

Nielsen-Oscarsson Fastigheter AB

# Hults höjd i Trollhättan - Detaljplaneskede

## PM Geoteknik

Uppdragsnr: 108 54 66 Version: 1.1 Datum: 2023-10-19



**Uppdragsgivare:** Nielsen-Oscarsson Fastigheter AB  
**Uppdragsgivarens kontaktperson:** Anders Oscarsson  
**Konsult:** Norconsult AB  
**Uppdragsledare:** Adam Västernäs  
**Teknikansvarig:** Marcus Hallberg  
**Handläggare:** Alexander Waerme

1.1	2023-10-19	Geotekniskt PM för samrådsskede	Alexander Waerme	Daniel Strandberg	Katarina Engerberg
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Sammanfattning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Objekt</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Syfte</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Underlag</b>	<b>8</b>
4.1	Tidigare utförda undersökningar	8
4.2	Nu utförda undersökningar	8
4.3	Övrigt underlag	8
<b>5</b>	<b>Styrande dokument</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Geotekniska förhållanden</b>	<b>10</b>
6.1	Översiktskartor samt områdesindelning	10
6.2	Delområde 1	14
6.2.1	<i>Provpunkter inom området</i>	14
6.2.2	<i>Topografi och ytbeskaffenhet</i>	14
6.2.3	<i>Jordlager</i>	15
6.2.4	<i>Geohydrologi</i>	15
6.3	Delområde 2	15
6.3.1	<i>Provpunkter inom området</i>	15
6.3.2	<i>Topografi och ytbeskaffenhet</i>	15
6.3.3	<i>Jordlager</i>	15
6.3.4	<i>Geohydrologi</i>	16
6.4	Delområde 3	16
6.4.1	<i>Provpunkter inom området</i>	16
6.4.2	<i>Topografi och ytbeskaffenhet</i>	16
6.4.3	<i>Jordlager</i>	16
6.4.4	<i>Geohydrologi</i>	17
6.5	Delområde 4	17
6.5.1	<i>Provpunkter inom området</i>	17
6.5.2	<i>Topografi- och ytbeskaffenhet</i>	17
6.5.3	<i>Jordlager</i>	17
6.5.4	<i>Geohydrologi</i>	17
<b>7</b>	<b>Stabilitet</b>	<b>18</b>
7.1	Allmänt	18
7.2	Laster	18
7.3	Delområde 1	18
7.3.1	<i>Beräkningssektioner</i>	18
7.3.2	<i>Förutsättningar/Indata</i>	20

7.3.3	<i>Resultat</i>	20
7.4	Delområde 2	21
7.4.1	<i>Beräkningssektioner</i>	21
7.4.2	<i>Förutsättningar/Indata</i>	22
7.4.3	<i>Resultat</i>	22
7.5	Delområde 3	22
7.6	Delområde 4	23
7.6.1	<i>Beräkningssektioner</i>	23
7.6.2	<i>Förutsättningar</i>	24
7.6.3	<i>Resultat</i>	24
<b>8</b>	<b>Sättningar</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>Slutsats / Geotekniska anvisningar för detaljplanen inför samråd</b>	<b>25</b>
9.1	Delområde 1	26
9.1.1	<i>Befintliga förhållanden</i>	26
9.1.2	<i>Framtida förhållanden</i>	26
9.1.3	<i>Anvisningar för samråd</i>	26
9.2	Delområde 2	26
9.2.1	<i>Befintliga förhållanden</i>	26
9.2.2	<i>Framtida förhållanden</i>	26
9.2.3	<i>Anvisningar för samråd</i>	27
9.3	Delområde 3	27
9.3.1	<i>Befintliga förhållanden</i>	27
9.3.2	<i>Framtida förhållanden</i>	27
9.3.3	<i>Anvisningar för samråd</i>	27
9.4	Delområde 4	27
9.4.1	<i>Befintliga förhållanden</i>	27
9.4.2	<i>Framtida förhållanden</i>	27
9.4.3	<i>Anvisningar för samråd</i>	28
<b>10</b>	<b>Rekommendationer</b>	<b>29</b>

# Bilagor

Sammanställning av korrigerad odränerad skjuvhållfasthet	Bilaga 1:1 - 1:3
Stabilitetsberäkningar - Delområde 1	Bilaga 2:1 - 2:8
Stabilitetsberäkningar - Delområde 2	Bilaga 3:1 - 3:2
Stabilitetsberäkningar - Delområde 4	Bilaga 4:1 - 4:4
Bergteknisk utredning	Bilaga 5:1 – 5:12

# 1 Sammanfattning

Norconsult AB har på uppdrag av Nils-Oscarsson fastigheter AB utfört en geoteknisk utredning för detaljplan för området Hults höjd i Trollhättans kommun. Den geotekniska utredningen har utförts i syfte att utreda markförhållandena samt beskriva områdets geotekniska förutsättningar med avseende på planerad detaljpaneläggning. En geoteknisk fältundersökning utfördes under maj 2023.

Resultatet av utförd fältundersökning visar varierande geotekniska förutsättningar inom detaljplaneområdet. Marknivån inom området varierar mellan ca 60 och ca 85 m ö h. Stora delar av området består av berg. Mellan höjdpartierna finns dalgångar med finsediment (lera, silt och sand), i lokala svackor förekommer torvområden. Jordarterna i området utgörs främst av tunt jordtäckte ovan berg samt sandig morän. Utförda undersökningar visar jorddjup upp till 14 m i de västra delarna av detaljplanens utkant, där silt och lera återfinns. De varierande jorddjupen samt jordarterna medför att grundläggning av byggnader antingen kan utföras direkt på befintlig mark, genom utskiftning av jordmaterial eller genom pågrundläggning.

Stabiliteten inom området är tillfredställande i befintliga förhållande. För framtida förhållanden eftersträvas att befintliga marknivåer ska följas i största möjliga mån. Stabilitetsberäkningar har visat att godkänd säkerhetsfaktor inte uppfylls för framtida förhållande vid en infartsväg till området som går på bank. Inom detta område är jorddjupet större samt innehåller lera/silt. Inom området krävs förstärkningar för framtida vägar samt byggnader för att säkerställa stabiliteten.

En bullervall planeras att anläggas utmed väg E45 för att dämpa buller mot detaljplaneområdet. Bullervallen kommer utföras som jordvall alternativt som en jordvall med ett bullerplank ovanpå. På fast mark kan bullervallen anläggas utan vidare undersökning. För de delar av vallen som kan komma att anläggas på jord bestående av kohesionsjord krävs ytterligare undersökningar samt stabilitetsberäkningar.

Efter samrådsskedet rekommenderas kompletterande geotekniska fältundersökningar samt utredningar.

## 2 Objekt

På uppdrag av Nils-Oscarsson fastigheter AB har Norconsult AB utfört geotekniska undersökningar och utrett förutsättningar för upprättandet av detaljplan inom området Hults Höjd i Trollhättans kommun.

Området avgränsas i söder av odlingsmark och Överby handelsområde, i öster av E45 och i väster angränsar området till ett befintligt område med småhus, Hultsjön samt Vänersborgsvägen. I norr fortsätter skogsmarken innan E45/44 viker västerut vid trafikplats Skogsbo.

Det befintliga skogsområdet ska omvandlas till ett område med bostadsbebyggelse i 1–4 våningar. Mestadels kommer området bebyggas med byggnader i 1–2 våningar, då en närliggande flygplats sätter begräsning på hur högt området får bebyggas. Anslutande vägar ska anläggas till bostäderna. Utmed väg E45 ska också en bullervall med ett bullerplank anläggas. Dagvattendammar ska anläggas. Inom detaljplanen finns områden med kärrtorv som kommer skiftas ur och fyllas ut. Inom detaljplanen eftersträvas att utbyggnaden ska följa befintliga marknivåer i största möjliga mån.

I föreliggande PM Geoteknik redovisas de geotekniska förutsättningar för detaljplaneområdet. I Figur 1 nedan visar framtaget bebyggelseförslag.



Figur 1. Bebyggelseförslag för området vid Hults höjd, daterad 2023-06-29.

### 3 Syfte

Föreliggande geoteknisk utredning har utförts med syfte att utreda markförhållandena och beskriva områdets geotekniska förutsättningar med avseende på planerad detaljpanelläggning.

### 4 Underlag

#### 4.1 Tidigare utförda undersökningar

- Geoteknisk förstudie, Underlag till planprogram för Hults Höjd, Trollhättans kommun. Utförd av Norconsult med uppdragsnummer 1073871, version 1, Daterad 2021-07-01.

#### 4.2 Nu utförda undersökningar

- Hults höjd i Trollhättan – Detaljplaneskede, Markteknisk undersökningsrapport (MUR). Utförd av Norconsult med uppdragsnummer 1085466. Daterad 2023-06-13.
- Hults höjd detaljplan – Bergteknisk utredning. Utförd av Norconsult med uppdragsnummer 1085466. Daterad 2023-04-27.

#### 4.3 Övrigt underlag

- Grundkarta i dwg-format, tillhandahållen av beställaren.
- Detaljplanegräns, tillhandahållen av Trollhättans kommunen.



## 5 Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS\_EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga.

För nationella val till Eurokod gäller följande dokument:

BFS 2015:6, EKS 10 Boverkets föreskrifter om ändring i verkets föreskrifter och allmänna råd (2011\_10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)

Följande dokument är rådgivande för objektet:

IEG Rapport 4:2010 Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, SGF

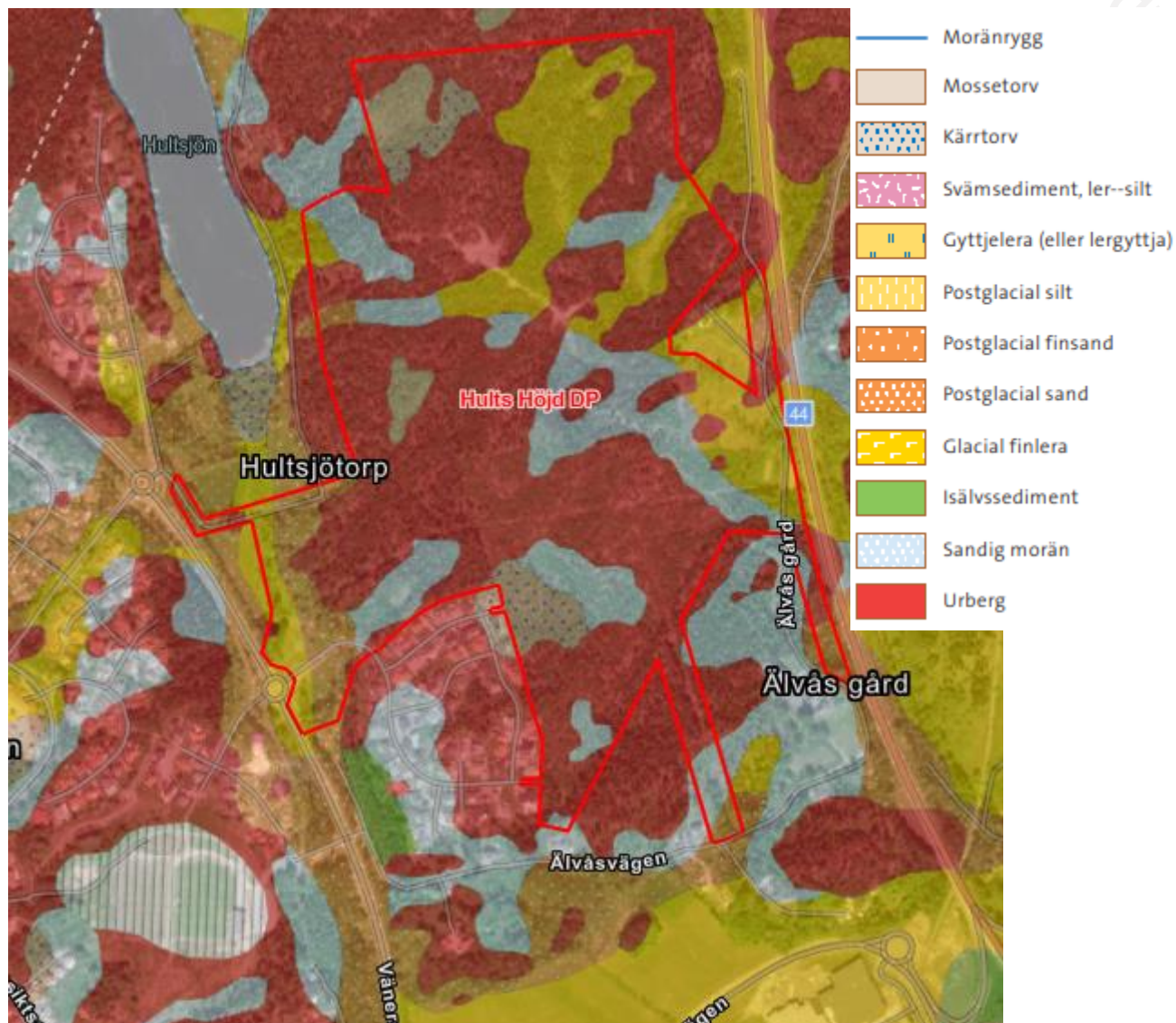
SGI Vägledning 8, Utgåva 1 Utredning av släntstabilitet

TRVINFRA-00230, version 2.0 "Geokonstruktion, Dimensionering och utformning"

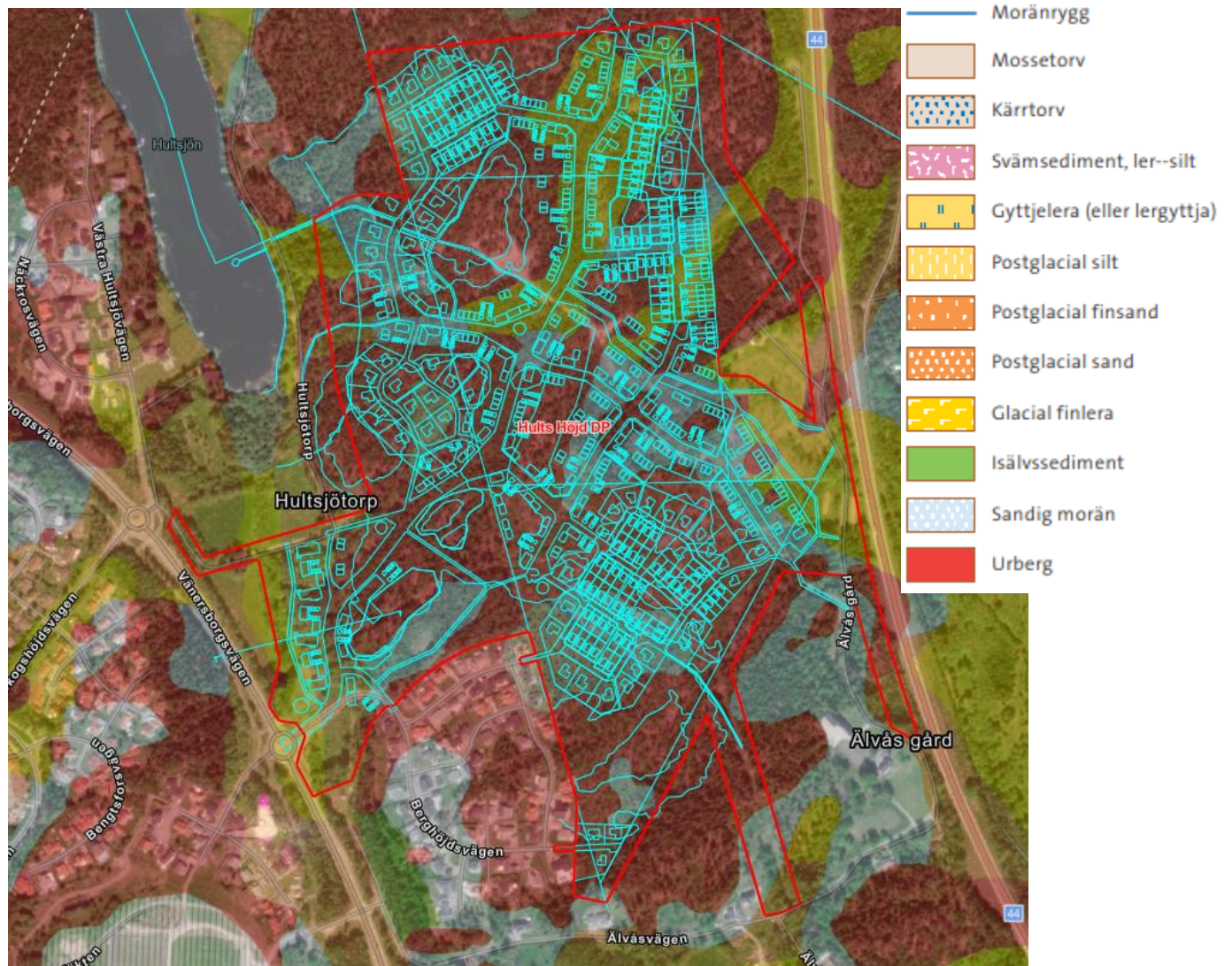
## 6 Geotekniska förhållanden

### 6.1 Översiktsskator samt områdesindelning

Inom området råder olika geotekniska förutsättningar. Nedan redovisas figurer från SGU:s karttjänster, Figur 2a-b redovisar jordarter, Figur 3 jorddjup och Figur 4 redovisar förutsättningar för skred i finkornig jordart.



