

# Geoteknisk utredning avseende Torvnäs 1:79 och 1:80

## Sunne kommun

### PM GEOTEKNIK

**Rev. A, detaljerad stabilitetsutredning**

ÅF-Infrastructure AB, Hamntorget 3, SE-652 26 Karlstad,
Registered office: Stockholm, Sweden
Tel +46 10 505 00 00, www.afconsult.com, Org nr 556185-2103

# PM GEOTEKNIK

## DOKUMENTINFORMATION

| | | |
|---|---|---|
| Uppdrag | Geoteknisk utredning avseende Torvnäs 1:79 och 1:80 | |
| Uppdragsnummer | 776292 | |
| Datum<br>Revidering | 2019-12-20<br>A, 2020-04-06 | |
| Beställare | Sunne kommun | |
| Beställarens referens | Mikael Persson | |
| Uppdragsledare | Ann-Sofie Roslund<br>Tfn. 010 505 32 32<br>ann-sofie.roslund@afry.com | |
| Upprättad av | Helena Kernell | 2019-12-20 |
| | Ann-Sofie Roslund | Rev A 2020-04-06 |
| Granskad av | Ann-Sofie Roslund | 2019-12-20 |
| | Helena Kernell | Rev A 2020-04-08 |

# PM GEOTEKNIK

## Innehållsförteckning


1 Objekt ..... 4

2 Syfte ..... 4

3 Styrande dokument ..... 4

4 Underlag för projektering ..... 4
4.1 Planerat område ..... 4
4.2 Geotekniska undersökningar ..... 6
4.2.1 Utförda undersökningar ..... 6
4.2.2 Tidigare utförda undersökningar och utredningar ..... 6

5 Befintliga förhållanden ..... 6
5.1 Befintliga byggnader och anläggningar ..... 6
5.2 Topografiska förhållanden ..... 6
5.3 Ytbeskaffenhet ..... 6
5.4 Geotekniska förhållanden ..... 6
5.4.1 Jorddjup och jordlagerföljd ..... 6
5.5 Hydrogeologiska förhållanden ..... 10
5.6 Sättningsförhållanden ..... 10
5.7 Stabilitetsförhållanden ..... 11

6 Stabilitetsberäkningar ..... 11
6.1 Allmänt ..... 11
6.2 Geometri och beräkningssektioner ..... 11
6.3 Materialegenskaper ..... 11
6.4 Vattenstånd och portryck ..... 12
6.5 Laster ..... 13
6.6 Val av erforderliga säkerhetsfaktorer ..... 13
6.7 Analysmodell ..... 13
6.8 Känslighetsanalys ..... 13
6.9 Resultat ..... 13

7 Sättningsberäkningar ..... 15
7.1 Analysmodell ..... 15
7.2 Resultat ..... 16

8 Slutsatser och rekommendationer ..... 16
8.1 Grundläggningsförutsättningar, byggnader och anläggningar ..... 16
8.2 Schakt- och fyllningsarbeten ..... 17

# PM GEOTEKNIK

## Bilagor

| | |
|---|---|
| Bilaga 1 | Planritning, beräkningssektioner |
| Bilaga 2 | Stabilitetsberäkningar |
| Bilaga 3 | Sättningsberäkningar |
| Bilaga 4 | Planritning, lastrestriktioner |

# PM GEOTEKNIK

## 1 Objekt

På uppdrag av Sunne kommun har ÅF Infrastructure AB utfört en geoteknisk utredning och tillhörande geotekniska undersökningar med anledning av nybyggnation inom fastigheterna Torvnäs 1:79 och 1:80.

Revidering A avser kompletterande geotekniska undersökningar och uppdaterade stabilitetsberäkningar inom planområdet. En kompletterande känslighetsanalys har utförts avseende stabilitetsberäkningarna. Resultaten från stabilitetsberäkningarna har resulterat i förslag på stabilitetshöjande åtgärd samt lastrestriktioner för fastigheter.

## 2 Syfte

Föreliggande geoteknisk utredning har utförts med syfte att utreda de geotekniska förhållandena inom området samt grundläggningsförutsättningar och stabilitetsförhållanden.

Följande har studerats:

- Områdets geotekniska förhållanden och förutsättningar för att bebyggas
- Stabilitets- och grundläggningsförhållanden

Följande PM utnyttjas som underlag för fortsatt projektering. Vid upprättande av bygghandlingar inarbetas de geotekniska uppgifter och rekommendationer som överensstämmer med planerat grundläggningsarbete.

## 3 Styrande dokument

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

Styrande dokument är:

| | |
|---|---|
| SS-EN 1997-1:2005 | Eurokod 7 - Dimensionering av geokonstruktioner – Del 1: Allmänna regler |

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:

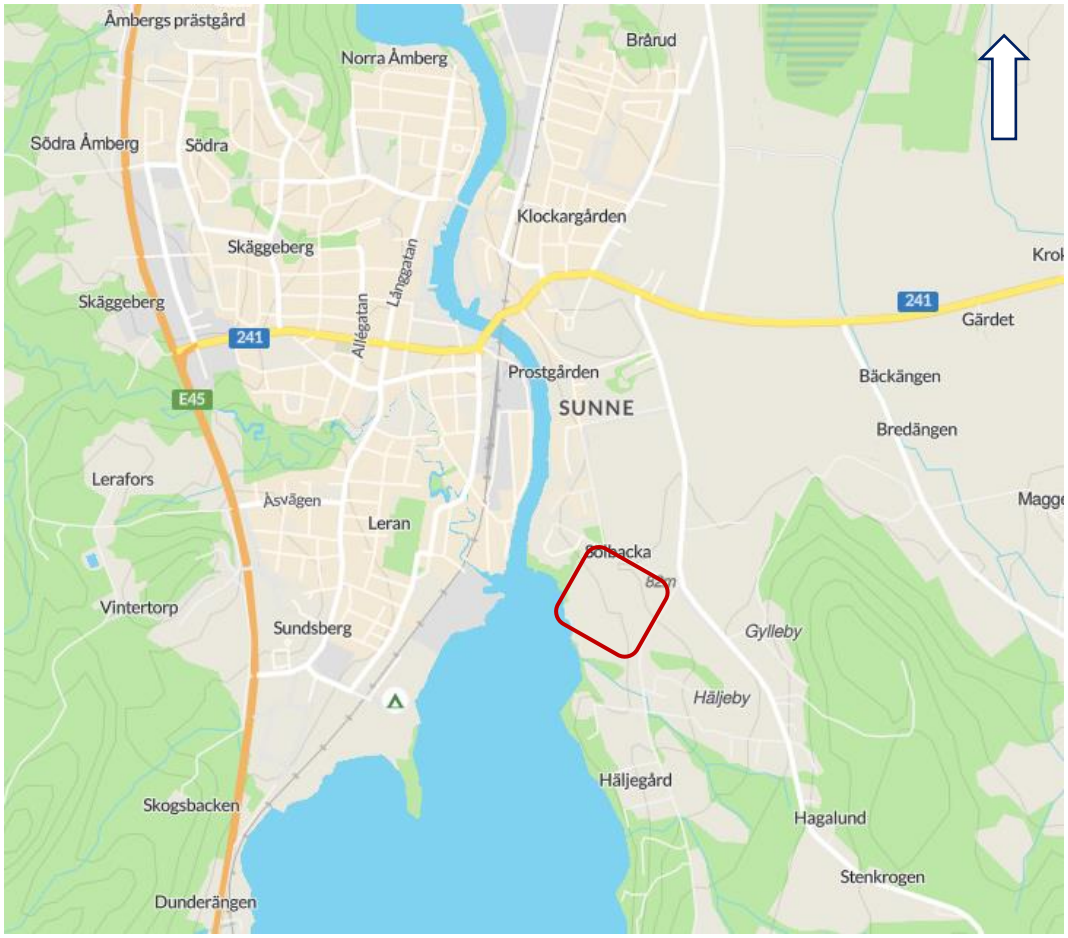
| | |
|---|---|
| IEG Rapport 2:2008, Rev. 2 | Tillämpningsdokument Grunder, SGF |
| IEG Rapport 6:2008, Rev. 1 | Tillämpningsdokument Slänter och bankar, SGF |
| Skredkommissionen, SGI | Anvisningar för släntstabilitetsutredningar, Rapport 3:95 |

## 4 Underlag för projektering

### 4.1 Planerat område

Aktuellt område ligger sydost om centrala Sunne, Figur 4-1. Området planeras att bebyggas med bostäder i ett- eller två plan. Området är omkring 10 ha stort och dess utbredning kan ses i Figur 4-2.

Sunne härrör till klimatzon 3.




*Figur 4-1. Lokalisering av det aktuella området.*




*Figur 4-2. Utbredning av det aktuella området.*

## 4.2 Geotekniska undersökningar

### 4.2.1 Utförda undersökningar

Resultat från utförda undersökningar inom planområdet redovisas i reviderad version A av ”Markteknisk undersökningsrapport, Geoteknik (MUR/Geo)”, daterad 2019-12-20.

### 4.2.2 Tidigare utförda undersökningar och utredningar

Inga tidigare undersökningar har identifierats inom aktuellt planområde. I anslutning till området (norr om) har följande utförts tidigare:

- *Geoteknisk undersökning för ny detaljplan, Sunne kommun. 2003-02-19, SWECO VBB, Karlstad. Uppdragnummer: 233.2485*
- *Del av Torvnäs, nytt bostadsområde. Sunne kommun. 2008-05-19, SWECO VVB, Karlstad. Uppdragsnummer: 233.4973*

Aktuella underlag har beaktats vid utförande av föreliggande utredning.

# 5 Befintliga förhållanden

## 5.1 Befintliga byggnader och anläggningar

I anslutning till norra delen av undersökningsområdet finns en gård med tillhörande ladugård. Även en nyanlagd lokalgata med tillhörande belysningsstolpar för det planerade bostadsområdet finns inom området.

Det finns också markförlagda ledningar från Ellevio, Skanova och VA-/dagvattenledningar inom området.

## 5.2 Topografiska förhållanden

Undersökningsområdet har sin högsta punkt i det nordöstra hörnet. Markytan sluttar från nordost västerut och mot sydväst ned mot sjön Fryken. Markens nivå varierar mellan ca +62 och +80.

Vattennivån i Fryken är reglerad och lägsta lågvatten har nivån +60,7. Vattendjupet vid strandkanten är ca 1-1,5 meter.

