

PM – SLÄNTSTABILITET HJULKVARN

Projektnamn **Stridsbergsbron**
 Projekt nr **1320035329**
 Kund **PEAB Anläggning**
 PM nr **Geo-6**
 Version **A**
 Till **Per-Anders Gustafsson**
 Från **Jonny Petersson**
 Kopia till
 Datum **2019-05-02**

Förberett av **Jonny Petersson**
 Kontrollerad **Lars Johansson**
 av
 Godkänd av **Claus Modvig Nissen**

Innehållsförteckning

1	Inledning	2
1.1	Syfte	2
2	Beräkningsförutsättningar	2
2.1	Geoteknisk kategori	2
2.2	Säkerhetsklass	2
2.3	Gränstillstånd	3
2.4	Partialsäkerhetskoefficienter	3
2.4.1	Laster	3
2.4.2	Jord	3
2.5	Valda geotekniska parametrar	4
2.6	Geologi	4
2.7	Grundvatten	4
2.8	Belastningar	4
2.8.1	Arbetsbelastning; Grävmaskin	4
2.8.2	Arbetsbelastning; Kran	4
2.8.3	Arbetsbelastning; Betongpump	5
3	Beräkningar	5
3.1	Dimensionerande hållfasthetsparametrar	5
3.2	Belastningar	5
4	Resultat	6
4.1	Software och beräkningsmodell	6
4.2	Släntstabilitet utan belastning	7
4.3	Släntstabilitet för grävmaskin	8
4.4	Släntstabilitet för mobilkran	8
4.5	Släntstabilitet för betongpump	11
5	Avslutande kommentar	12
6	Referenser	12

Rambøll
 Hannemanns Allé 53
 DK-2300 København S

T +45 5161 1000
 F +45 5161 1001
<https://dk.ramboll.com>

1 Inledning

På uppdrag av Trollhättan kommun ska en ny bro, Stridsbergsbron, över Göta älv projekteras och byggas. Denna PM redovisar en kontroll av släntstabiliteten med hänsyn till byggnadsskedet på den östra sidan och summerar förutsättningar, beräkningar och resultat för släntstabilitetsberäkningarna.

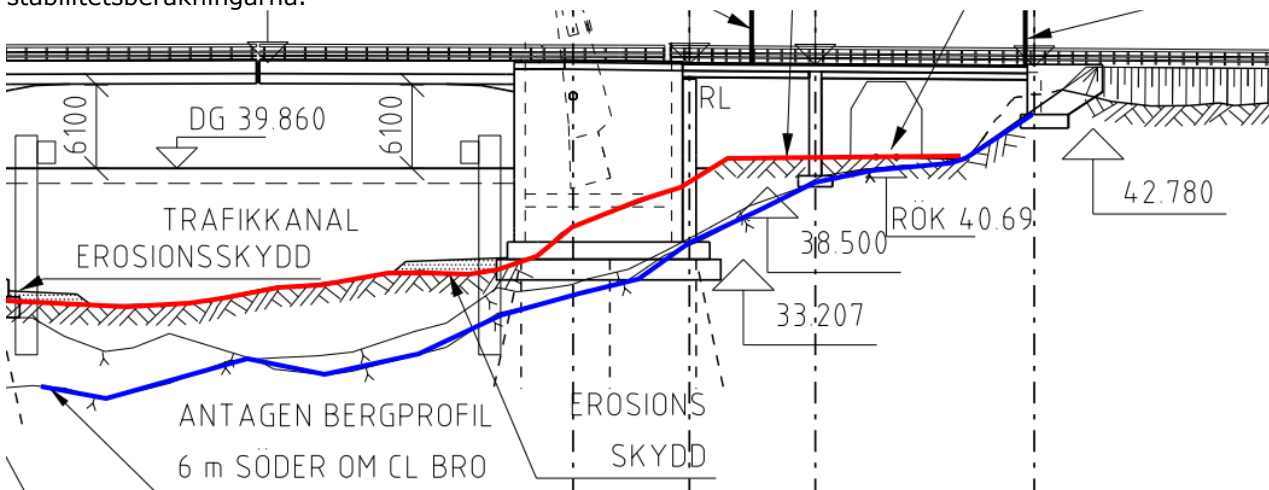
1.1 Syfte

Syftet med stabilitetsundersökningen är att undersöka förutsättningarna för att anlägga bron på denna sida av älven.

2 Beräkningsförutsättningar

Entreprenören PEAB har gett underlag vad gäller belastningar från entreprenadmaskiner, (t ex grävmaskiner, mobilkranar och betongpumpar), vilket redovisas i föreliggande dokument. Älvbottens geometri är undersökt dels med bottenscanning, dels vid de geotekniska undersökningarna [1]. I de geotekniska undersökningarna har markytans nivå mätts in med GPS vid utförda undersökningspunkter och bergytan bestämts med sonderingar. Flertalet av sonderingarna är JB-sonderingar (Jord-Berg-sonderingar) som är den metod som ger bäst möjlighet att värdera bergytan. Samtidigt erhålls också information om jordlagrens mäktigheter samt en indikation på vad jordlagren består av. Dock kan inga geotekniska parametrar utvärderas från JB-sonderingar. I utvalda punkter har störd provning (skruvprovtagning) utförts för att möjliggöra jordartsklassificering respektive olika typer av sonderingar för att möjliggöra bestämning av jordarnas tekniska egenskaper, främst hållfasthets- och deformationsegenskaper.

