäkningar, Sektion D-D
5. PM Stabilitetberäkningar, Sektion E-E
6. PM Stabilitetberäkningar, Sektion F-F

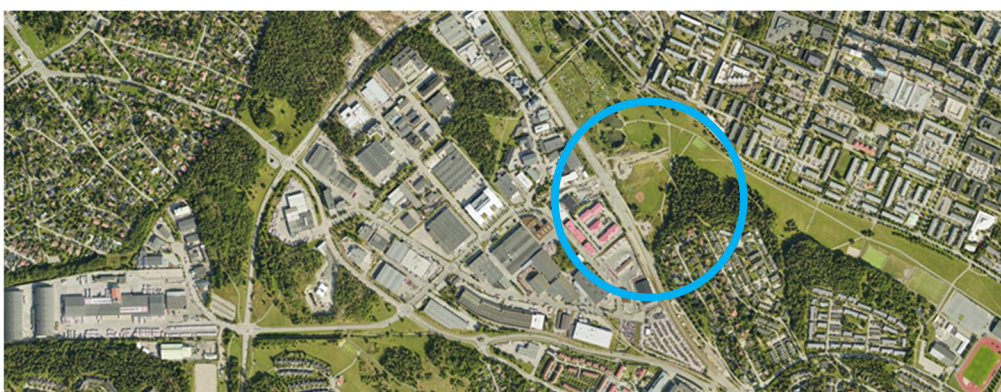
Tenstadalen vattendagpark

PM Geoteknik

1. Objekt

1.1 Uppdrag

Ramboll Sweden AB har på uppdrag av Stockholm vatten och avfall AB utfört en geoteknisk undersökning i Tenstadalen i Spånga. SVOA avser att bygga VA-ledningar, pumpstation och dagvattendamm i Tenstadalen samt öka svällvolymen i Bällstaån. Se Figur 1.



Figur 1 Ortofoto över aktuellt område (hitta.se).

1.2 Syfte

Syftet med denna PM Geoteknik är att redovisa utförda stabilitetsberäkningar längs Mälarbanan där dagens situation jämförs mot planerat utförande på Tenstadalen Dagvattenpark.

Detta dokument ska verka som underlag för följande åtgärder gällande planeringen av Tenstadalen Dagvattenpark, särskilt planeringen av bäcken och svällvolymen öster om järnvägen.

2. Underlag

Som underlag för geotekniska bedömningen har geotekniska undersökningar utförda av Ramboll Sweden AB. Undersökningar har utförts mellan 31 juli 2019 och 11 februari 2020 i första skedet. Andra skedet utfördes i augusti 2021. Grundvattenrör avläsningar finns från 2013 till september 2022. Observation av grundvattennivå utförs kontinuerligt. Inmätning av terrängen är utförd av Rambolls underkonsult AB Kartverkstan.

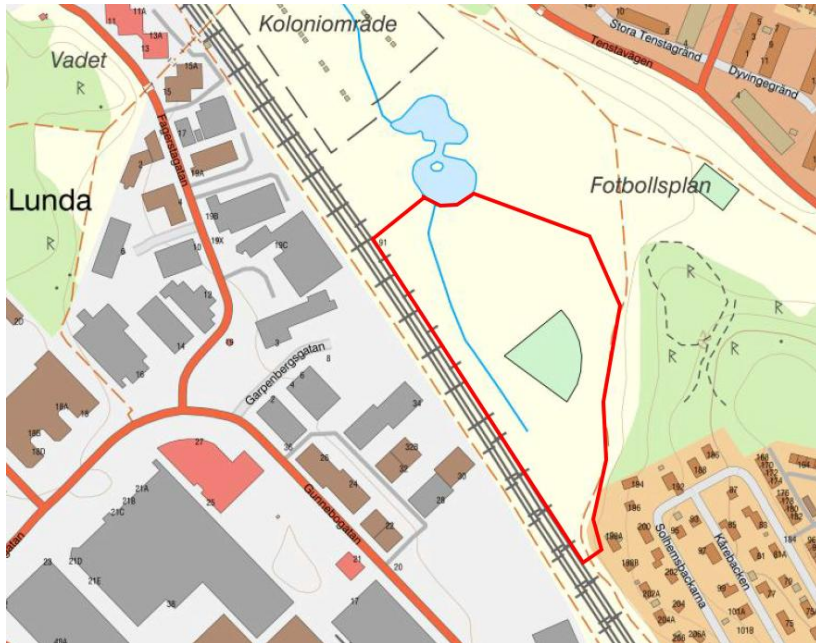
Följande handlingar har använts som underlag:

- Markteknisk undersökningsrapport, geoteknik (MUR, geoteknik), XXXXXXXXX, Ramboll Sweden AB, med tillhörande ritningar och bilagor. Rapporten har inte färdigställts med avseende på nya terrängmodellen.
- Förstudieskiss från WSP, daterad 2018-02-27
- Trafikverket, Förvaltningsdata, Geoteknik, Plan – K/C-pelare, Ritningsnummer 9941-12-171-005, Ritningsnummer förvaltning: G172A973.
- Trafikverket, Förvaltningsdata, Geoteknik, Föreskrifter – K/C – Pelare, Ritningsnummer projekt: 9941-12-361-001, ritningsnummer förvaltning: G172A998.

3. Områdesbeskrivning

3.1 Topografi och ytbeskaffenhet

De topografiska förhållandena varierar inom området. I området sydost om den planerade dagvattenparken påträffas högre partier med inmätt nivå på cirka +9 till +25 m.ö.h. Se karta i Figur 2. I södra delen av planerat område är nivån på ca +8 m.ö.h. Marken sluttar ner från järnvägen ca +8,0 mot Bällstaån släntkrönen ca +7,0 m.ö.h. Bällstaån åfåran är på nivå mellan +4,5 och +5,6 m.ö.h. Resten av återstående planerade området är på ca +7,0 m.ö.h, d.v.s. öster om bäcken och norrut.



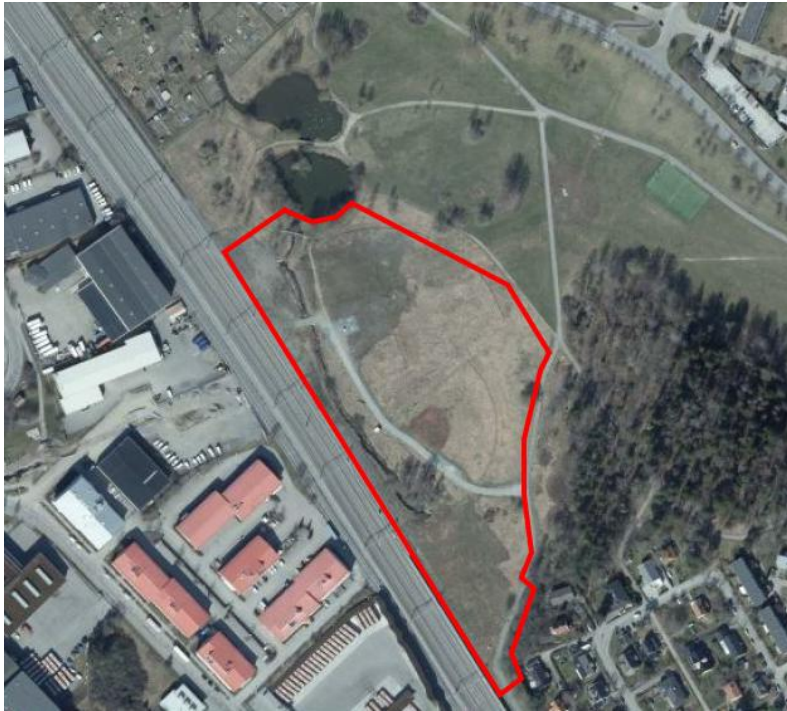
Figur 2 Karta hämtat 2022-10-19 från Lantmäteriets hemsida. Undersökt område är markerat med röd linje. © Lantmäteriet.

Slänten från Bällstaån mot järnvägen är brant. Se Figur 3.



Figur 3 Slänten i Bällstaån bredvid järnvägen. (Foto: Olof Engdahl, 2021-04-01)

Markytan utgörs i huvudsak av gräsbeväxta ytor och av före detta Nälsta Baseballplan. Öster om bäcken finns en driftväg som anlagts hösten 2019. Se Figur 4.



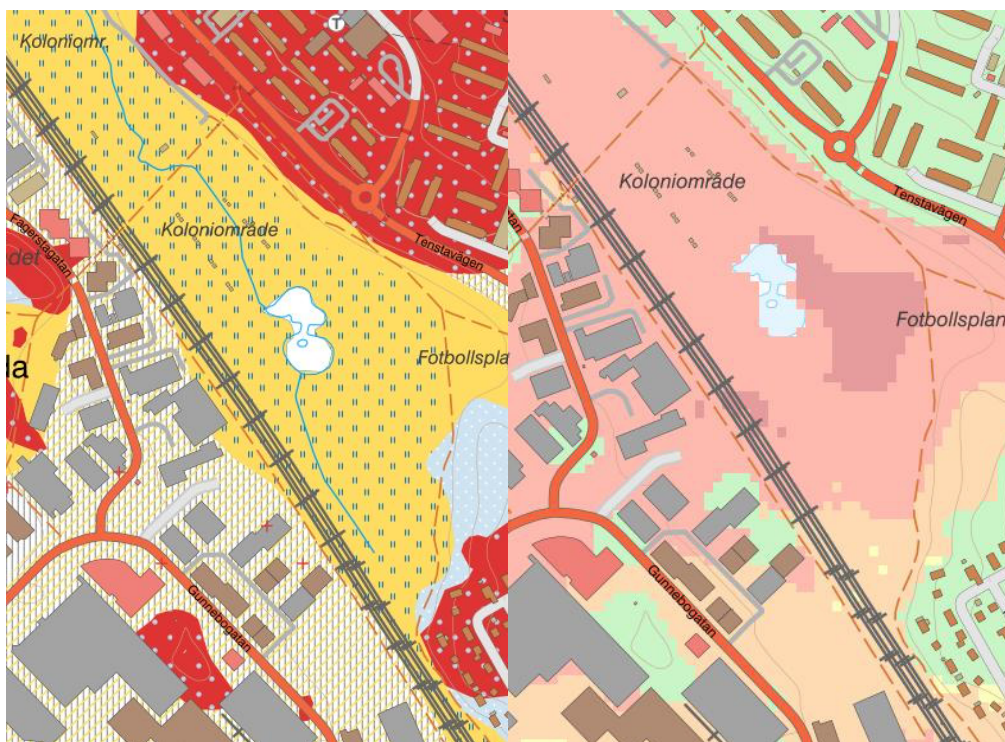
Figur 4 Flygfoto hämtat 2022-10-19 från Lantmäteriets hemsida. Undersökt område är markerad med röd linje. © Lantmäteriet.

3.2 Befintliga konstruktioner

Området begränsas i väst av Mälarbanan med ett staket ca 8 m från yttersta järnvägsspåret. I nordväst påträffas PEABs etableringsplats och Hjulsta vattenpark. I området finns även kablar och ledningar.

3.3 Geotekniska förhållanden

Enligt SGU:s jordartskarta består jorden av gyttjelera (eller lergyttja). Jorddjupet är mestadels 10-20 m i området. I södra delen är jorddjup 5-10 m och i östra del finns ett område där jorddjup 20-30 m. Se Figur 5 och 6. Järnvägen Mälarbanan är förstärkt med kalkcementpelare.



Figur 5 SGU:s jordartskarta 1:25000 hämtad 2022-09-01 från SGU:s hemsida. Området består av gyttjelera eller lergyttja (gul bakgrund med blå streck). © Sveriges geologiska undersökning.

Figur 6 SGU:s jorddjupkarta hämtad 2022-09-01 från SGU:s hemsida. Mörka terrakotta färgen är jorddjup 20 - 30 meter och ljusare terrakotta färgen är 10 - 20 meter. Orange färgen är 5 - 10 meter jorddjup. © Sveriges geologiska undersökning.

3.4 Hydrogeologiska förhållanden

Installation av 8 grundvattenrör har utförts för kontroll av grundvattnets trycknivå samt för att användas för utvärdering av provpumpningen. Under 2021 har ytterligare 4 grundvattenrör installerats.

Information om nivå för rörens topp och filter redovisas i tabell 1.

Grundvattenobservationer i anslutning till installationstillfällena redovisas i tabell 2.

Mera detaljerade uppgifter av grundvattenrören finns i MUR, i bilaga 7 GV-redovisning.

Tabell 1 Sammanställning av information för installerade grundvattenrör.

Grundvattenrör	Rörtopp [nivå]	Rörlängd inkl. filter [m]	Spetsnivå	Marknivå
19R03GV	+9,0	12	-3,0	+6,7
19R04GV	+9,9	6	+3,9	+8,8
19R05GV	+9,8	7,7	+2,1	+8,8
19R06GV	+7,7	10	-2,3	+7,2
19R12GV	+8,1	14	-5,9	+7,1
19R26GV	+6,4	9	-2,6	+6,4
19R27GV	+7,5	7	+0,5	+7,5
19R28GV	+8,9	10	-1,1	+7,8
21R25G	+8,4	16,5	-9,1	+6,7
21R29G	+8,0	17,5	-9,5	+6,5
21R34G	+8,1	13,5	-5,4	+6,7
21RS10G	+9,2	9,5	-0,3	+7,9

Tabell 2 Registrerade grundvattenobservationer för nivåmätningar i anslutning till installationstillfällena. Nivåerna anges i höjdsystem RH2000.

Grundvattenrör	Datum	Nivå GVV
19R03GV	2019-09-16	+5,9
19R04GV	2019-09-07	+4,9
19R05GV	2019-07-31	+5,6
19R06GV	2019-08-09	+6,7
19R12GV	2019-09-07	+6,3
19R26GV	2020-01-28	+4,11
19R27GV	2020-01-28	+6,54
19R28GV	2020-01-28	+5,56
21R29G	2021-09-01	+6,65
21RS01G	2021-09-01	+5,85

4. Förutsättningar

4.1 Säkerhetsklass

I objektet tillämpas två olika säkerhetsklasser beroende på vilket område som avses. Säkerhetsklass 3 tillämpas för järnvägen och säkerhetsklass 2 tillämpas för område utanför järnvägen. Se Figur 7 för definierad gräns mellan säkerhetsklasserna. Gränsen befinner sig ca 0,4 m från kanten av kabelrännan. Glidytor vänster om röda linjen tillhör järnvägen säkerhetsklass 3. Beskriven gräns mellan säkerhetsklass 2 och 3 är ej vedertagen, men det påverkar inte slutlig bedömning av planerad anläggning.



Figur 7 Gränsen mellan säkerhetsklass 3 och 2. (Foto: Olof Engdahl, 2021-04-01)

4.2 Geoteknisk kategori

Geoteknisk kategori GK2 tillämpas.

4.3 Dimensioneringssätt

Stabilitetsberäkningarna utförs enligt karakteristiska värden i totalsäkerhetsanalys.

4.4 Stabilitetskrav

För karakteristiskanalys i SK2 gäller följande stabilitetskrav för kombinerad respektive odränerad analys:

- $F_{komb} \geq 1,3$
- $F_C \geq 1,5$

För karakteristiskanalys i SK3 gäller följande stabilitetskrav för kombinerad respektive odränerad analys:

- $F_{komb} \geq 1,4$
- $F_C \geq 1,65$

5. Stabilitetsberäkningar

5.1 Beräkningssektioner

Beräkningarna är utförda i sektionerna nedan med befintlig och planerad terrängmodell.



Figur 8 Läget på beräkningssektionerna A-A, B-B, C-C, D-D, E-E och F-F. Planerad terrängmodell redovisad.

5.2 Beräkningsmetod

Stabilitetsberäkningar är utförda med karakteristiska värden på materialparametrar och laster. Som beräkningsmodell har Morgenstern-Price använts för cirkulär cylindriska glidytor.

5.3 Beräkningsprogram

Vid stabilitetsberäkningarna har GeoStudio 2020, Slope/W (version 10.2.1.19666) använts.

5.4 Materialparametrar

5.4.1 Valda värden

Valda materialparametrar för respektive jordlager i sektionen är utvärderade med utförda sonderingar och laboratorieundersökningar.

Undersökningar i området av intresse är järnvägen och öster om järnvägen mot svällvolymområdet. Avståndet ca 60 m från järnvägen österut. Området är ca 220 m långt och 85 m bred. Se Figur 9.

Skjuvhållfasthet

Skjuvhållfasthet är utvärderat från fallkonförsök på ostörda kolvprover i laboratorium och vingförsök i fält. I Figur 9 redovisas tillämpade undersökningar i plan. Dessa undersökningar i området är redovisade i Figur 10 med vald skjuvhållfasthetsprofil. Eftersom området är stort och jorddjupförhållanden skiftar, är området ytterligare uppdelat i tre; norra, mellersta och södra delarna. De uppdelade områden är redovisade separat i Figur 10, 11 och 12. Figurerna visar hur kolvar och vingar blir mera ytliga söderut då lerans mäktighet är avtagande och bergytan finns ytligare. Södra delen har delvis högre skjuvhållfasthet i jämförelse med den norra och mellersta delen. Dock visar inte alla södra kolvar/vingar en enig linje i växande skjuvhållfasthet och därför har en gemensam skjuvhållfasthetsprofil för hela området tillämpats.