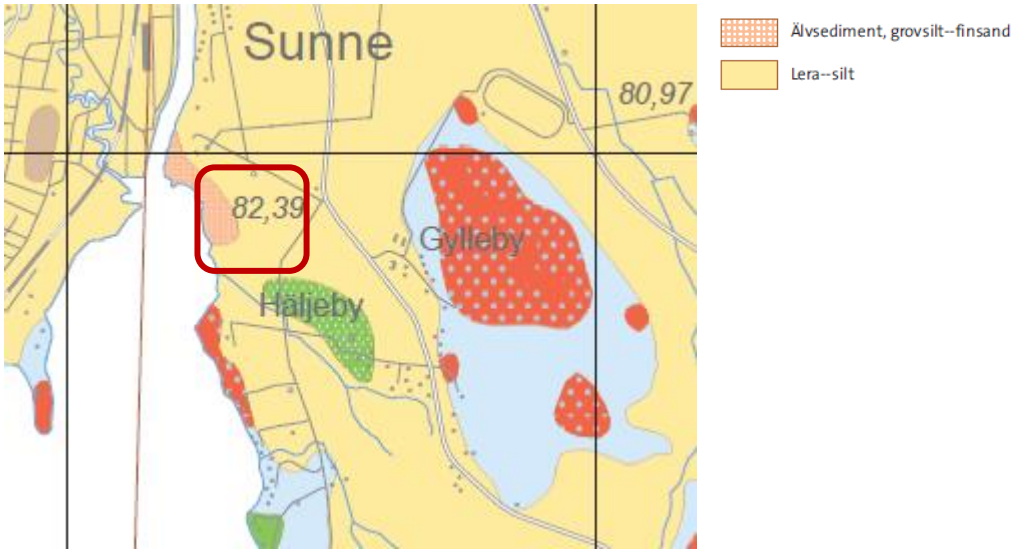
## 5.3 Ytbeskaffenhet

Större delen av området utgörs av ängs- eller åkermark.

## 5.4 Geotekniska förhållanden

### 5.4.1 Jorddjup och jordlagerföljd

Enligt SGU:s jordartskarta består de naturliga ytliga jordlagren av sand eller silt/lera, se Figur 5-1. Jordmäktigheten varierar mellan 5 och 30 m enligt SGU:s jorddjupskarta.




*Figur 5-1. Utdrag från SGU:s jordartskarta (källa: Kartgeneratorn, SGU). Aktuellt område är inringat med rött.*

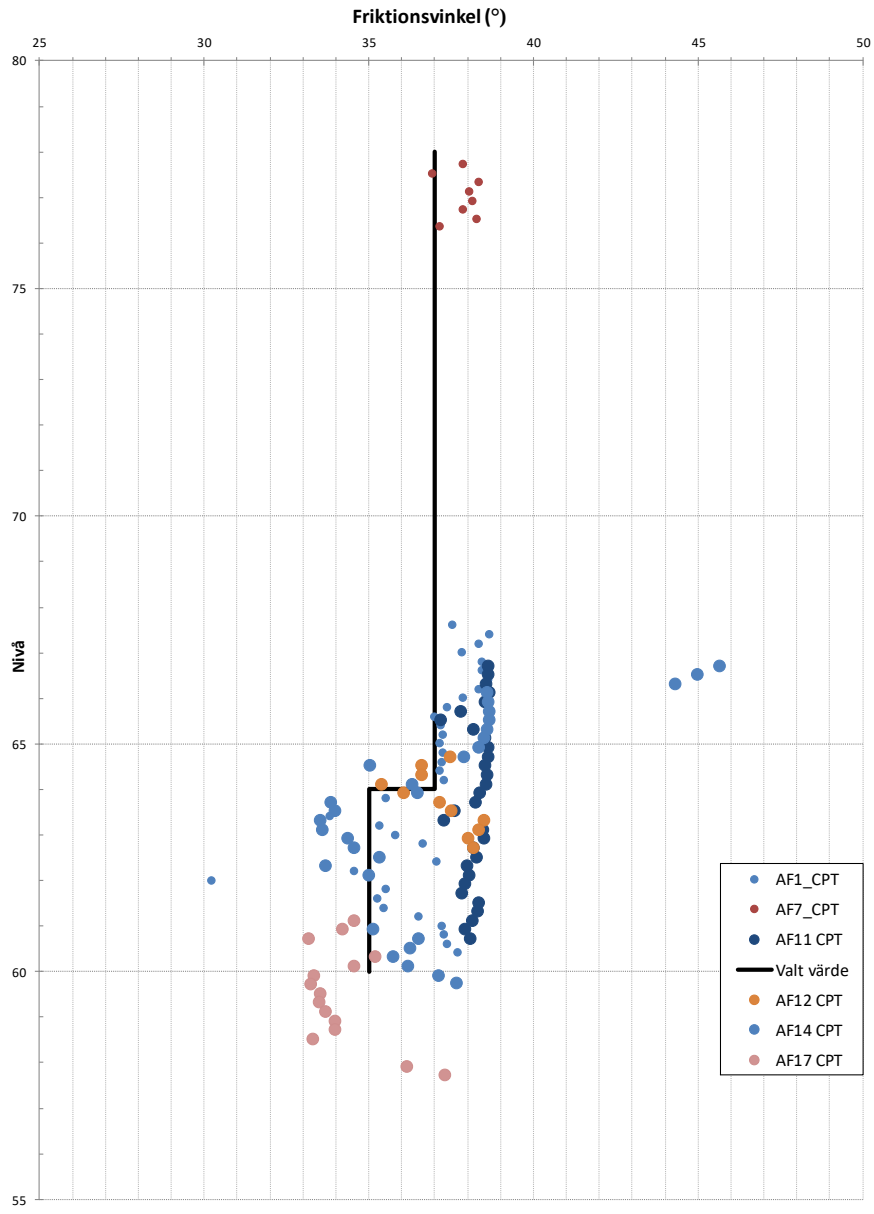
Enligt utförda sonderingar bedöms planområdet kunna delas upp i två olika geologiska lokaler. Generellt utgörs jordprofilen överst av mellan 0,2 och 0,6 m sandig, siltig mulljord. Inom de norra och östra delarna av planområdet utgörs jordprofilen under mulljorden av medelfast till fast siltig sand eller silt med en tydlig torrskorpekaraktär. Siltens mäktighet varierar generellt mellan 1 och 11 m och torrskorpesilten mellan 0,5 och 3 m. Den inre friktionsvinkeln har utvärderats utifrån CPT-sonderingar till 37° i torrskorpesilt och till 35° i silt, Figur 5-2. Den naturliga vattenkvoten i silten varierar mellan 20-50 %.

I de västra och södra delarna av området, främst i riktning mot Fryken, övergår den fasta silten i en lös, varvig siltig lera med mäktigheter mellan 3 och 15 m. Odränerad skjuvhållfasthet hos den siltiga leran har utvärderats till 14,5 kPa mellan ca +63 och +57, för att därefter öka med + 2 kPa/m mot djupet, se Figur 5-3. Utifrån CPT-sonderingar och CRS-försök bedöms den siltiga leran vara svagt överkonsoliderad. Lerans vattenkvot varierar i de upptagna jordproverna mellan 34-54 % och konflytgränsen mellan 27-43 %.

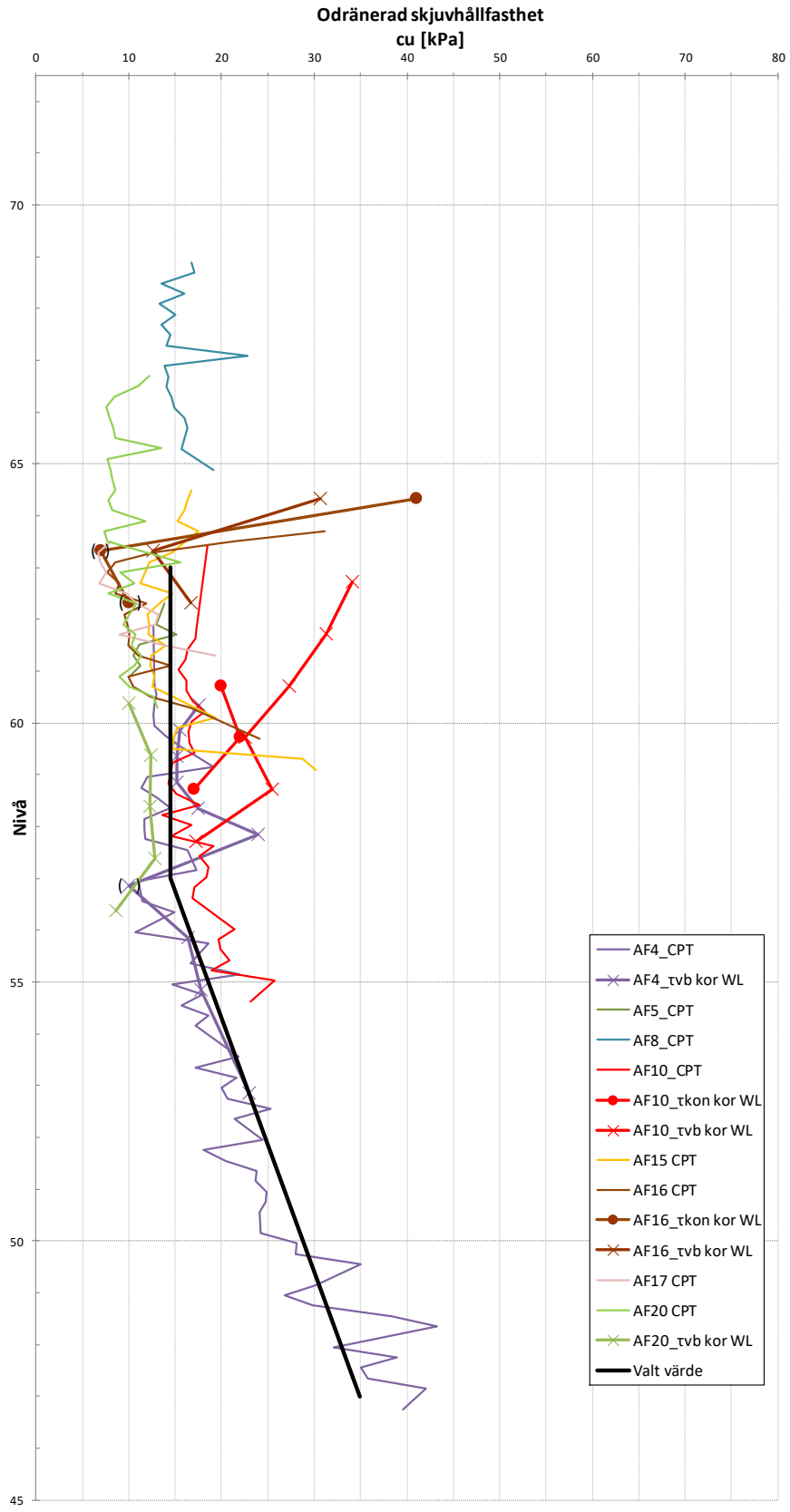
I en undersökningspunkt (AF10 på 5 meters djup) har den siltiga leran påvisats vara kvick.