I Figur 2-1 redovisas en sektion av den östra stranden. Den röda linjen markerar markyta och älvbotten och den blå linjen markerar bergytans nivå som är interpolerad mellan undersökningspunkterna. Geometrierna är hämtade från ritning K-101, och utgör en av förutsättningarna för stabilitetsberäkningarna.



Figur 2-1 Sektion av den östra stranden.

2.1 Geoteknisk kategori

Anläggningen hänförs till Geoteknisk kategori 2, GK2.

2.2 Säkerhetsklass

För anläggningen gäller säkerhetsklass 3, SK3. $\rightarrow \gamma_d = 1,0$

2.3 Gränstillstånd

Släntstabiliteten beräknas enbart i brottgränstillståndet, ULS, vilket ger som resultat en säkerhetsfaktor mot brott i slänten. Det har inte utförts några analyser i bruksgränstillståndet (SLS), då deformationskriterier inte föreligger.

2.4 Partialsäkerhetskoefficienter

2.4.1 Laster

Partialsäkerhetskoefficienter på laster har hämtats från ref. [2]. I de analyser som redovisas i denna PM, har endast laster från arbetsmaskiner medtagits.

$$\text{Geoteknisk last} = 1,0 \cdot 1,1 \cdot G_{kj} + 1,0 \cdot 1,4 \cdot Q_{kj}$$

I analyserna är de variabla lasterna från entreprenadmaskiner endast undersökt i enskilda lasttillfällen. Det bör dock övervägas huruvida dessa laster behöver kombineras eller ej.

2.4.2 Jord

Partialkoefficienter på jordparametrar är givet i ref. [2]. Följande partialkoefficienter har använts:

Friktionsvinkel: $\gamma_{\phi} = 1,3$

Effektiv skjuvhållfasthet: $\gamma_c = 1,3$

Odränerad skjuvhållfasthet $\gamma_{cu} = 1,5$

Tunghet: $\gamma_{\gamma} = 1,0$

2.5 Valda geotekniska parametrar

Hållfasthetsparametrarna är utvärderade från de geotekniska undersökningarna och preliminärt rapporterade i ref. [1]. Nedanför anges härledda medelvärden för hållfasthetsparametrarna.

$c' = 0,1 \cdot c_u$	Lera
$c' = 0 \text{ kPa}$	Sand
$c_u = 20 \text{ kPa}$	Lera
$\varphi' = 30^\circ$	Lera och sand

2.6 Geologi

Jordlagerföljden vid den östra stranden bedöms generellt att bestå av ett ytligt fyllnadslager, som underlagras av ett mindre lerlager. Jorden underlagras av berg.

2.7 Grundvatten

Grundvattennivån i området förväntas att följa vattennivån i Göta älv, med någon utjämning och fördröjning.

2.8 Belastningar

2.8.1 Arbetsbelastning; Grävmaskin

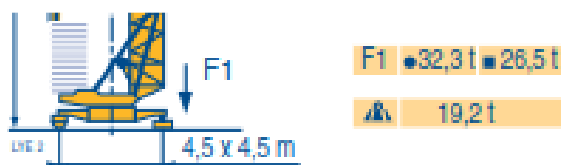
I tillägg till de av entreprenören angivna arbetsmaskiner har också stabiliteten för en 30-40 tons grävmaskin analyserats. Maximal karakteristisk last (marktryck under banden) under stålbanden från grävmaskinen, Figur 2-2.

Operating weight kg	Ground pressure kPa	Overall width mm
6.2 m mono boom, 2.55 m arm, 1.27 m² bucket, 8 450 kg counterweight, with dozer blade		
36 551	68.6	3 340
37 176	59.8	3 440
37 564	53.0	3 540
37 747	50.0	3 590
37 249	69.6	3 340

Figur 2-2 Specifikation från 37 tons grävmaskin (Volvo ECR355E)

2.8.2 Arbetsbelastning; Kran

Entreprenören har informerat att en kran av typen POTAIN GTMR 346 B kommer att användas. I Figur 2-3 visas kranuppställningen och belastningen. Det är 4,5 meter mellan stödbenen. Lasten från stödbenen kommer att fördelas på stockmattor och stålplattor 2,0x2,0 m². Den karakteristiska arbetsbelastningen från kranen i drift upplyses till 32,3 ton på ett stödben.