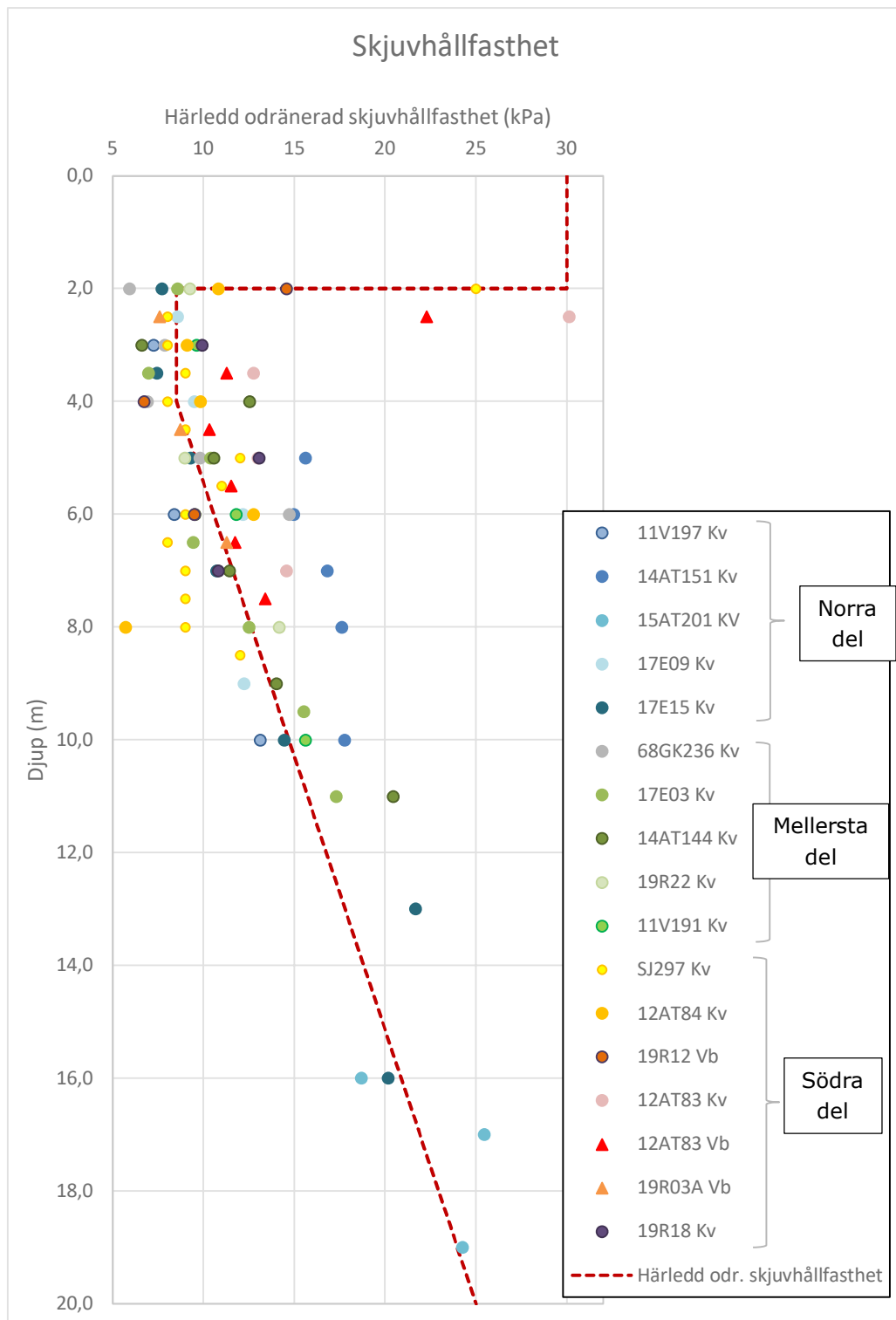
Skjuvhållfasthet profilen för området:

Torrskorpa är 30 kPa till jorddjup ca 2 m. På jorddjup 2 - 4 m är uppskattad skjuvhållfasthet 8,5 kPa. Från och med djup ca 4 m ökar skjuvhållfastheten 1 kPa/m.

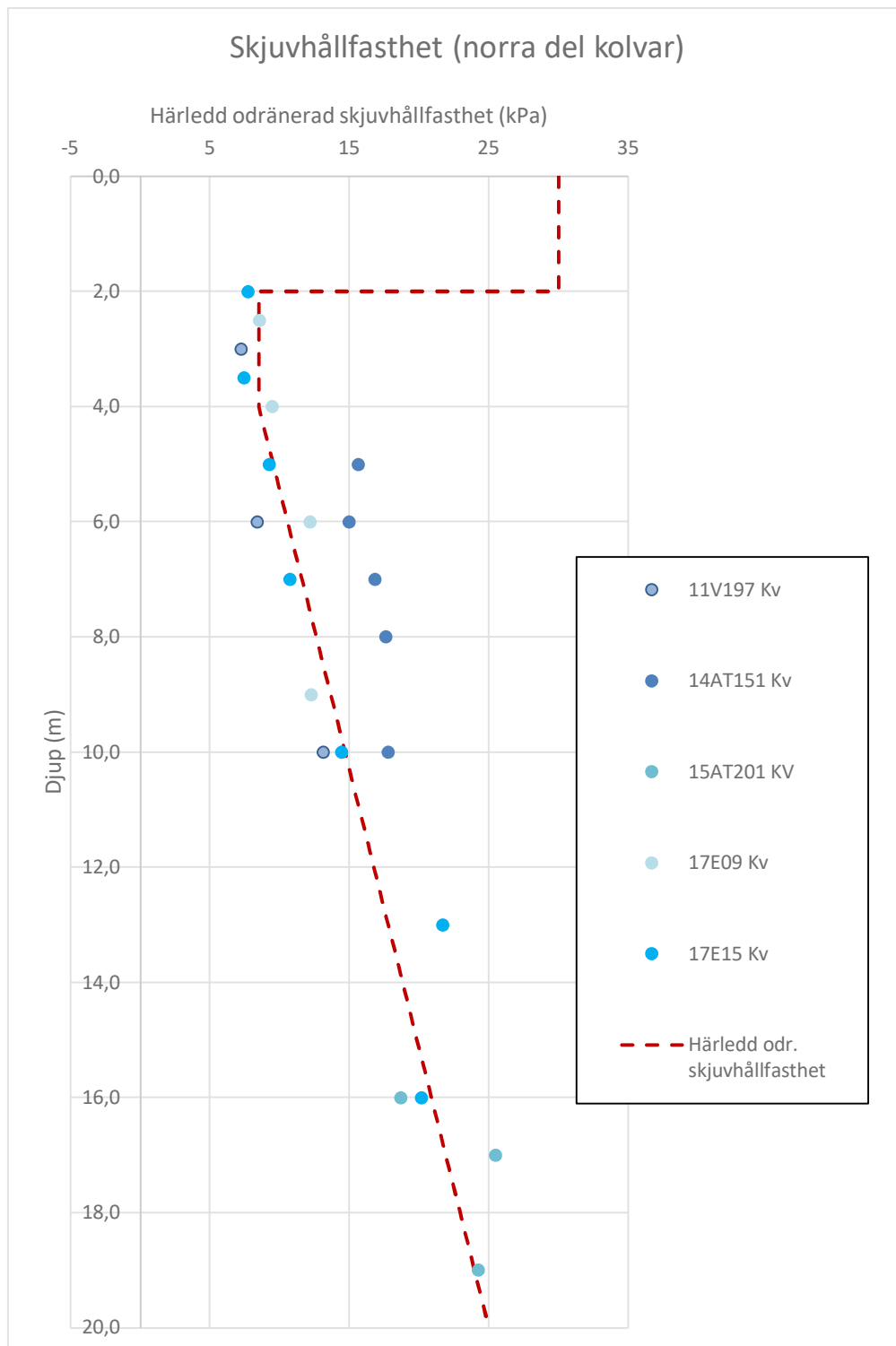
För området med KC-pelare har använts en medelskjuvhållfasthet på 35 kPa. Detta då KC-pelare projekterats med en skjuvhållfasthet 100 kPa.



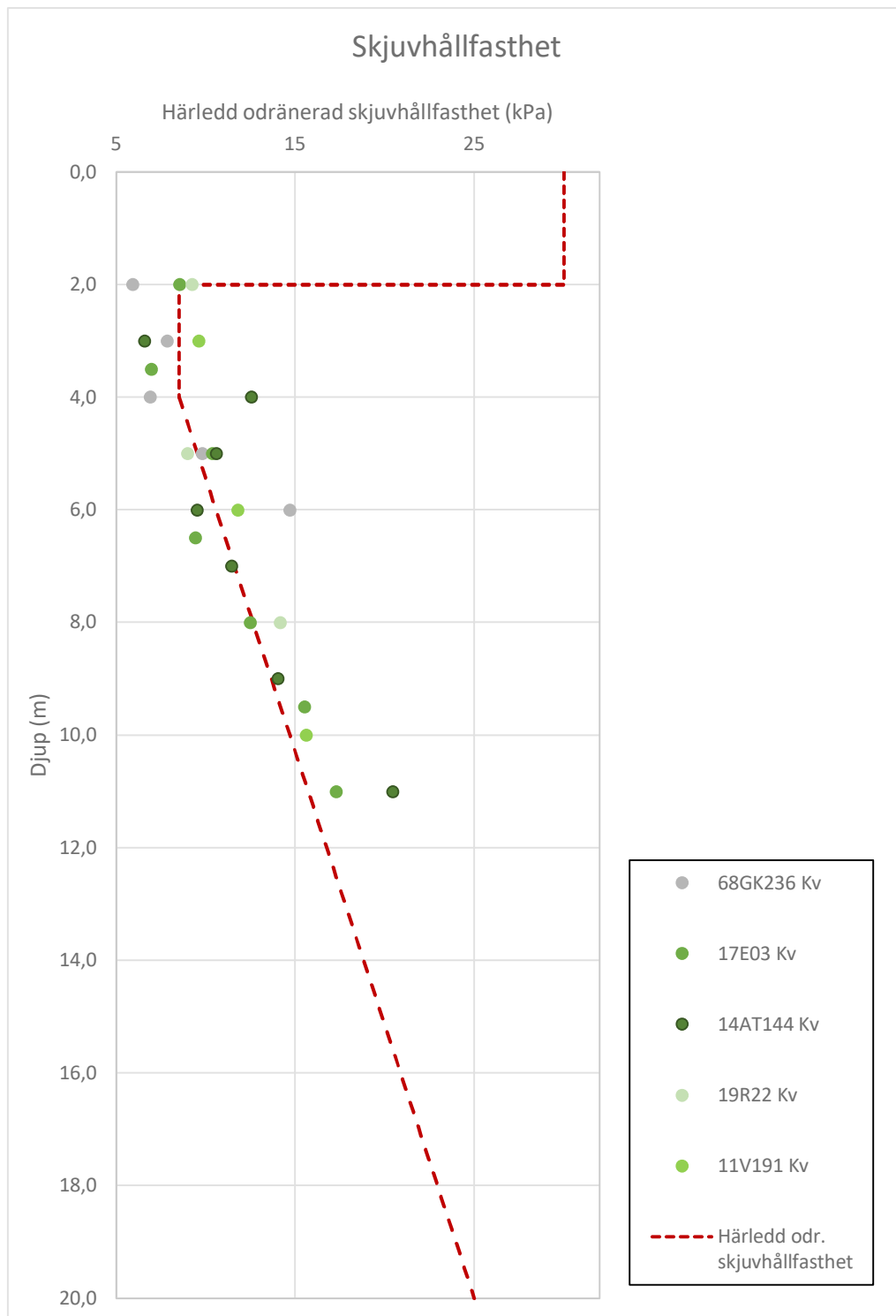
Figur 9 Intresseområdet och undersökningarna kolv/vinge tillämpade för utvärdering av skjuvhållfasthet. Röda linjen omringar intresseområdet för sonderingar. De framhävda undersökningarna inom röda begränsade området har använts för utvärdering av skjuvhållfasthet. Sonderingarna har uppdelats i tre områden för att redovisa den gemensamt valda skjuvhållfasthet profilen närmare med mindre områden. (foto: Google Maps)



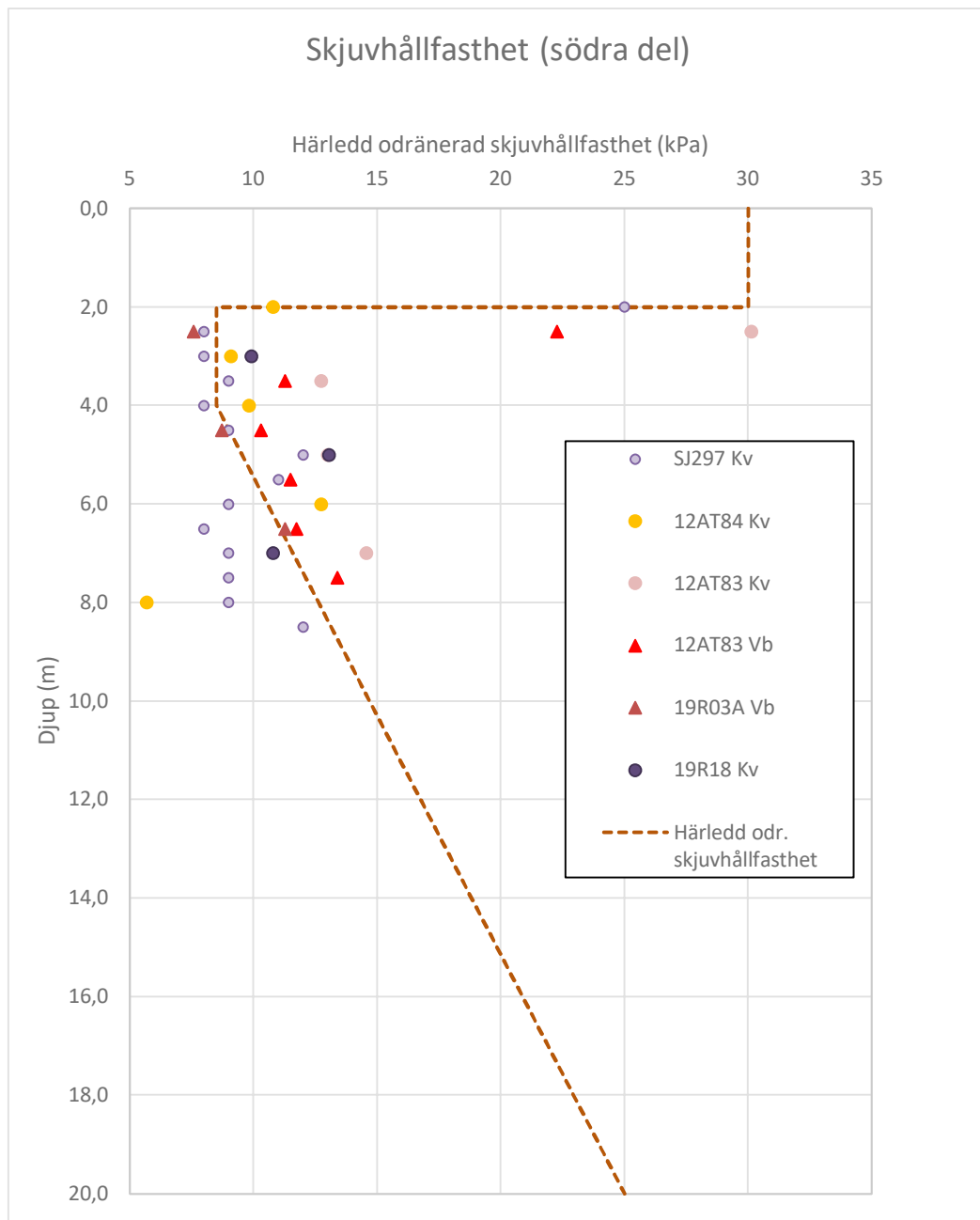
Figur 10 Skjuvhållfasthet redovisad med alla kolvar och vingar i området (järnvägen och ca 60 m öster om järnvägen). Sonderingarna uppdelade enligt område; norra, mellersta och södra del.



Figur 11 Uppskattad skjuvhållfasthet med undersökningar från norra delen redovisade.



Figur 12 Uppskattad skjuvhållfasthet med undersökningar från mellersta delen redovisade.



Figur 12 Härledd odränerad skjuvhållfasthet med undersökningar från södra delen redovisade.