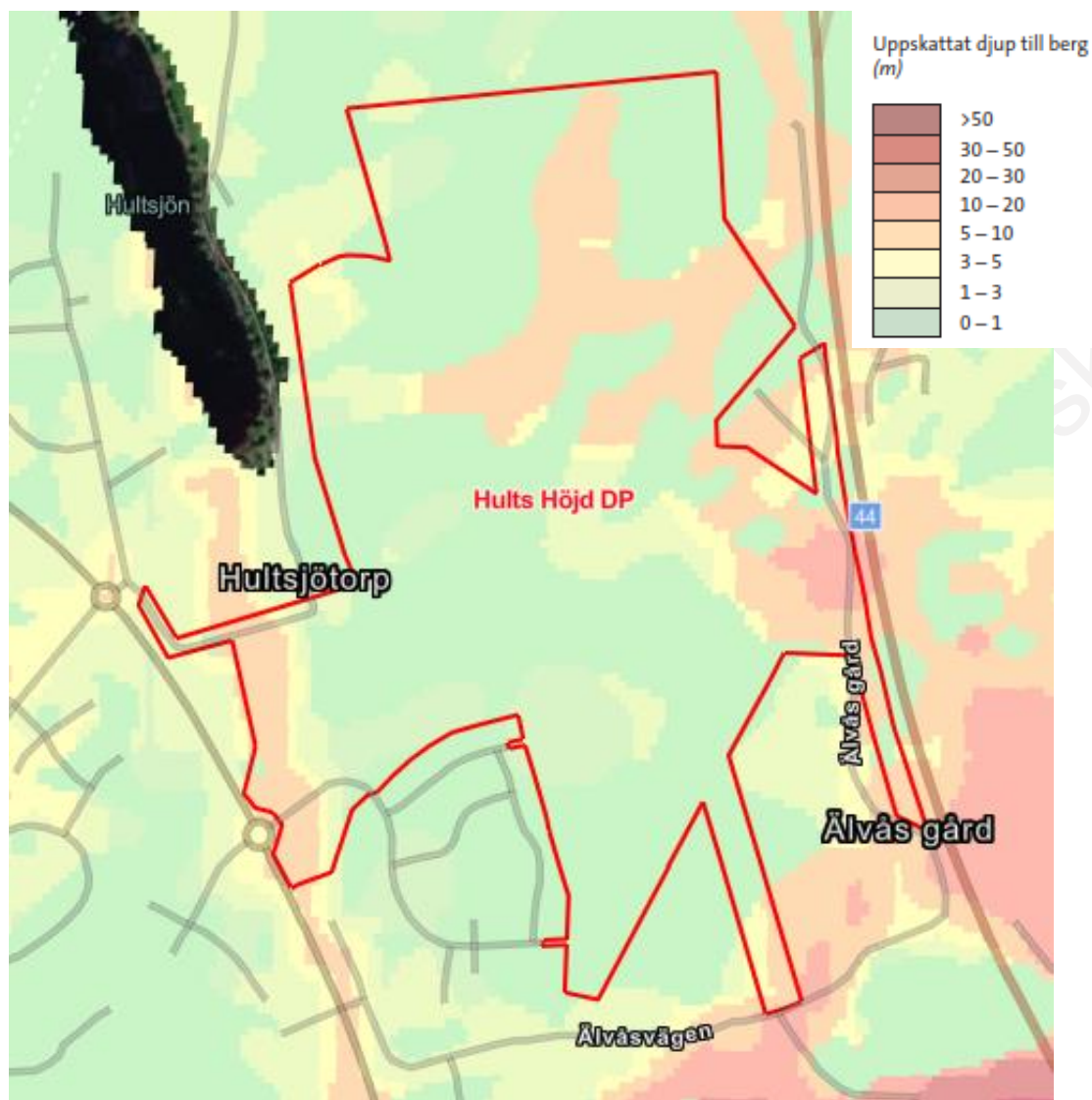
Figur 2a. Jordartskarta hämtad från SGU datum, 2023-08-15. Detaljplaneområdets indelning redovisas preliminärt i rött.



Figur 2b. Jordartskarta hämtad från SGU, datum 2023-09-06, samt strukturplan för byggnation. Detaljplaneområdets indelning redovisas preliminärt i rött.

Markytan inom området är delvis kuperad med skogsklädda bergspartier. Nivån inom området varierar mellan ca 60 och ca 85 m ö h. Mellan höjdpartierna finns dalgångar med finsediment (lera, silt och sand), i lokala svackor förekommer torvområden.

Jordartskartan har hämtats från Sveriges Geologiska undersökning (SGU). Jordarterna i området utgörs främst av tunt jordtäckte ovan berg samt sandig morän- och torvområden. Geotekniska undersökningar redovisas i Markteknisk undersökningsrapport, se underlag [3]. I de låglänta plana ytorna av detaljplaneområdet förekommer lera.



Figur 3. Jorddjupskarta hämtad från SGU datum, 2023-08-15. Detaljplaneområdets indelning redovisas preliminärt i rött.

I Figur 4 redovisas förutsättningar för skred i finkornig jordart enligt SGU-karta. Den ger en översiktlig bild över områden där skredrisk kan förekomma.



Figur 4 – Förutsättningar för skred i finkornig jordart markerat med gult, hämtad från SGU datum, 2023-08-15. Detaljplaneområdets indelning redovisas preliminärt i rött.

Detaljplaneområdet har delats in i 4 delområden enligt Figur 5. De geotekniska förutsättningarna inom de respektive delområdena bedöms som likartade. Nedan beskrivs de geotekniska förhållandena för respektive delområde.



Figur 5 - Detaljplaneområdets indelning i delområden. Detaljplaneområdets indelning redovisas preliminärt i rött.

## 6.2 Delområde 1

### 6.2.1 Provpunkter inom området

Följande provpunkter har utförts inom området, för resultat se Markteknisk undersökningsrapport [3].

NC16, NC17, NC18, NC25, NC26, NC27

Grundvattenrör har installerats och mäts i punkt NC26.

### 6.2.2 Topografi och ytbeskaffenhet

Delområde 1 består huvudsakligen av skog samt av öppna ängsytor västerut intill Vänernsbergsvägen. En bäck rinner genom området i sydlig riktning. Höjdnivåer varierar mellan ca +70 och +78 [RH2000].

### 6.2.3 Jordlager

I östra delen av området går berget i dagen.

Enligt utförda undersökningar består jordprofilen i västra delen av området i huvudsak av lera/lerig silt. Skikt av sand förekommer även bitvis. Jordlagerföljden från markytan består huvudsakligen av:

- **Mulljord** ca 0,25–0,5 m djup
- **Sand** till ca 0,7–1,1 m djup eller **Torrskorpelera** till ca 1 m djup
- **Lera/lerig Silt** till ca 5–14 m djup
- **Friktionsjord**
- **Berg**

**Sanden** beskrivs som lerig och siltig. Dess vattenkvot varierar mellan ca 11–24 %. Tjälfarlighetsklassen har bedömts till klass 2. Materialtyp enligt AMA anläggning har bedömts till 3B.

**Torrskorpeleran** beskrivs som siltig innehållandes sandkörtlar. Vattenkvoten varierar mellan ca 23–26 %. Tjälfarlighetsklassen har bedömts till klass 4. Materialtyp har bedömts till 5A.

**Leran alt. den leriga silten** beskrivs genomgående innehålla tjocka sandskikt. Vattenkvoten varierar mellan ca 24–43 %. Konflytgränsen varierar mellan ca 21–41 %. Sensitiviteten varierar mellan 12–63. Enligt laboratorieundersökning på kolvprov från 6 m djup vid borrhål NC26 bedöms leran vara kvick enligt den svenska definitionen för kvicklera.

### 6.2.4 Geohydrologi

Enligt mätning i grundvattenrör i borrhål NC26 ligger grundvattenytan ca 0,4–0,65 m under markytan.

Enligt observationer av fri vattenyta i uppkommen skruvprovtagningshål i delområdet ligger grundvattenytan ca 1 m under markytan.

## 6.3 Delområde 2

### 6.3.1 Provpunkter inom området

Följande provpunkter har utförts inom området, för resultat se Markteknisk undersökningsrapport [3].

NC28, NC28B, NC29, NC30

### 6.3.2 Topografi och ytbeskaffenhet

Delområde 2 består huvudsakligen av gles skog. Markytan sluttar åt väst ner mot Hultsjön. Höjdnivåer varierar mellan ca +70 och +78 [RH2000].

### 6.3.3 Jordlager

Enligt utförda markundersökningar består de övre jordlagren av sand. I den västra delen av delområdet närmast Hultsjön underlagras sanden av lera. Jordlagerföljden från markytan består huvudsakligen av:

- **Mulljord** till ca 0,25–0,5 m djup
- **Sand** till ca 2,5–3 m djup
- **Lera** till ca 2,5–9 m djup
- **Friktionsjord**
- **Berg**

**Sanden** beskrivs som siltig. Närmast Hultsjön innehåller sanden rikligt med skalrester. Vattenkvoten varierar mellan ca 21–32 % Tjälfarlighetsklassen har bedömts till klass 2. Materialtyp enligt AMA anläggning 23 har bedömts till 3B.

Ingen ostörd provtagning har utförts i **leran**.

#### 6.3.4 Geohydrologi

Enligt observationer av fri vattenyta i uppkomna skruvprovtagningshål i delområdet ligger grundvattenytan ca 0,6 – 1,1 m under markytan.

### 6.4 Delområde 3

#### 6.4.1 Provpunkter inom området

Följande provpunkter har utförts inom området, för resultat se Markteknisk undersökningsrapport [rubrik 3].

NC1 – NC11, samt NC15

#### 6.4.2 Topografi och ytbeskaffenhet

Delområde 3 består mestadels av skogsområde. Höjdnivåer varierar mellan ca +72 och +85 [RH2000].

#### 6.4.3 Jordlager

Enligt utförda markundersökningar består jordprofilen i huvudsak av Torrskorpelera ovan sand. Djup till berg är generellt grunt inom delområdet. Maximalt uppgår djup till fast botten/berg till ca 4 m. *(Det kan noteras att utförda undersökningar visar generellt att jorddjupen är grundare än vad som anges i SGUs jordartskarta).*

Jordlagerföljden från markytan består huvudsakligen av:

- **Mulljord** till ca 0–0,5 m djup
- **Torrskorpelera** till ca 1–2 m djup eller **Sand** till ca 1–3 m djup
- **Friktionsjord**
- **Berg**

**Torrskorpeleran** beskrivs som siltig innehållande silt- och sandkörtlar samt växtrester. Vattenkvoten varierar mellan ca 22–31 %. Tjälfarlighetsklassen har bedömts till klass 4. Materialtyp enligt AMA anläggning har bedömts till 5A.

**Sanden** beskrivs som siltig. Vattenkvoten varierar mellan ca 21–32 %. Tjälfarlighetsklassen har bedömts till klass 3 och materialtyp har bedömts till 4A.

##### 6.4.3.1 Områden med torv

Inom delområde 3 finns ett flertal mossområden enligt SGUs jordartskarta. Sticksonderingar har utförts i samtliga av dessa, resultaten redovisas i markteknisk undersökningsrapport för rubricerat projekt, se underlag [rubrik 3]. Djupen till fast botten är grunt inom samtliga torvområden, maximalt har ca 2 m djup uppmätts.



#### 6.4.4 Geohydrologi

Enligt observationer av fri vattenyta i uppkommen skruvprovtagningshål i delområdet ligger grundvattenytan i vissa borrhälsnivåer i nivå med markytan. Maximalt uppmätt djup till fri vattenyta i skruvprovtagningshål är ca 0,4 m under markytan.

### 6.5 Delområde 4

#### 6.5.1 Provpunkter inom området

Följande provpunkter har utförts inom området, för resultat se Markteknisk undersökningsrapport [rubrik 3].

NC12-NC14

#### 6.5.2 Topografi- och ytbeskaffenhet

Delområde 4 ligger på ett kalhygge och begränsas i öst av motorväg E45. I mitten av delområdet rinner en mindre å i östlig riktning. Marken i området sluttar ner mot ån. Höjdnivåer i området varierar mellan ca +61 och +69 [RH2000].

#### 6.5.3 Jordlager

Enligt utförda markundersökningar består jordprofilen i huvudsak av sand. Vid borrhälsnivå NC14 närmast ån består jordlagerföljden i stället av lera. Längre från ån består jordlagerföljden från markytan huvudsakligen av:

- **Mulljord** till ca 0,1–0,6 m djup
- **Sand** till ca 2–4 m djup
- **Berg**

**Sanden** beskrivs som siltig. Vattenkvoten varierar mellan ca 21–32 %. Tjälfarlighetsklassen har bedömts till klass 2 och materialtyp har bedömts till 3B.

Vid borrhälsnivå NC14 närmast ån består jordlagerföljden översiktligt av:

- **Mulljord** till ca 0,5 m djup
- **Torrskorpelera** till ca 2 m djup
- **Lera** till ca 4–5 m djup
- **Friktionsjord**
- **Berg**

**Torrskorpeleran** beskrivs som siltig innehållande siltkörtlar. Vattenkvoten varierar mellan ca 24–28 %. Tjälfarlighetsklassen har bedömts till klass 4 och materialtyp har bedömts till 5A.

**Leran** har en vattenkvot på ca 28 % och en konflytgräns på ca 40 %.

*Det kan noteras att utförda undersökningar generellt visar att jorddjupen är grundare än vad som anges i SGUs jordartskarta.*

#### 6.5.4 Geohydrologi

Enligt mätningar i grundvattenrör i borrhälsnivå NC14 ligger grundvattenytan ca 1,4–3,2 m under markytan.

Att värdena varierar skulle kunna bero på att det var mycket torrt i maj 2023 när första mätningen utfördes och hade regnat under en längre period när andra mätningen utfördes i augusti 2023.

## 7 Stabilitet

### 7.1 Allmänt

Stabiliteten har kontrollerats i de olika delområdena.

Beräkningarna har utförts med totalstabilitetsmetoden i programmet Slope/W, GeoStudio 2023.1.0 i odränerad och kombinerad analys med beräkningsmetod Morgenstern-Price. Beräkningarna är gjorda med avseende på cirkulär cylindriska glidytor.

För att ett område ska klassas som stabilt för planläggning enligt IEG:s Rapport 4:2010 "Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar" erfordras att erhållen säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott ska uppnå  $F_c = 1,5 - 1,7$  och  $F_{komb} = 1,4 - 1,5$  för en detaljerad utredning.

Val av erforderlig säkerhetsfaktor bedöms utifrån ett antal gynnsamma respektive ogynnsamma faktorer som beror på undersökningens omfattning och osäkerheter i beräkningsantagandena. I nedanstående punkter redovisas ett urval av ogynnsamma respektive gynnsamma faktorer som har beaktats vid val av lägsta godtagbara säkerhetsfaktor.

- Ogynnsamma faktorer: Högsensitiv/kvick lera närmast bergytan i delområde 1. Stor spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper.
- Gynnsamma faktorer: Begränsad utbredning av skredrisk för bakåt eller framåtgripande skred. Samtidigt valda ogynnsamma värden för materialparametrar, laster och grundvattenförhållanden.

Med anledning av ovanstående faktorer bedöms att  $F_c$  och  $F_{komb}$  bör ligga i den mellersta delen av det angivna spannet där inte kvicklera förekommer, således har lägst godtagbara säkerhetsfaktorer för beräkningarna valts till  $F_c = 1,6$  och  $F_{komb} = 1,45$ . I områden där kvicklera förekommer bedöms att  $F_c$  och  $F_{komb}$  ska ligga i den övre delen av det angivna spannet, således har lägst godtagbara säkerhetsfaktorer för beräkningarna valts till  $F_c = 1,7$  och  $F_{komb} = 1,5$ .

### 7.2 Laster

De delar av sektionerna där vägar anläggs har en karakteristisk ytlast för vägtrafik satts till 20 kPa.