Figur 2-3 Specifikation från kran POTAIN GTMR 346 B

Den dimensionerande lasten på varje stödben (SK3), och på en lastfördelande yta 2,0x2,0 m²:

$$Q_d = \frac{323 \text{ kN} \cdot 1,4}{2,0 \cdot 2,0 \text{ m}^2} + 2,5 \text{ kPa} \cdot 1,4 = 117 \text{ kPa}$$

Lastfördelande plattor bedöms ge ett tillskott till markbelastningen på 2,5 kPa.

2.8.3 Arbetsbelastning; Betongpump

Entreprenören har informerat att en betongpump M32-36 kommer att användas. I Figur 2-4 visas uppställningen av stödbenen och belastningen. Den minsta bredden mellan stödbenen är c/c 6,4 m. Lasten från stödbenen kommer att fördelas på stockmattor och stålplattor 2,0x2,0 m². Den karakteristiska arbetsbelastningen på stödbenen i drift uppges vara 18,5 ton.

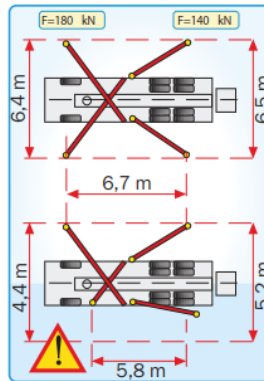
Arbetsläge

Uppställningsyta för stödben

- Längd > 7 meter
- Bredd fram > 6.4 meter
- Bredd bak > 6,5 meter
- Höjd bomresning > 8 meter

Stöbstryck

- Fram > 18,5 ton
- Bak > 18,5 ton



Figur 2-4 Specifikation från betongpump M 32-36

Lastfördelade plattor bedöms ge ett tillskott till markbelastningen på 2,5 kPa.

Den dimensionerande lasten på varje stöbena (SK3), och på en lastfördelade yta 2,0x2,0 m²:

$$Q_d = \frac{185 \text{ kN} \cdot 1,4}{2,0 \cdot 2,0 \text{ m}^2} + 2,5 \text{ kPa} \cdot 1,4 = 68 \text{ kPa}$$

3 Beräkningar

3.1 Dimensionerande hållfasthetsparametrar

De dimensionerande hållfasthetsparametrarna är beräknade enligt nedan;

Val av värde på omräkningsfaktorerna:

$$\eta_{1,2} = 0,95$$

$$\eta_3 = 0,90 \quad \text{Kohesionsjord}$$

$$\eta_3 = 0,95 \quad \text{Friktionsjord}$$

$$\eta_{4,5,6,7} = 0,95$$

$$\eta_{Tot} = 0,9023 \quad \text{Friktionsjord}$$

$$\eta_{Tot} = 0,8122 \quad \text{Kohesionsjord}$$

$$\varphi'_d = \arctan\left(\frac{\eta_{Tot} \cdot \tan(\varphi')}{\gamma_M}\right) = \arctan\left(\frac{0,9023 \cdot \tan(30)}{1,3}\right) = 21,8^\circ$$

$$c'_d = \frac{\eta_{Tot} \cdot c_u}{\gamma_M} = \frac{0,8122 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2}{1,3} = 1,25 \text{ kN/m}^2$$

$$c'_{u,d} = \frac{\eta_{Tot} \cdot c_u}{\gamma_M} = \frac{0,8122 \cdot 20 \text{ kN/m}^2}{1,5} = 10,8 \text{ kN/m}^2$$

3.2 Belastningar

Belastningar från grävmaskin:

En 37 tons grävmaskin ger en maximal markbelastning på 70 kPa under bältena

$$\text{Maskinlast: } Q_{d,1} = 1,4 \cdot 70 \text{ kN/m}^2 = 98 \text{ kN/m}^2$$

Lastfördelade körplåtar/stockmattor bedöms ge ett tillskott till markbelastningen på 2,5 kPa.

För att arbeta nära släntkrönet, förutsätts att grävmaskinen arbetar på ett lastfördelande material, till exempel stockmattor och stålplattor. Det förutsätts att stockmattorna har längden 5,5 m och utläggs tvärs grävmaskinens stålband och sprider lasten i hela sin längd. Stålbanden har längden 3,85 m, och i analyserna bedöms att lasten fördelas på bandens hela längd.

Grävmaskinen kommer då att fördela lasten:

$$\text{Maskinlast: } Q_{d,2} = 1,4 \cdot 370 \text{ kN} / (5,5 \cdot 3,85) \text{ m}^2 + 1,4 \cdot 2,5 \text{ kPa} = 28 \text{ kN/m}^2$$

I beräkningarna är det använt en ytlast från grävmaskinen på 25 kPa generellt, men inte ett större tryck längst ut när maskinen arbetar.

Belastningar från mobilkran:

Den dimensionerande lasten på varje stödben (SK3), och på en lastfördelande yta 2,0x2,0 m²:

$$Q_d = \frac{323 \text{ kN} \cdot 1,4}{2,0 \cdot 2,0 \text{ m}^2} + 2,5 \text{ kPa} \cdot 1,4 = 117 \text{ kPa}$$

Lastfördelande material har bedömts ge ett tillskott till markbelastningen på 2,5 kPa.