Friktionsvinkel

Friktionsvinkeln på ballast och friktionsjord är tabellvärden.

Tabell 3 Parametrar för friktionsjord.

	Tunghet [kN/m ³]	Friktionsvinkel [°]
Makadamballast	19	42
Underballast	18	45
Friktionsjord (Fr)	18	33
Fyllning	19	35
Fyllning (ny)	19	35

5.5 Laster

Järnväglast på spåret närmast parken är 44 kPa och spåret vänster om har 33 kPa last både i odränerad och kombinerad analys.

5.6 Grundvatten

Grundvattenytan har antagits i underkant torrskorpelera och i botten på Bällstaån i åfåran.

5.7 Antaganden vid stabilitetsberäkningar

Utöver de antaganden som listats ovan har följande antaganden gjorts vid stabilitetsberäkningarna:

- Valda materialparametrar motsvarar förhållandet i sonderade punkter vid undersökningstillfället.
- Inga undersökningar i Bällstaån har utförts. Torrskorpa jordlager antas slänta ner till åfåran av Bällstaån.
- Inga ändyteffekter har medräknats i beräkningarna.
- Befintligt inlopp är en fix punkt för projektet och ska inte förändras och utgör därför en fast punkt i terrängmodellen.

5.8 Resultat

Sektion A-A

Stabiliteten är godkänd i befintlig och planerad terräng. Säkerhetsfaktorn är betydligt högre än i de andra sektionerna, eftersom Bällstaån redan i nuläget har en större distans från järnvägen och det bidrar till högre stabilitet.

Sektion B-B och C-C

I befintligt läge är stabiliteten av bäck/bankslänten inte godkänd. Glidytor som sträcker sig till järnvägen är idag inte godkända i odränerad analys med säkerhetsfaktor Fos = 1,61. Planerade terrängmodellen har godkänd stabilitet.

Sektion D-D

Stabilitet är lägst av alla sektioner i befintligt läge. Stabiliteten i befintligt läge för bäck/bäckstälten är liknande sektion C-C men sektion D-D har därtill sämre stabilitet för järnvägen både i kombinerad och odränerad analys. Planerade terrängmodellen har godkänd stabilitet.

Sektion E-E

I befintligt läge är stabiliteten under godkända värden för bäck/bäckslänten. Planerade terrängmodellen har godkänd stabilitet.

Sektion F-F

I befintligt läge är stabilitet under godkända värdet för bäck/bankslänten i kombinerad analys. I Planerad terrängmodell är stabiliteten mycket nära godkänd stabilitet för odränerad analys. Sektionen befinner sig i ett problemområde för stabilitet. Stabiliteten är mycket påverkad av nivån på åfåran vid inloppet till kulverten. I detta skede har förutsatts att åfåran har bottennivån +4,20 och att kulvertens inlopp har nivå +4,04.

Tabell 4 Resultat av stabilitetberäkningarna

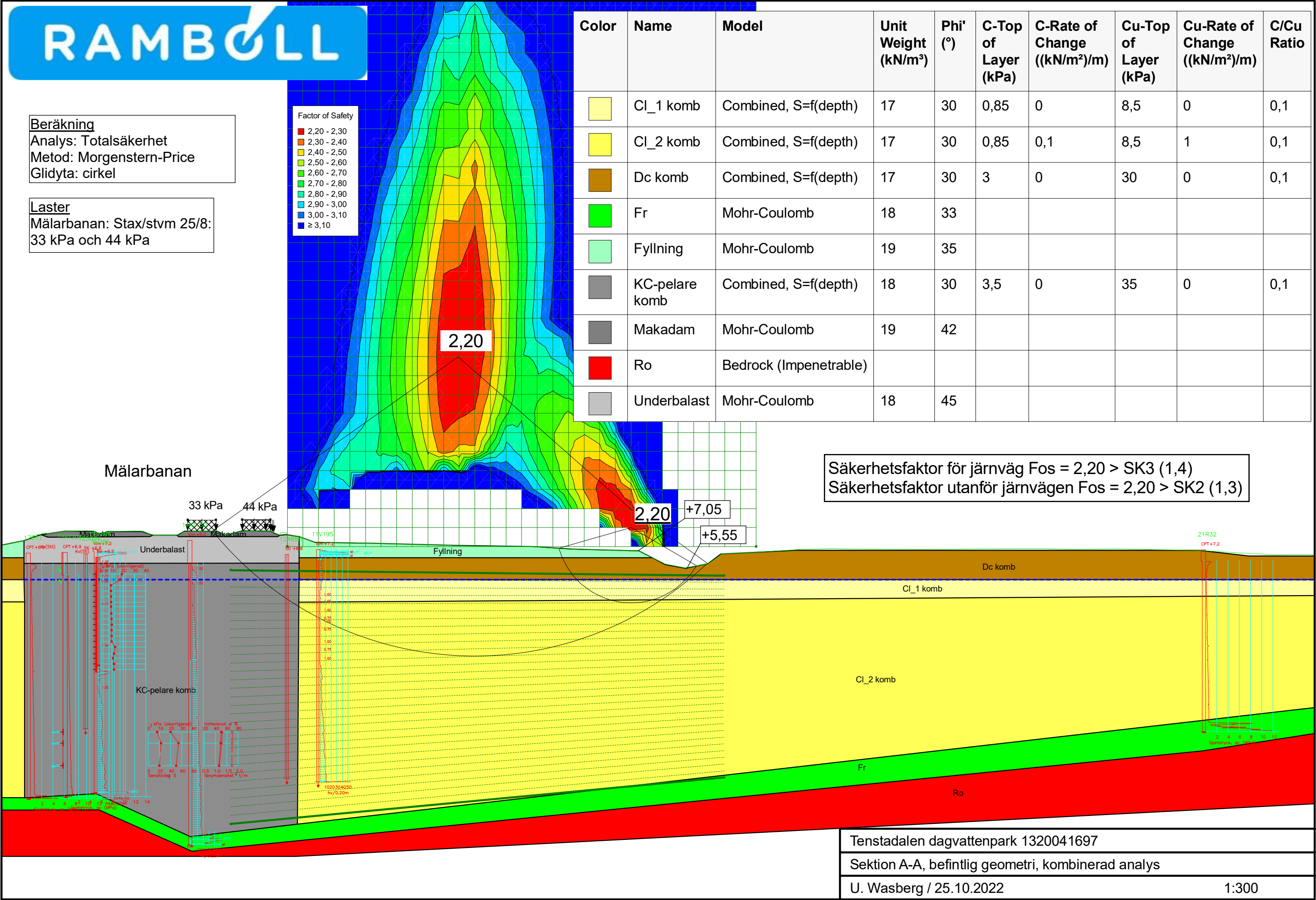
	Järnvägsbank (SK3)		Bäck/bankslänten (SK2)	
	Kombinerad 1,4	Odränerad 1,65	Kombinerad 1,3	Odränerad 1,5
Sektion A-A				
Befintlig	2,20	2,29	2,20	2,82
Planerad	1,90	1,97	1,86	2,28
Sektion B-B				
Befintlig	1,41	1,61	1,12	1,28
Planerad	1,73	1,73	1,83	1,91
Sektion C-C				
Befintlig	1,41	1,61	1,02	1,18
Planerad	1,65	1,65	1,71	1,79
Sektion D-D				
Befintlig	1,32	1,52	1,00	1,17
Planerad	1,82	1,86	1,78	1,80
Sektion E-E				
Befintlig	1,42	1,65	1,06	1,35
Planerad	1,70	1,73	1,71	1,81
Sektion F-F				
Befintlig	1,60	1,72	1,25	1,52
Planerad	1,49	1,63	1,41	1,48

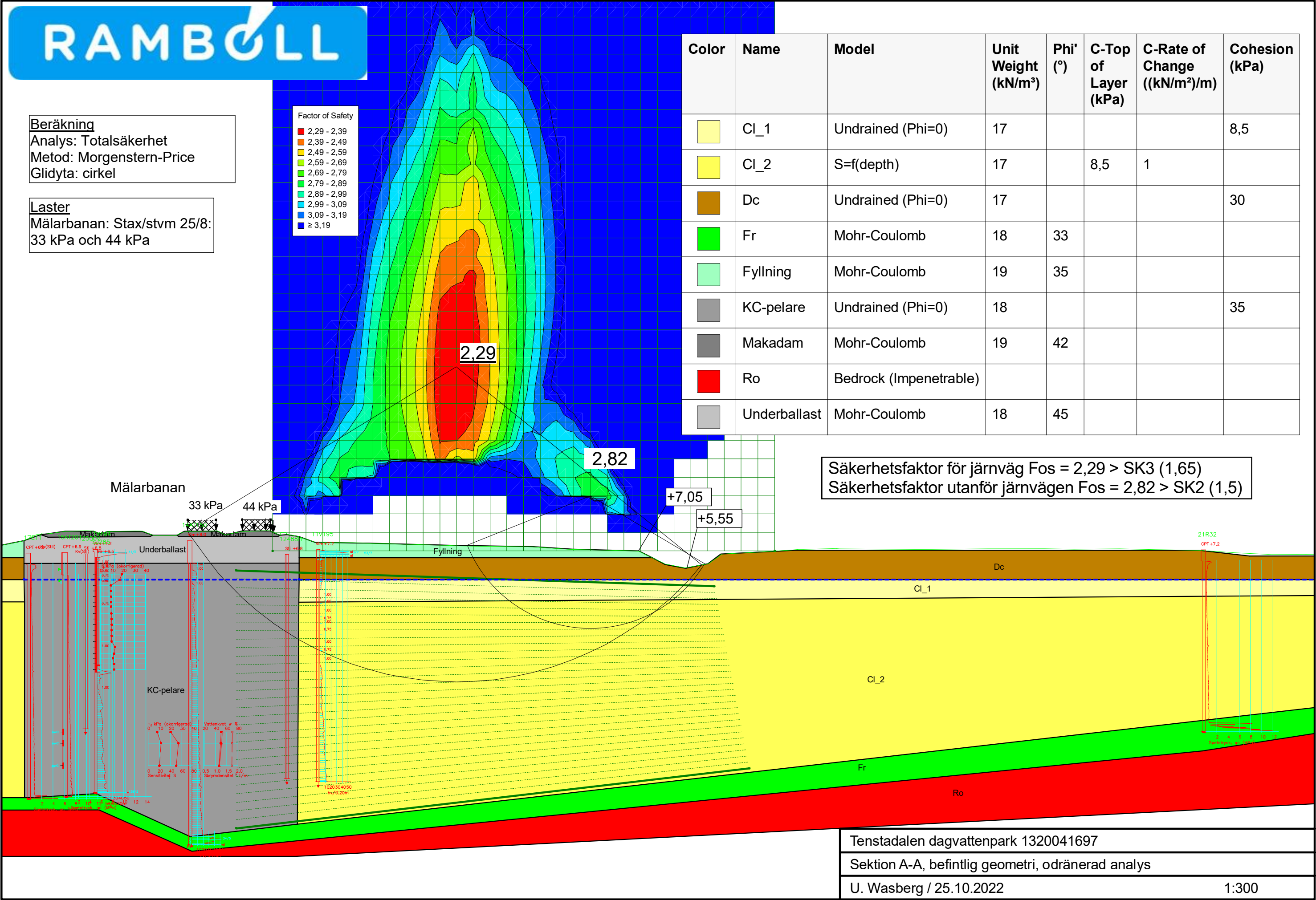
6. Geotekniska aspekter i projektet

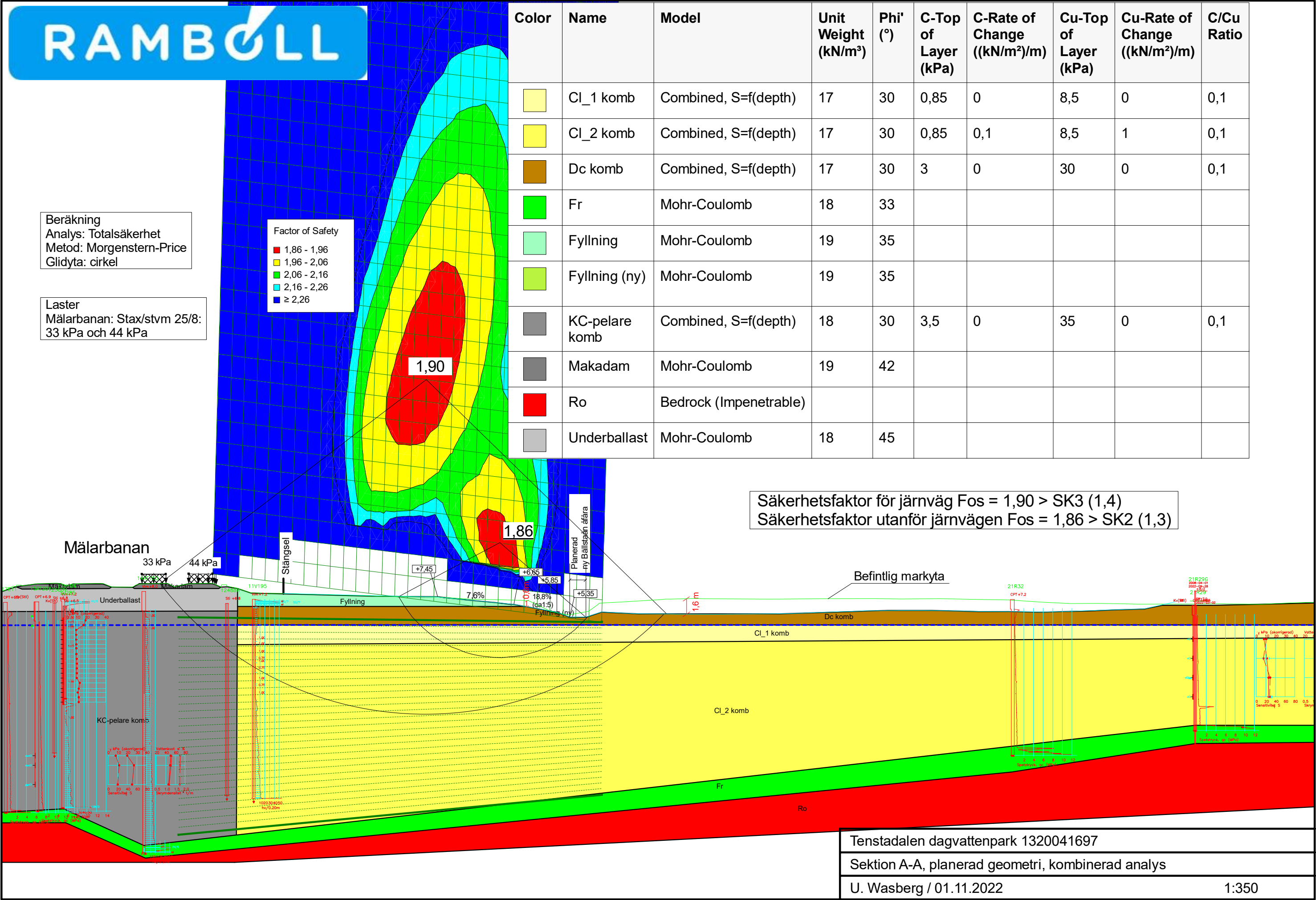
Den nya uppdaterade terrängmodellen skiljer sig från den som tidigare använts i projektet och visar sämre stabilitet mot befintligt läge på Bällstaån. Terrängen är på ca 0,3 m högre nivå vid sidan av järnvägen och slänterna i bäcken är brantare. En fyllning ger en last på aktiva sidan av glidytor vilket försämrar säkerhetsfaktorn i stabilitetberäkningarna. Erosion har skett i slänterna, förmodligen under översvämningar och kommer att fortsätta erodera eftersom slänterna inte har erosionsskydd, är branta och därmed instabila.

För att uppnå godkänd stabilitet längs järnvägen mot parken i samband med avschaktning av svällvolymjordmassor, måste avlastning av fyllnadsmassor utföras utanför stängslet av järnvägen. Den befintliga ån måste delvis fyllas igen med fyllning för att nå stabilitetskraven.

Den nya utformningen av svällvolym för Bällstaån har godkänd stabilitet i merparten av beräkningssektionerna. I södra delen vid inloppet till kulverten är stabiliteten så nära godkänd säkerhet mot skred odränerad analys att lösningen kan anses acceptabel. Stabiliteten är mycket känslig för nivån på åfåran. Ju djupare åfåra vid inloppet, desto lägre stabilitet. Eftersom stabiliteten är påverkad av åfåra nivån vid inloppet, måste stabiliteten där beräknas om och säkerställas godkänd stabilitet i nästa projekteringsskede. Den lösningen kan kräva schakter som påverkar befintligt staket, alternativt någon typ av förstärkningsåtgärd, vilket projekteras i nästa projekteringsskede i samråd med Trafikverket.