I undersökningspunkt AF15 har troligt bergstopp påträffats ca 9 meter under markytan. Övriga sonderingar har avbrutits utan att nå berg.

Materialtyp 5A och tjälfarlighetsklass 4 föreligger inom området.




*Figur 5-2. Sammanställning av utvärderade friktionsvinklar från CPT-sonderingar.*




*Figur 5-3. Sammanställning av utvärderad odränerad skjuvhållfasthet från CPT-sonderingar, vingförsök samt konförsök.*

## 5.5 Hydrogeologiska förhållanden

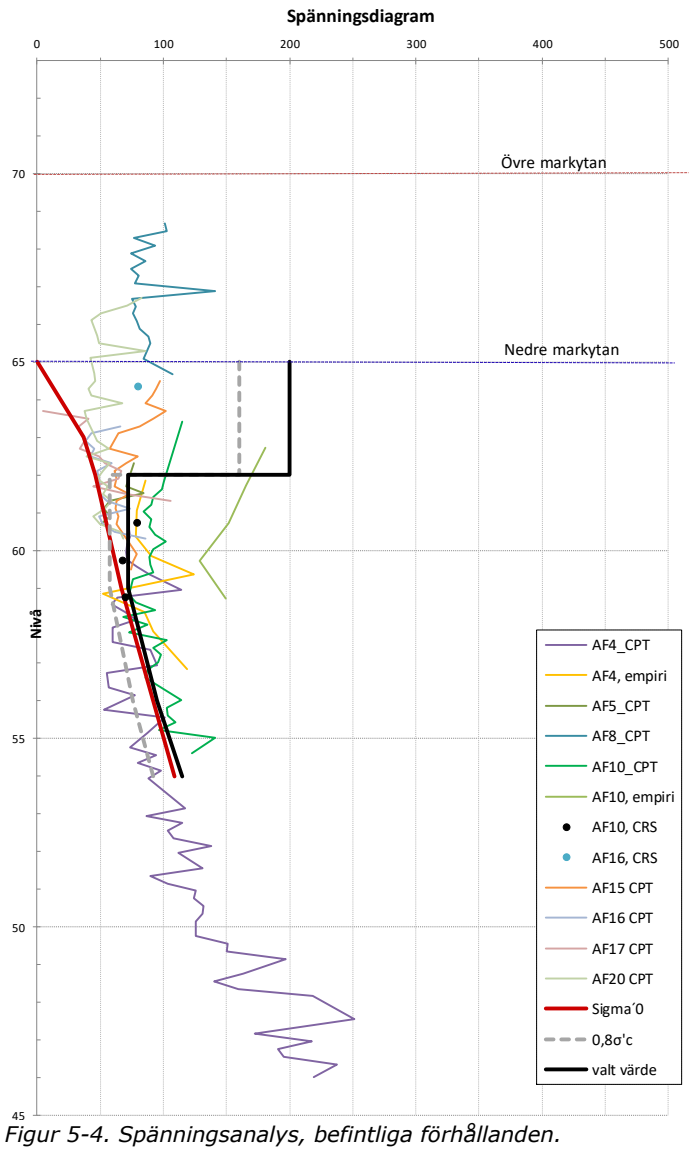
Fri vattenyta har observerats vid skruvprovtagningar mellan 0,1 och 1,6 meter under markytan.

Ett grundvattenrör har installerats med spetsen ca 10 meter under nuvarande markyta i samband med undersökningarna under mars 2020. Grundvattenytan i röret har uppmätts ca 1 m över nuvarande markyta. Grundvattenrörets filterspets är installerat i nära anslutning till den siltiga leran, i ett begränsat vattenförande skikt, vilket kan ha påverkan på filtrets genomsläpplighet och funktion. Med anledning av detta används nu uppmätta grundvattennivåer i aktuellt rör restriktivt, se vidare avsnitt 6.4.

Grundvattennivåer och Frykens vattennivåer bedöms varierar med årstid och nederbörd.

## 5.6 Sättningsförhållanden

Spänningssituationen visar på att jorden är sättningskänslig och att sättningar kan pågå inom området (s.k. krypsättningar), Figur 5-4. Ökad belastning på jorden genom påförande av last eller sänkning av grundvattennivån bedöms kunna ge stora tidsberoende sättningar.




*Figur 5-4. Spänningsanalys, befintliga förhållanden.*

## 5.7 Stabilitetsförhållanden

Vid platsbesök kunde inte några tydliga tecken på rörelser hos slänten mot Fryken identifieras. Det går dock inte att utesluta att rörelser kan ha förekommit tidigare.

Viss erosion bedöms förekomma vid vattenbrynet.

# 6 Stabilitetsberäkningar

## 6.1 Allmänt

Stabilitetsberäkningar för byggnation inom planområdet har genomförts med partial-koefficientmetoden enligt IEG:s Rapport 6:2008. Beräkningar är utförda för permanentskedet, i geoteknisk kategori 2 (GK2) och säkerhetsklass 3 (SK3) eftersom skikt med kvicklera har påvisats.

## 6.2 Geometri och beräkningssektioner

Nuvarande marknivåer i beräknade sektioner är hämtade från inmätningar utförda av beställaren under januari/februari 2020.

Den naturliga/ursprungliga marknivån har delvis förändrats. Vissa delar av området har under sommaren 2019 fyllts upp med ca 1,5 meter alternativt schaktats ur, medan övriga delar av området har oförändrad marknivå. Dessa områden är markerade i Bilaga 1.

Stabilitetsberäkningar har utförts mot Fryken för totalt 7 sektioner som bedömts ha lägst säkerhet mot stabilitetsbrott. Dessa är framtagna med avseende på geometri i kombination med utförda markarbeten och nu planerade fastigheter enligt detaljplan laga kraft 2018-04-03. För läge i plan, se Bilaga 1.

## 6.3 Materialegenskaper

Vid framtagning av jordmodell har framförallt undersökningsresultat från nu utförda undersökningar beaktats.

För valda värden avseende densitet, kohesionsintercept och friktionsvinklar har delvis empiriska tabellvärden använts.

Dimensionerande värden har tagits fram enligt följande:
$X_d = \frac{1}{\gamma M} * \eta * \bar{X}$

där

$X_d$ Dimensionerande värde på aktuell materialparameter
$\bar{X}$ Valt värde baserat på härledda värden
$\gamma_M$ Partialkoefficienter (se Tabell 6-1)
$\eta$ Omräkningsfaktor, baseras på den geotekniska undersökningen (val av faktorer redovisas nedan)

<u>Odränerade parametrar</u>

- $\eta_{1,2}$ = 1,0: huvudsak lerig silt/siltig lera, 12 st oberoende undersökningspunkter
- $\eta_3$ = 1,0: 3 st metoder har använts, liten spridning i resultat
- $\eta_{4,5,6,7}$ = 1,0: stor brottyta, medelvärde

**$\eta_{tot}$ = 1,0**

Dränerade parametrar

- $\eta_{1,2}$ =1,0: 6 st CPT-sonderingar
- $\eta_3$ =1,0: cpt-sonderingar har utförts
- $\eta_{4,5,6,7}$ = 1,0: stor brottyta

**$\eta_{tot}$ = 1,0**

I Tabell 6-1 har använda parametrar sammanställts.

*Tabell 6-1. Sammanställning av valda och dimensionerande värden. Värden inom parantes motsvarar en sänkning med 10 % och har använts vid känslighetsanalys av stabilitetsberäkningar.*

| Jordmaterial | Valda värden | Dimensionerande värde | | Tunghet [kN/m$^3$] |
|---|---|---|---|---|
| **Siltig sand/torrskorpesilt** (0,5-4 m u my) | Dränerad<br>$\phi$' = 37°<br>(33°)<br>c'= 0 | $\gamma_M$= 1,3 | Dränerad<br>$\phi_d$' =30,1°<br>(26,5°) | $\gamma_d$ =18<br>$\gamma'_d$=9 |
| **Silt** (0,5-11 m u my) | Dränerad<br>$\phi$' = 35°<br>(31,5°)<br>c'= 0 | $\gamma_M$= 1,3 | Dränerad<br>$\phi_d$' =28,3<br>(25,2°) | $\gamma_d$ =18<br>$\gamma'_d$=9 |
| **Siltig lera 1** (ca +61-57)<br>*Förekommer kvicklera inom aktuellt skikt* | Odränerad<br>$c_u$= 14,5 kPa<br>(13 kPa)<br>Dränerad<br>$\phi$' =30°<br>c'= 0,1* $c_u$ | $\gamma_M$= 1,5<br>$\gamma_M$= 1,3 | Odränerad<br>$c_{ud}$ = 9,7 kPa<br>(8,7 kPa)<br>Dränerad<br>$\phi_d$' = 23,95 °<br>$c_d$' = 1,12 kPa<br>(1 kPa) | $\gamma_d$ =17,5<br>$\gamma'_d$ =7,5 |
| **Siltig lera 2** (ca +57-47) | Odränerad<br>$c_u$= 14,5+2z kPa<br>(13+1,8z)<br>Dränerad<br>$\phi$' =30°<br>c'= 0,1* $c_u$ | $\gamma_M$= 1,5<br>$\gamma_M$= 1,3 | Odränerad<br>$c_{ud}$ = 9,7+1,33z kPa<br>(8,7+1,2z)<br>Dränerad<br>$\phi_d$' = 23,95 °<br>$c_d$' = 1,12+0,15z kPa<br>(1+0,14z) | $\gamma_d$ =18<br>$\gamma'_d$ =8 |
| **Fast friktionsjord** (ca +47- ) | Dränerad<br>$\phi$' = 35°<br>(31,5°)<br>c'= 0 | $\gamma_M$= 1,3 | Dränerad<br>$\phi_d$' =28,3°<br>(25,2°) | $\gamma_d$ =20<br>$\gamma'_d$ =13 |

## 6.4 Vattenstånd och portryck

Vid beräkningar har Frykens vattennivå antagits till LLW.