Belastningar från betongpump:

Den dimensionerande lasten på varje stödben (SK3), och på en lastfördelande yta 2,0x2,0 m²:

$$Q_d = \frac{185 \text{ kN} \cdot 1,4}{2,0 \cdot 2,0 \text{ m}^2} + 2,5 \text{ kPa} \cdot 1,4 = 68 \text{ kPa}$$

Lastfördelande material har bedömts ge ett tillskott till markbelastningen på 2,5 kPa.

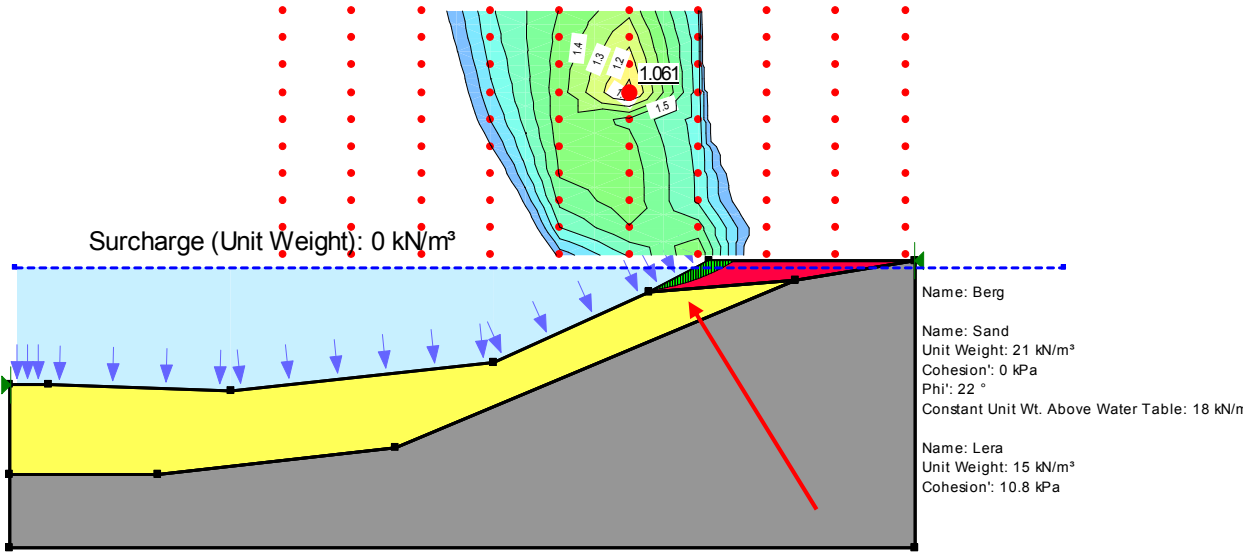
4 Resultat

4.1 Software och beräkningsmodell

Vid beräkningarna har programmet Geostudio 2014 använts. För att beskriva jordens konstitutiva beteende har Morgenstern-Price's modell använts. Det är en så kallad rigorös metod, eftersom den beaktar såväl kraft- som momentjämvikt. Vid beräkningarna har dimensionerande värden på lasterna använts. Programmet beräknar säkerhetsfaktorn (FS) mot brott i jorden längs glidytor. När analyserna är i säkerhetsklass 3 (SK3) ska FS minst vara 1,1.

4.2 Släntstabilitet utan belastning

Beräkningar visar att släntkrönet inte uppfyller normens krav (SK3 FS>1,1) på släntstabilitet i den strängaste i säkerhetsklassen för antagna jordparametrar och antagen släntgeometri. Beräkningar tyder på en utglidning av ett mindre område närmast släntkrön även utan belastning av maskiner, se figur nedan (i verkligheten är dock slänten stabil eftersom sandens verkliga friktionsvinkel överstiger släntens lutning). Denna lokala instabilitet har dock ingen påverkan på släntens stabilitet med avseende på maskinernas belastning i följande avsnitt.