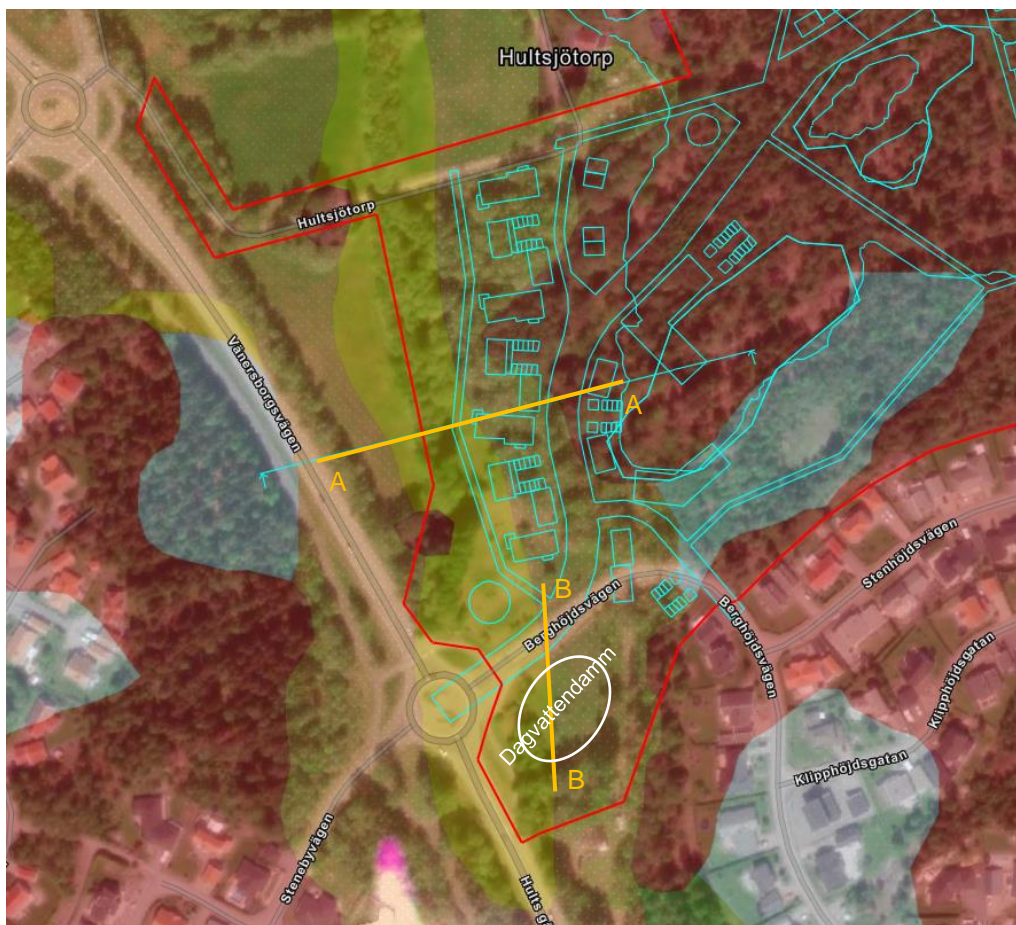
I sektioner som passerar genom lägen där hus planeras att byggas har en last på 20 kPa ansatts. Den lasten antas ungefär motsvara lasten från ett hus i två plan.

Samtliga beräknade tillskottslaster utgår från primärkartans marknivåer.

### 7.3 Delområde 1

#### 7.3.1 Beräkningssektioner

Beräkningssektioner (A-A) i orange färg enligt figur nedan har studerats.



Figur 6 – Beräknad stabilitetsektioner i delområde 1.

Stabilitetsberäkning för framtida förhållanden redovisar följande:

Sektion A – Infartsväg till området, blivande vägbank ca 4 m från markytan. Huskroppar 3–4 våningar i slänt mot infartsvägen, antas på grundläggas i beräkningarna. Icke marklovspliktig last redovisas ej väster om vägen då den verkar mothållande.

Sektion B – Blivande dagvattendamm vid Berghöjdsvägen. Dagvattendammen anläggs med släntlutning 1:5.

### 7.3.2 Förutsättningar/Indata

Följande parametrar har använts som indata i beräknade sektioner.

Tabell 1 - Karakteristiska värden för materialparametrar för delområde 1.

Material	Karakteristiskt värde	Tunghet [kN/m <sup>3</sup> ]
Krossmaterial	$\phi' = 38^\circ$	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_k = 13 \text{ kN/m}^3$
Skumglas	$\phi' = 42^\circ$	$\gamma_k = 4 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_k = 1 \text{ kN/m}^3$
Sand	$\phi' = 28^\circ$	$\gamma_k = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$
Lera	<u>Odränerad:</u> $C_{u,korr} = 22 \text{ kPa}$  <u>Dränerad:</u> $c' = 0,1 * C_{u,korr}$ $\phi' = 30^\circ$	$\gamma_k = 19,5 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_k = 9,5 \text{ kN/m}^3$
Friktionsmaterial	$\phi' = 35^\circ$	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_k = 12 \text{ kN/m}^3$

Sammanställning av korrigerad odränerad skjuvhållfasthet tillsammans med vald skjuvhållfasthet redovisas i Bilaga 1:1.

### 7.3.3 Resultat

I Tabell 2 redovisas resultat för de beräknade sektionerna.

Tabell 2 – Beräkningsresultat delområde 1.

Sektion	Analys	Skede	Lägsta säkerhetsfaktor	Erforderlig säkerhetsfaktor
A	$F_{komb}$	Befintliga förhållanden	2,02	1,50
A	$F_C$	Befintliga förhållanden	2,14	1,70
A	$F_{komb}$	Framtida förhållanden	1,54	1,50
A	$F_C$	Framtida förhållanden	1,27	1,70
A	$F_{komb}$	Framtida förhållanden - Skumglas	1,90	1,50
A	$F_C$	Framtida förhållanden - Skumglas	1,71	1,70
B	$F_{komb}$	Framtida förhållanden	2,17	1,50
B	$F_C$	Framtida förhållanden	1,70	1,70

I sektion A har en last motsvarande hus i två våningsplan väster om den planerade vägen exkluderats i beräkningarna gjorda för framtida förhållanden. Anledningen till det är att den hade verkat mothållande, vilket hade genererat en högre säkerhetsfaktor.

I sektion B redovisas inga beräkningar i befintliga förhållanden. Bakgrunden till det är att inga stabilitetsproblem förväntas föreligga innan dammen anläggs då sektionen i stort sett är helt flack.

Beräknade sektioner inom delområde 1 redovisas i Bilaga 2:1 – 2:8.

## 7.4 Delområde 2

### 7.4.1 Beräkningssektioner

Beräkningssektion (C) i orange färg enligt Figur 7 nedan har beräknats.



Figur 7 – Beräknad stabilitetsektion i delområde 2.

Stabilitetsberäkning redovisar följande:

Sektion C – Analyserats med avseende på stabilitet då SGUs karta "Förutsättningar för skred i finkornig jordart" visar att området mot Hultsjön är ett skredriskområde.

## 7.4.2 Förutsättningar/Indata

Följande parametrar har använts som indata i den beräknade sektionen.

Tabell 3 - Karakteristiska värden för materialparametrar för delområde 2.

Material	Karakteristiskt värde	Tunghet [kN/m <sup>3</sup> ]
Sand	$\phi' = 28^\circ$	$\gamma_k = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_{k'} = 10 \text{ kN/m}^3$
Lera	<u>Odränerad:</u> Nivå +74 - +65: $C_{u,korr} = 25 \text{ kPa}$  Nivå <+65: $C_{u,korr} = 25 - 5 \cdot z \text{ kPa}$ , Där z avser djupet i meter under nivån +5  <u>Dränerad:</u> $c' = 0,1 \cdot C_{u,korr}$ $\phi' = 30^\circ$	$\gamma_k = 19,5 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_{k'} = 9,5 \text{ kN/m}^3$

Sammanställning av korrigerad odränerad skjuvhållfasthet tillsammans med vald skjuvhållfasthet redovisas i Bilaga 1:2.

## 7.4.3 Resultat

I Tabell 4 redovisas resultat för den beräknade sektionen.

Tabell 4 – Beräkningsresultat delområde 2.

Sektion	Analys	Skede	Lägsta säkerhetsfaktor	Erforderlig säkerhetsfaktor
C	$F_{komb}$	Framtida förhållanden	2,33	1,45
C	$F_C$	Framtida förhållanden	2,39	1,60

Beräknade sektioner inom delområde 2 redovisas i Bilaga 3:1 – 3:2.

## 7.5 Delområde 3

I delområde 3 går berg i dagen till stor del. Där berg ej går i dagen är djup till berg/fast botten grunda. Inom delområdet bedöms inga stabilitetsproblem föreligga.

## 7.6 Delområde 4

### 7.6.1 Beräkningssektioner

Beräkningssektion (D) enligt Figur 8 nedan har studerats.



Figur 8 – Beräknad stabilitetsektion i delområde 4. Preliminär redovisning av detaljplanens utbredning redovisas i röd markering.

Stabilitetsberäkning för framtida förhållanden redovisar följande:

Sektion D – Blivande bullervall mot väg E44 samt dagvattendammar i anslutning till blivande bostadsbebyggelse, 1–2 våningar.

## 7.6.2 Förutsättningar

Följande parametrar har använts som indata i den beräknade sektionen.

Tabell 5 - Karakteristiska värden för materialparametrar för delområde 4.

Material	Karakteristiskt värde	Tunghet [kN/m <sup>3</sup> ]
Krossmaterial	$\phi' = 38^\circ$	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_{k} = 13 \text{ kN/m}^3$
Sand	$\phi' = 28^\circ$	$\gamma_k = 18 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_{k} = 10 \text{ kN/m}^3$
Lera	<u>Odränerad:</u> Nivå +61 - +59,5: $C_{u,korr} = 100 - 58,67 * z \text{ kPa}$  Där z avser djupet i meter under nivån +61.  Nivå +59,5 - +58,0: $C_{u,korr} = 12 \text{ kPa}$  <u>Dränerad:</u> $c' = 0,1 * C_{u,korr}$ $\phi' = 30^\circ$	$\gamma_k = 19,5 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_{k} = 9,5 \text{ kN/m}^3$
Friktionsmaterial	$\phi' = 35^\circ$	$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_{k} = 12 \text{ kN/m}^3$

Sammanställning av korrigerad odränerad skjuvhållfasthet tillsammans med vald skjuvhållfasthet redovisas i Bilaga 1:3

## 7.6.3 Resultat

I Tabell 6 redovisas resultat för den beräknade sektionen.

Tabell 6 - Beräkningsresultat delområde 4.

Sektion	Analys	Skede	Glidytans riktning	Lägsta säkerhetsfaktor	Erforderlig säkerhetsfaktor
D	$F_{komb}$	Framtida förhållanden	Vänster - höger	1,65	1,45
D	$F_c$	Framtida förhållanden	Höger - vänster	1,65	1,60
D	$F_{komb}$	Framtida förhållanden	Vänster - höger	1,68	1,45
D	$F_c$	Framtida förhållanden	Höger - vänster	1,68	1,60

I sektion D redovisas inga beräkningar i befintliga förhållanden. Bakgrunden till det är att inga stabilitetsproblem förväntas föreligga innan dammen anläggs.

Beräknade sektioner inom delområde 4 redovisas i Bilaga 4:1 – 4:4.



## 8 Sättningar

I delområde 1 varierar jorddjupen från berg i dagen till ca 14 m jorddjup. Utförda undersökningar tyder på en viss överkonsolidering i området. Även om en överkonsolidering förekommer rekommenderas preliminärt pågrundläggning vid anläggande av byggnader för att undvika differenssättningar då jorddjupen varierar samt att jordmaterialet ej är homogent.

I delområde 2–4 anläggs vägar och kvartersmark antingen på berg i dagen eller tunnare jordtäcke. För att undvika sättningar samt erhålla en jämn sättning över planerad byggnation kan utskiftning av muljord samt lera erfordras i de områden där det förekommer. Utvecklande av sättningar som följd av byggnation på de tunnare jordlagren bestående av sand bedöms som mindre, momentana och ej tidsberoende. Samtliga torvområden är ej lämpligt för grundläggning och bör i den omfattning som krävs skiftas ut mot friktionsmaterial. Generellt bör bebyggelse inte utföras utan närmare undersökning av de lokala grundläggningsförhållandena.

## 9 Slutsats / Geotekniska anvisningar för detaljplanen inför samråd

För att beskriva de geotekniska förhållandena inom detaljplanen, har en indelning utförts i följande delområden 1–4.



Figur 10 - Detaljplaneområdets indelning i delområden preliminärt.

## 9.1 Delområde 1

### 9.1.1 Befintliga förhållanden

I delområde 1 visar SGUs karta "Förutsättningar för skred i finkornig jordart" att det kan finnas risk för skred. Utförda fältundersökningar visar att det finns kvicklera i området. Bäckens som rinner genom området i sydlig riktning, har ej utretts för eventuell pågående erosion. Stabilitetsberäkningar har utförts i 2 sektioner som visar att området är stabilt för befintliga förhållanden. Stabilitetsberäkningar baseras på utförda fältundersökningar samt inmätning av berg i dagen.

### 9.1.2 Framtida förhållanden

En infartsväg till detaljplaneområdet går in i delområde 1 från Berghöjdsvägen. Infartsvägen kommer att anläggas på bank, med en höjd som maximalt uppgår till 4 m ovan befintliga marknivåer. Stabilitetsberäkningar för framtida förhållanden visar att lägsta erforderliga säkerhetsfaktor ej uppfylls utan förstärkningsåtgärder. Infartsvägen kommer att behöva förstärkas, antingen genom utskiftning till bergnivå/fast botten eller genom lättfyllnad i slänten mot lerområdet väster om vägen. Planerade bostäder öster om infartsvägen kommer grundläggas på berg alternativt tunnare jordtäckte av morän. Planerade bostäder väster om infartsvägen kommer anläggas, i huskroppar om 3–4 våningar, på sandig lerig silt med ett varierande jorddjup <14 m. Med hänsyn till både stabilitets- och sättningsförhållanden bör dessa huskroppar pågrundläggas. En dagvattendamm kommer anläggas söder om infartsvägen, dammen kommer vara ca 2 m djup och utföras med en släntlutning på 1:5. Utförda stabilitetsberäkningar visar att dagvattendammen kan anläggas.

### 9.1.3 Anvisningar för samråd

Området innehåller kvicklera som är känsligt för all typ av störning av jorden. Förutsättningarna ska beaktas för all byggnation i området. Den detaljerade utredningen visar att det är en stor variation i indata samt att förstärkningsåtgärder erfordras, därav rekommenderas fortsatt geoteknisk utredning med kompletterande fältundersökningar.

## 9.2 Delområde 2

### 9.2.1 Befintliga förhållanden

Vid Hultsjön har delområde 2 analyserats med avseende på stabilitet då SGUs karta "Förutsättningar för skred i finkornig jordart" visar att området kan vara ett möjligt skredriskområde. Området med skredrisk enligt SGUs karta ligger egentligen utanför detaljplaneområdet men har analyserats då det angränsar och skulle kunna påverka detaljplanen. Utförda fältundersökningar samt stabilitetsberäkningar visar att området inom detaljplanen är stabilt för befintliga förhållanden. Osäkerheter finns gällande Hultsjöns undervattensslänter samt geometrin i strandzonen (vilket ligger utanför detaljplanen). Utefter Hultsjön rekommenderas även en okulärbesiktning utföras för att förtydliga gräns mellan fastmark och eventuell lera.

### 9.2.2 Framtida förhållanden

Utförda fältundersökningar samt stabilitetsberäkningar visar att området är stabilt för framtida förhållanden.

### 9.2.3 Anvisningar för samråd

Planerade bostäder kommer anläggas direkt på berg eller i område med tunt jordtäckte. Massutskiftning till friktionsmaterial inom respektive fastighet kan krävas för grundläggning.

Området inom detaljplanen kan belastas med 20 kPa.

## 9.3 Delområde 3

### 9.3.1 Befintliga förhållanden

Delområde 3 täcker en större del av detaljplaneområdet och består mestadels av berg. I dalgångarna i norra delarna av området finns ett tunnare jordtäckte med ca 1–3 m mäktighet. Jordtäcktet består av torrskorpelera eller sand ovan friktionsjord. Baserat på utförda undersökningar samt terränglutning i sektioner A, B och D [Se MUR, underlag rubrik 3] har området bedömts som stabilt för befintliga förhållanden. Sektion A, B och D har en terränglutning som är mindre än 1:10.

Inom delområde 3 har totalt 4 områden med kärrtorv identifierats.

### 9.3.2 Framtida förhållanden

Framtida bebyggelse planeras anläggas i befintlig marknivå.

Områden med torv har sticksonderats och djup redovisas i Markteknisk undersökningsrapport [rubrik 3]. Djupen inom dessa områden med kärrtorv varierar och når maximalt ca 2 m djup. Samtliga områden ansluter till berg eller har mycket begränsat djup. Utskiftning av material kan ske genom schakt och fyll utan att påverka områdets stabilitet.

### 9.3.3 Anvisningar för samråd

Byggnader om 1–2 våningar planeras inom delområde 3. Planerade bostäder kommer anläggas direkt på berg eller i område med tunt jordtäckte. Massutskiftning till friktionsmaterial inom respektive fastighet kan krävas för grundläggning.

Området kan belastas med 20 kPa. Laster som placeras direkt på berg omfattas inte av lastrestriktionen.

## 9.4 Delområde 4

### 9.4.1 Befintliga förhållanden

Delområde 4 ligger på ett kalhygge och begränsas i öst av väg E45. I mitten av delområdet rinner en bäck i östlig riktning. Bäckens som rinner genom området har ej utretts för eventuell pågående erosion. Marken i området sluttar ner mot bäcken. Enligt utförda markundersökningar består jordprofilen i huvudsak av sand, närmast bäcken består dock jordlagerföljden av lera. Sanden underlagras i den östra delen bitvis av ett tunnare lager lera, ca 1 m. Jorddjupen varierar enligt utförda undersökningar mellan 0–4 m. Stabiliteten för befintliga förhållanden bedöms som tillfredställande.

### 9.4.2 Framtida förhållanden

Byggnader om 1–2 våningar planeras inom västra delarna av delområde 4. Planerade bostäder kommer anläggas direkt på berg eller i område med tunt jordtäckte. Massutskiftning till friktionsmaterial inom respektive fastighet kan krävas för grundläggning.