Grundvattenytan antas följa topografin och generellt ligga under torrskorpesilten i den norra och östra delen av området. Inom mellersta och västra delen ansluter grundvattenytan till Fryken och antas ligga mellan 0 och 0,7 m under ursprunglig markyta. En hydrostatisk tryckprofil har antagits för beräkningarna.

## 6.5 Laster

Laster från byggnader är permanenta och baseras på tillåten högsta byggnadshöjd enligt detaljplan. Variabel trafiklast är aktuell för gator.

Dimensionerande laster beräknas enligt:

$\gamma_d * 1{,}1 * G_{kj} \quad alt. \quad \gamma_d * 1{,}4 * Q_{kj}$

där

| | |
|---|---|
| $\gamma_d$ | Partialkoefficient för variabel ogynnsam last = 0,91 för SK2 |
| $G_{kj}$ | Permanent ogynnsamma laster = 10 kPa 1-planshus, 20 kPa 2-planshus |
| $Q_{kj}$ | Variabel ogynnsamma laster, trafiklast = 15 kPa |

Ej marklovspliktig avschaktning/uppfyllnad om ca 0,5 m inom fastigheterna gäller inom ramen för detaljplanen. Detta motsvarar vid uppfyllnad en tillskottslast om ca 10 kPa och har kontrollerats för ogynnsamma fall.

## 6.6 Val av erforderliga säkerhetsfaktorer

Enligt Eurokod (s.k. partialkoefficientmetoden) ska för nybyggnation erforderlig säkerhetsfaktor, $F_{EN} \geq 1{,}0$, i geoteknisk kategori (GK2) och säkerhetskategori (SK2) uppnås. För glidytor i skikt där kvicklera kan förekomma gäller SK3 och $F_{EN} \geq 1{,}10$.

Inom området har skikt i den siltiga leran uppvisat egenskaper som innebär att den är kvick, därmed gäller SK3.

## 6.7 Analysmodell

Stabilitetsberäkningarna har utförts med programmet Slope/W, version 10.0.0.17401. I Slope/W beräknas säkerhetsfaktorer mot skred med jämviktsteorier i det vertikala planet.

I de aktuella analyserna har cirkulärcylindriska glidytor beräknats med Morgenstern-Price's lamellmetod. Beräkningarna har utförts med både kombinerad och odränerad analys.

Plana glidytor har beaktats, men bedöms inte vara styrande.

## 6.8 Känslighetsanalys

Känslighetsanalys har utförts med avseende på hållfasthetsparametrar och vattentryck.

För hållfasthetsparametrar har antagna värden reducerats med 10 %.

Utifrån antaget läge för grundvattenytan har ett vattentryck på ca 9 meters djup (från ursprunglig marknivå) satts till ca 1,8 m ovan ursprunglig markyta, vilket motsvarar uppmätt vattentryck i installerat grundvattenrör.

## 6.9 Resultat

Resultat från stabilitetsberäkningar redovisas i Bilaga 2. För en sammanställning av resultaten, se Tabell 6-2.

*Tabell 6-2. Resultat från stabilitetsberäkningar. Erfoderlig säkerhetsfaktor är angiven inom parentes. Röda siffror visar värden som underskrider erfoderlig säkerhetsfaktor.*

| **Lastfall** | | **Sidnr, bilaga 2** | **F** ($F_{EN}$≥1,10) |
|---|---|---|---|
| **A1**<br>- 20 kPa inom fastigheter<br>- Ej marklovspliktig avschaktning 0,5 m på västliga fastigheter | Kombinerad analys | 1 | 1,12 |
| **A2**<br>- 10 kPa inom fastigheter<br>- Uppfyllning västliga fastigheter<br>- Ej marklovspliktig avschaktning 0,5 m på västliga fastigheter | Kombinerad analys | 2 | 1,34 |
| | Odränerad analys | 3 | 1,16 |
| **A3**<br>- 10 kPa och uppfyllning inom fastigheter<br>- Ej marklovspliktig markhöjning 0,5 m på östliga fastigheter | Kombinerad analys | 4 | 1,14 |
| | Odränerad analys | 5 | 1,10 |
| ***A3***<br>- *Känslighetsanalys vattentryck enl. gv-rör* | Kombinerad analys | 6 | 1,14 |
| | Odränerad analys | 7 | 1,10 |
| ***A3***<br>- *Känslighetsanalys reducerade hållfasthetsparametrar* | Kombinerad analys | 8 | **1,02** |
| | Odränerad analys | 9 | **0,99** |
| **B1**<br>- 30 kPa inom fastigheter<br>- Ev. ej marklovspliktig markhöjning 0,5 m väster om fastigheterna | Odränerad analys | 10 | 3,45 |
| **B2**<br>- 30 kPa inom fastigheter<br>- Uppfyllning västliga fastigheter<br>- Ev. ej marklovspliktig avschaktning 0,5 m, västliga fastigheterna | Kombinerad analys | 11 | 1,38 |
| | Odränerad analys | 12 | 1,24 |
| **B3**<br>- 10 kPa inom fastigheter<br>- Uppfyllning västliga fastigheter<br>- Ev. ej marklovspliktig avschaktning 0,5 m, västliga fastigheterna | Kombinerad analys | 13 | 1,23 |
| | Odränerad analys | 14 | 1,22 |
| **C1**<br>- 20 kPa inom fastigheter<br>- Ev. ej marklovspliktig avschaktning 0,5 m, västliga fastigheterna | Kombinerad analys | 15 | 1,65 |
| **C2**<br>- 20 kPa inom fastigheter | Kombinerad analys | 16 | 1,76 |
| **D1**<br>- 30 kPa inom fastigheter<br>- Ev. ej marklovspliktig avschaktning 0,5 m, västliga fastigheterna | Kombinerad analys | 17 | 2,64 |
| **D1 inkl. östlig bef. fastighet**<br>- 30 kPa inom östlig fastighet<br>- Ev. ej marklovspliktig avschaktning 0,5 m inom fastigheter | Kombinerad analys | 18 | 1,81 |
| **D2**<br>- 20 kPa inom fastigheter | Kombinerad analys | 19 | 1,90 |
| | Odränerad analys | 20 | 1,87 |
| **E**<br>- 20 kPa inom fastigheter<br>- Ev. ej marklovspliktig markhöjning fastigheter norr | Kombinerad analys | 21 | 1,36 |
| | Odränerad analys | 22 | 1,26 |
| **E**<br>- Ev. ej marklovspliktig avschaktning inom fastigheter | Kombinerad analys | 23 | 1,34 |
| | Odränerad analys | 24 | 1,10 |
| **F**<br>- Ev. ej marklovspliktig avschaktning inom fastigheter | Kombinerad analys | 25 | 1,12 |
| | Odränerad analys | 26 | 1,18 |

Stabilitetshöjande åtgärder såsom uppfyllnad krävs inom delar av planområdet för att kunna få en fullgod säkerhet mot skred. Lastrestriktioner krävs också inom fastigheterna, se Bilaga 4.

Resultat från känslighetsanalysen visar på acceptabla variationer.

# 7 Sättningsberäkningar

## 7.1 Analysmodell

Sättningsberäkningar har utförts med programmet GeoSuite Settlement, version 15.2.3.0.

Sättningar har beräknats för en jordmodell med två olika djup till fast botten, 7 och 11 meter, vilket bedöms representera de områden med lera som kan komma att påverkas. För jorddjupet 11 meter har antagits att 8 meter utgörs av lös lera och för jorddjupet 7 meter har antagits att 5 meter utgörs av lös lera.

Lerans spänningssituation har utvärderats från CRS-försök samt CPT-sondering.

I beräkningarna med jorddjupet 7 meter har jordmodellen motsvarande spänning som för nivån +64-57.

Sättningsberäkningarna har gjorts för en tidsperiod på 50 år och då förväntas större delen av sättningarna ha bildats.

För friktionsjord samt för lera där $\sigma'_0+\Delta\sigma < 0{,}8\sigma'_c$ har Chalmers jordmodell utan kryp använts och för lera där $\sigma'_0+\Delta\sigma > 0{,}8\sigma'_c$ har Chalmers jordmodell med kryp tillämpats. Krypsättningar bedöms kunna uppstå längs hela lerprofilen. Kontrollberäkning har utförts med jordmodell utan krypparametrar.

För utvärdering av sättningsparametrarna har Conrad-utvärdering av CPT-sondering och CRS-försök använts. Även empiri har tillämpats. Krypparametrar har räknats fram med empiriska samband, se *"Val av kryptal för lösa plastiska leror"*, Chalmers 2009-02-13.

Leran bedöms vara mellanplastisk, $M_0$ har utvärderats till $M_0 = 375\ \tau_{fu}$.

För att få en uppskattning av de förväntade sättningarna har några antaganden gjorts. Husens yta har antagits vara 100 $m^2$. Det finns uppfyllnader på delar av området. Utbredningen på uppfyllnaderna har tillhandahållits från en skiss från Sunne kommun och i beräkningen har ytan på en tomt antagits vara 2500 $m^2$.

De lastfall som har använts är:

1. Enplanshus 10*10 m, 1,5 m fyllning 50*50 m, jorddjup 11 m varav 8 meter lera
2. Enplanshus 10*10 meter, ingen fyllning, jorddjup 11 meter varav 8 meter lera
3. Tvåplanshus 10*10 meter, 1,5 m fyllning 50*50 m, jorddjup 7 meter varav 5 meter lera
4. Tvåplanshus 10*10 meter, ingen fyllning, jorddjup 7 meter varav 5 meter lera

Lasten består dels av den viktökning som jorden får när en fyllning läggs på markytan, vilket i beräkningen har antagits vara 18 kPa/m fyllning. Utöver eventuell fyllning tillkommer även lasten från husen, vilken antas vara 10 kPa/våningsplan.

Resultatet från sättningsberäkningarna redovisas i kapitel 6.9.2 samt bilaga 3.

## 7.2 Resultat

Beräknade sättningar redovisas i tabell 8-1.