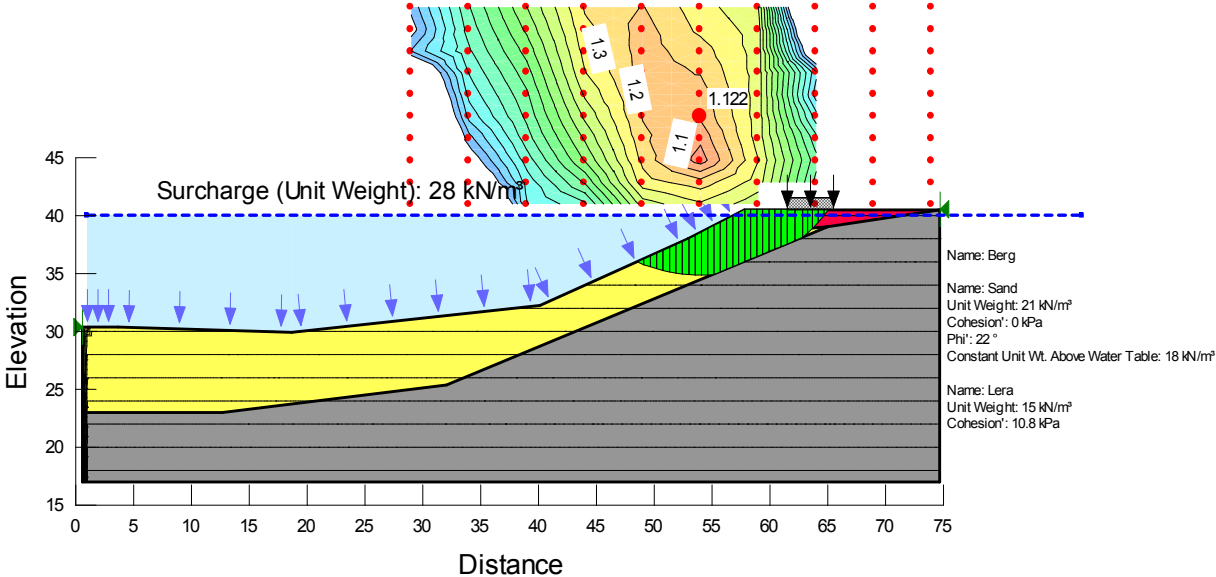


Figur 4-1 Släntstabilitet utan belastning.

- Sand
- Glidkropp med lameller
- Lera
- Berg

4.3 Släntstabilitet för grävmaskin

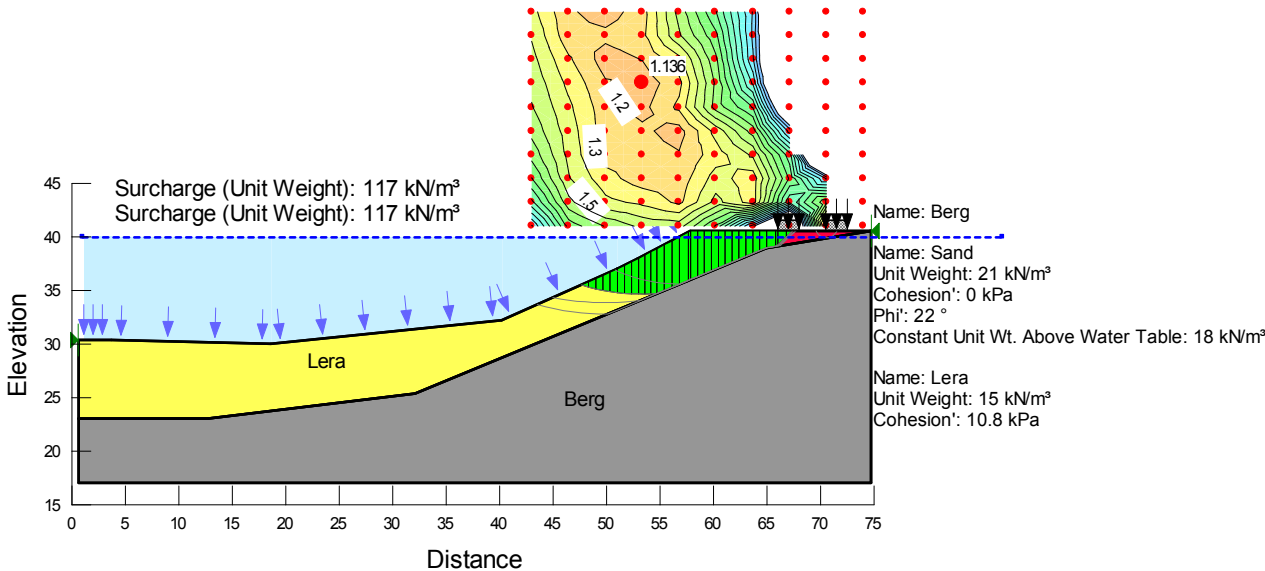
Avståndet från släntkrönet till den lastfördelande ytans främsta kant är 4,0 meter.