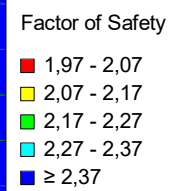
















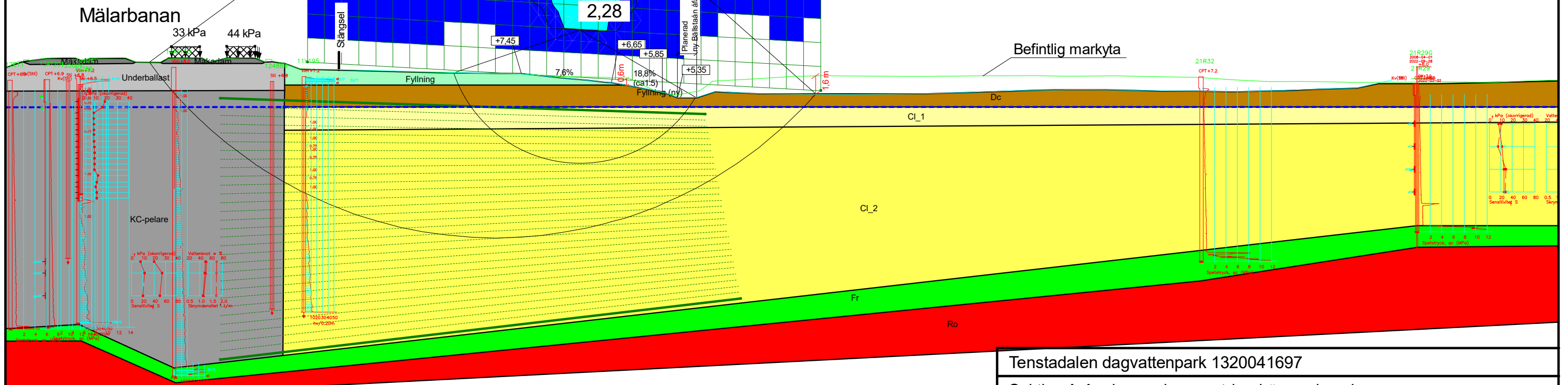


Laster
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa



Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cohesion (kPa)
	Cl_1	Undrained (Phi=0)	17				8,5
	Cl_2	S=f(depth)	17		8,5	1	
	Dc	Undrained (Phi=0)	17				30
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33			
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35			
	Fyllning (ny)	Mohr-Coulomb	19	35			
	KC-pelare	Undrained (Phi=0)	18				35
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	42			
	Ro	Bedrock (Impenetrable)					
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45			

Säkerhetsfaktor för järnväg Fos = 1,97 > SK3 (1,65)
Säkerhetsfaktor utanför järnvägen Fos = 2,28 > SK2 (1,5)



Tenstadalen dagvattenpark 1320041697

Sektion A-A, planerad geometri, odränerad analys

U. Wasberg / 01.11.2022

1:350

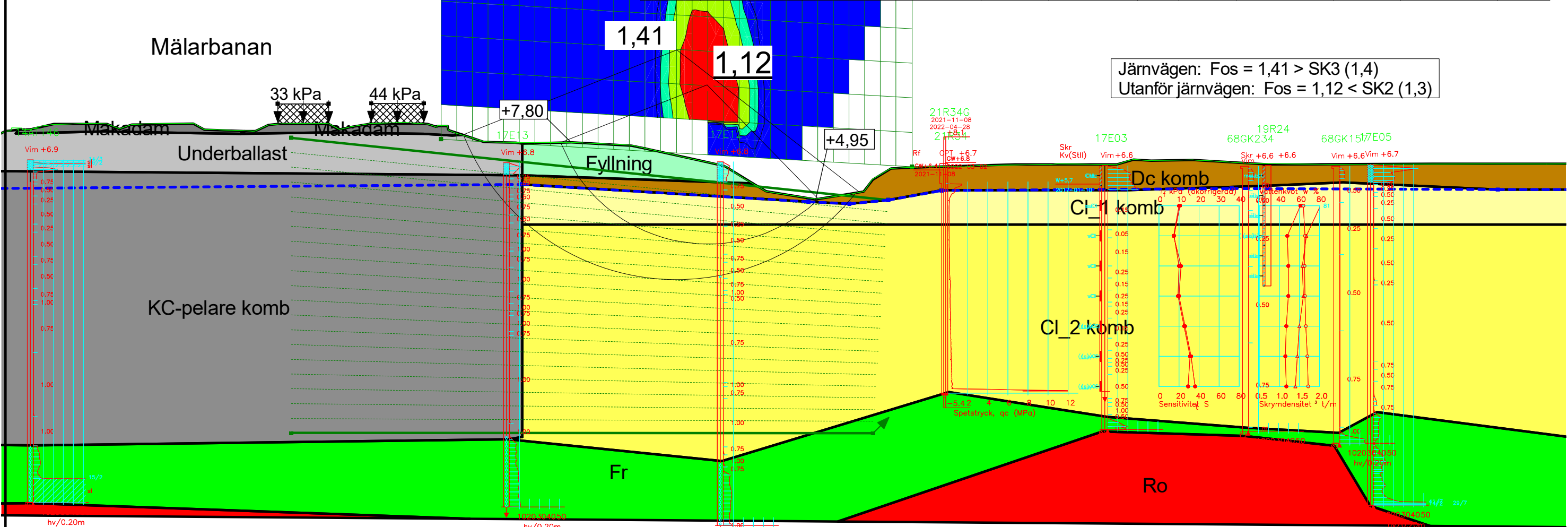


Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety
≤ 1,10 - 1,20
1,20 - 1,30
1,30 - 1,40
≥ 1,40

Color	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)	C/Cu Ratio
	CI_1 komb	Combined, S=f(depth)	17		30	0,85	0	8,5	0	0,1
	CI_2 komb	Combined, S=f(depth)	17		30	0,85	0,1	8,5	1	0,1
	Dc komb	Combined, S=f(depth)	17		30	3	0	30	0	0,1
	Fr	Mohr-Coulomb	18	0	33					
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	0	35					
	KC-pelare komb	Combined, S=f(depth)	18		30	3,5	0	35	0	0,1
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	0	42					
	Ro	Bedrock (Impenetrable)								
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	0	45					



Järnvägen: Fos = 1,41 > SK3 (1,4)
Utanför järnvägen: Fos = 1,12 < SK2 (1,3)












<p>Beräkning</p> <p>Analys: Totalsäkerhet</p> <p>Metod: Morgenstern-Price</p> <p>Glidyta: cirkel</p>

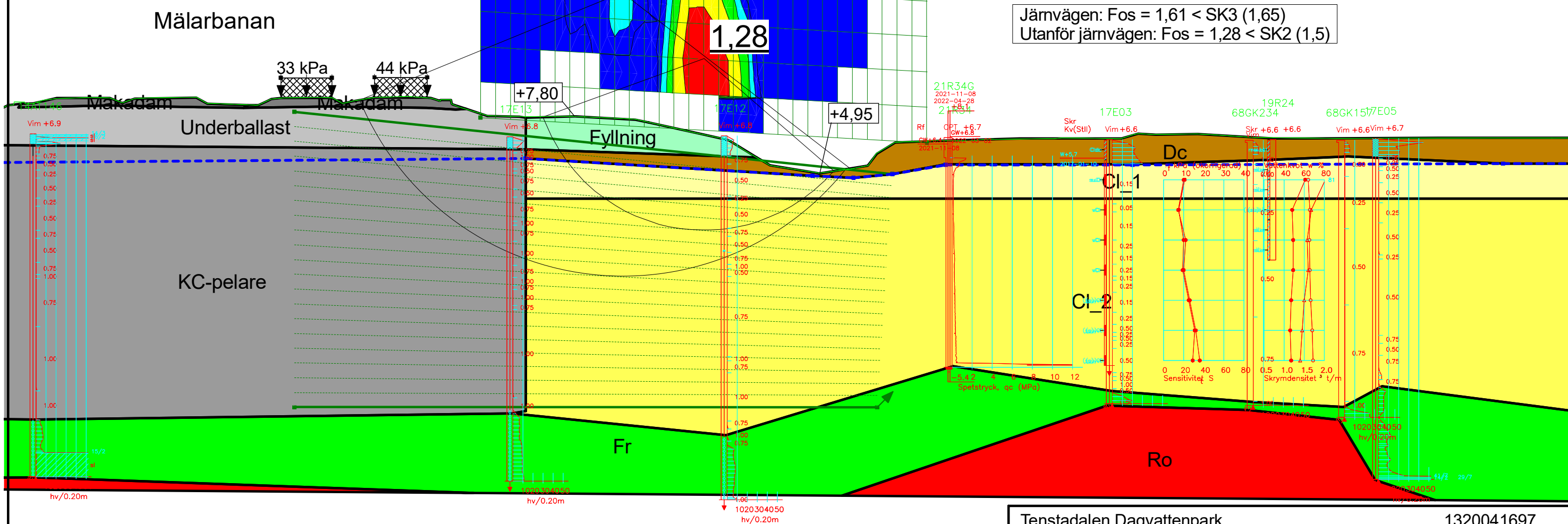
Laster
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety

■ $\leq 1,25 - 1,35$
■ $1,35 - 1,45$
■ $1,45 - 1,55$
■ $1,55 - 1,65$
■ $\geq 1,65$

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cohesion (kPa)
	Cl_1	Undrained (Phi=0)	17					8,5
	Cl_2	S=f(depth)	17			8,5	1	
	Dc	Undrained (Phi=0)	17					30
	Fr	Mohr-Coulomb	18	0	33			
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	0	35			
	KC-pelare	Undrained (Phi=0)	18					35
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	0	42			
	Ro	Bedrock (Impenetrable)						
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	0	45			

Järnvägen: Fos = 1,61 < SK3 (1,65)
 Utanför järnvägen: Fos = 1,28 < SK2 (1,5)



Tenstadalen Dagvattenpark

1320041697

Sektion B-B, befintlig geometri, odränerad analys

U.Wasberg / M. Danielsson / 26.10.2022

1:200

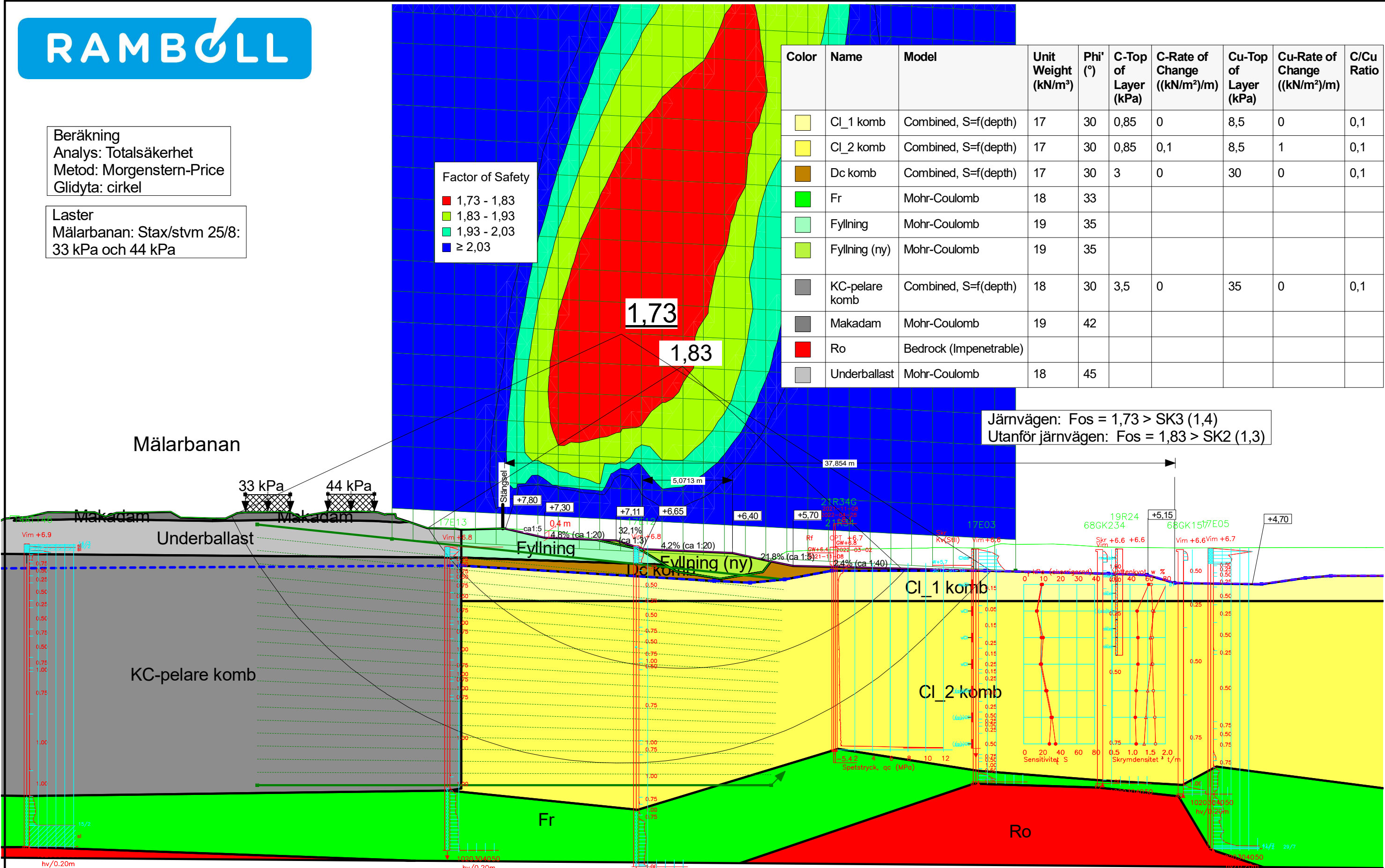


Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety
1,73 - 1,83
1,83 - 1,93
1,93 - 2,03
≥ 2,03

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	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)	C/Cu Ratio
	Cl_1 komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0	8,5	0	0,1
	Cl_2 komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0,1	8,5	1	0,1
	Dc komb	Combined, S=f(depth)	17	30	3	0	30	0	0,1
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33					
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35					
	Fyllning (ny)	Mohr-Coulomb	19	35					
	KC-pelare komb	Combined, S=f(depth)	18	30	3,5	0	35	0	0,1
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	42					
	Ro	Bedrock (Impenetrable)							
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45					

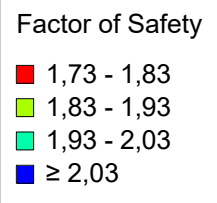


Järnvägen: Fos = 1,73 > SK3 (1,4)
Utanför järnvägen: Fos = 1,83 > SK2 (1,3)



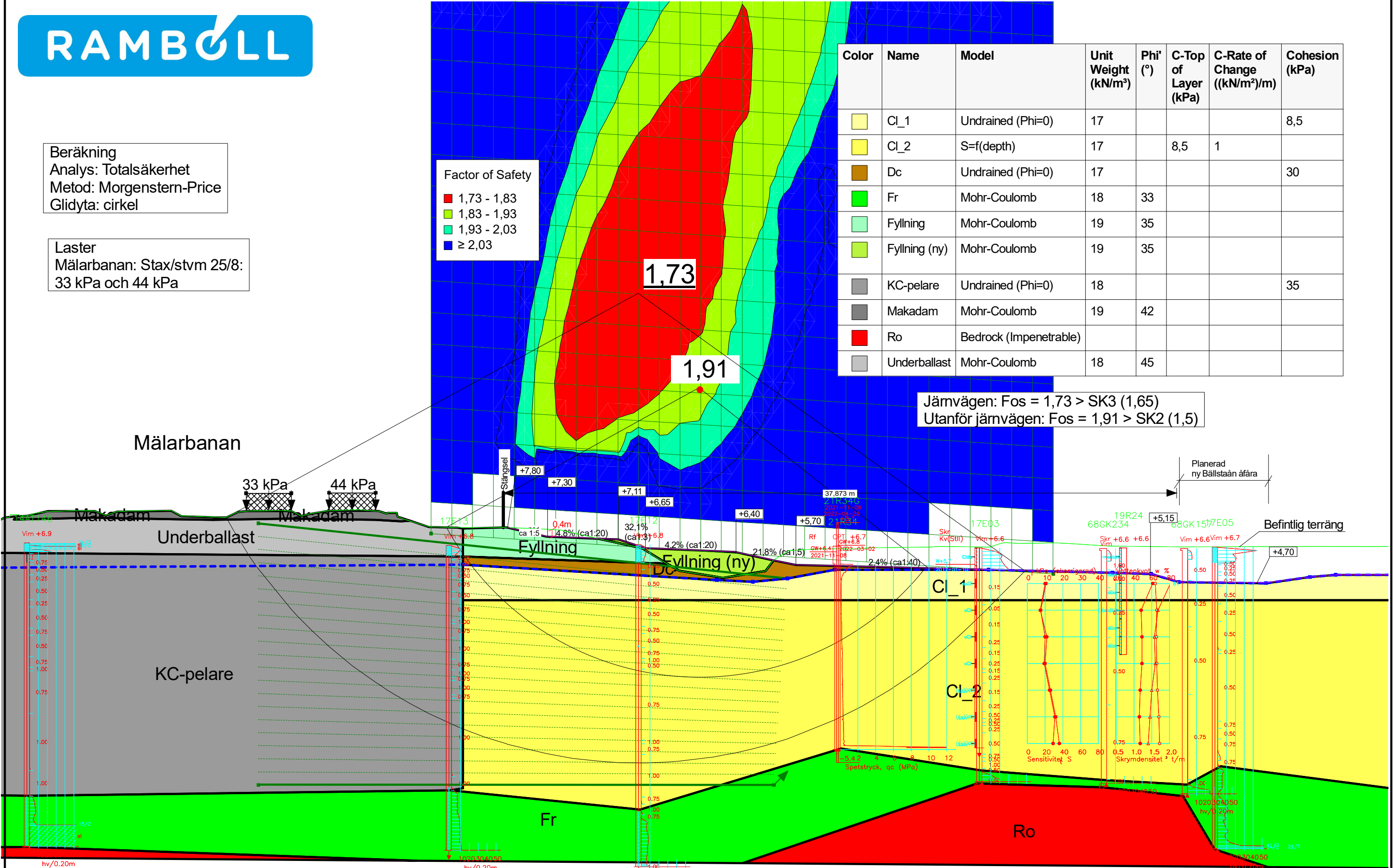
Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa



Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cohesion (kPa)
	Cl_1	Undrained (Phi=0)	17				8,5
	Cl_2	S=f(depth)	17		8,5	1	
	Dc	Undrained (Phi=0)	17				30
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33			
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35			
	Fyllning (ny)	Mohr-Coulomb	19	35			
	KC-pelare	Undrained (Phi=0)	18				35
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	42			
	Ro	Bedrock (Impenetrable)					
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45			

Järnvägen: Fos = 1,73 > SK3 (1,65)
Utanför järnvägen: Fos = 1,91 > SK2 (1,5)



Tenstadalen Dagvattenpark	1320041697
Sektion B-B, planerad geometri, odränerad analys	
U.Wasberg / M. Danielsson / 31.10.2022	1:200

RAMBOLL

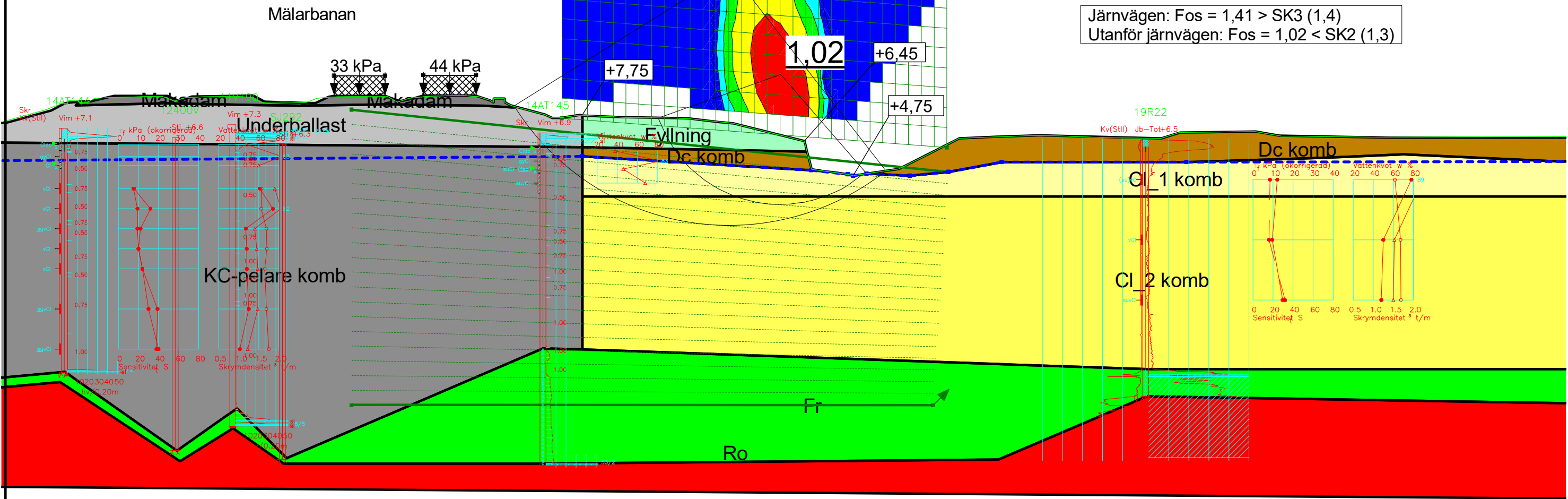
Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Lastar
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety

- ≤ 1,00 - 1,10
- 1,10 - 1,20
- 1,20 - 1,30
- 1,30 - 1,40
- ≥ 1,40

Color	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)	C/Cu Ratio
	Cl_1 komb	Combined, S=f(depth)	17		30	0,85	0	8,5	0	0,1
	Cl_2 komb	Combined, S=f(depth)	17		30	0,85	0,1	8,5	1	0,1
	Dc komb	Combined, S=f(depth)	17		30	3	0	30	0	0,1
	Fr	Mohr-Coulomb	18	0	33					
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	0	35					
	KC-pelare komb	Combined, S=f(depth)	18		30	3,5	0	35	0	0,1
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	0	42					
	Ro	Bedrock (Impenetrable)								
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	0	45					



Järnvägen: Fos = 1,41 > SK3 (1,4)
Utanför järnvägen: Fos = 1,02 < SK2 (1,3)

Tenstadalen Dagvattenpark 1320041697
Sektion C-C, befintlig geometri, kombinerad analys
U. Wasberg / M. Danielsson / 26.10.2022 1:200

RAMBOLL

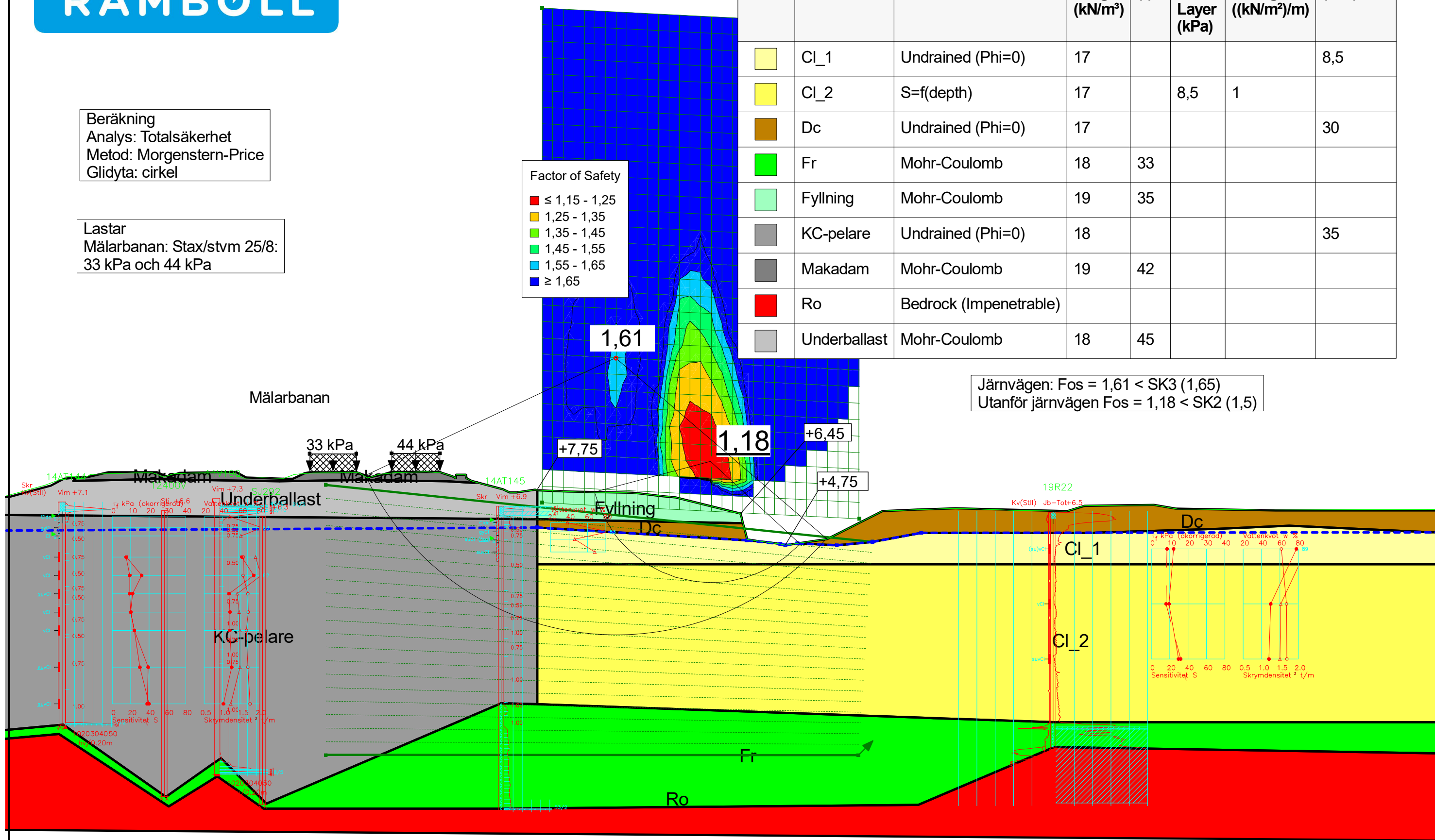
Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Lastar
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

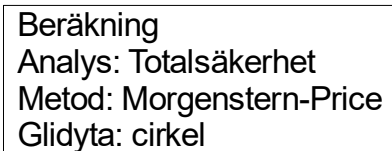
Factor of Safety
≤ 1,15 - 1,25
1,25 - 1,35
1,35 - 1,45
1,45 - 1,55
1,55 - 1,65
≥ 1,65

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cohesion (kPa)
	Cl_1	Undrained (Phi=0)	17				8,5
	Cl_2	S=f(depth)	17		8,5	1	
	Dc	Undrained (Phi=0)	17				30
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33			
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35			
	KC-pelare	Undrained (Phi=0)	18				35
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	42			
	Ro	Bedrock (Impenetrable)					
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45			

Järnvägen: Fos = 1,61 < SK3 (1,65)
Utanför järnvägen Fos = 1,18 < SK2 (1,5)



Tenstadalen Dagvattenpark	1320041697
Sektion C-C, befintlig geometri, odränerad analys	
U. Wasberg / M. Danielsson / 26.10.2022	1:200













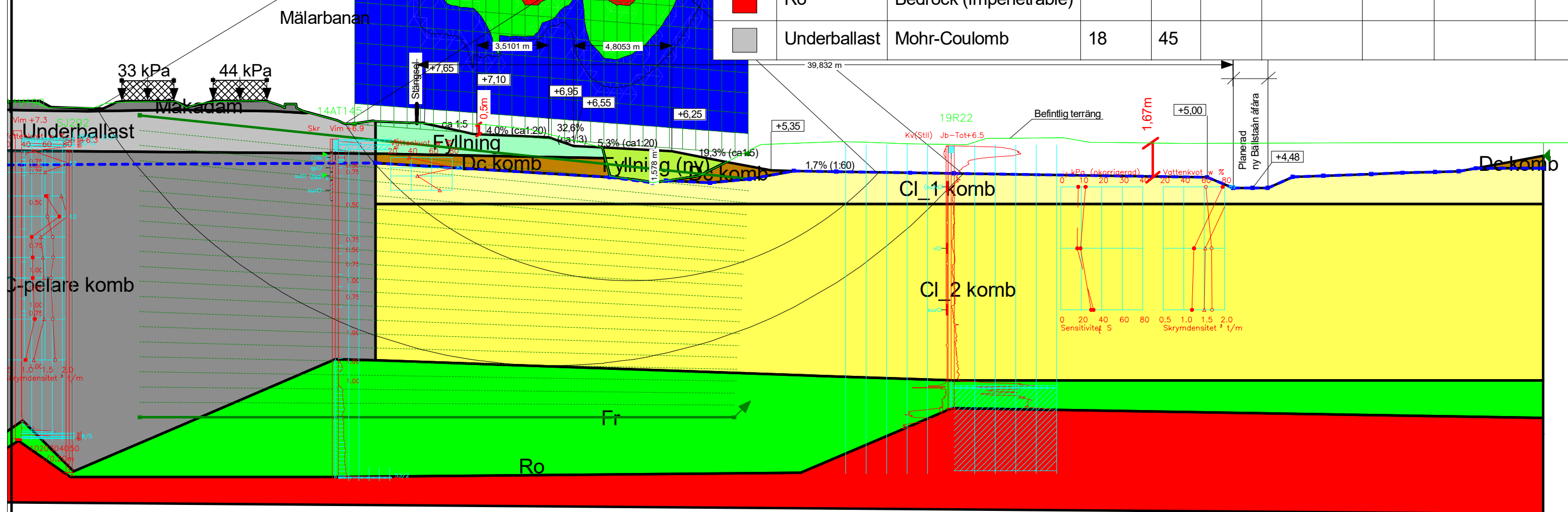
Laster
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Järnvägen: Fos = 1,84 > SK3 (1,4)
 Utanför järnvägen: Fos = 1,71 > SK2 (1,3)

Factor of Safety

- 1,65 - 1,75
- 1,75 - 1,85
- $\geq 1,85$

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	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)	C/Cu Ratio
	Cl_1 komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0	8,5	0	0,1
	Cl_2 komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0,1	8,5	1	0,1
	Dc komb	Combined, S=f(depth)	17	30	3	0	30	0	0,1
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33					
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35					
	Fyllning (ny)	Mohr-Coulomb	19	35					
	KC-pelare komb	Combined, S=f(depth)	18	30	3,5	0	35	0	0,1
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	42					
	Ro	Bedrock (Impenetrable)							
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45					



Tenstadalen Dagvattenpark

1320041697

Sektion C-C, planerad geometri, kombinerad analys

U. Wasberg / M. Danielsson / 27.10.2022

1:200

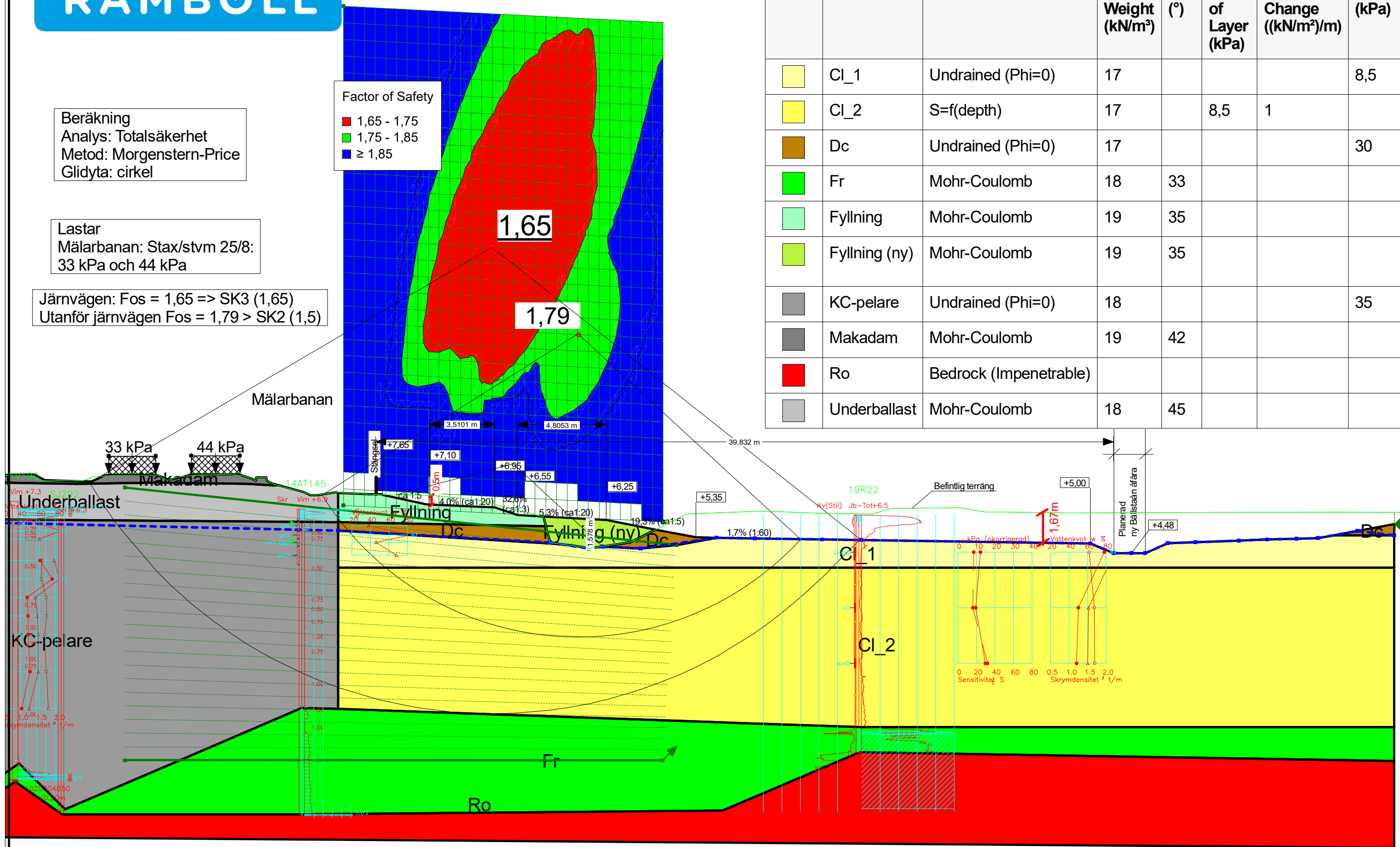
RAMBOLL

Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Lastar
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Järnvägen: Fos = 1,65 => SK3 (1,65)
Utanför järnvägen Fos = 1,79 > SK2 (1,5)