*Tabell 8.1 Resultat sättningsberäkningar vid olika lastfall och lerdjup. Beräknad totalsättning efter 50 år.*

| Lermäktighet | Lastfall | Sättning [cm] |
|---|---|---|
| 8 m "med kryp" | 1. | 44 |
| | 2. | 15 |
| 8 m "utan kryp" | 1. | 20 |
| | 2. | 2 |
| | | |
| 5 m "med kryp" | 3. | 30 |
| | 4. | 10 |
| 5 m "utan kryp" | 3. | 12 |
| | 4. | 2 |

# 8 Slutsatser och rekommendationer

## 8.1 Grundläggningsförutsättningar, byggnader och anläggningar

Stabilitetsförhållandena är enligt nu utförda beräkningar **inte** fullgoda inom planområdet. Inom flertalet fastigheter finns inte utrymme för större lasttillskott än vad som är godtagbart inom ramen för detaljplan (+/-0,5 m), vilka ej är marklovspliktiga. Inom dessa fastigheter behöver uppfyllnader, byggnader och dylikt totalkompenseras alternativt pålgrundläggas.

Inför byggnationer behöver en stabilitetshöjande åtgärd utföras inom de västliga fastigheterna (1:62, 1:63 och 1:64). Aktuell åtgärd innebär en uppfyllnad med en lutning mellan 1:12 och 1:14 från gatan i västlig riktning, se aktuella beräkningssektioner i Bilaga 2. Aktuell uppfyllnad ska utföras med jordmassor med tunghet 19 kN/m$^3$.

Jorden inom området är sättningskänslig. Detta ska beaktas vid projektering av grundläggning för byggnader, uppfyllnader, anläggande av VA-ledningar och vid sättningskänsliga anslutningar. Majoriteten av de förväntade sättningarna har bildats efter 5 år, dvs ett ganska snabbt sättningsförlopp. En stor del av sättningarna beror på uppfyllnad av jord, men även utan uppfyllnad blir förväntade sättningar stora, upp till 15 cm.

Ledningar och kablar bör utformas med flexibla kopplingar för att kunna uppta sättningsskillnader i övergångar mellan förstärkt och oförstärkt mark.

I samband med detaljprojektering av planerad bebyggelse bör kompletterande geotekniska undersökningar utföras i läge för blivande byggnader för att i detalj bedöma slutligt grundläggningssätt och behov av grundförstärkning.

Jorden inom området utgörs av siltiga jordar som är ett extremt tjälfarligt material och mycket erosionskänsligt. Detta ska beaktas vid projektering av grundläggning och dagvattenhantering.

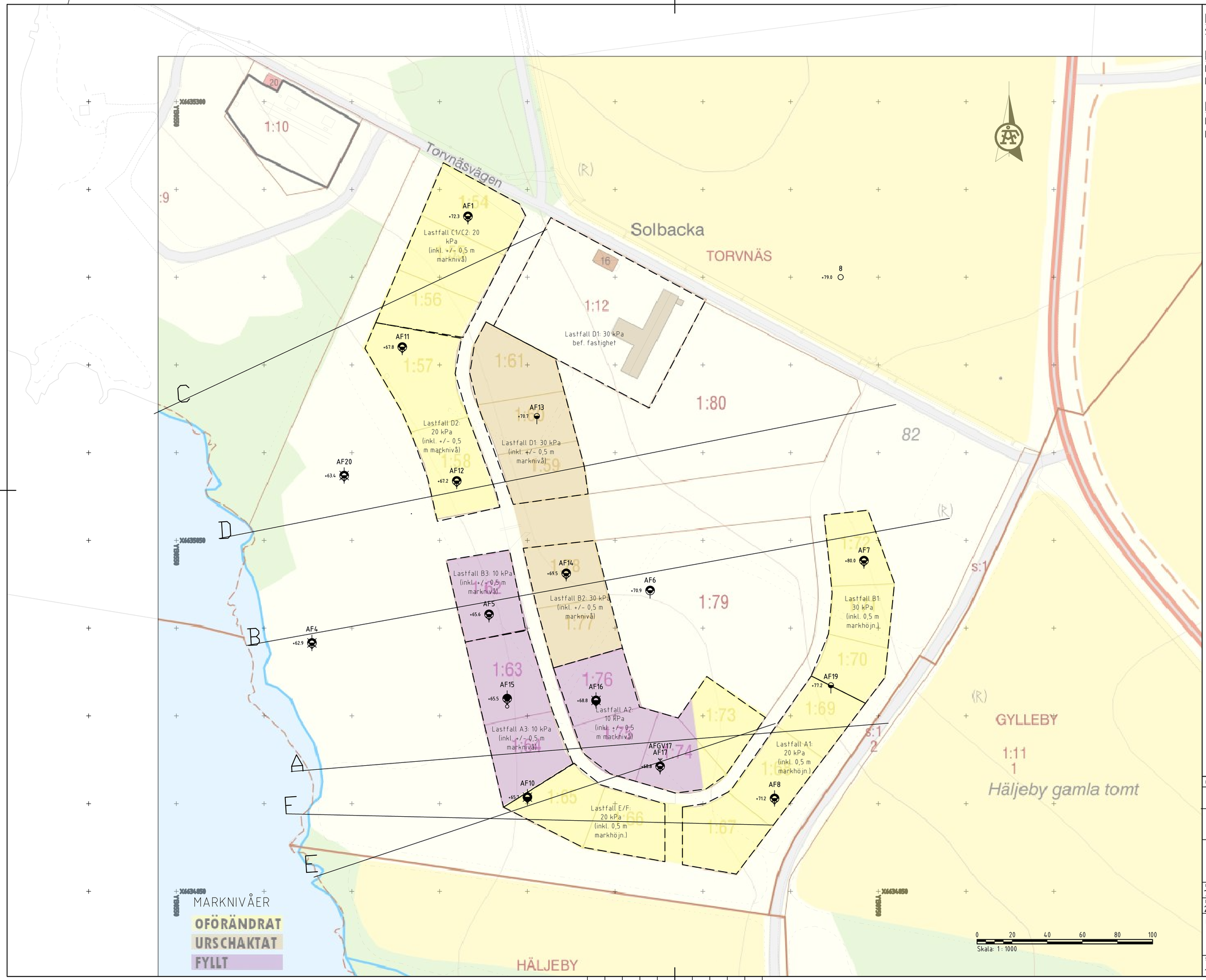
Vid dimensionering av bl.a. överbyggnad ska materialtyp 5A och tjälfarlighetsklass 4 användas.

## 8.2 Schakt- och fyllningsarbeten

Schakt och fyllning ska alltid utföras med betryggande säkerhet mot ras och skred. Släntlutningen anpassas till jordens hållfasthet, grundvattenförhållanden och förekommande belastningar, se vidare Arbetsmiljöverket/Statens geotekniska instituts handbok ” Schakta säkert – säkerhet vid schaktning i jord”.

Vid schaktning ska beaktas att jorden kan vara flytbenägen i vattenmättat tillstånd. Schaktning ska utföras så att jordens fasthet under grundläggningsnivån inte minskar. Terrasser av siltig jord eller lera försämras snabbt av vattentillskott varför frilagda terrasser skall skyddas kontinuerligt med fyllning. Åtgärder skall kontinuerligt vidtas så att vattensamlingar inte uppstår, tex. genom dikning, bombering, länshållning.

Länshållning och tillfällig grundvattensänkning kan erfordras vid schaktning, beroende på schaktdjup och tidpunkt för utförandet. Grundvattnets trycknivå ska vid schakt under grundvattennivån sänkas till minst 0,5 m under schaktbotten för att undvika problem med bl.a. hydraulisk bottenupptryckning och jordupplucking i samband med schakt.




## RITNINGSBETECKNINGAR

SE SGF/BGS BETECKNINGSSYSTEM 2001:2

## KOORDINATSYSTEM

PLAN SWEREF 991330
HÖJD RH 2000

## FÖRKLARING

RITNINGEN GÄLLER ENDAST GEOTEKNISK INFORMATION FRÅN UTFÖRDA UNDERSÖKNING

| BET | ÄNDRINGEN AVSER | DATUM | SIGN |
|---|---|---|---|

# GEOTEKNISK UNDERSÖKNING

TORVNÄS 1:79 OCH 1:80

ÅF INFRASTRUCTURE
www.afconsult.com

| UPPDRAG NR | RITAD/KONSTR AV | HANDLÄGGARE |
|---|---|---|
| 776292 | A-S ROSLUND | A-S ROSLUND |
| DATUM | ANSVARIG | |
| 2019-12-20 | A-S.ROSLUND | |

GEOTEKNISK UNDERSÖKNING
PLANRITNING
TORVNÄS, SUNNE
BERÄKNINGSSEKTIONER, STABILITET

| SKALA | NUMMER | BET |
|---|---|---|
| 1:1000 (A1) | BILAGA 1 100G101 | A |

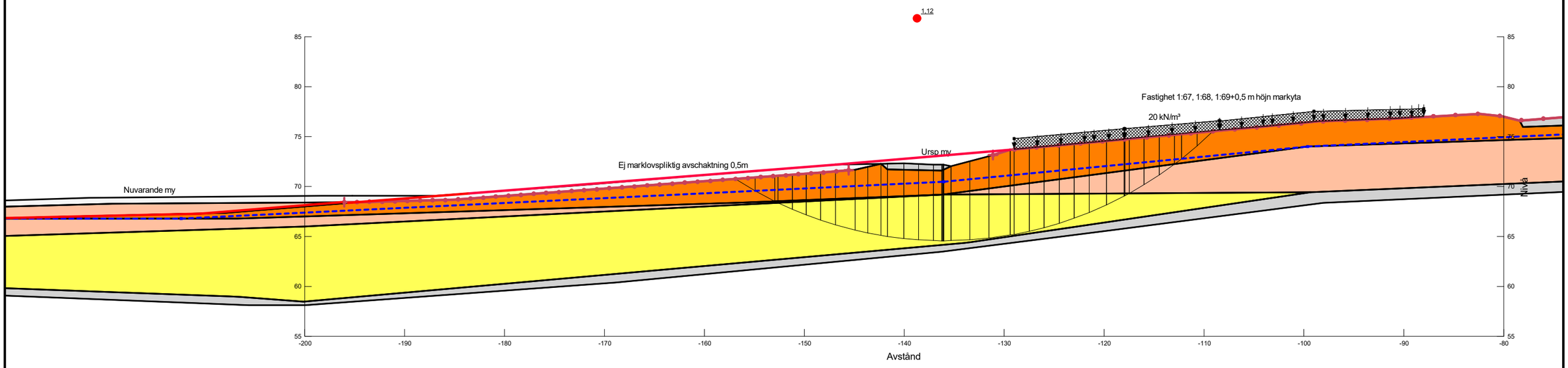
PLOT: 2020-04-08 17:08 X:\1-PROJ\SE\776292 - GEOTEKNISK UTREDNING AVSEENDE TORVNÄS 748877\02_CAD\1 (SKEDE, DELOMRÅDEN\GNRITDEF\100G101 - BILAGA 1.DWG ROSLUND ANN-SOFIE