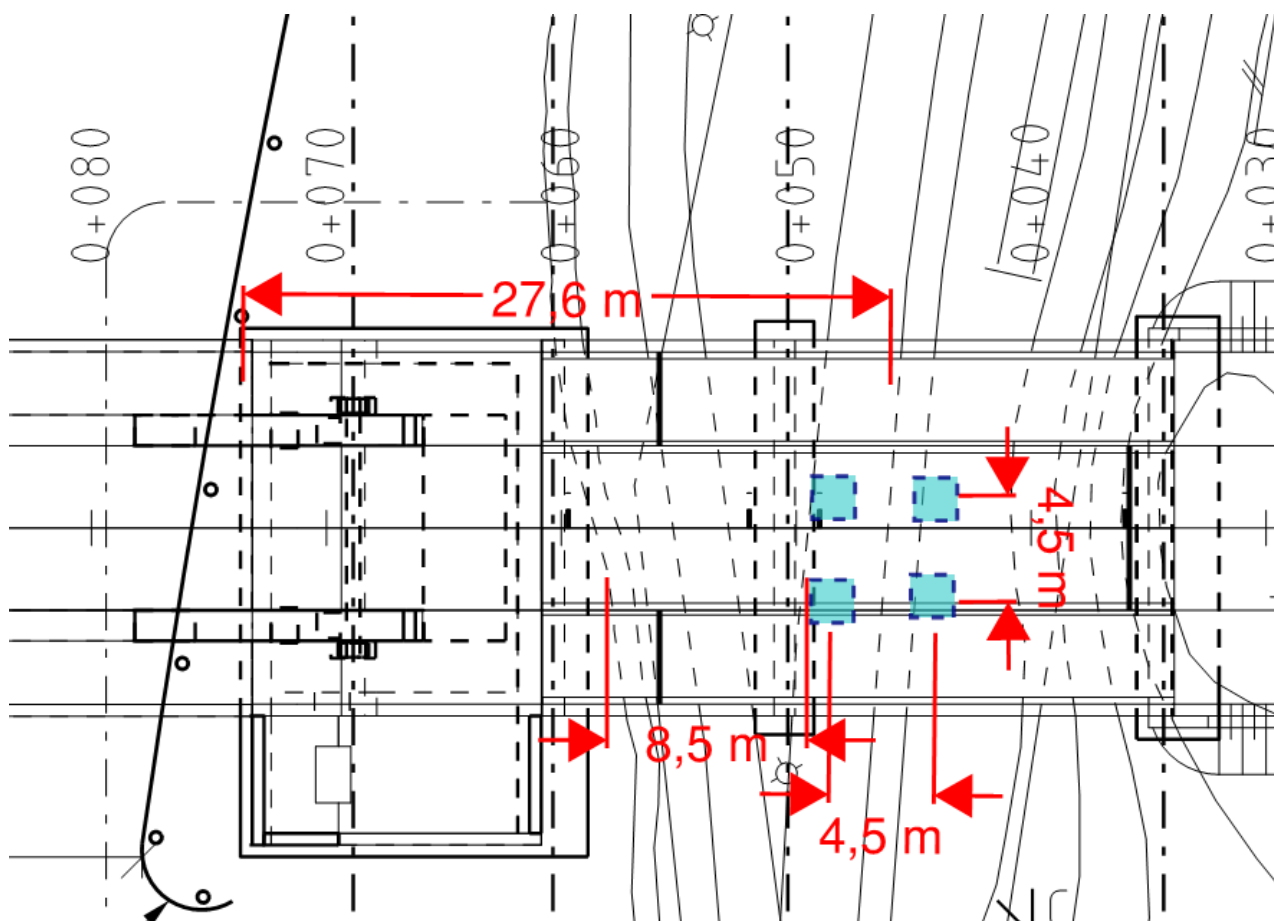
Figur 4-2 Släntstabilitet med grävmaskin 1,5 m från släntkrönet. FS är beräknad till 1,122.