Delområde 4 ansluter i öst mot väg E45 där en bullervall ska anläggas. Bullervallen kommer att uppföras med varierande bredd och höjd. Planer finns på att utföra en bullervall med släntlutning 1:2 och höjder upp till ca 5 m. Stabilitetsberäkningar har utförts för bullervallen som visar att det är möjligt att anlägga den i planlagt läge. Dock krävs ytterligare geotekniska undersökningar samt stabilitetsberäkningar för att kontrollera förhållandena längsmed den ca 600 m långa sträckan för en bullervall med höjder upp till 5 m.

Två dagvattendammar kommer anläggas mitt i området, dammarna kommer vara ca 2 m djupa och utföras med en släntlutning på 1:5. Utförd stabilitetsberäkning har utförts i den värsta sektionen och analyserar framtida byggnation samt dagvattendamm. Beräkningarna visar att dammarna kan anläggas.

### 9.4.3 Anvisningar för samråd

Planerade bostäder kommer anläggas direkt på berg eller i område med tunt jordtäckte. Massutskiftning till friktionsmaterial inom respektive fastighet kan krävas för grundläggning.

Området kan belastas med icke marklovspliktig last (10 kPa). I det fall en bullervall av jord planeras med laster som överstiger marklovspliktig last behöver detta kontrolleras.

Området inom detaljplanen där byggnader planeras kan belastas med 20 kPa.

## 10 Rekommendationer

Följande rekommendationer behöver utföras under detaljplaneskedet.


För delområde 1 rekommenderas fortsatt geoteknisk utredning med kompletterande fältundersökningar.

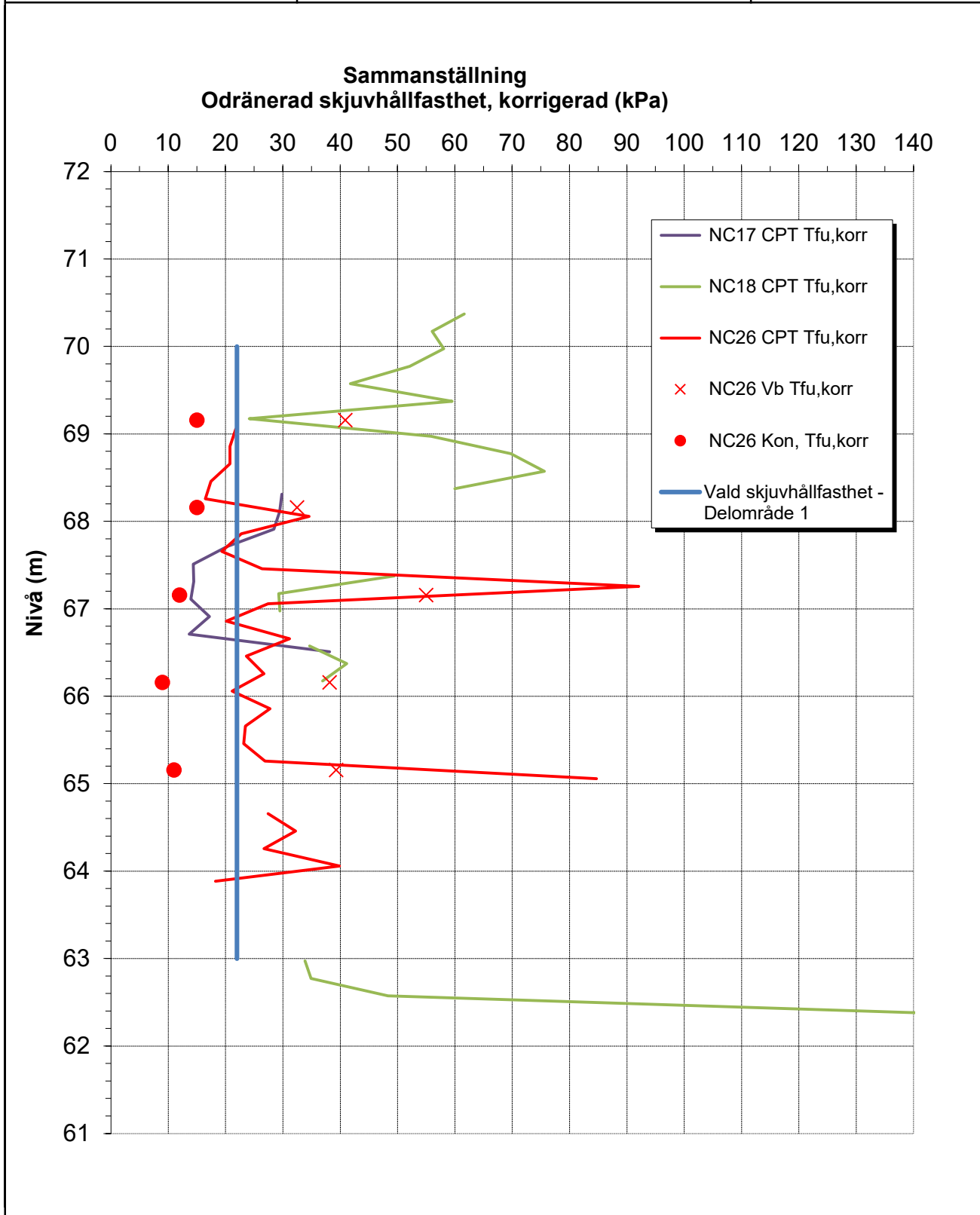
Undervattenslänt vid Hultsjön i delområde 2 bör klarläggas.


De delar av bullervallen som planeras anläggas på fast mark kan anläggas utan vidare undersökning. För de delar av bullervallen som kan komma att anläggas på jord bestående av kohesionsjord med laster som överstiger marklovspiktig last (10 kPa) krävs ytterligare undersökningar samt stabilitetsberäkningar.

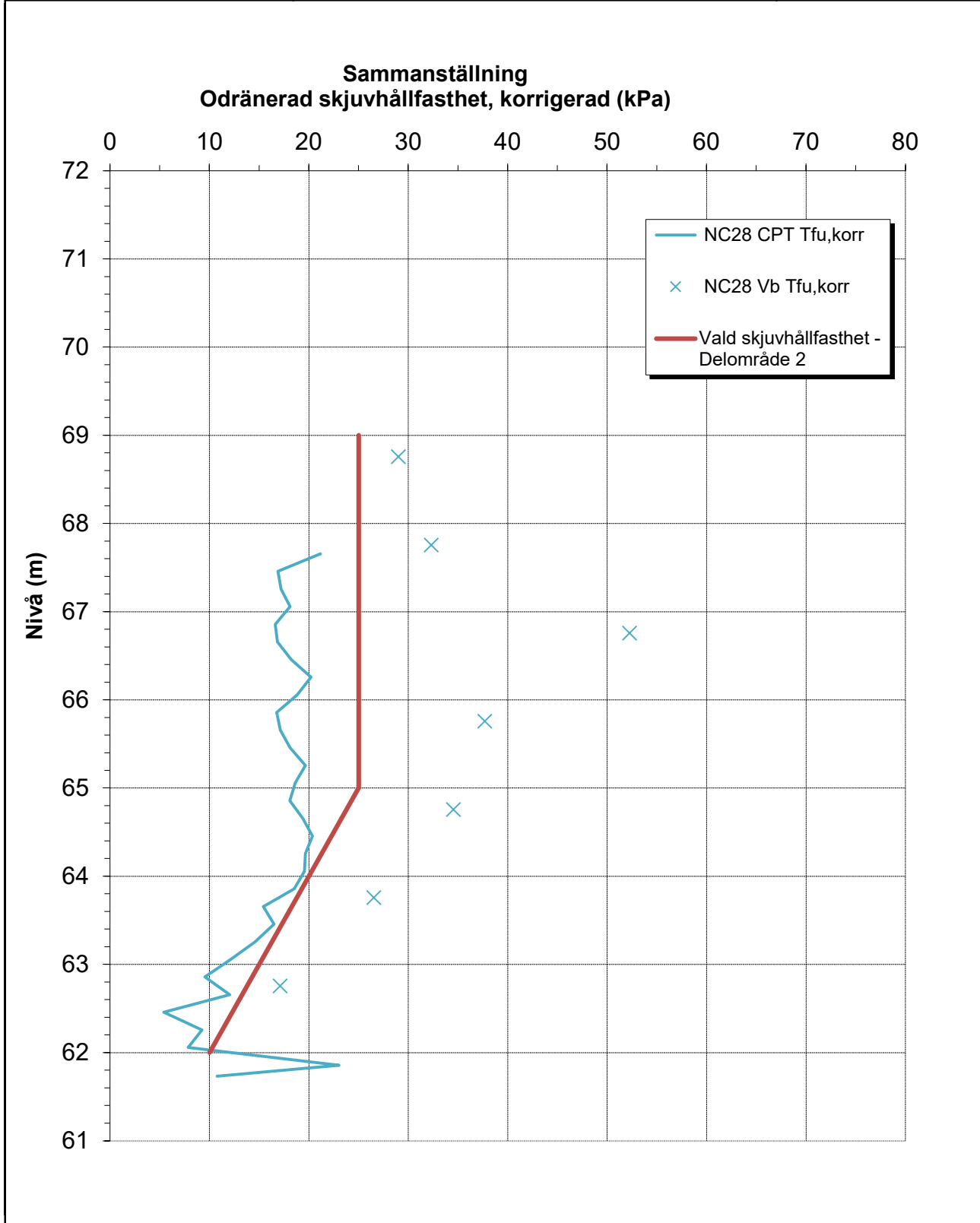
Bäck inom område 1 och 4 bör kontrolleras för pågående erosion.


Fastmarksgräns inom delområde 1 och 2 bör klarläggas.

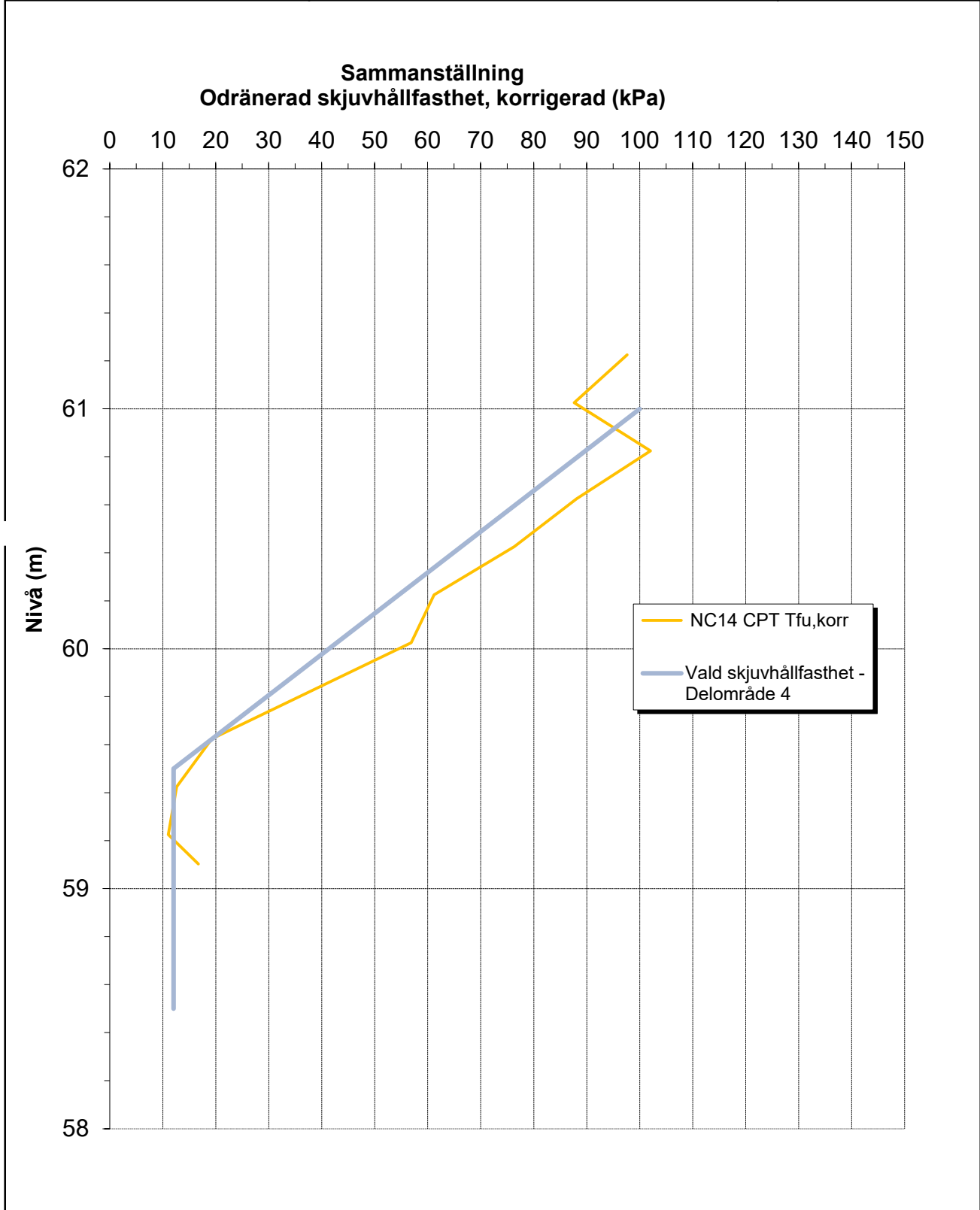
<p><b>Norconsult</b> </p> <p>Norconsult AB                  Gammelstadsvägen 5D                  972 41 Luleå                  Tfn 0920-20 35 70  <a href="http://www.norconsult.se">www.norconsult.se</a></p>	<p>Härledda värden odränerad Skjuvhållfasthet</p>		<p>Datum 2023-09-15</p>
	<p>Uppdrag Hults Höjd - Delområde 1</p>		<p>Handläggare AW</p>
			<p>Uppdragsnummer 108 54 66</p>



<p><b>Norconsult</b> </p> <p>Norconsult AB                  Gammelstadsvägen 5D                  972 41 Luleå                  Tfn 0920-20 35 70  <a href="http://www.norconsult.se">www.norconsult.se</a></p>	<p>Härledda värden odränerad Skjuvhållfasthet</p>		Datum 2023-09-15
	<p>Uppdrag Hults Höjd - Delområde 2</p>		Handläggare AW
			Uppdragsnummer 108 54 66



<p><b>Norconsult</b> </p> <p>Norconsult AB                  Gammelstadsvägen 5D                  972 41 Luleå                  Tfn 0920-20 35 70  <a href="http://www.norconsult.se">www.norconsult.se</a></p>	<p>Härledda värden odränerad Skjuvhållfasthet</p>		Datum 2023-09-15
	<p>Uppdrag Hults Höjd - Delområde 4</p>		Handläggare AW
			Uppdragsnummer 108 54 66





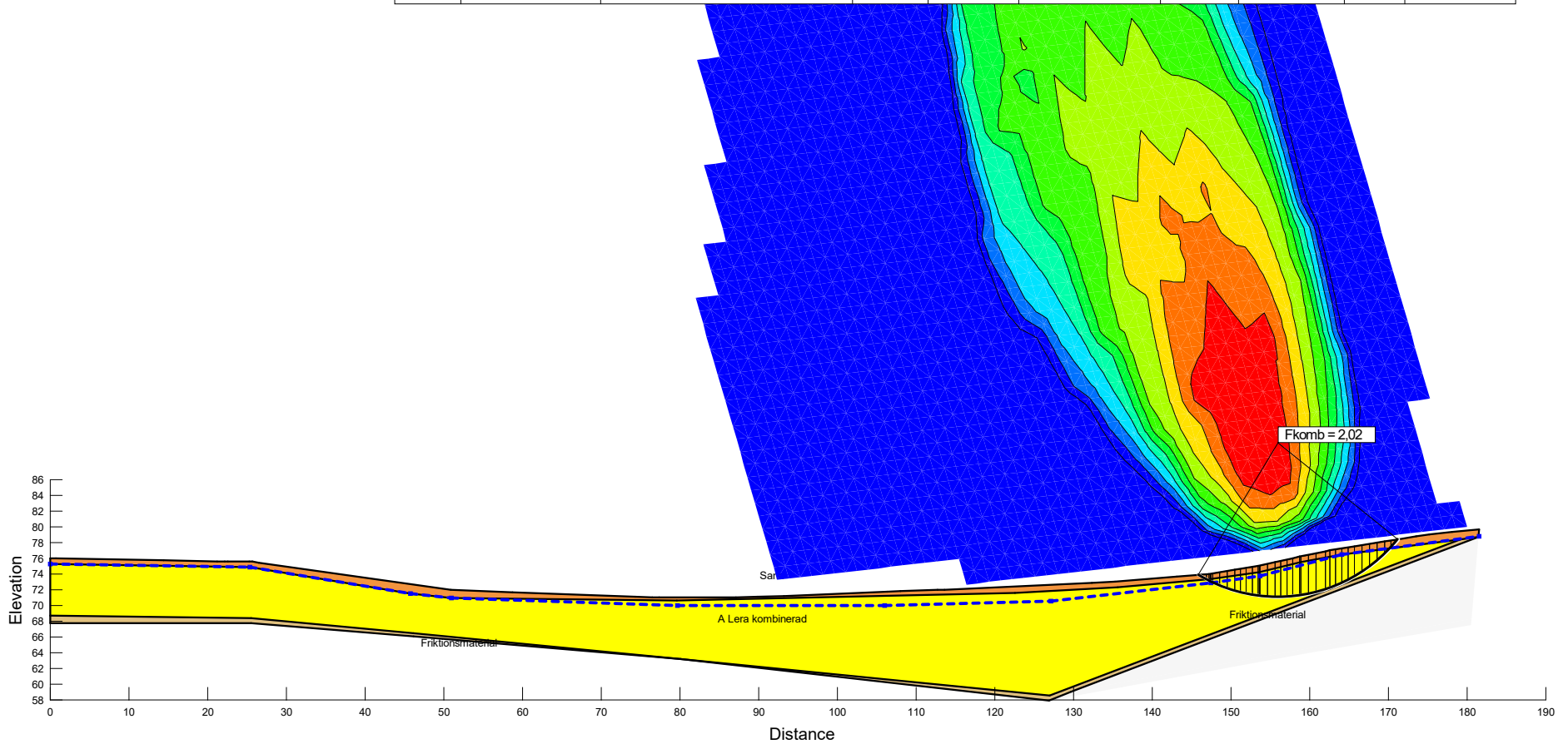


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 1  
Sektion A  
Kombinerad analys  
Befintiga förhållanden