Factor of Safety
1,65 - 1,75
1,75 - 1,85
≥ 1,85



Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cohesion (kPa)
	Cl_1	Undrained (Phi=0)	17				8,5
	Cl_2	S=f(depth)	17		8,5	1	
	Dc	Undrained (Phi=0)	17				30
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33			
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35			
	Fyllning (ny)	Mohr-Coulomb	19	35			
	KC-pelare	Undrained (Phi=0)	18				35
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	42			
	Ro	Bedrock (Impenetrable)					
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45			

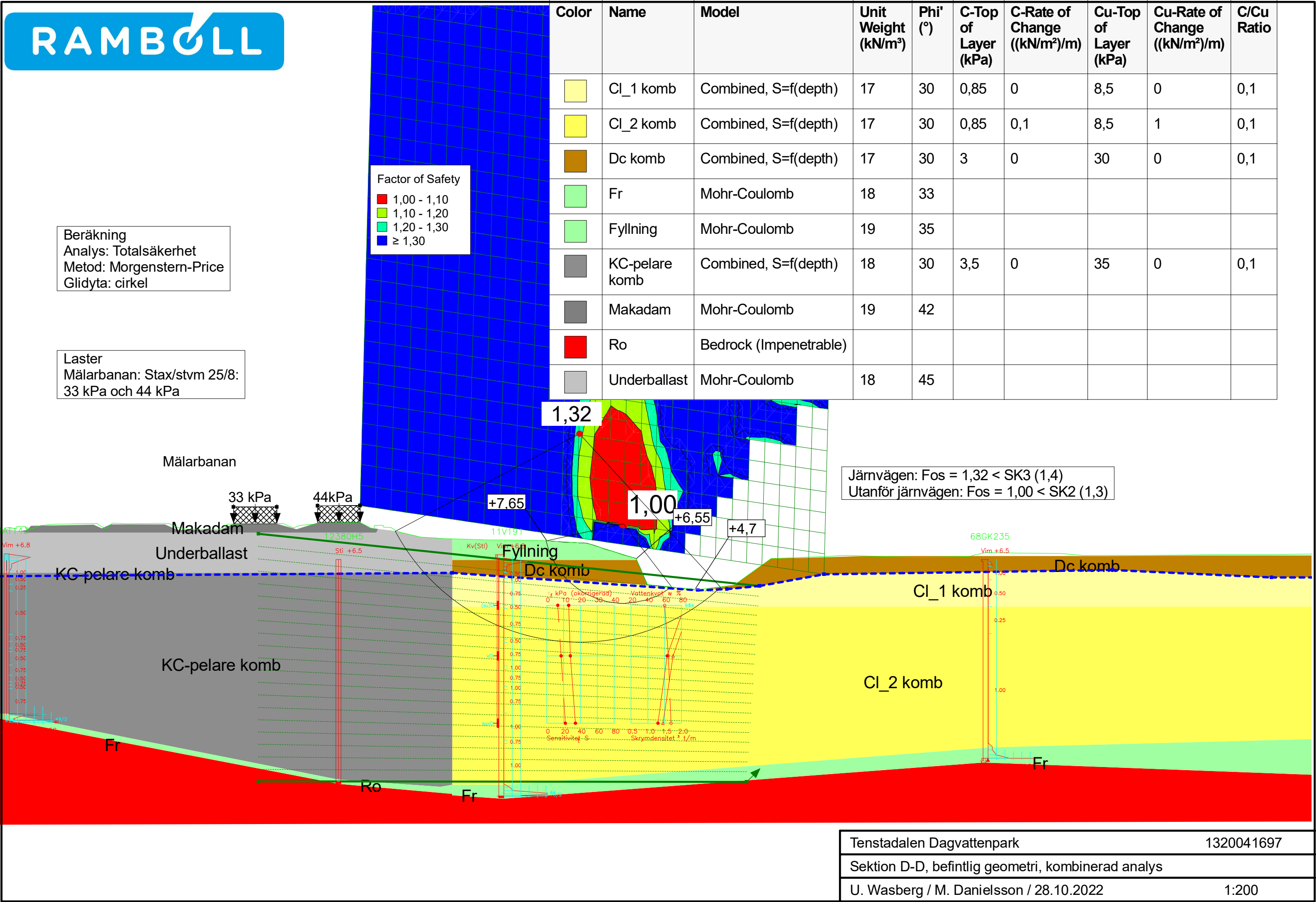
Tenstadalen Dagvattenpark

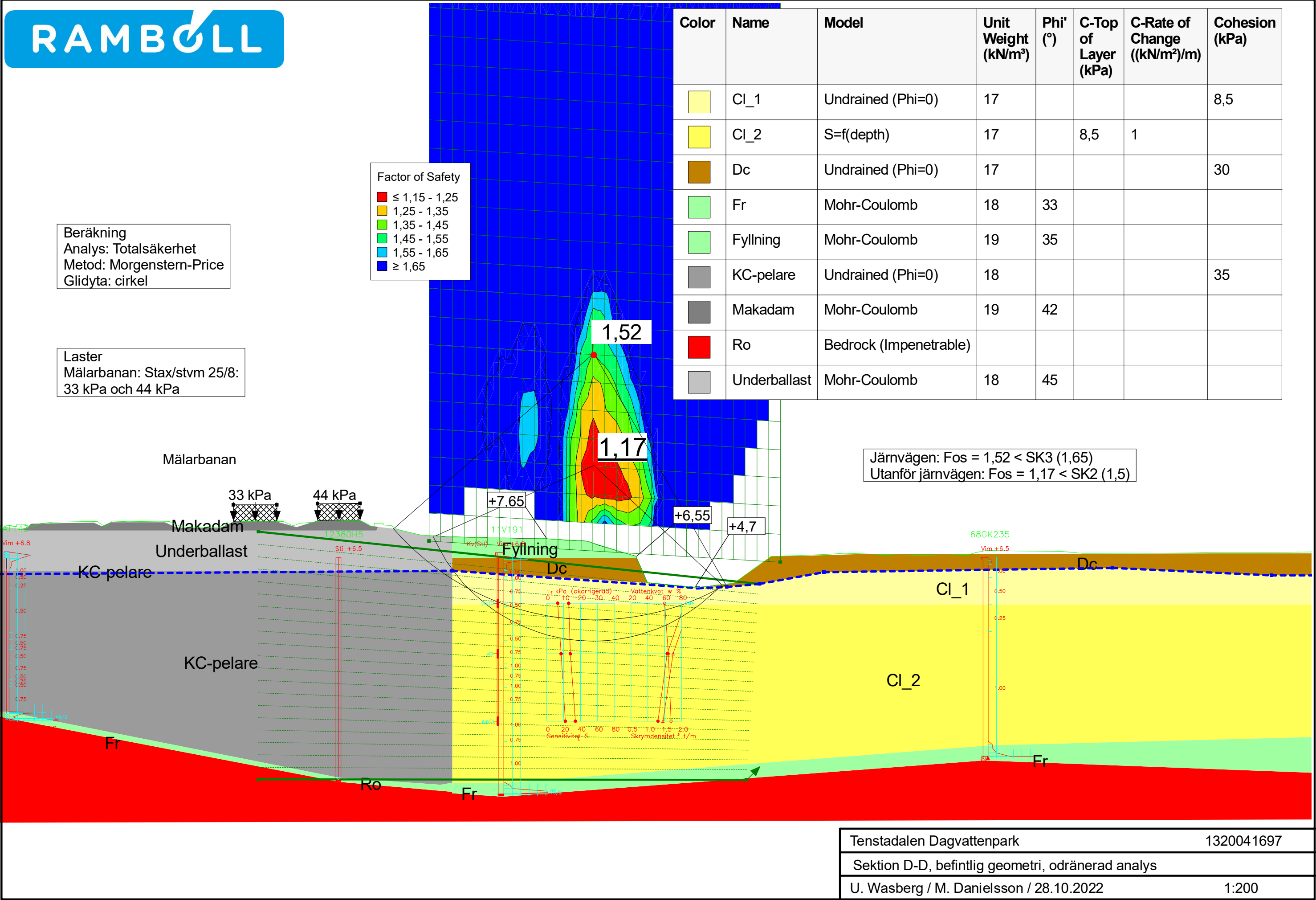
1320041697

Sektion C-C, planerad geometri, odränerad analys

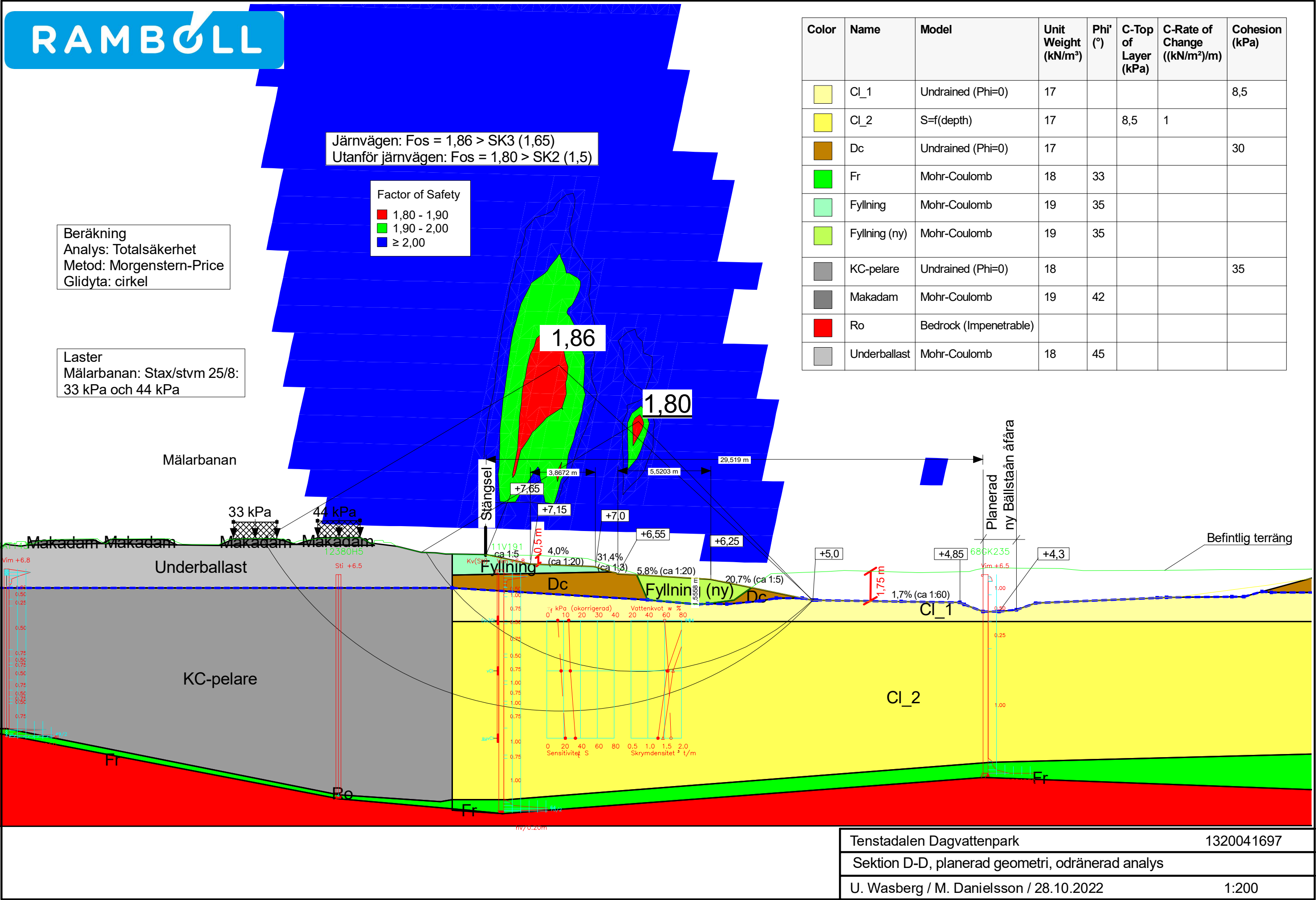
U. Wasberg / M. Danielsson / 27.10.2022

1:200





Tenstadalen Dagvattenpark	1320041697
Sektion D-D, planerad geometri, kombinerad analys	
U. Wasberg / M. Danielsson / 28.10.2022	1:200



RAMBOLL

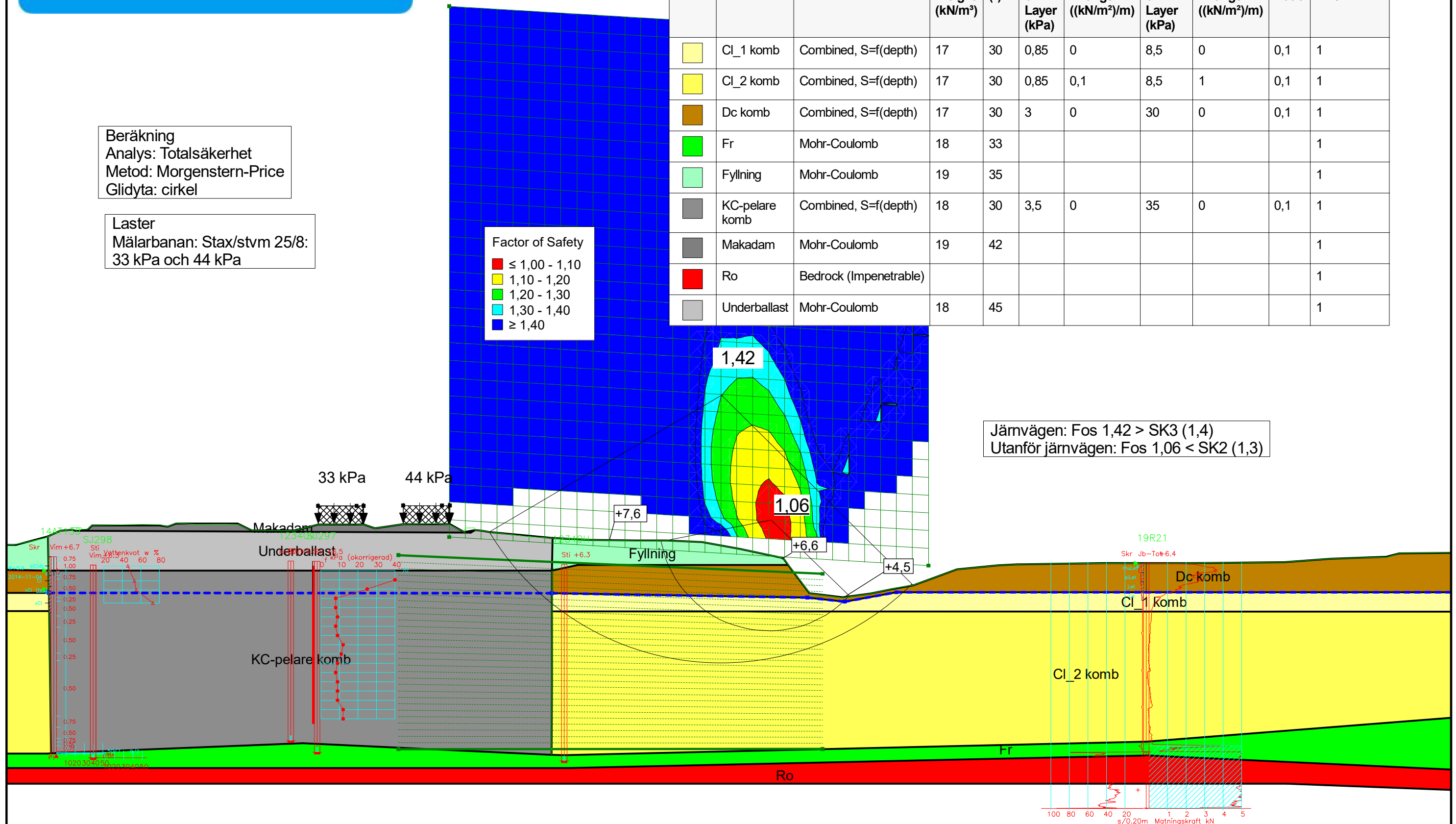
Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety
≤ 1,00 - 1,10
1,10 - 1,20
1,20 - 1,30
1,30 - 1,40
≥ 1,40