4.4 Släntstabilitet för mobilkran

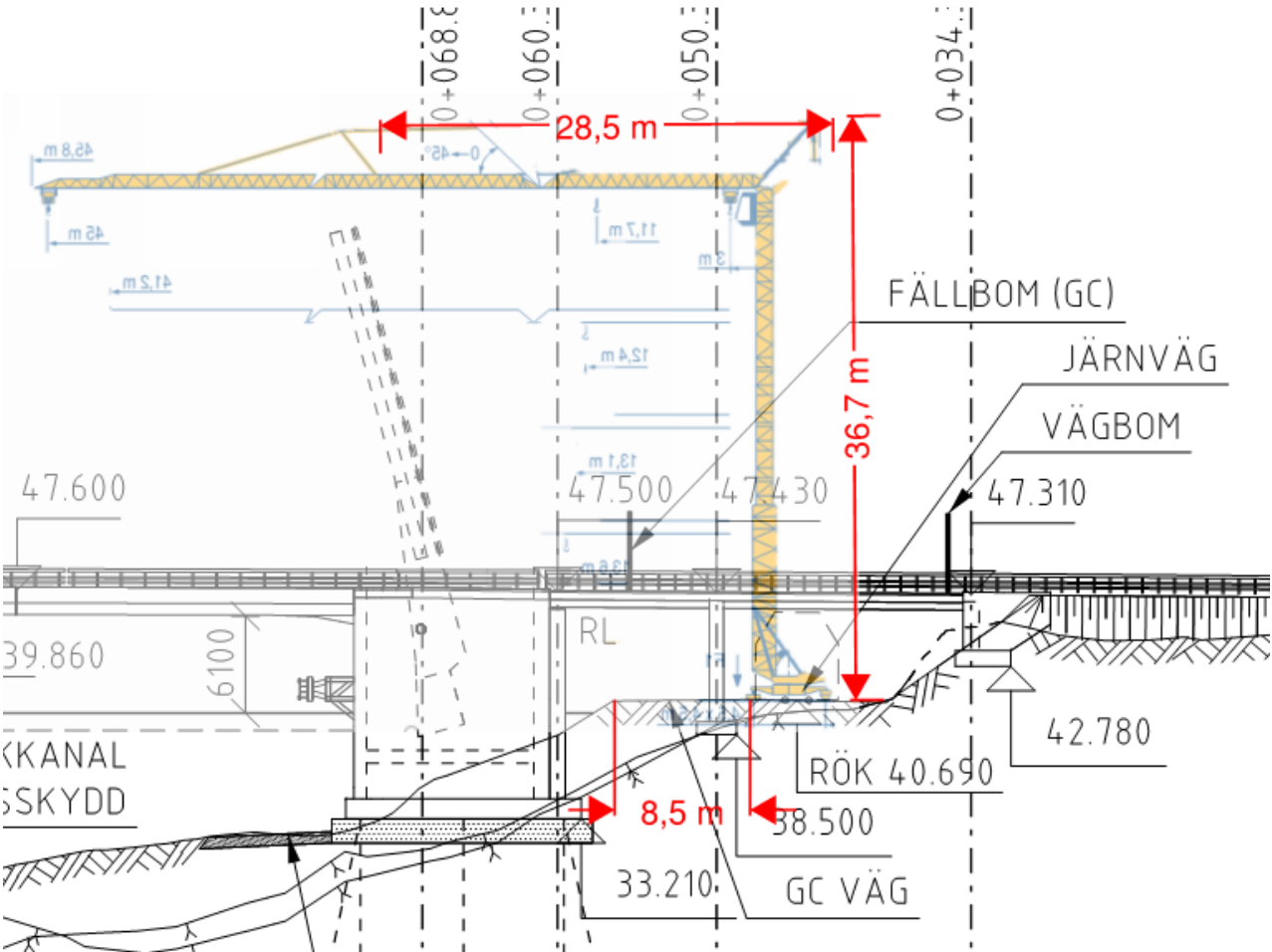
Avståndet från släntkrönet till den lastfördelande ytans främsta kant för mobilkranens närmaste stödben är 8,5 meter.



Figur 4-3 Släntstabilitet med mobilkran. FS är beräknad till 1.136.



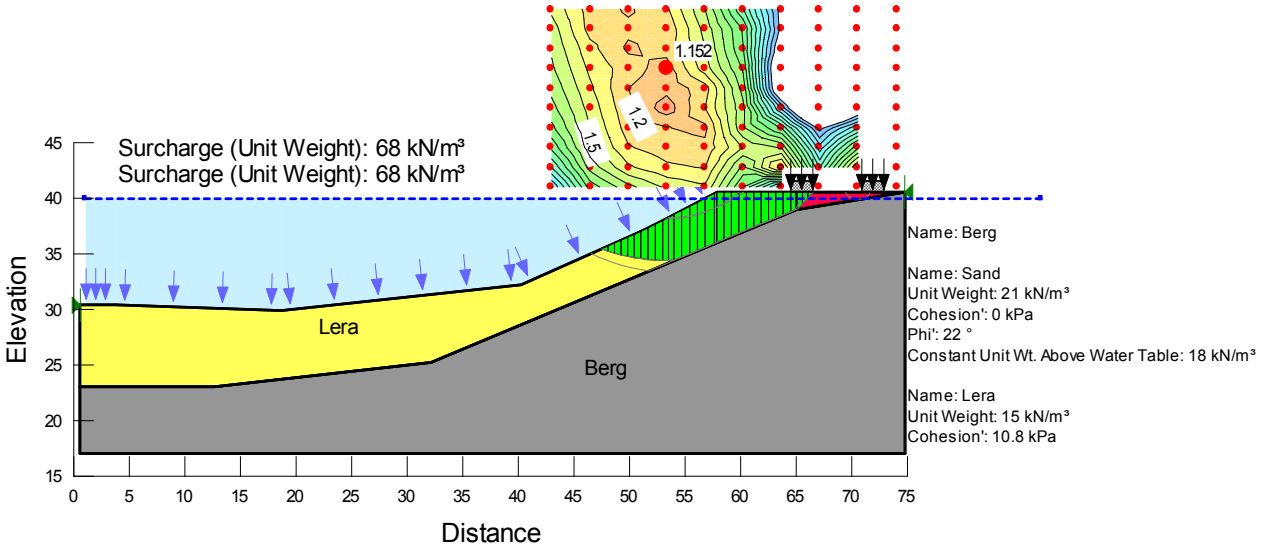
Figur 4-4 Planvy av mobilkrans uppställning. Avstånd från centrum mobilkrans till klaffkammarens borte vägg är ca 28 m.