XREF

LAGER: SB11

BILAGA 2, *Stabilitetsberäkningar*

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

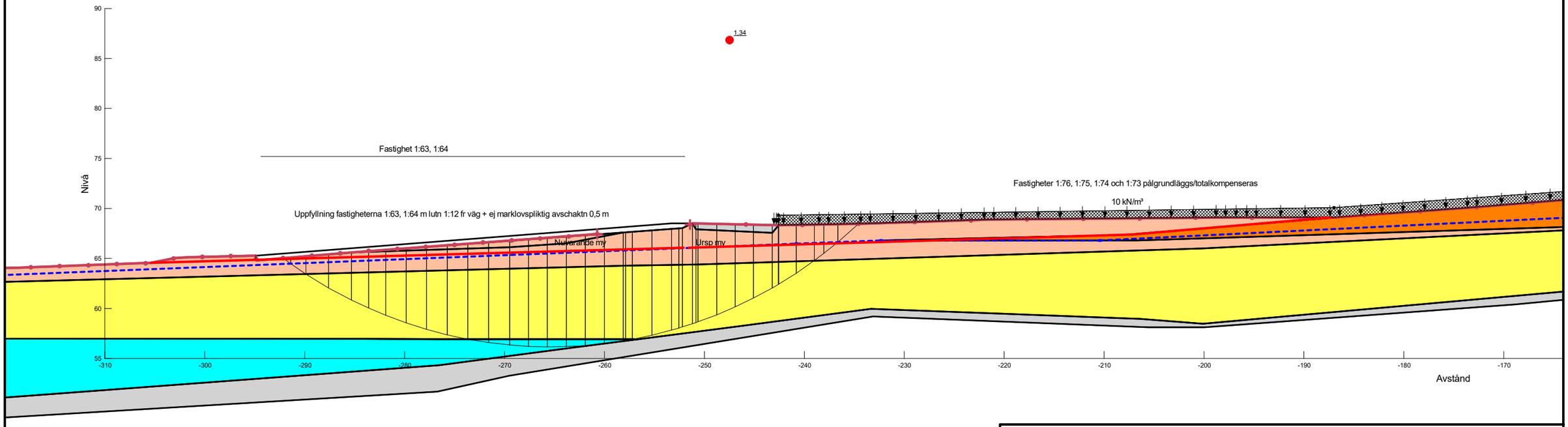



kombinerad m avschaktning

A1_ avschaktn.gsz

2020-04-08 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

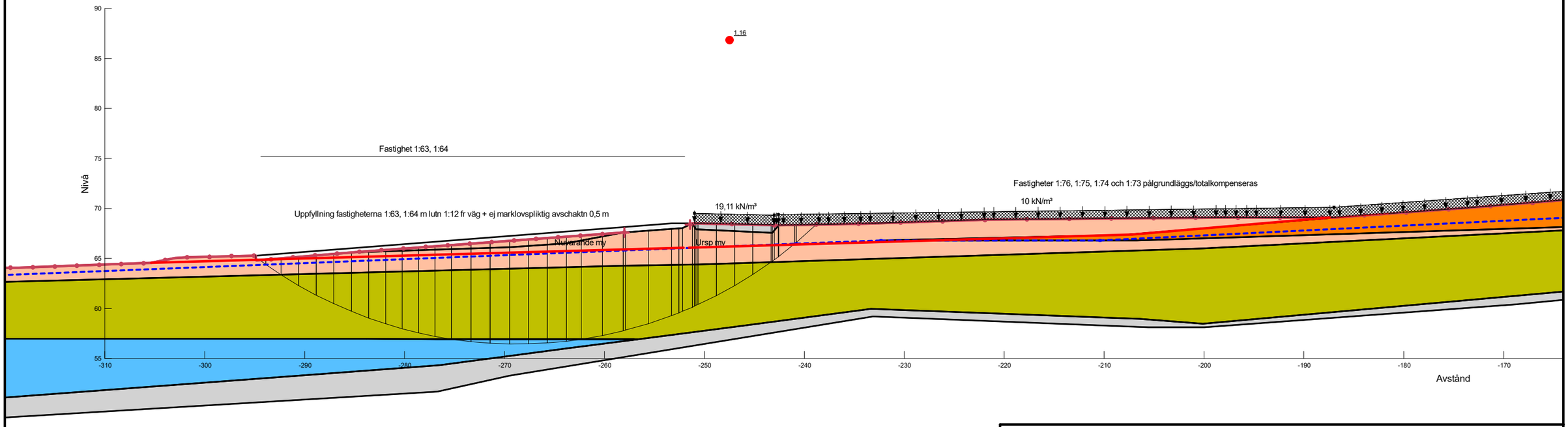



Kombinerad m uppfylln & avschaktning

A2_m uppfylln + avschaktn.gsz

2020-04-06 1:400

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 28,3 | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | 19 |
| | siLe 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 9,7 | 0 | | |
| | siLe 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 9,7 | 1,33 | | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | | | 30,1 | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | |

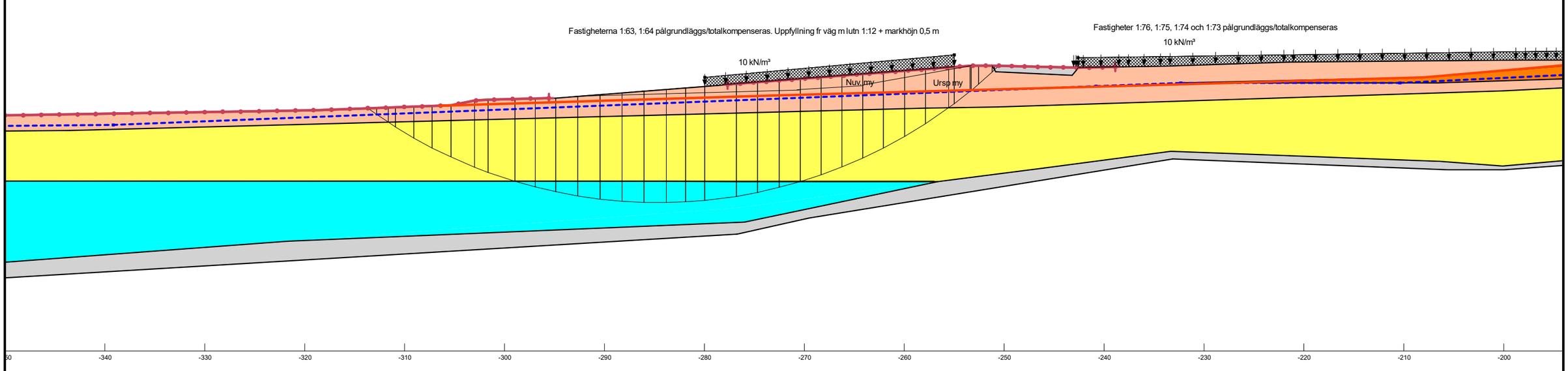



| | |
|---|---|
| Odränerad m uppfylln & avschaktning | |
| A2_m uppfylln + avschaktn.gsz | |
| 2020-04-06 | 1:400 |