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	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)	C/Cu Ratio	Piezometric Line
	Cl_1 komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0	8,5	0	0,1	1
	Cl_2 komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0,1	8,5	1	0,1	1
	Dc komb	Combined, S=f(depth)	17	30	3	0	30	0	0,1	1
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33						1
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35						1
	KC-pelare komb	Combined, S=f(depth)	18	30	3,5	0	35	0	0,1	1
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	42						1
	Ro	Bedrock (Impenetrable)								1
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45						1

Järnvägen: Fos 1,42 > SK3 (1,4)
Utanför järnvägen: Fos 1,06 < SK2 (1,3)

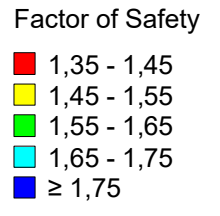


Tenstadalen Dagvattenpark	1320041697
Sektion E-E, befintlig geometri, kombinerad analys	
U. Wasberg / 28.10.2022	1:200

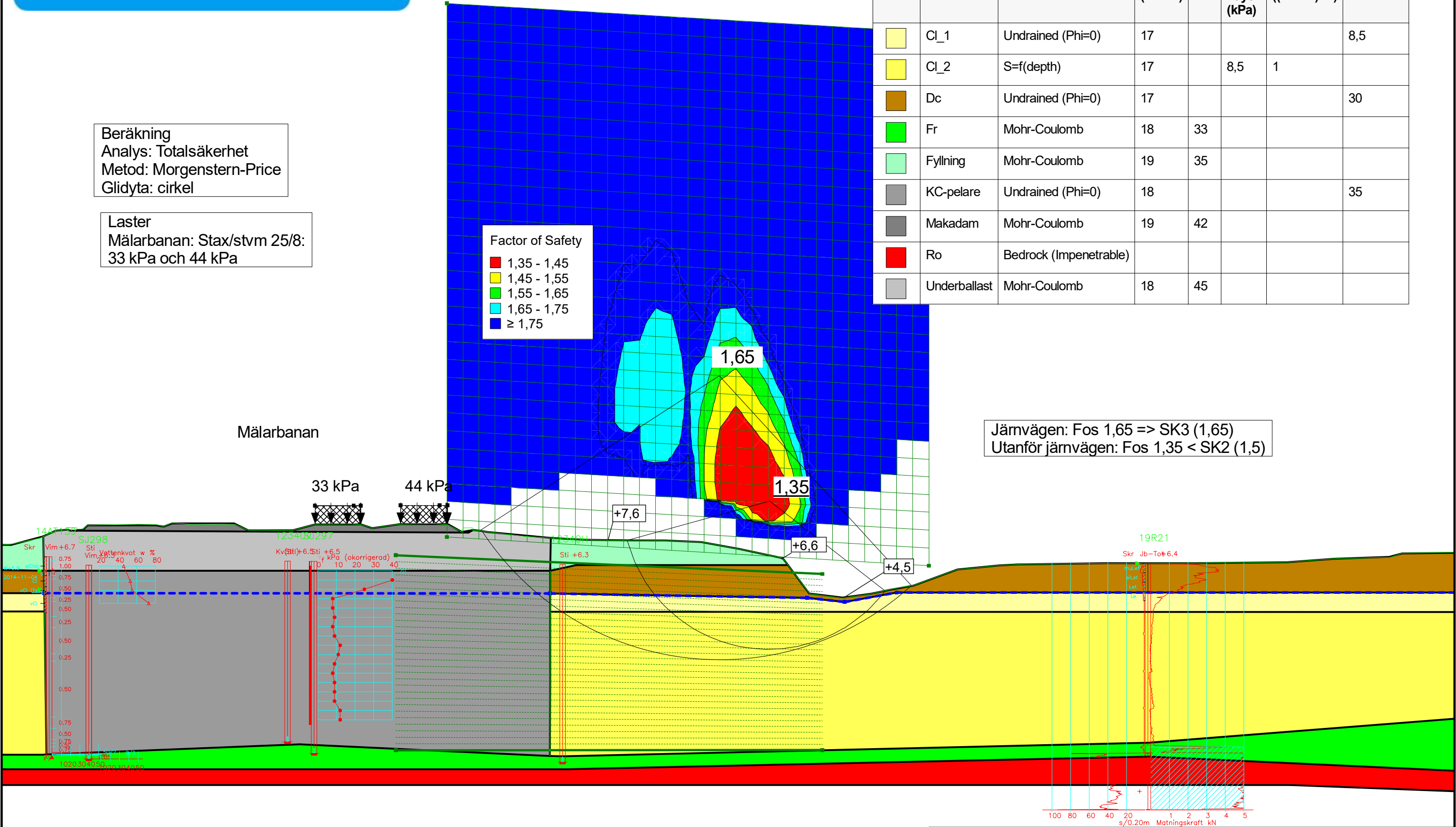


Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa



Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cohesion (kPa)
	Cl_1	Undrained (Phi=0)	17				8,5
	Cl_2	S=f(depth)	17		8,5	1	
	Dc	Undrained (Phi=0)	17				30
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33			
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35			
	KC-pelare	Undrained (Phi=0)	18				35
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	42			
	Ro	Bedrock (Impenetrable)					
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45			



Järnvägen: Fos 1,65 => SK3 (1,65)
Utanför järnvägen: Fos 1,35 < SK2 (1,5)

Tenstadalen Dagvattenpark	1320041697
Sektion E-E, befintlig geometri, odränerad analys	
U. Wasberg / 28.10.2022	1:200

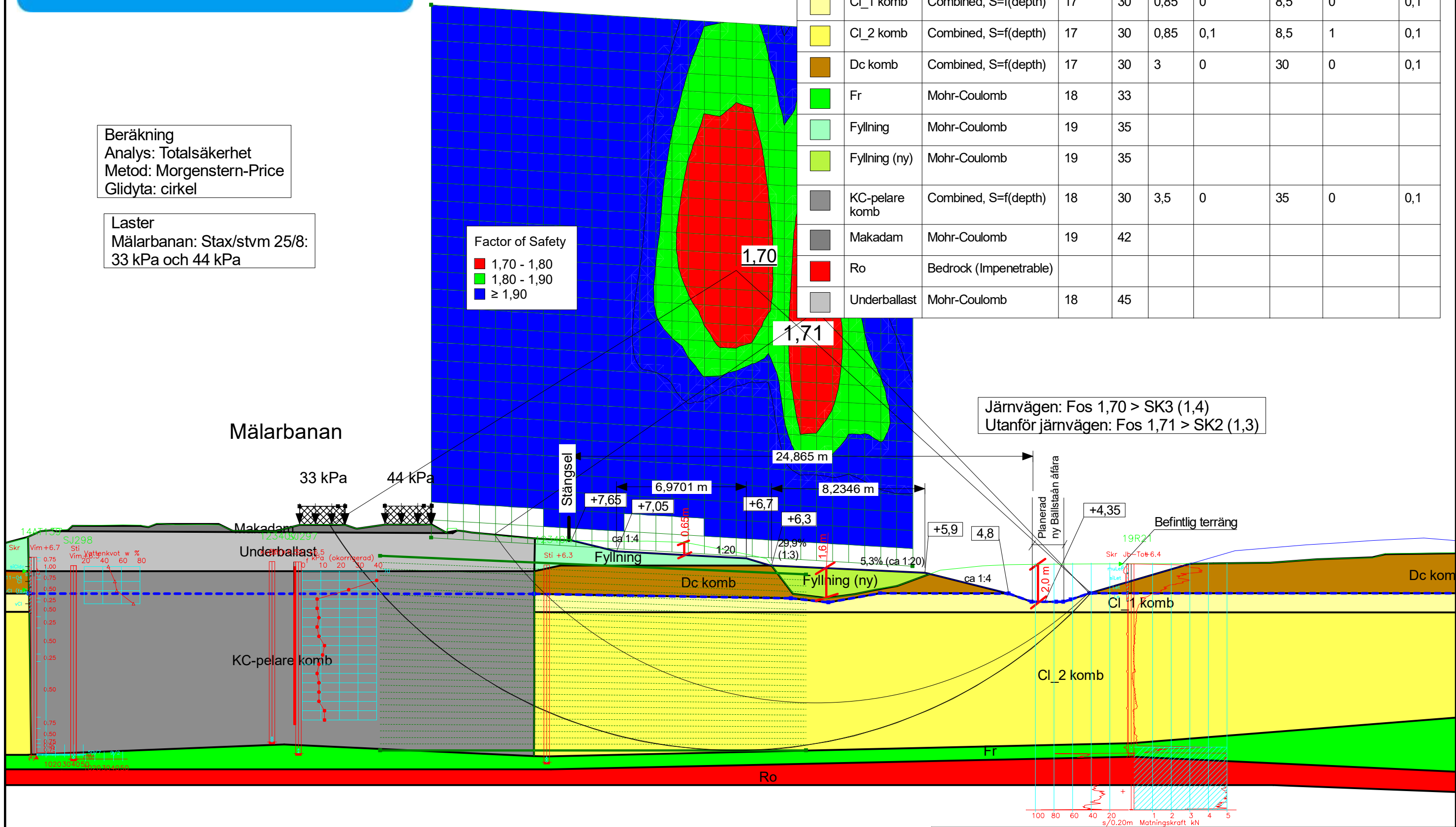


Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety
1,70 - 1,80
1,80 - 1,90
≥ 1,90

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	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)	C/Cu Ratio
	Cl_1 komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0	8,5	0	0,1
	Cl_2 komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0,1	8,5	1	0,1
	Dc komb	Combined, S=f(depth)	17	30	3	0	30	0	0,1
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33					
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35					
	Fyllning (ny)	Mohr-Coulomb	19	35					
	KC-pelare komb	Combined, S=f(depth)	18	30	3,5	0	35	0	0,1
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	42					
	Ro	Bedrock (Impenetrable)							
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45					



Tenstadalen Dagvattenpark	1320041697
Sektion E-E, planerad geometri, kombinerad analys	
U. Wasberg / 24.11.2022	1:200



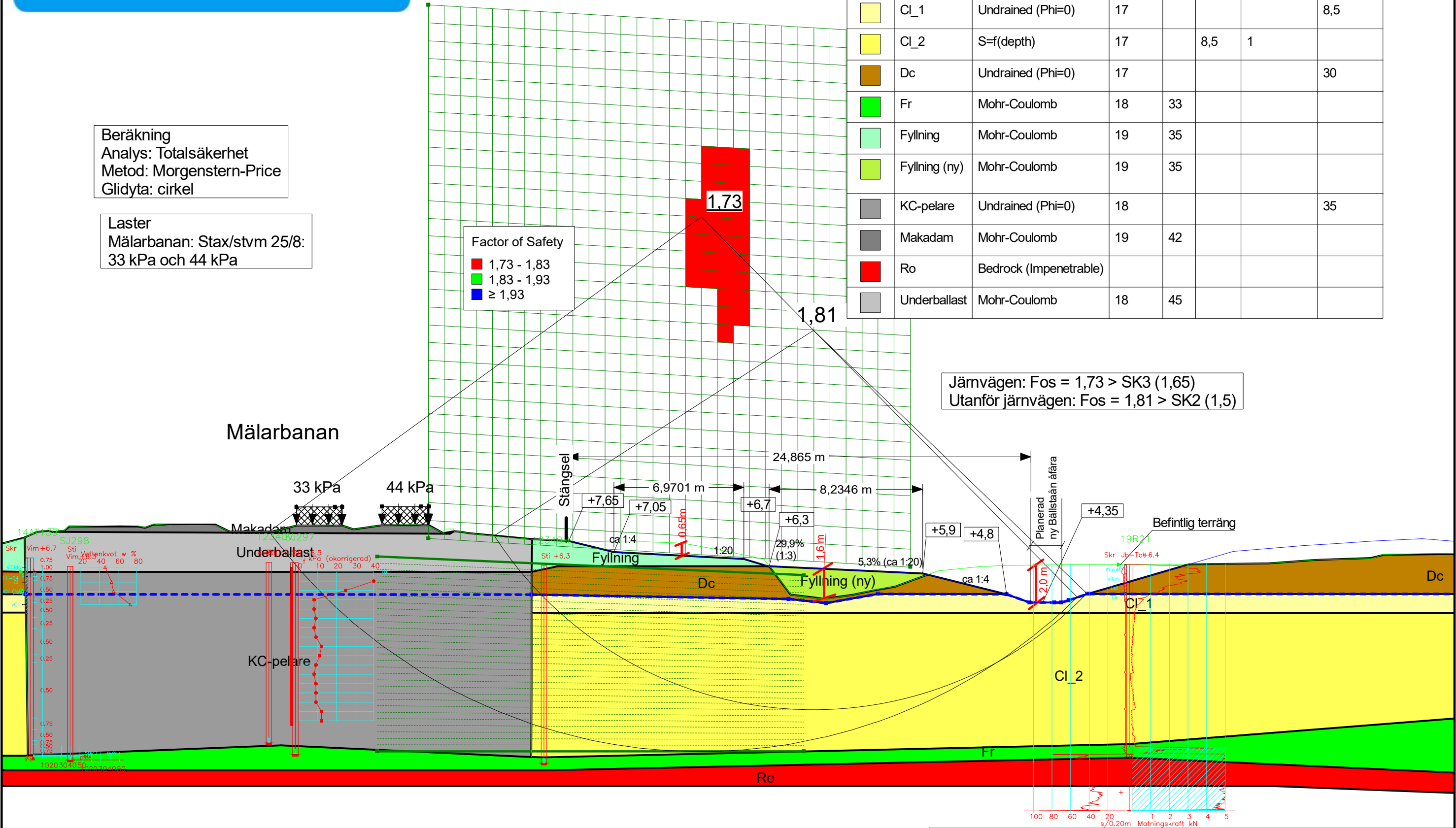
Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan: Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety
1,73 - 1,83
1,83 - 1,93
≥ 1,93

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cohesion (kPa)
	Cl_1	Undrained (Phi=0)	17				8,5
	Cl_2	S=f(depth)	17		8,5	1	
	Dc	Undrained (Phi=0)	17				30
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33			
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35			
	Fyllning (ny)	Mohr-Coulomb	19	35			
	KC-pelare	Undrained (Phi=0)	18				35
	Makadam	Mohr-Coulomb	19	42			
	Ro	Bedrock (Impenetrable)					
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45			

Järnvägen: Fos = 1,73 > SK3 (1,65)
Utanför järnvägen: Fos = 1,81 > SK2 (1,5)



Tenstadalen Dagvattenpark	1320041697
Sektion E-E, planerad geometri, odränerad analys	
U. Wasberg / 24.11.2022	1:200