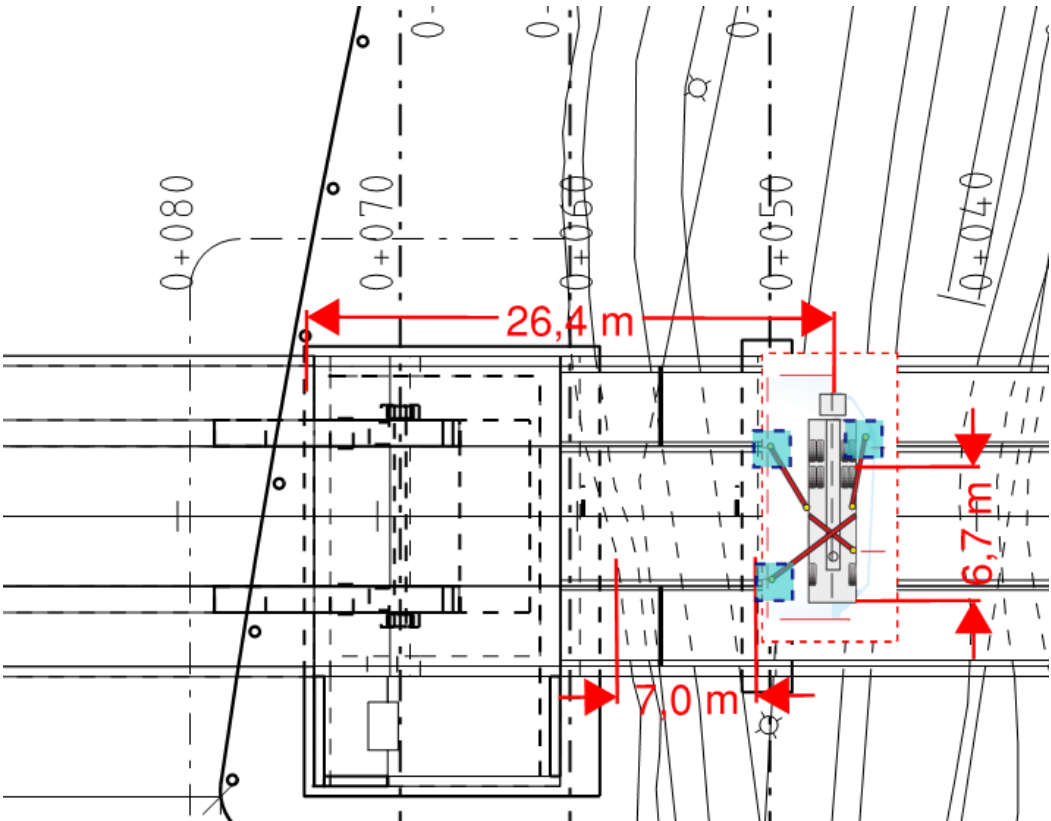
Figur 4-5 Elevation av mobilkranens uppställning.

4.5 Släntstabilitet för betongpump

Avståndet från släntkrönet till den lastfördelande ytans främsta kant för betongpumpens närmaste stödben är 7 meter.



Figur 4-6 Släntstabilitet med betongpump. FS är beräknad till 1,152



Figur 4-7 Planvy av betongpumps uppställning. Avstånd från centrum betongpump till klaffkammarens borte vägg är ca 27 m.

5 Avslutande kommentar

Jordlagerföljderna och utbredningen av bergytans variation i plan är osäker. Skiktgränsen mellan sandfyllnad och naturlig lera är okänd och därför endast uppskattad. Om det är möjligt, bör maskinerna placeras så långt bort som möjligt från släntkrönet och minst de avstånd som analyserna visar.

Det bör också övervägas hur maskinerna ska transporteras till arbetsuppställningen; hur ser geometrin ut, risk för att bergytan faller brantare än förutsatt och är det ett mäktigt lerskikt som kan reducera stabilitetsförhållandena.

Beräkningar visar att släntkrönet inte uppfyller normens krav ($SK3 FS > 1,1$) på släntstabilitet i den strängaste i säkerhetsklassen för antagna jordparametrar och antagen släntgeometri. Denna lokala instabilitet har dock ingen påverkan på släntens stabilitet med avseende på maskinernas belastning.

Beräkningar visar att slänten, med undantag för släntkrönet, är stabil för samtliga analyserade entreprenadmaskiner och laster.

6 Referenser

- [1] Ramböll, »PM-Geoteknik_Ver A,« 2018.
- [2] Trafikverket, »Trafikverkets författningssamling - Trafikverkets föreskrifter om ändring i Vägverkets föreskrifter (VVFS 2004:43) om tillämpning av europeiska beräkningsstandarder TRVFS 2011:12«.
- [3] Ramböll, »PM-Geoteknik, Version A,« 2018.