Morgenstern-Price  
Minsta glidytdjup: 0,1m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C/Cu Ratio	Piezometric Surface
Yellow	A Lera kombinerad	Combined, S=f(depth)	19,5	30		22	0	0,1	1
Light Brown	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20				1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18				1



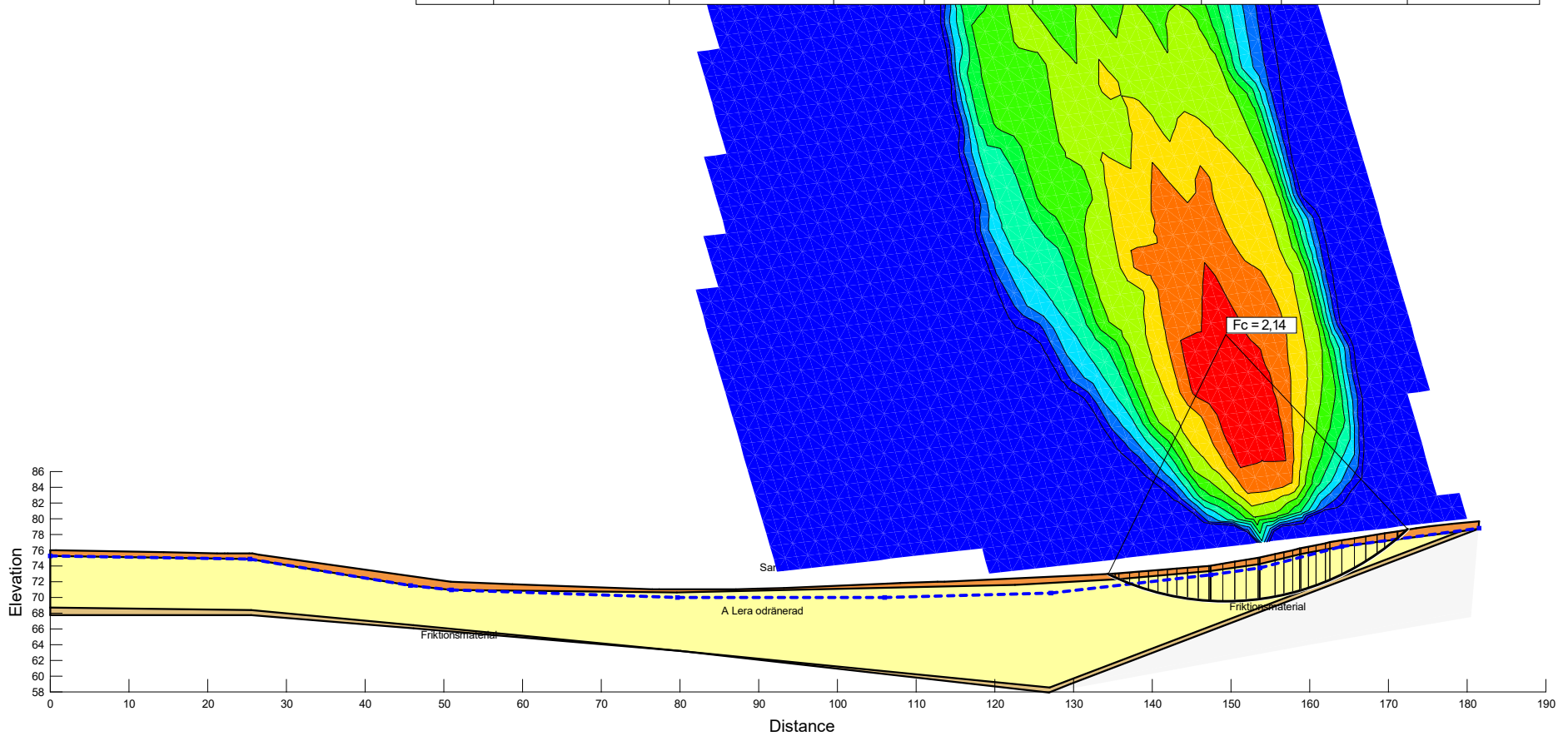


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 1  
Sektion A  
Odränerad analys  
Befintliga förhållanden

Morgenstern-Price  
Minsta glidytedjup: 0,1m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Piezometric Surface
Yellow	A Lera odränerad	S=f(depth)	19,5			22	0	1
Brown	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20			1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18			1



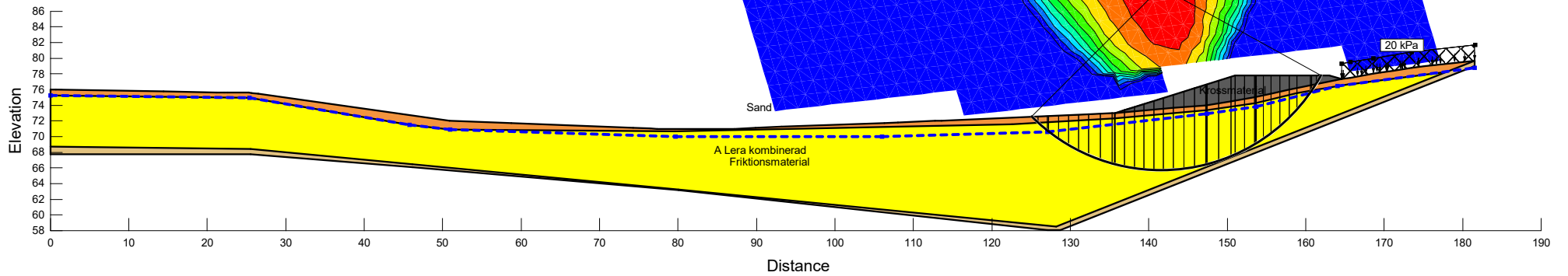


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 1  
Sektion A  
Kombinerad analys  
Framtida förhållanden

Morgenstem-Price  
Minsta glidytedjup: 0,1m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Piezometric Surface
Yellow	A Lera kombinerad	Combined, S=f(depth)	19,5	30		22	0	0,1	1
Light Brown	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20				1
Dark Grey	Krossmaterial	Mohr-Coulomb	23	38	13				1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18				1



N:\108\54\1085466\5 Arbetsmaterial\03 Beräkningar\G\Stabilitet\  
Senast redigerad: 2023-10-18, 09:20:56  
Skapad av: Alexander Waerme

Skala (A4): 1:750

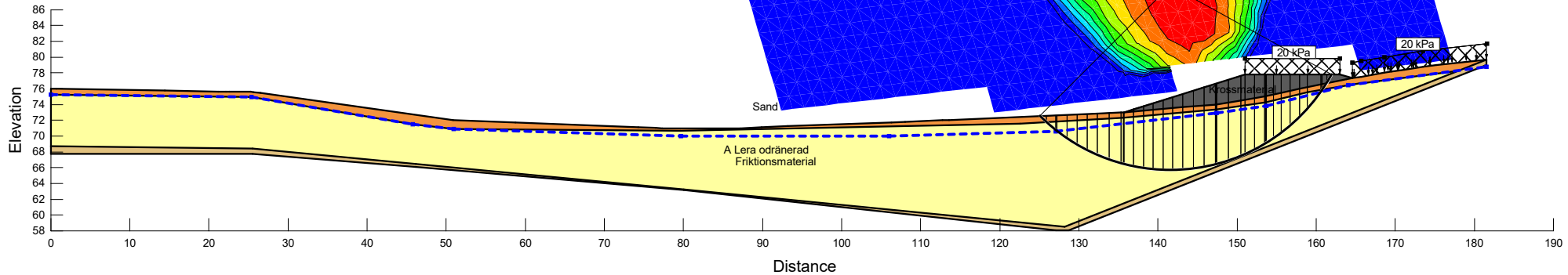
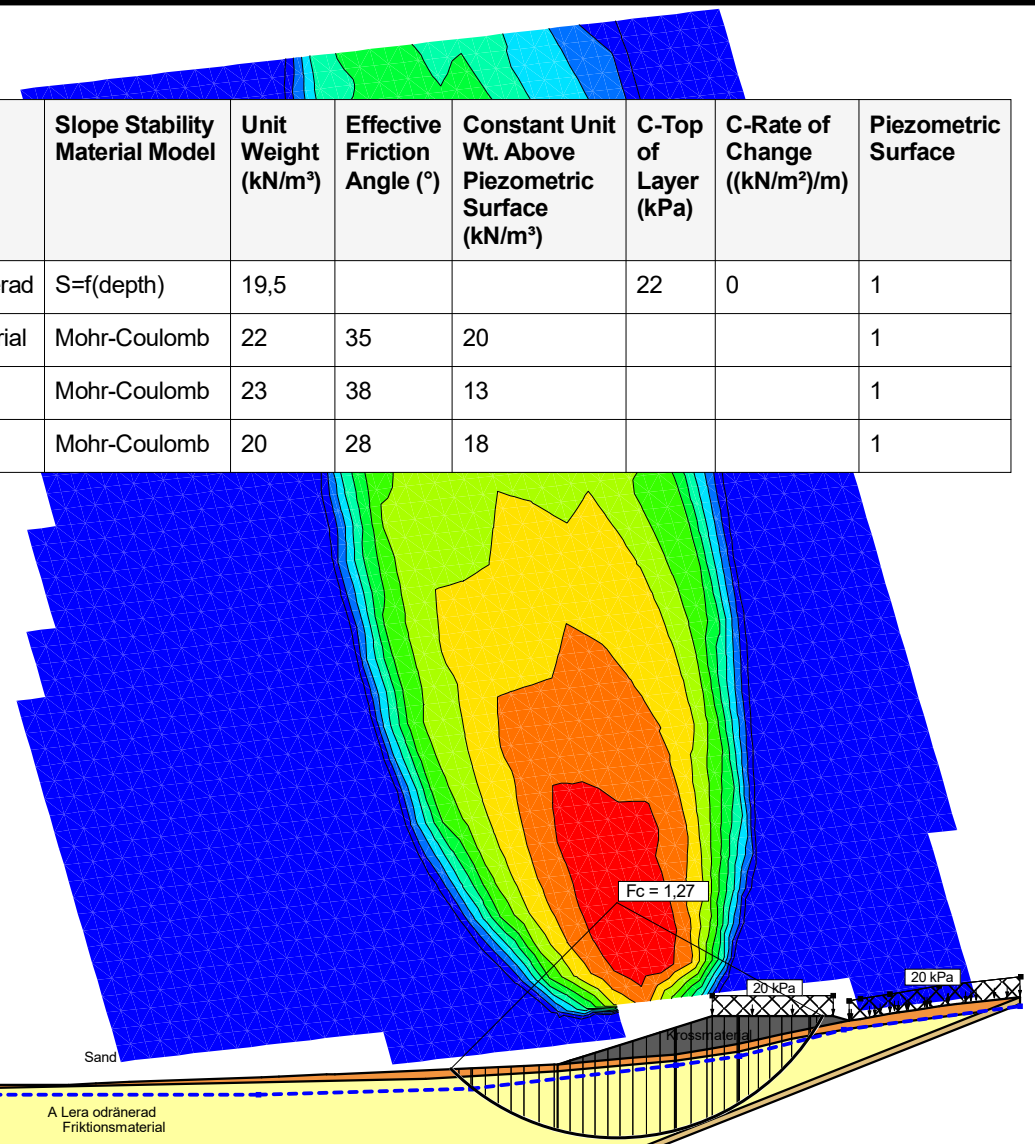


Uppdrag: Hults Höjd  
 Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 1  
 Sektion A  
 Odränerad analys  
 Framtida förhållanden

Morgenstern-Price  
 Minsta glidytedjup: 0,1m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Piezometric Surface
	A Lera odränerad	S=f(depth)	19,5			22	0	1
	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20			1
	Krossmaterial	Mohr-Coulomb	23	38	13			1
	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18			1



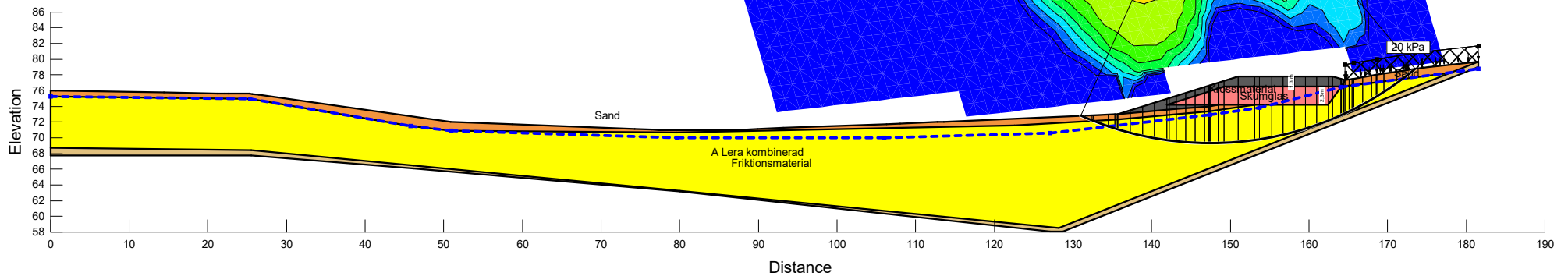


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 1  
Sektion A  
Kombinerad analys  
Framtida förhållanden - Skumglas

Morgenstern-Price  
Minsta glidytdjup: 0,1m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m²)	C-Top of Layer (kPa)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Piezometric Surface
Yellow	A Lera kombinerad	Combined, S=f(depth)	19,5	30		0	22	0	0,1	1
Tan	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20					1
Grey	Krossmaterial	Mohr-Coulomb	23	38	13					1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18					1
Red	Skumglas	Mohr-Coulomb	11	42	4					1



N:\108\54\1085466\5 Arbetsmaterial\03 Beräkningar\G\Stabilitet\  
Senast redigerad: 2023-10-18, 09:21:07  
Skapad av: Alexander Waerne

Skala (A4): 1:750

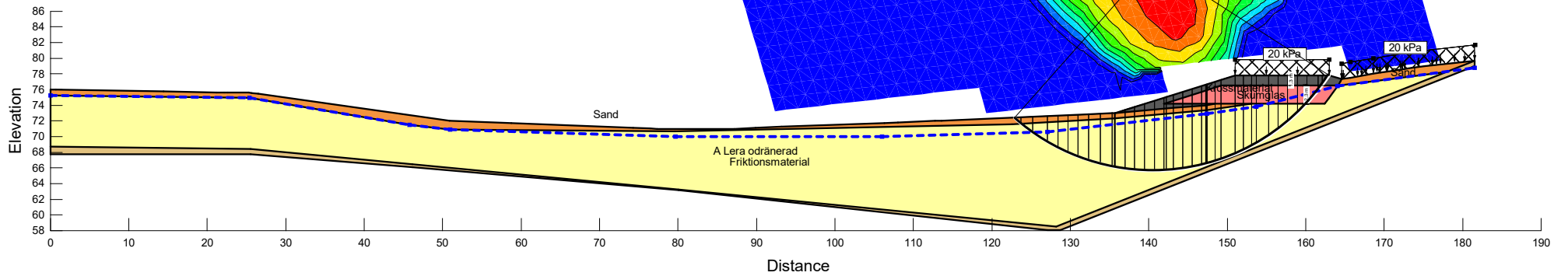


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 1  
Sektion A  
Odränerad analys  
Framtida förhållanden - Skumglas

Morgenstern-Price  
Minsta glidytedjup: 0,1m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C-Maximum (kPa)	Piezometric Surface
Yellow	A Lera odränerad	S=f(depth)	19,5			22	0	0	1
Tan	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20				1
Dark Grey	Krossmaterial	Mohr-Coulomb	23	38	13				1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18				1
Red	Skumglas	Mohr-Coulomb	11	42	4				1