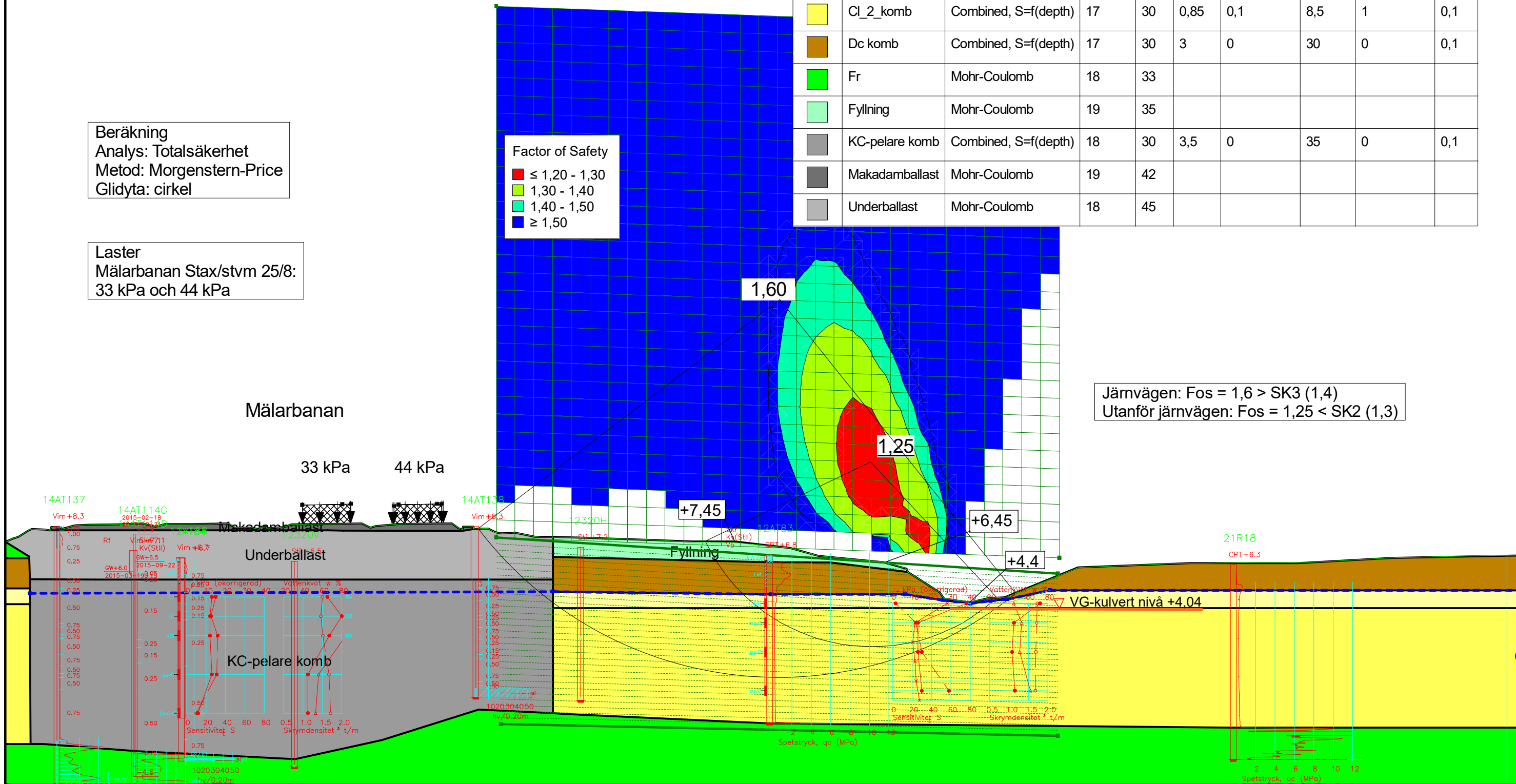
RAMBOLL

Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety
≤ 1,20 - 1,30
1,30 - 1,40
1,40 - 1,50
≥ 1,50

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	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)	C/Cu Ratio
	Cl_1_komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0	8,5	0	0,1
	Cl_2_komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0,1	8,5	1	0,1
	Dc komb	Combined, S=f(depth)	17	30	3	0	30	0	0,1
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33					
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35					
	KC-pelare komb	Combined, S=f(depth)	18	30	3,5	0	35	0	0,1
	Makadamballast	Mohr-Coulomb	19	42					
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45					



Järnvägen: Fos = 1,6 > SK3 (1,4)
Utanför järnvägen: Fos = 1,25 < SK2 (1,3)

Tenstadalen Dagvattenpark 1320041697
Sektion F-F, befintlig geometri, kombinerad analys
U. Wasberg / 28.10.2022 1:200

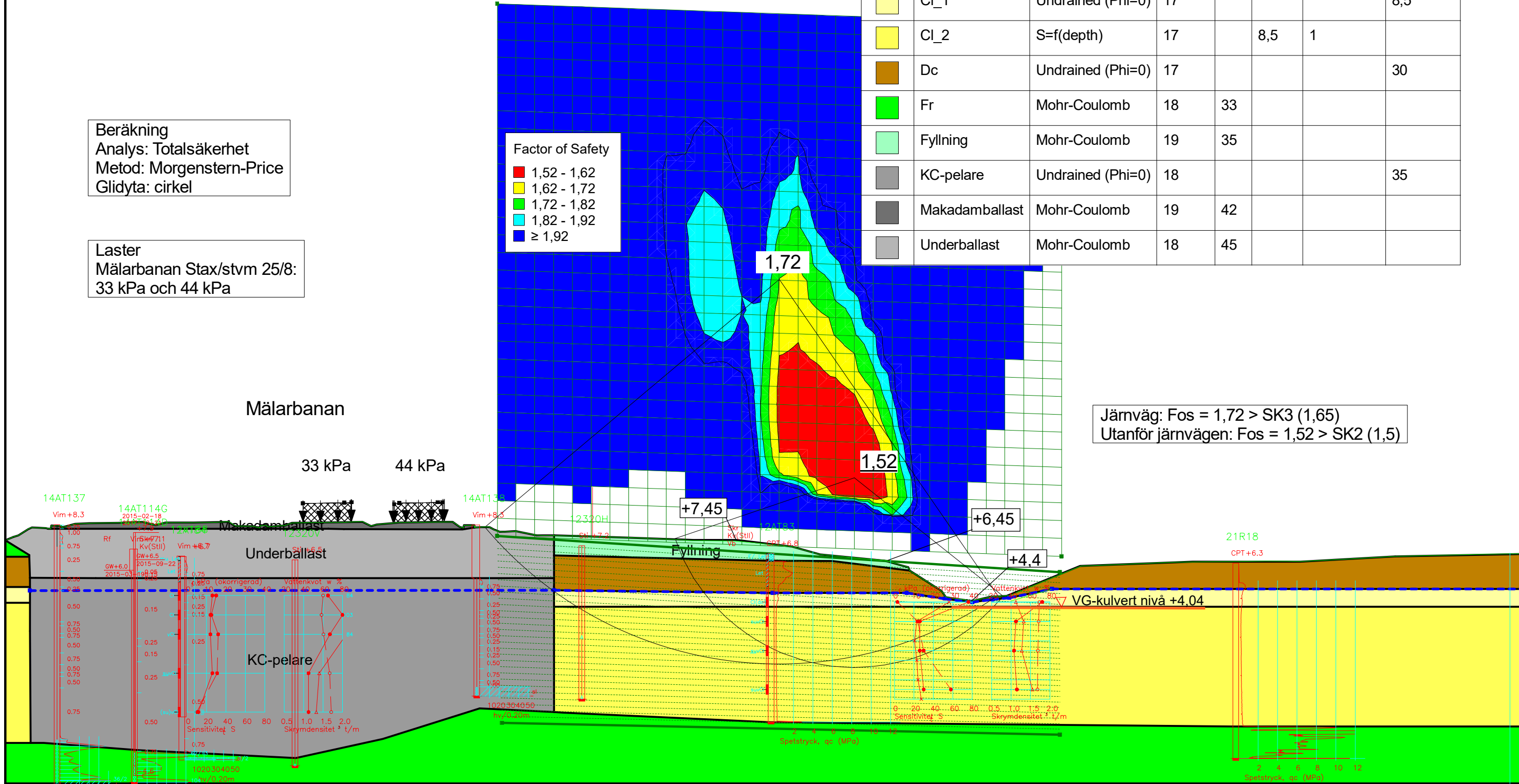
RAMBOLL

Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety
1,52 - 1,62
1,62 - 1,72
1,72 - 1,82
1,82 - 1,92
≥ 1,92

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cohesion (kPa)
	Cl_1	Undrained (Phi=0)	17				8,5
	Cl_2	S=f(depth)	17		8,5	1	
	Dc	Undrained (Phi=0)	17				30
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33			
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35			
	KC-pelare	Undrained (Phi=0)	18				35
	Makadamballast	Mohr-Coulomb	19	42			
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45			



Järnväg: Fos = 1,72 > SK3 (1,65)
Utanför järnvägen: Fos = 1,52 > SK2 (1,5)










Tenstadalen Dagvattenpark 1320041697
Sektion F-F, befintlig geometri, odränerad analys
U. Wasberg / 28.10.2022 1:200

RAMBOLL

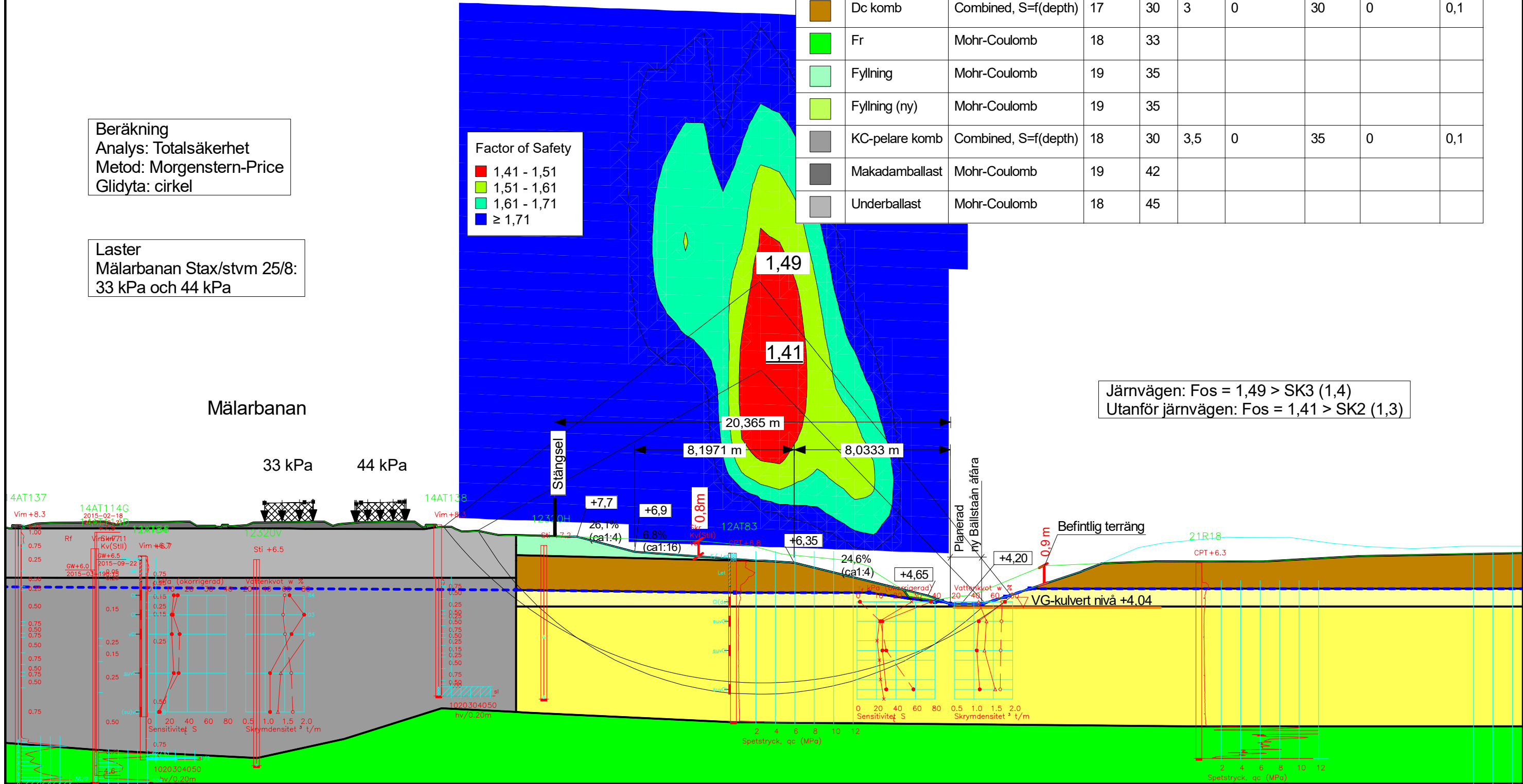
Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety
1,41 - 1,51
1,51 - 1,61
1,61 - 1,71
≥ 1,71

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	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)	C/Cu Ratio
	Cl_1_komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0	8,5	0	0,1
	Cl_2_komb	Combined, S=f(depth)	17	30	0,85	0,1	8,5	1	0,1
	Dc komb	Combined, S=f(depth)	17	30	3	0	30	0	0,1
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33					
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35					
	Fyllning (ny)	Mohr-Coulomb	19	35					
	KC-pelare komb	Combined, S=f(depth)	18	30	3,5	0	35	0	0,1
	Makadamballast	Mohr-Coulomb	19	42					
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45					

Järnvägen: Fos = 1,49 > SK3 (1,4)
Utanför järnvägen: Fos = 1,41 > SK2 (1,3)



Tenstadalen Dagvattenpark

1320041697

Sektion F-F, planerad geometri, kombinerad analys

U. Wasberg / 2.11.2022

1:200

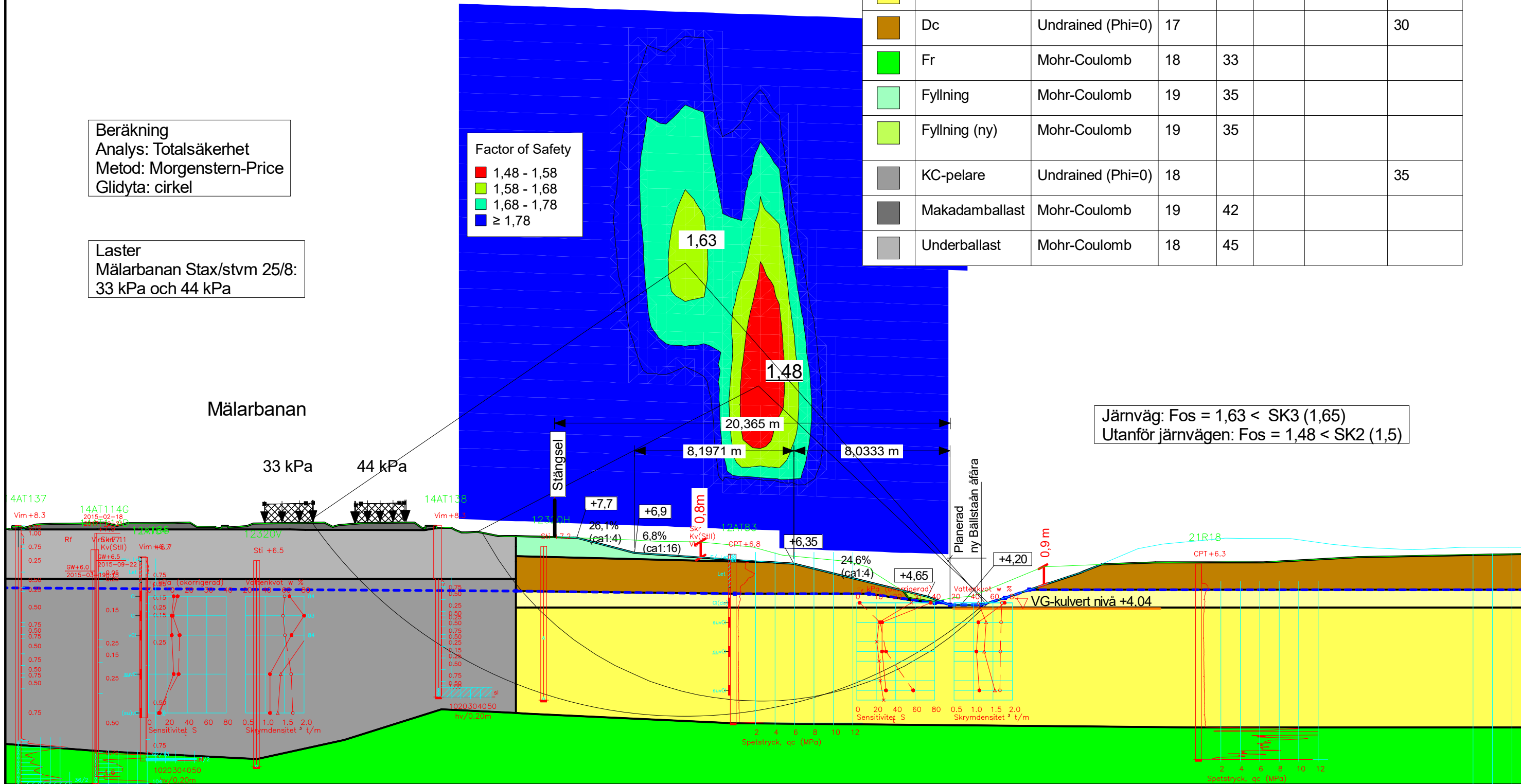
RAMBOLL

Beräkning
Analys: Totalsäkerhet
Metod: Morgenstern-Price
Glidyta: cirkel

Laster
Mälarbanan Stax/stvm 25/8:
33 kPa och 44 kPa

Factor of Safety
1,48 - 1,58
1,58 - 1,68
1,68 - 1,78
≥ 1,78

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Phi' (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cohesion (kPa)
	Cl_1	Undrained (Phi=0)	17				8,5
	Cl_2	S=f(depth)	17		8,5	1	
	Dc	Undrained (Phi=0)	17				30
	Fr	Mohr-Coulomb	18	33			
	Fyllning	Mohr-Coulomb	19	35			
	Fyllning (ny)	Mohr-Coulomb	19	35			
	KC-pelare	Undrained (Phi=0)	18				35
	Makadamballast	Mohr-Coulomb	19	42			
	Underballast	Mohr-Coulomb	18	45			



Järnväg: Fos = 1,63 < SK3 (1,65)
Utanför järnvägen: Fos = 1,48 < SK2 (1,5)

Tenstadalen Dagvattenpark 1320041697
Sektion F-F, planerad geometri, odränerad analys
U. Wasberg / 28.10.2022 1:200