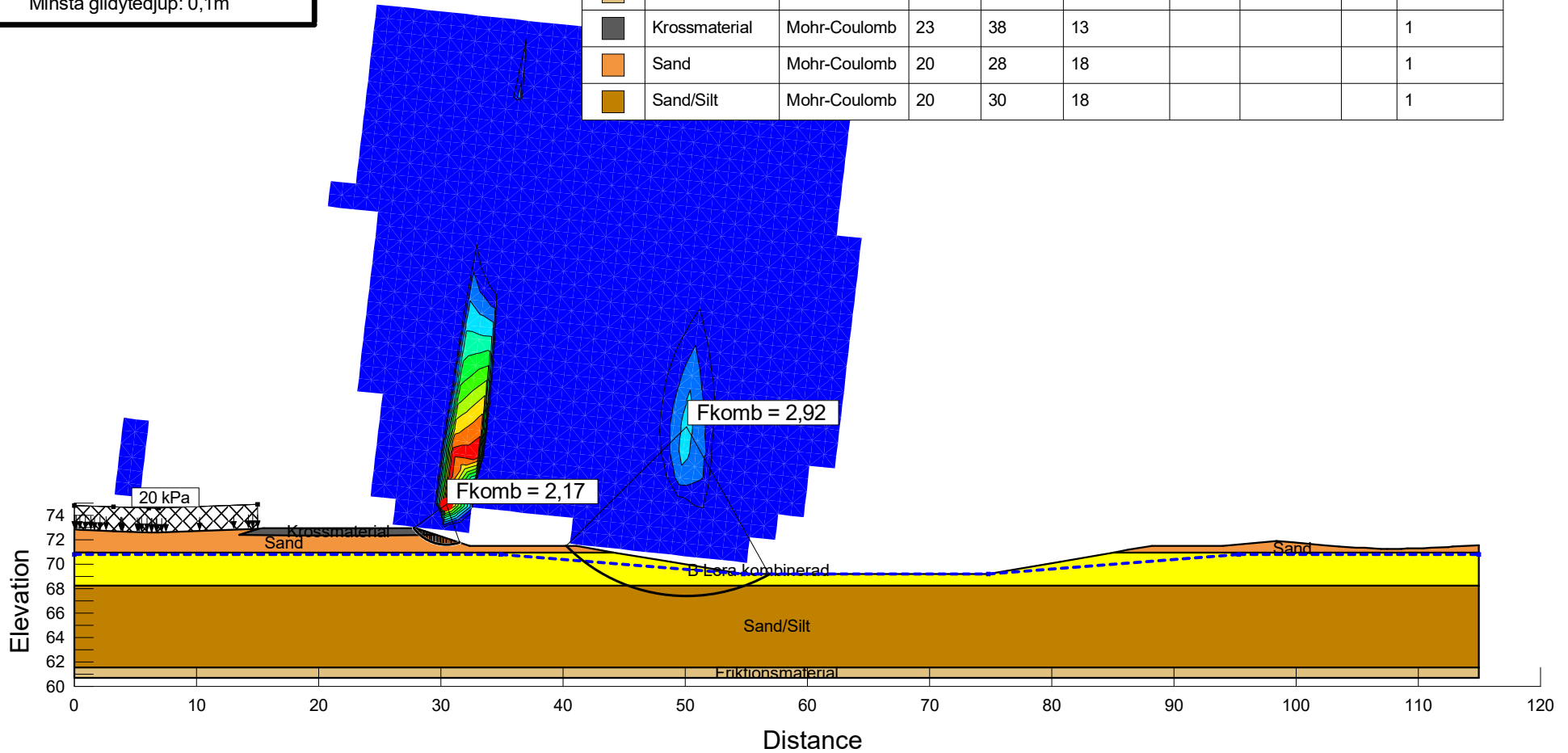


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 1  
Sektion B  
Kombinerad analys  
Framtida förhållanden

Morgenstern-Price  
Minsta glidytedjup: 0,1m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Piezometric Surface
Yellow	B Lera kombinerad	Combined, S=f(depth)	19,5	30		22	0	0,1	1
Light Brown	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20				1
Dark Grey	Krossmaterial	Mohr-Coulomb	23	38	13				1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18				1
Brown	Sand/Silt	Mohr-Coulomb	20	30	18				1



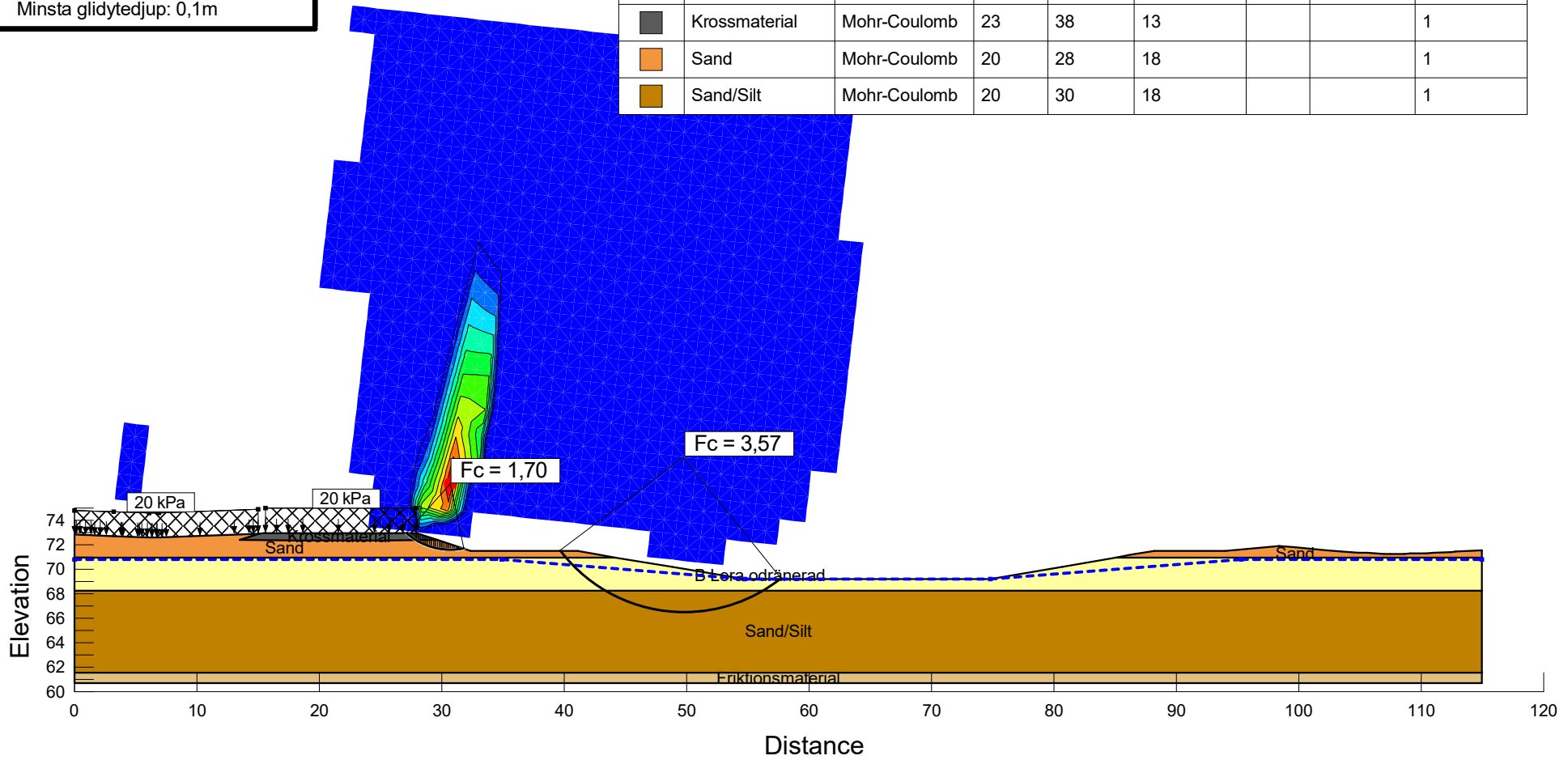


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 1  
Sektion B  
Odränerad analys  
Framtida förhållanden

Morgenstern-Price  
Minsta glidytedjup: 0,1m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Piezometric Surface
Yellow	B Lera odränerad	S=f(depth)	19,5			22	0	1
Light Brown	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20			1
Dark Grey	Krossmaterial	Mohr-Coulomb	23	38	13			1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18			1
Brown	Sand/Silt	Mohr-Coulomb	20	30	18			1





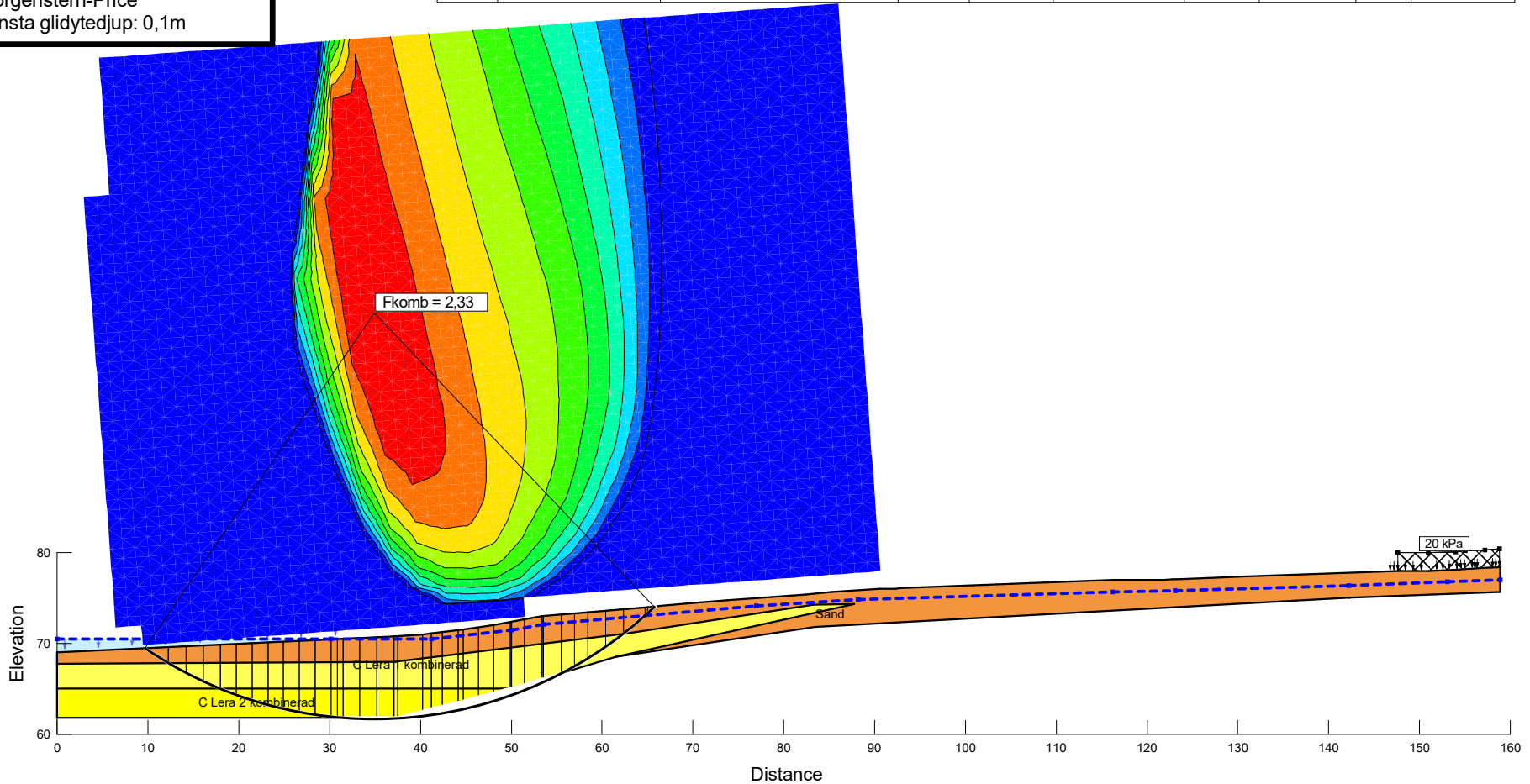


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 2  
Sektion C  
Kombinerad analys  
Framtida förhållanden

Morgenstern-Price  
Minsta glidytdjup: 0,1m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>2</sup> )	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C/Cu Ratio	Piezometric Surface
Light Yellow	C Lera 1 kombinerad	Combined, S=f(depth)	19,5	30		25	0	0,1	1
Yellow	C Lera 2 kombinerad	Combined, S=f(depth)	19,5	30		25	-5	0,1	1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18				1



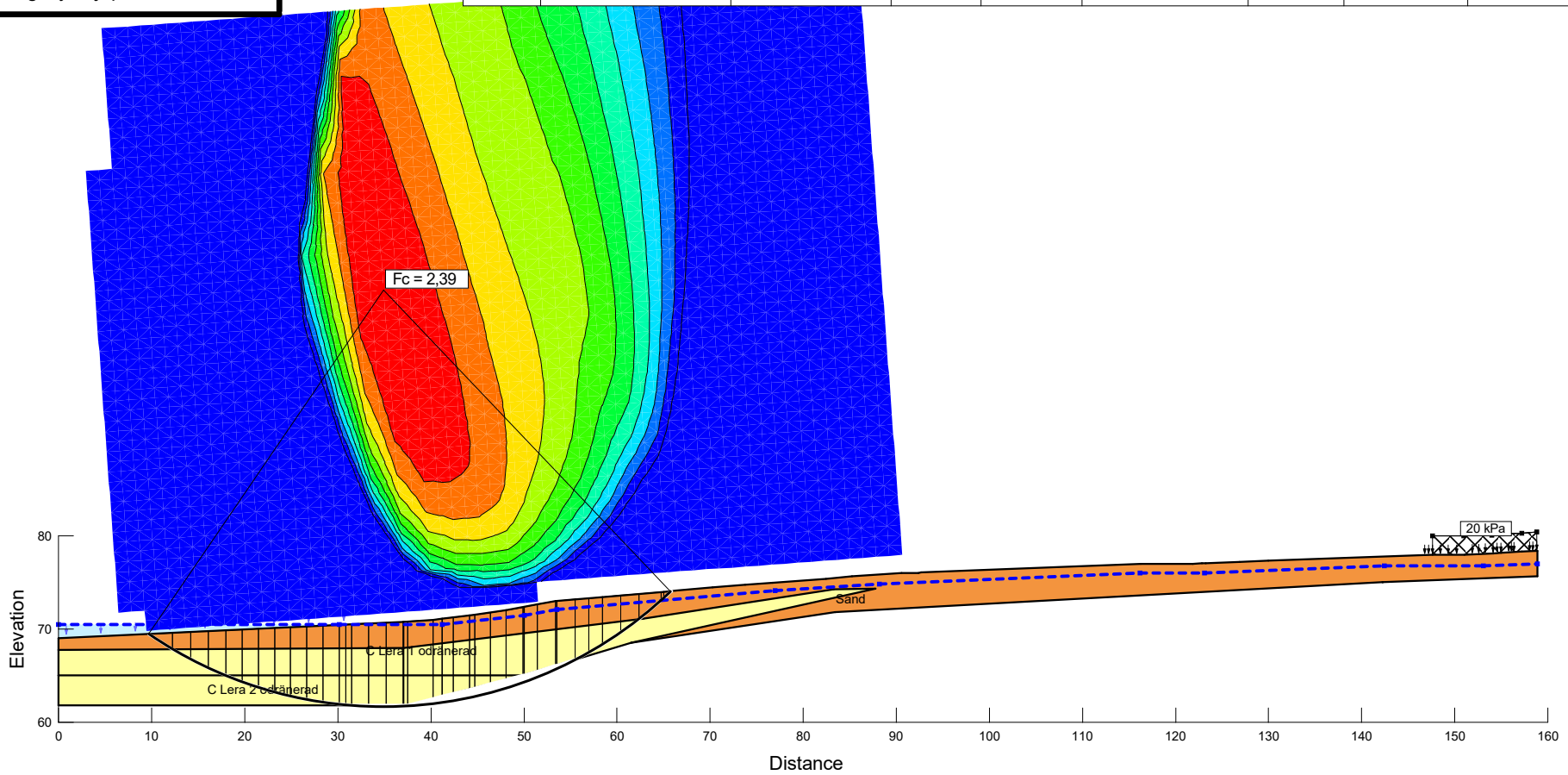


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 2  
Sektion C  
Odränerad analys  
Framtida förhållanden

Morgenstern-Price  
Minsta glidytedjup: 0,1m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Piezometric Surface
Light Yellow	C Lera 1 odränerad	S=f(depth)	19,5			25	0	1
Yellow	C Lera 2 odränerad	S=f(depth)	19,5			25	-5	1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18			1



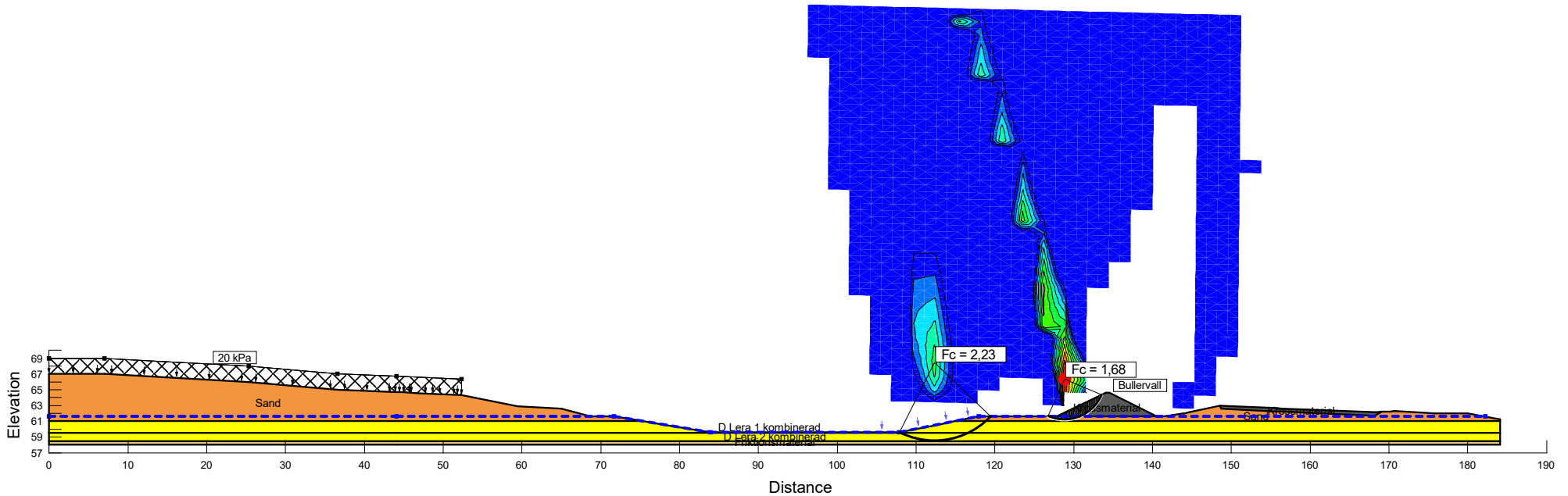


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 4  
Sektion D  
Kombinerad analys  
Framtida förhållanden - höger -> vänster

Morgenstern-Price  
Minsta glidytedjup: 1,0m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	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
Yellow	D Lera 1 kombinerad	Combined, S=f(depth)	19,5	30		0	0	100	-58,67	0,1
Yellow	D Lera 2 kombinerad	Combined, S=f(depth)	19,5	30		0	0	12	0	0,1
Light Brown	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20					
Dark Grey	Krossmaterial	Mohr-Coulomb	23	38	13					
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18					



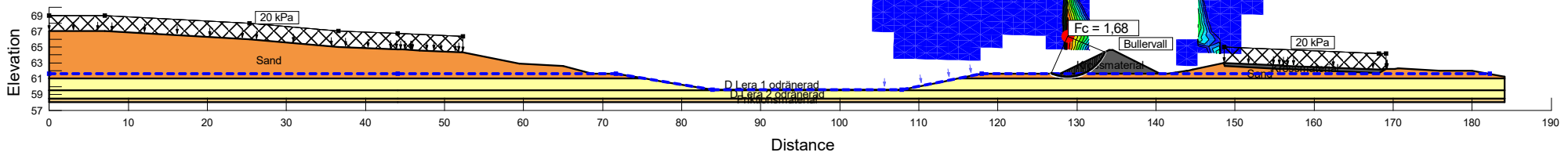
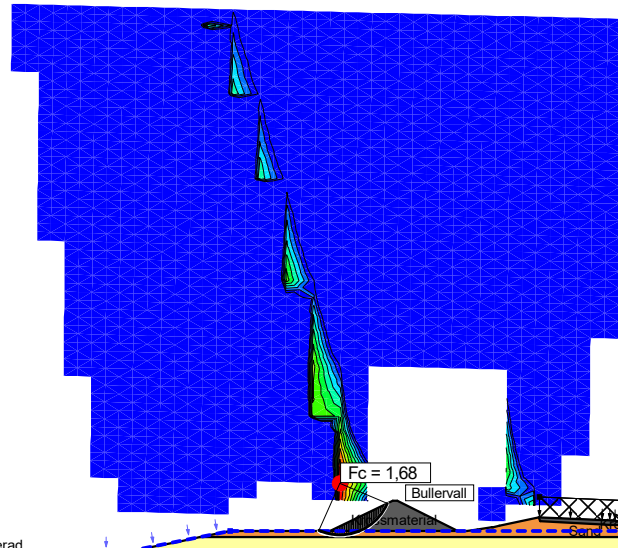


Uppdrag: Hults Höjd  
 Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 4  
 Sektion D  
 Odränerad analys  
 Framtida förhållanden - höger -> vänster

Morgenstern-Price  
 Minsta glidytedjup: 1,0m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Piezometric Surface
Yellow	D Lera 1 odränerad	S=f(depth)	19,5			100	-58,67	1
Yellow	D Lera 2 odränerad	S=f(depth)	19,5			12	0	1
Tan	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20			1
Dark Grey	Krossmaterial	Mohr-Coulomb	23	38	13			1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18			1



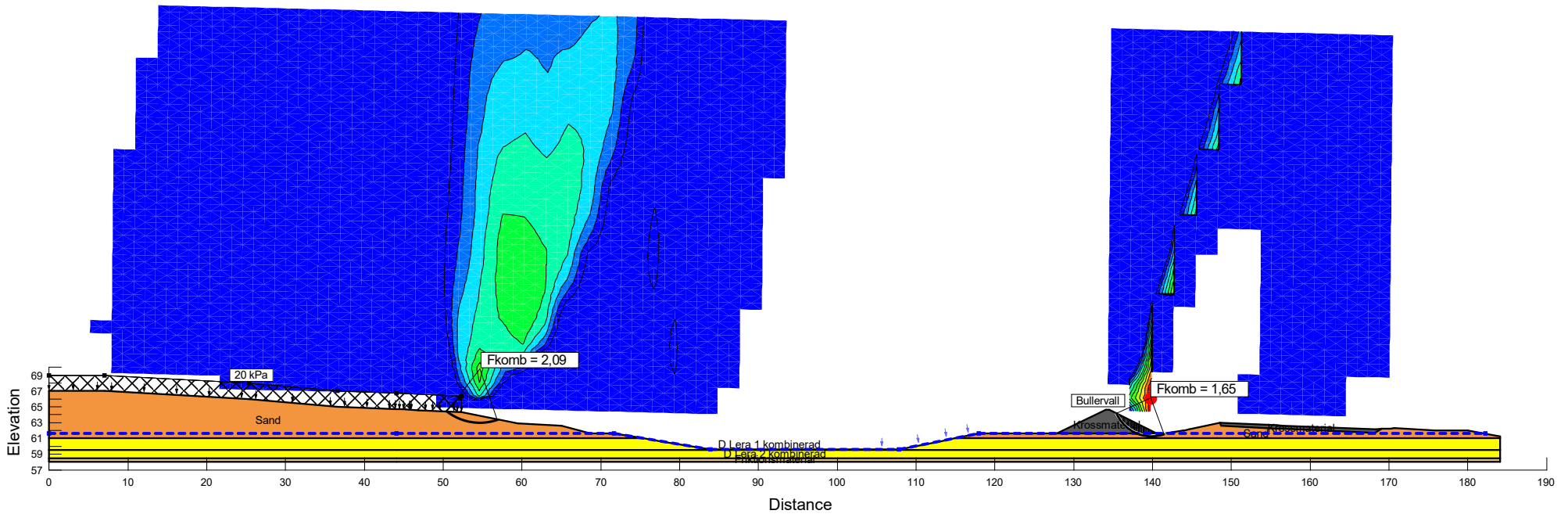


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 4  
Sektion D  
Kombinerad analys  
Framtida förhållanden - vänster -> höger

Morgenstern-Price  
Minsta glidytedjup: 1,0m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Piezometric Surface
Yellow	D Lera 1 kombinerad	Combined, S=f(depth)	19,5	30		100	-58,67	0,1	1
Yellow	D Lera 2 kombinerad	Combined, S=f(depth)	19,5	30		12	0	0,1	1
Tan	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20				1
Grey	Krossmaterial	Mohr-Coulomb	23	38	13				1
Orange	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18				1



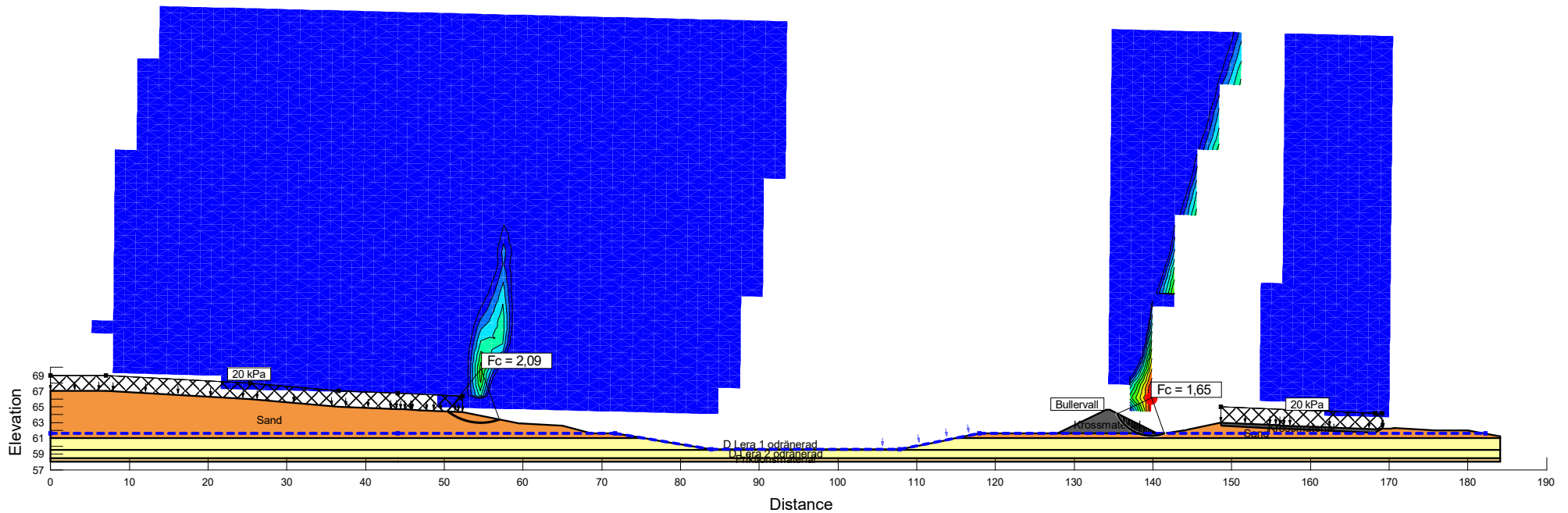


Uppdrag: Hults Höjd  
Uppdragsnummer: 1085466

Delområde 4  
Sektion D  
Odränerad analys  
Framtida förhållanden - vänster -> höger

Morgenstern-Price  
Minsta glidytedjup: 1,0m

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Piezometric Surface
	D Lera 1 odränerad	S=f(depth)	19,5			100	-58,67	1
	D Lera 2 odränerad	S=f(depth)	19,5			12	0	1
	Friktionsmaterial	Mohr-Coulomb	22	35	20			1
	Krossmaterial	Mohr-Coulomb	23	38	13			1
	Sand	Mohr-Coulomb	20	28	18			1



## Hults höjd detaljplan - Bergteknisk utredning

### Sammanfattning berg

Förekomsten av berg i dagen i området består till största delen av låga samt naturliga bergslänter, ca 1–3 m höga. Varierande topografi mellan träsk/våtmarksområden samt berg i dagen kan medföra höjdskillnader på ca 10–12 m. Slänterna förefaller inte branta utan är uppdelade i naturliga terrasser, vilket resulterar i en flackare lutning.

Bergarten kan beskrivas som röd till rödgrå medelkornig granitoid med 1–2 cm stora porfyroklastar av kalifältspat. Förekomsten av foliation i bergarten varierar inom området, med ingen tydlig foliation i de södra delarna till måttlig foliation i de centrala samt norra delarna.

Det föreligger inte någon risk för bergras och blocknedfall som kan påverka området för detaljplanen, inga åtgärder krävs under rådande förhållanden. Området kan i sin helhet bedömas som lågriskområde avseende radon i berggrunden samt jordluften. Uppförandet av planerade byggnader rekommenderas utföras radonskyddande enligt *Radonboken - nya byggnader (2019)*.

Vid eventuella framtida bergschaktning som utgör förändrade förutsättningar så rekommenderas en förnyad bedömning av bergmassans stabilitet. Innan eventuella sprängarbeten påbörjas i området skall en riskanalys upprättas avseende risk för omgivningspåverkan i närområdet. I riskanalysen sätts bland annat gränsvärden för maximala tillåtna vibrationer i omgivande byggnader och anläggningar.

1.0	2023-04-27		Isabell Dinger	Anders Eurenus	
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

## Inledning och syfte

Norconsult AB har på uppdrag av Nielsen-Oscarsson Fastigheter AB utfört en bergteknisk utredning, gammaspektrometermätning samt jordlufttradonmätning av undersökningsområdet Hults höjd, norr om Överby handelscentrum i Trollhättans kommun, se Figur 1. Besiktningen utfördes 2022-03-30 samt 2022-03-31 med avseende på:

- Bergstabilitet samt risk för blocknedfall
- Sprickförhållanden
- Förutsättningar för byggnation
- Risk för omgivningspåverkan
- Radonriskbedömning

Besiktningen avser aktuellt planområde samt direkt anslutande områden som kan komma att påverka eller påverkas av planområdet.



Teckenförklaring

 Utredningsområden

Meter  
0 250 500

Skala 1:20 000  
Koordinatsystem SWEREF99 TM  
Datum den 13 mars 2023

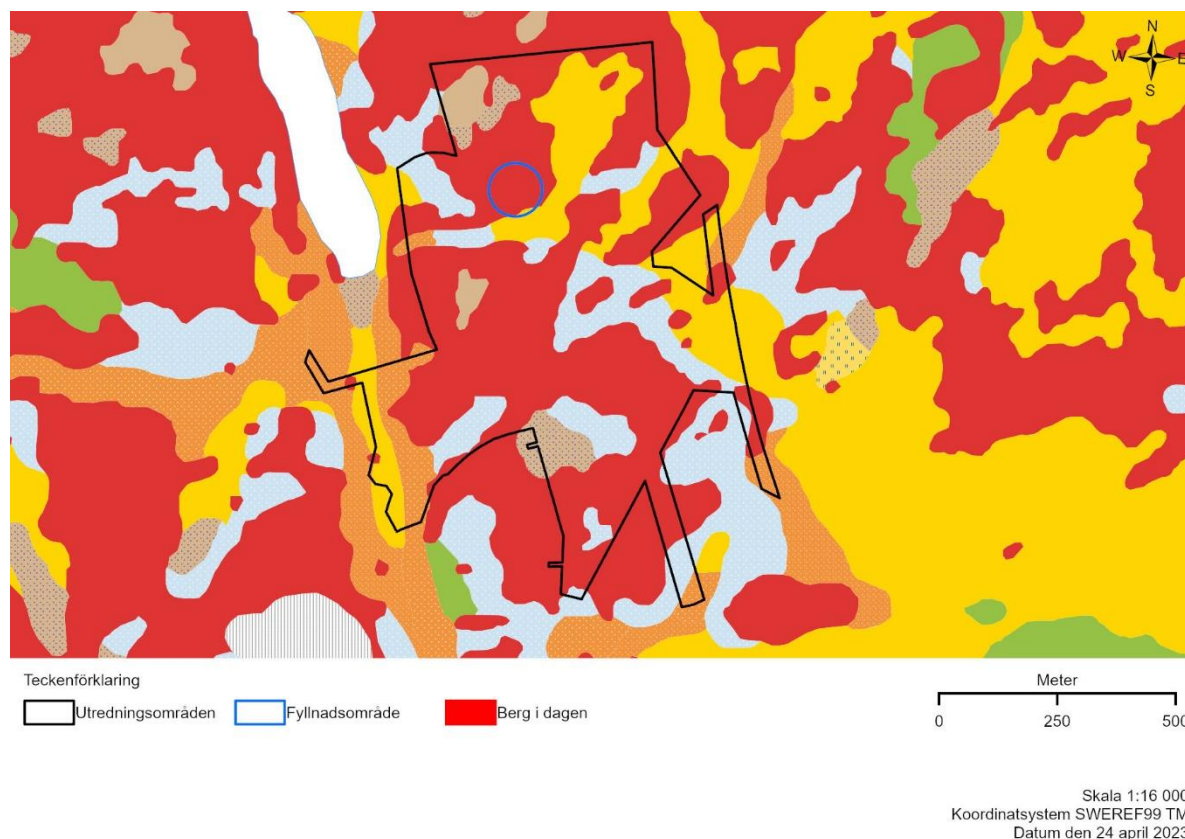
Figur 1 Översikt över det besiktigade området med fastighetsgränser markerade med röd kontur.



## Områdesbeskrivning

Förekomsten av berg i dagen i området består till största delen av låga samt naturliga bergslänter, ca 1–3 m höga, se röda områden i Figur 2. Varierande topografi mellan träsk/våtmarksområden samt berg i dagen kan medföra höjdskillnader på ca 10–12 m. Slänterna förefaller inte branta utan är uppdelade i naturliga terrasser, vilket resulterar i en flackare lutning, se Figur 3 A-C.

I den norra delen av området förekommer ett uppfyllt område av ca 100x130 m, se blå cirkel i Figur 2. Fyllnadsområdet utförs av sprängsten och är ungefär 5 meter högt, se Figur 3 D.



Figur 2 Översikt över det besiktigade området med plangräns markerade med svart kontur. Ungefärlig positionen för området med fyllnadsmaterial är markerat med blå cirkel. Källa: SGU:s jordartskarta.



Figur 3 A. Låg bergslänt i detaljplaneområdets södra del. B. Blockområde i områdets nordöstra del, vy mot öst. C. Låg bergslänt i områdets västra del, vy mot nordväst. D. Fyllnadsområde i områdets norra del, vy mot öst.

## Bergartsbeskrivning

Detaljplaneområdet utgörs enligt SGU:s bergartskarta av granit med porfyrisk struktur. I södra delen av området övergår bergarten från den porfyriska graniten till tornalit-granodiorit.

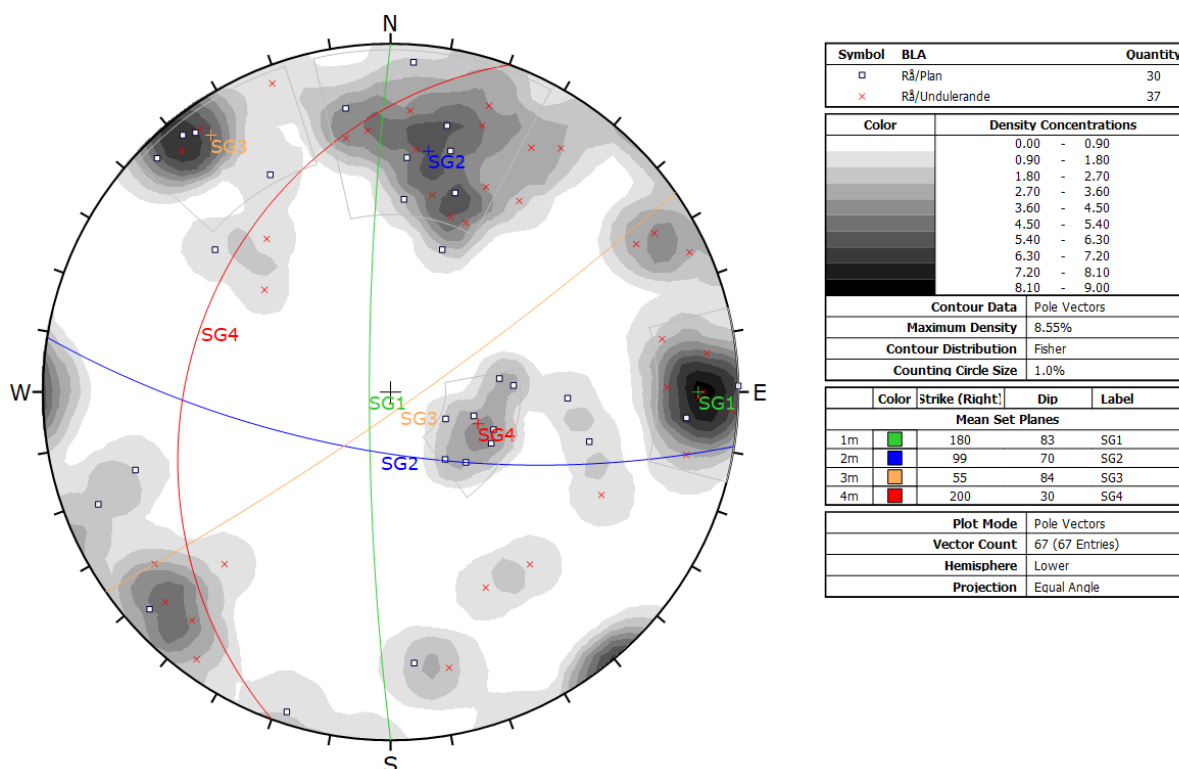
Detta bekräftar av fältobservationer. Bergarten kan beskrivas som röd till rödgrå medelkorning granitoid med 1–2 cm stora porfyroklastar av kalifältspat, se Figur 4. Förekomsten av foliation i bergarten varierar inom området, med ingen tydlig foliation i de södra delarna till måttlig foliation i de centrala samt norra delarna, se Figur 4.



Figur 4 A. Röd-grå medelkorning granitoid med 1–2 cm stora kalifältspat porfyroklastar. Bergarten uppvisar ställvis foliation. Foto taget i områdets centrala del. B. Röd granitoid utan tydlig foliation. Foto taget i norra delen av området.

## Geologiska strukturer

Beträffande sprickornas råhet och ytform är de vanligast förekommande sprickorna av typen råa och plana samt råa och undulerande. Sprickorna inom området stryker vanligen mot syd, öst, nordöst och västnordväst. Utöver dessa förekommer även enstaka sprickor med varierande stryk-/stupning, se stereogram i Figur 5.



Figur 5 Stereogram över uppmätta sprickriktningar i områdena.

Sprickgrupp 1 (SG1), illustrerad i grönt i Figur 5, har en sydlig strykning och sprickplanen bedömdes okulärt som råa och undulerande. Sprickorna i sprickgruppen stupar 77–89° mot väst, med en vanligast förekommande stupning av ca 85°.

SG2, illustrerad i blått i Figur 5, har en östlig strykning och sprickplanen bedömdes okulärt som råa och undulerande. Sprickorna i sprickgruppen stupar 56–87° mot syd, med en vanligast förekommande stupning av ca 70°.

SG3, illustrerad i gult i Figur 5, har en nordostlig strykning och sprickplanen bedömdes okulärt som råa och plana. Sprickorna i sprickgruppen stupar 71–86° mot sydost, med en vanligast förekommande stupning av ca 86°.

SG4, illustrerad i röd i Figur 5, har en sydsydvästlig strykning och sprickplanen bedömdes okulärt som råa och plana. Sprickorna i sprickgruppen stupar 24–37° mot västnordväst, med en vanligast förekommande stupning av ca 35°.

Tabell 1 Sammanfattning av detaljplanområdets huvudsprickriktningar.

	<b>Strykning</b>	<b>Stupning</b>	<b>Kommentar</b>
<i>Sprickgrupp 1</i>	169–192°	77–89°	
<i>Sprickgrupp 2</i>	85–109°	56–87°	
<i>Sprickgrupp 3</i>	49–69°	71–86°	
<i>Sprickgrupp 4</i>	177–223°	20–39°	Foliationsparallell, centrala delarna av området

## Bergras och blocknedfall

Inga riskblock noterades i eller i anslutning till planområdet. Det bedöms inte föreligga risk för blocknedfall i eller i direkt anslutning till detaljplaneområdet som kan innebär risk för skada på person eller egendom vid befintliga förhållanden i området.

# Radon

## Gammaspektrometermätning, radon i berggrund

Gammaspektrometermätning utfördes vid elva lokaler med en GT 32 SUPER-SPEC på fast berg, för mätningarnas ungefärliga position, se Figur 6. Varje mätning varade i 3 min, 180 s. Mätningen inkluderar dosrat<sup>1</sup>, kalium, uran och torium. Dessa används för att beräkna aktivitetsindex samt radiumhalt. Radiumhalt används som en uppskattning av radonavgång genom sönderfall av Radium<sup>226</sup> till Radon<sup>222</sup>. Aktivitetsindex (AI) är ett viktat mått utifrån koncentrationen av nukleider och används för att beräkna stråldos över tid och därmed lämplighet av material vid byggnation. Resultatet för gammaspektrometermätningen presenteras i Tabell 2, detta jämförs med respektive gränsvärden för låg-, normal- och högradon i Tabell 3.



Figur 6 De elva mätpunkternas lokalisering i och utanför området markerade med gröna, gula och röda cirklar beroende på radiumaktiviteten (Bq/kg).

<sup>1</sup> Dosrat/doshastighet mäter stråldos per tidsenhet exempelvis  $\mu\text{Sv/h}$ . Dosrat ger ett mått på strålningens intensitet.

**Radonrisk, Hults höjd**

Resultatet visar att den beräknade radiumhalten ej överstiger 60 Bq/kg, gränsvärde för normalradon, i samtliga elva mätpunkter, se Tabell 2.

Tabell 2 Resultatet av gammstrålningsmätningen samt beräknat radiumaktivitet och aktivitetsindex.

Mätpunkt	Material	K [%]	eU [ppm]	eTh [ppm]	Gammastrålning $\mu\text{Sv/h}$	Radiumaktivitet Bq/kg	Aktivitetsindex (AI)
1	Grå-röd granitoid	4,1	2,2	11,5	0,1	27,2	0,8
2	Grå-röd granitoid	3,6	3,9	14,3	0,1	48,2	0,8
3	Grå-röd granitoid	3,8	3,2	12,2	0,1	39,5	0,8
4	Grå-röd granitoid	3,9	3,1	11,0	0,1	38,3	0,8
5	Grå-röd granitoid	4,2	3,4	15,2	0,1	42,0	0,9
6	Grå-röd granitoid	3,9	2,1	15,0	0,1	25,9	0,8
7	Grå-röd granitoid	3,6	2,3	11,3	0,1	28,4	0,7
8	Grå-röd granitoid	5,0	2,5	12,1	0,1	30,9	0,9
9	Grå-röd granitoid	4,1	2,0	9,1	0,1	24,7	0,7
10	Grå-röd granitoid	4,9	2,4	8,6	0,1	29,6	0,8
11	Grå-röd granitoid	4,0	1,9	9,9	0,1	23,5	0,7

Då samtliga mätpunkter uppvisar radiumhalter som ej överstiger 60 Bq/kg kan berggrunden inom området i sin helhet bedömas som lågriskområde avseende radon (<60 Bq/kg) enligt Byggeforskningsrådet (R85:1988, reviderad 1990). För ytterligare kännedom om områdets eventuella uppfyllande av andra potentiellt relevanta gränsvärden se Tabell 4.

Tabell 3 Rekommenderade gränsvärden för låg, normal- och högradonhalter i berggrund, för byggnation av bostäder. Källa: Byggeforskningsrådet R85:1988, reviderad 1990 och Connie Box (2019) Radonboken – Nya byggnader, Svensk Byggtjänst, Bjerking, sida 107–108.

Marktyp	Lågradon [Bq/kg]	Normalradon [Bq/kg]	Högradon [Bq/kg]
Berggrund	<60	60–200	>200

Tabell 4 Uppfyllande av krav och rekommendation gällande radon- och strålningshalt i berggrund samt för byggnation av bostäder enligt Boverket, Flaggboken och RP112 enligt Eliasson och Jelinek (2015).

Boverket <sup>(1)</sup>	Nordiska rekommendationer, Flaggboken <sup>(2)</sup>	EU- rekommendationer, RP112 <sup>(3)</sup>
Samtliga mätpunkter uppfyller kravet	Samtliga mätpunkter uppfyller kraven	Samtliga mätpunkter uppfyller kravet

<sup>(1)</sup> Dosrat <0.3  $\mu\text{Sv/h}$

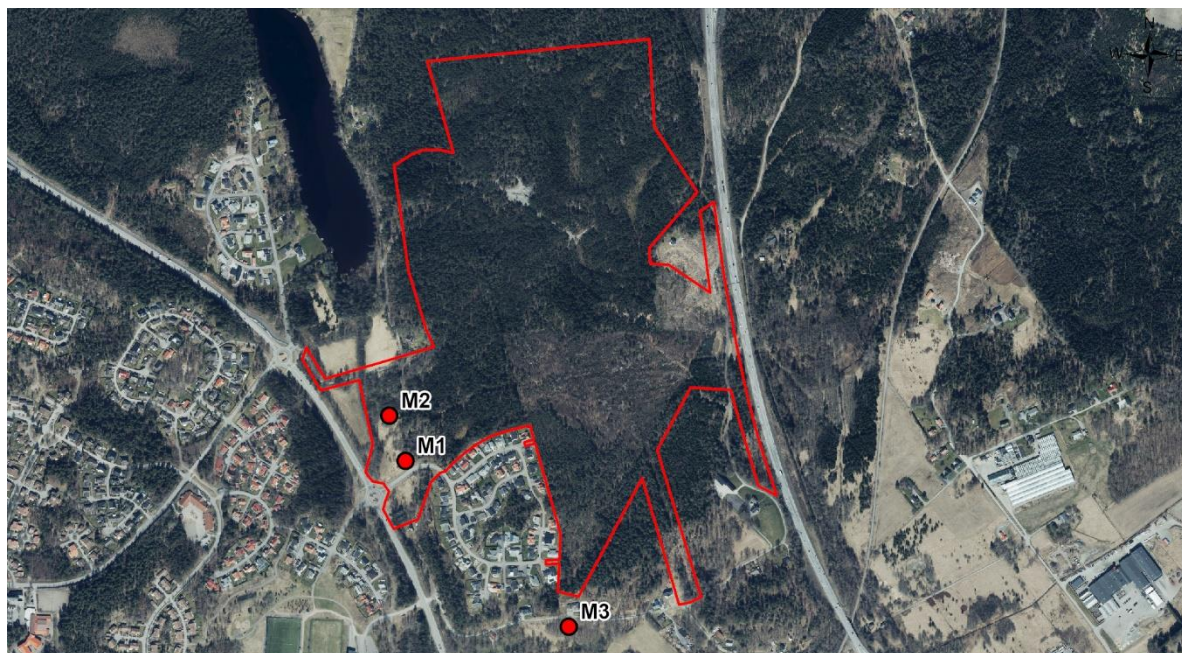
<sup>(2)</sup> Aktivitetsindex <2.0 samt radiumhalt <200 Bq/kg

<sup>(3)</sup> Aktivitetsindex <1

### Emanometermätning, radon i jordmarkluft

Tre mätningar utfördes med en Markus 10 i och i direkt anslutning till undersökningsområdet, för mätningarnas ungefärliga position se Figur 7. Varje mätning varade i ca 20 min och utfördes på ett jorddjup av 0,7–1,0 meter. Mätningen avser radonhalt ( $Bq/m^3$ ).

Mätningarna utfördes på områden klassade som postglacial sand av SGU:s jordartskarta. Områden klassade som sandig morän hade vid tillfället för höga grundvattennivåer för att möjliggöra mätning. Resterande del av detaljplanområdet består enligt SGU:s jordartskarta av finklastiskmaterial eller kärrtorv, som är för täta eller våta för att lämpa sig för jordluftsmätning.



Teckenförklaring

 Utredningsområden  Emanometermätning

Meter  
0 250 500

Skala 1:16 000  
Koordinatsystem SWEREF99 TM  
Datum den 17 april 2023

Figur 7 De tre mätpunkternas lokalisering i och utanför området markerade med röda cirklar.



## Radonrisk, Hults höjd

Resultatet visar att radiumhalten ej överstiger 10 000 Bq/m<sup>3</sup>, gränsvärde för normalradon, i samtliga tre mätpunkter, se Tabell 5.

Tabell 5 Resultatet av emanometermätning redovisat i radiumaktivitet i Bq/m<sup>3</sup>.

Mät punkt	Material	Radiumaktivitet [Bq/m <sup>3</sup> ]	Radonrisk bedömning
1	Sand	5 100	Lågradon
2	Sand	0,0	Lågradon
3	Sand	0,0	Lågradon

Då samtliga mätpunkter uppvisar radiumhalter som ej överstiger 10 000 Bq/m<sup>3</sup> kan området i sin helhet bedömas som lågriskområde avseende radon i jordluft (<10 000 Bq/m<sup>3</sup>) enligt Byggforskningsrådet (Byggforskningsrådets rapport BFR R85:1988). Eftersom gränsvärdena för jordluft ej avser sand, har värden för grus/morän bedömts lämpliga för användning, då dem närmst likar provlokalernas förhållanden.

Tabell 6 Gränsvärden för klassning av radonmark från radonhalter i jordluft (Byggforskningsrådets rapport BFR R85:1988).

Marktyp	Lågradon [Bq/m <sup>3</sup> ]	Normalradon [Bq/m <sup>3</sup> ]	Högradon [Bq/m <sup>3</sup> ]
Grus	<10 000	10 000–50 000	>50 000
Morän	<10 000	10 000–50 000	>50 000
Silt	<20 000	20 000–60 000	>60 000
Lera	<60 000	60 000–100 000	>100 000

## Rekommendationer

### 1.1 Bergteknik

Det föreligger inte någon risk för bergras och blocknedfall som kan påverka området för detaljplanen, inga åtgärder krävs under rådande förhållanden.

### 1.2 Radon

Området kan i sin helhet bedömas som lågriskområde avseende radon i berggrunden samt jordluften. Detta föranleder följande rekommendationer:

- Uppförandet av planerade byggnader rekommenderas utföras radonskyddande enligt *Radonboken - nya byggnader* (2019). Radonskyddande grundkonstruktion innebär till exempel att grundläggning görs på betongplatta där rörgångar och håltagning tätas från genomströmning av markluft, stort sett alltid är fallet vid modern bostadsbyggnation.
- Lokalt losshållna block och krossmaterial från området kan antas ha samma strålningsegenskaper som omgivande berggrund och kan användas vid grundläggning.
- Eventuellt tillfört material som till exempel fyllnadsmassor bör ha låga strålningsegenskaper för att inte bidra till en ökad radonrisk. För utifrån tillfört grundläggningsmaterial bör aktivitetsindex och radiumhalt deklarerars av leverantör, alternativt fastställas på plats baserat på mätning med gammaspktrometer.

### 1.3 Övriga rekommendationer

Vid eventuella framtida bergschaktning som utgör förändrade förutsättningar så rekommenderas en förnyad bedömning av bergmassans stabilitet.

Innan eventuella sprängarbeten påbörjas i området skall en riskanalys upprättas avseende risk för omgivningspåverkan i närområdet. I riskanalysen sätts bland annat gränsvärden för maximala tillåtna vibrationer i omgivande byggnader och anläggningar.