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

1,14

Fastigheterna 1:63, 1:64

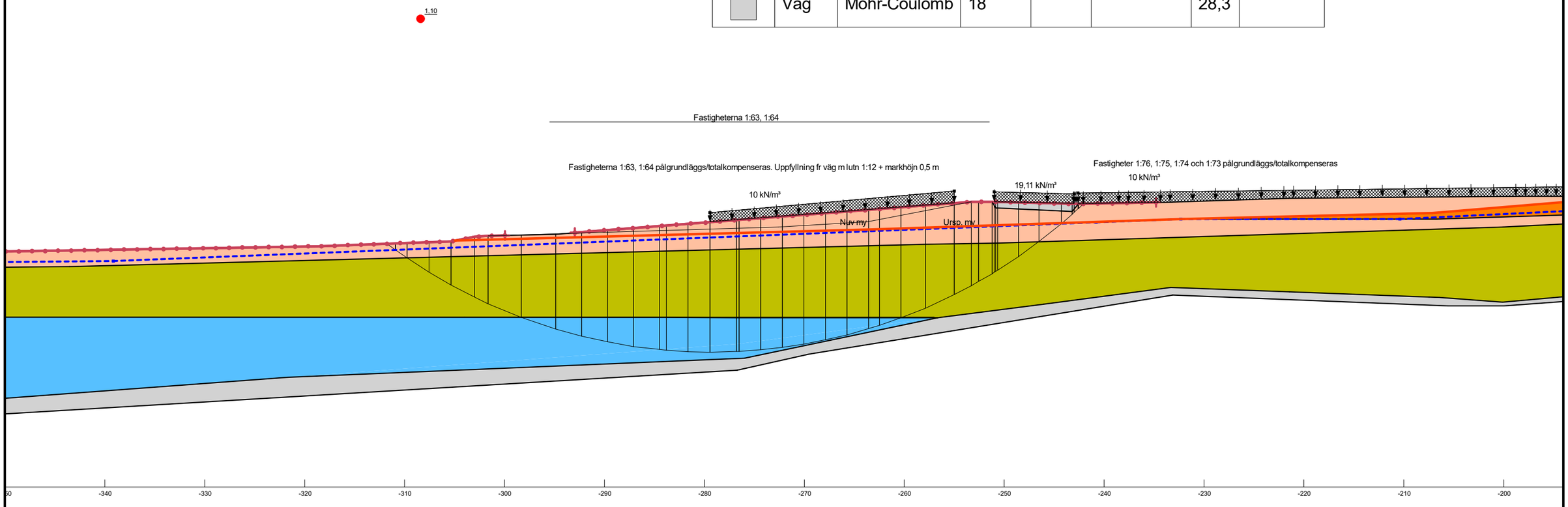



Kombinerad m uppfylln

A3 m uppfylln + markhöjn.gsz

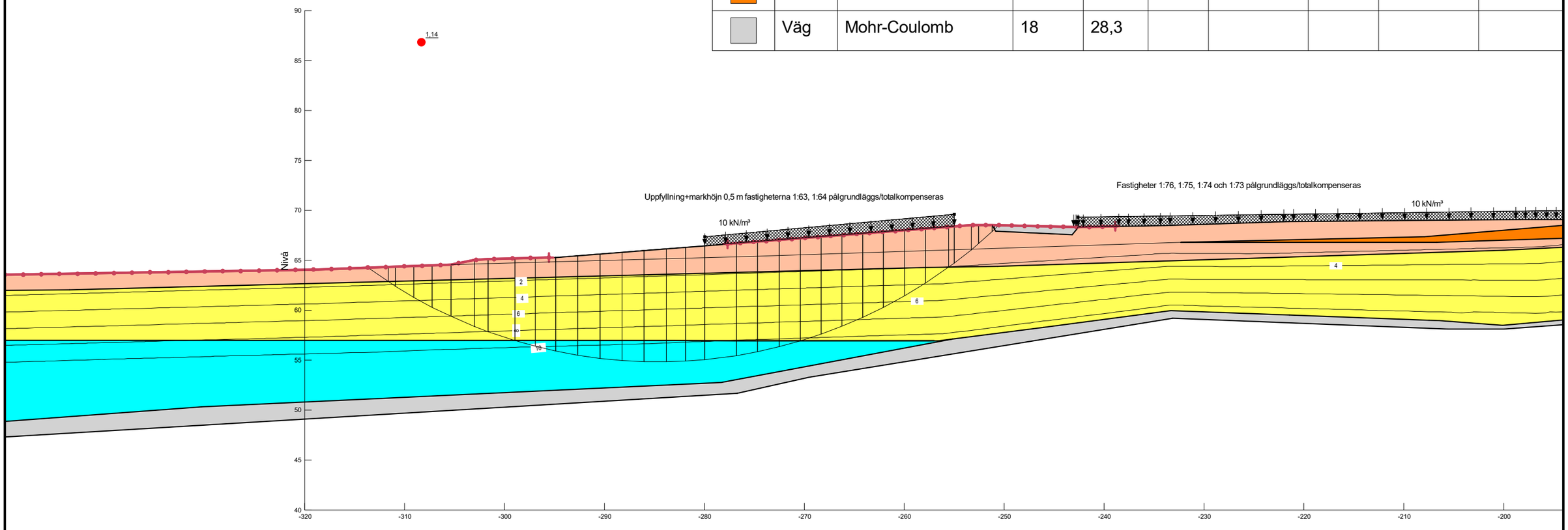
2020-04-06 1:400

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 28,3 | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | 19 |
| | siLe 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 9,7 | 0 | | |
| | siLe 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 9,7 | 1,33 | | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | | | 30,1 | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | |




| | |
|---|---|
| Odränerad m uppfylln | |
| A3 m uppfylln + markhöjn.gsz | |
| 2020-04-06 | 1:400 |

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

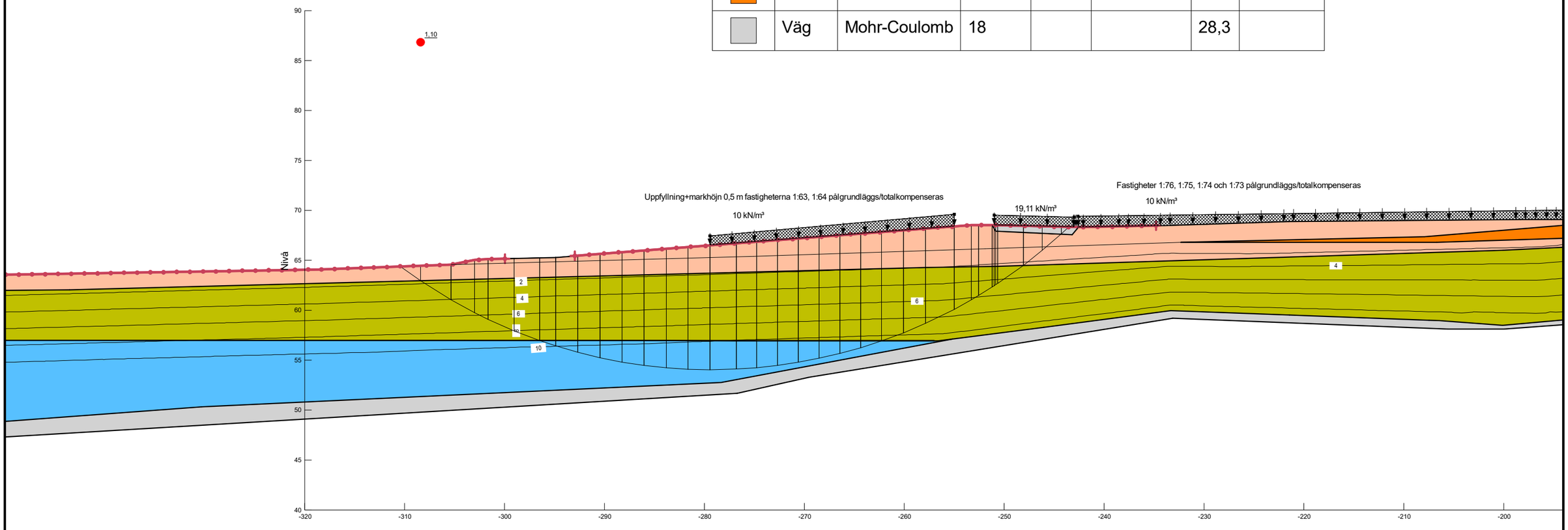



Kombinerad m uppfylln

Sekt A3_förhöjt vattentryck.gsz

2020-04-07 1:400

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 28,3 | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | 19 |
| | siLe 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 9,7 | 0 | | |
| | siLe 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 9,7 | 1,33 | | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | | | 30,1 | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | |

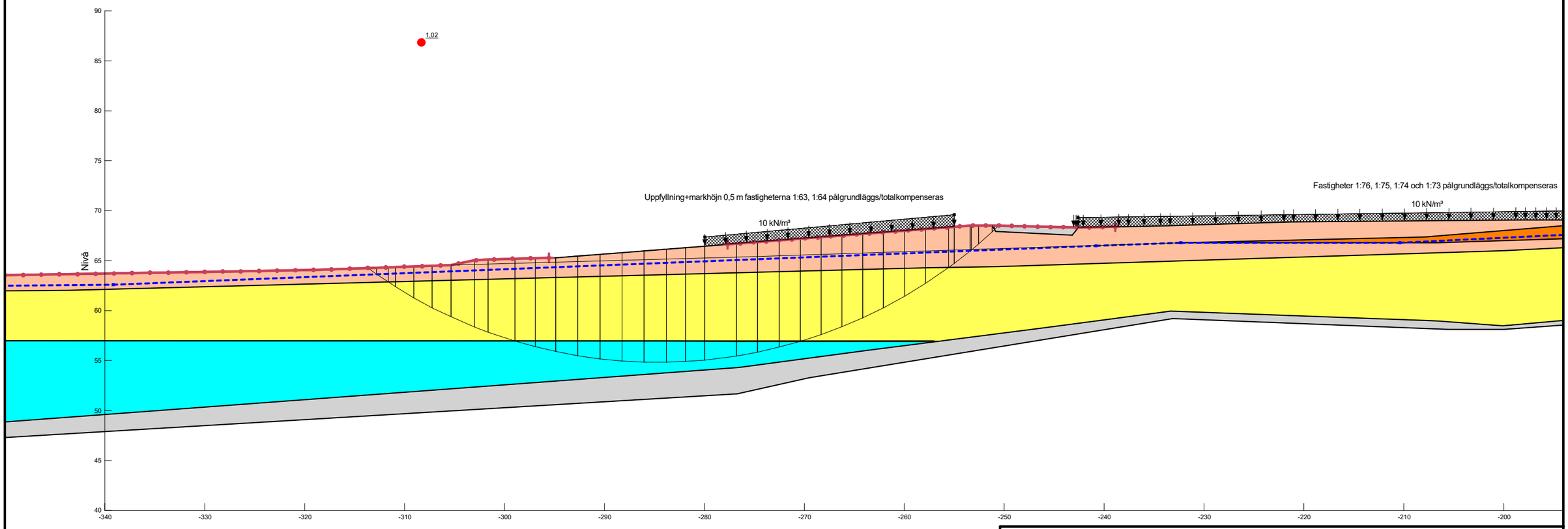



Odränerad m uppfylln

Sekt A3_förhöjt vattentryck.gsz

2020-04-07 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 25,2 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 25,2 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1 | 0 | 8,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1 | 0,14 | 8,7 | 1,2 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 26,5 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

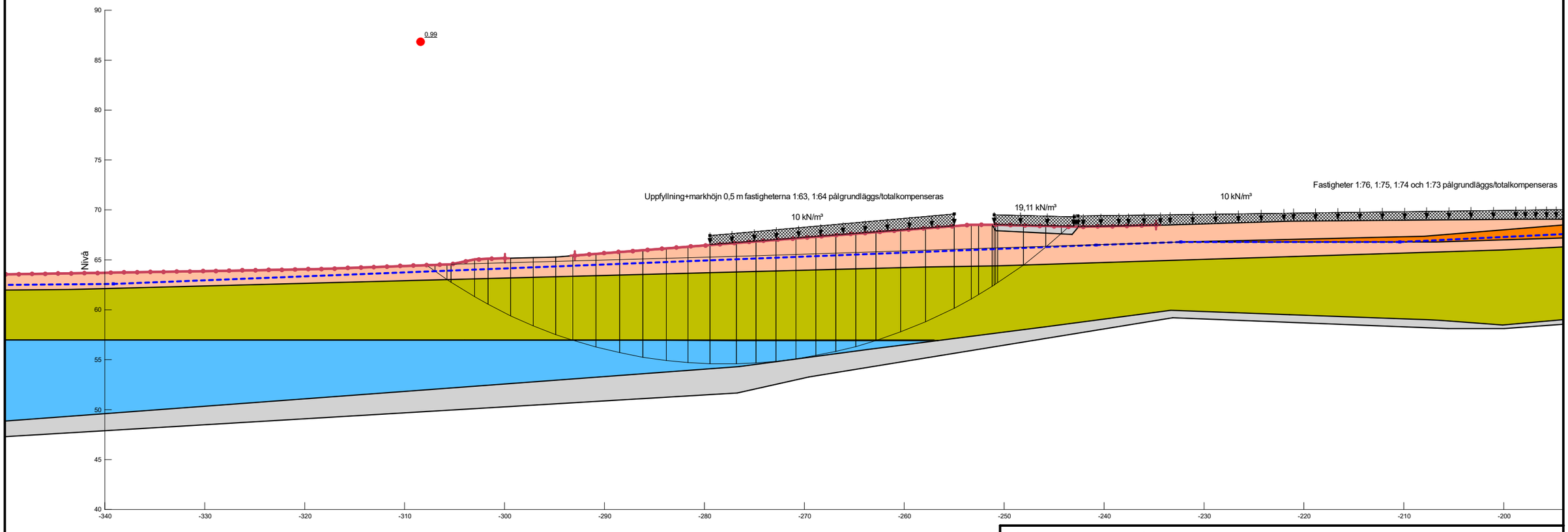



Kombinerad m uppfylln

Sekt A3_red. mtrlparametrar.gsz

2020-04-06 1:400

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 25,2 | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 25,2 | 19 |
| | siLe 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 8,7 | 0 | | |
| | siLe 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 8,7 | 1,2 | | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | | | 26,5 | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | |

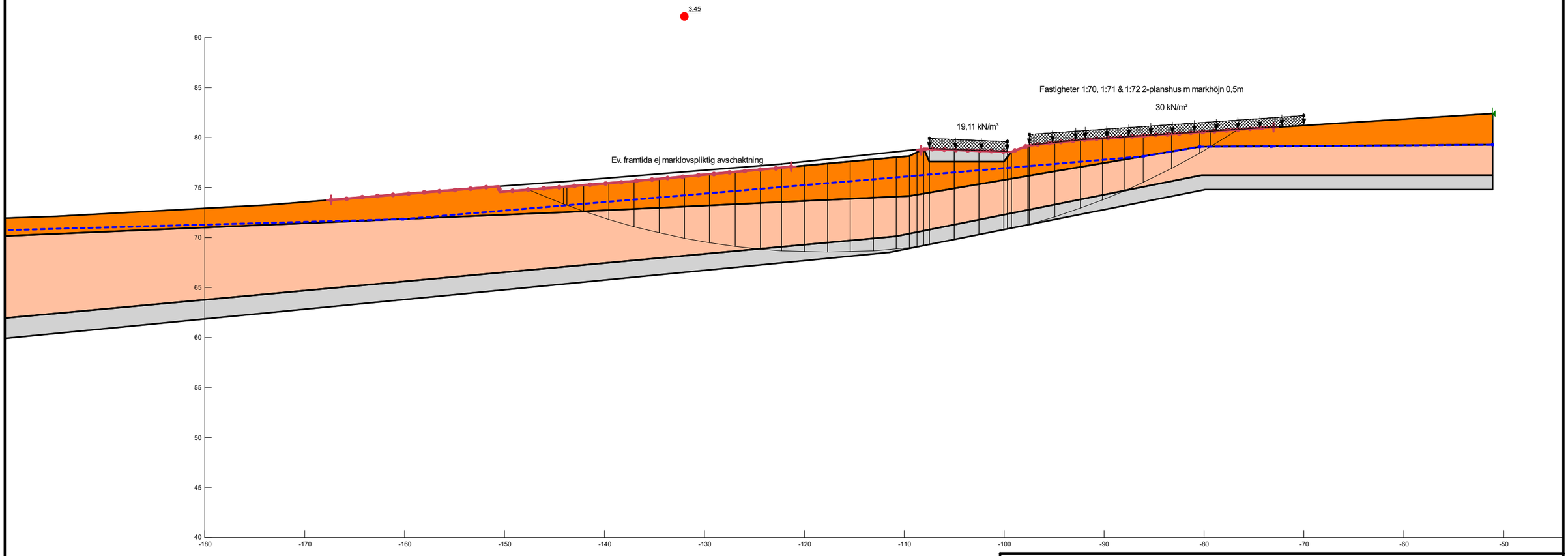



Odränerad m uppfylln

Sekt A3_red. mtrlparametrar.gsz

2020-04-06 1:400

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 28,3 | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | 19 |
| | siLe 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 9 | 0 | | |
| | siLe 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 9 | 1,6 | | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | | | 30,1 | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | |

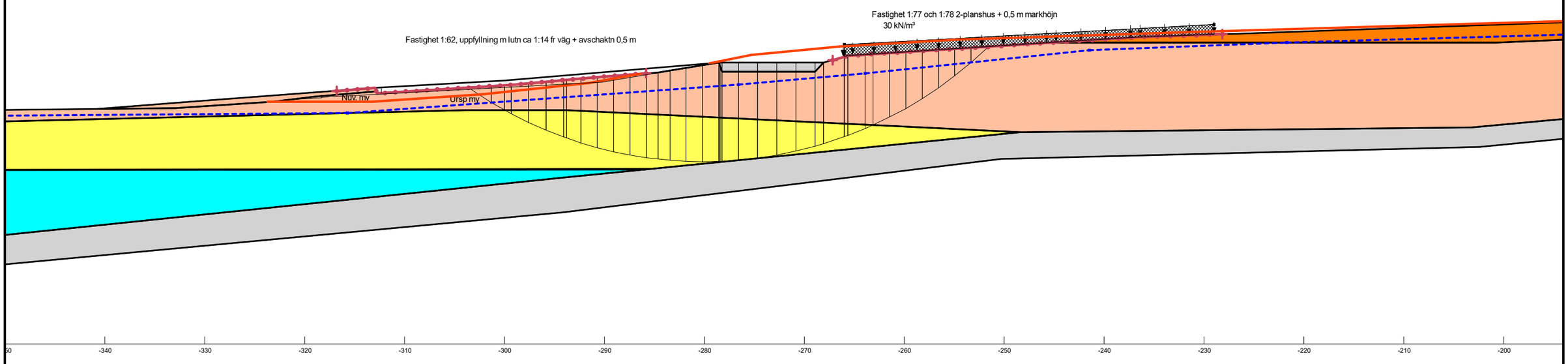



Odränerad

B1.gsz

2020-04-06 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |



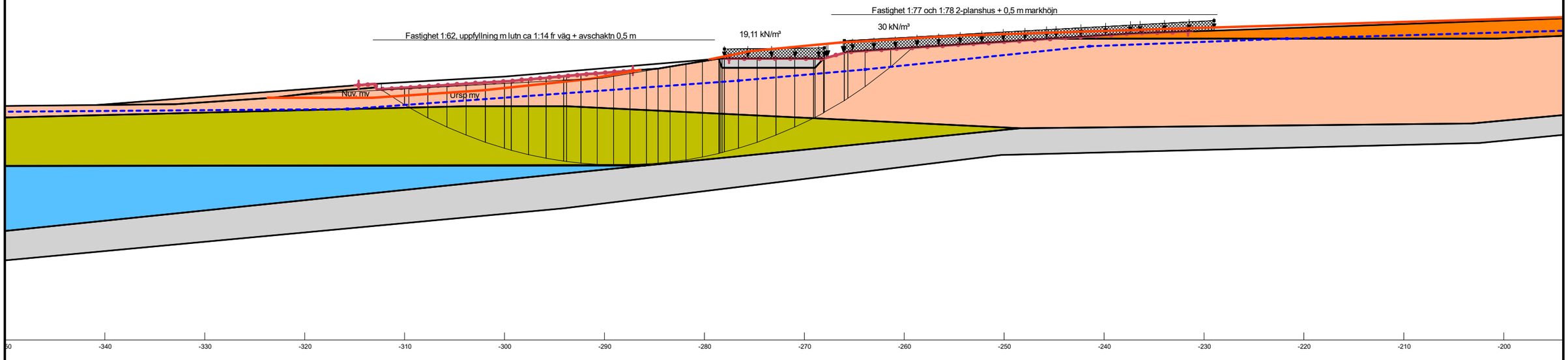

Kombinerad

B2 m uppfylln o avschaktning.gsz

2020-04-06 1:400

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 28,3 | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | 19 |
| | siLe 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 9,7 | 0 | | |
| | siLe 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 9,7 | 1,33 | | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | | | 30,1 | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | |

1,24

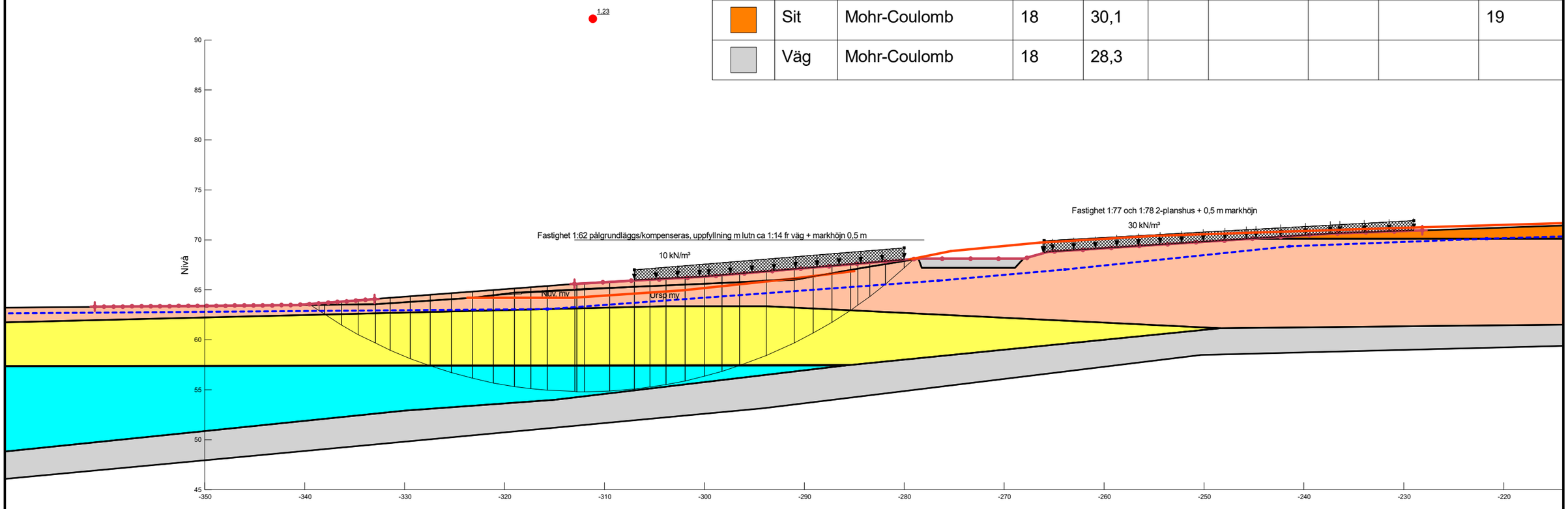



Odränerad

B2 m uppfylln o avschaktning.gsz

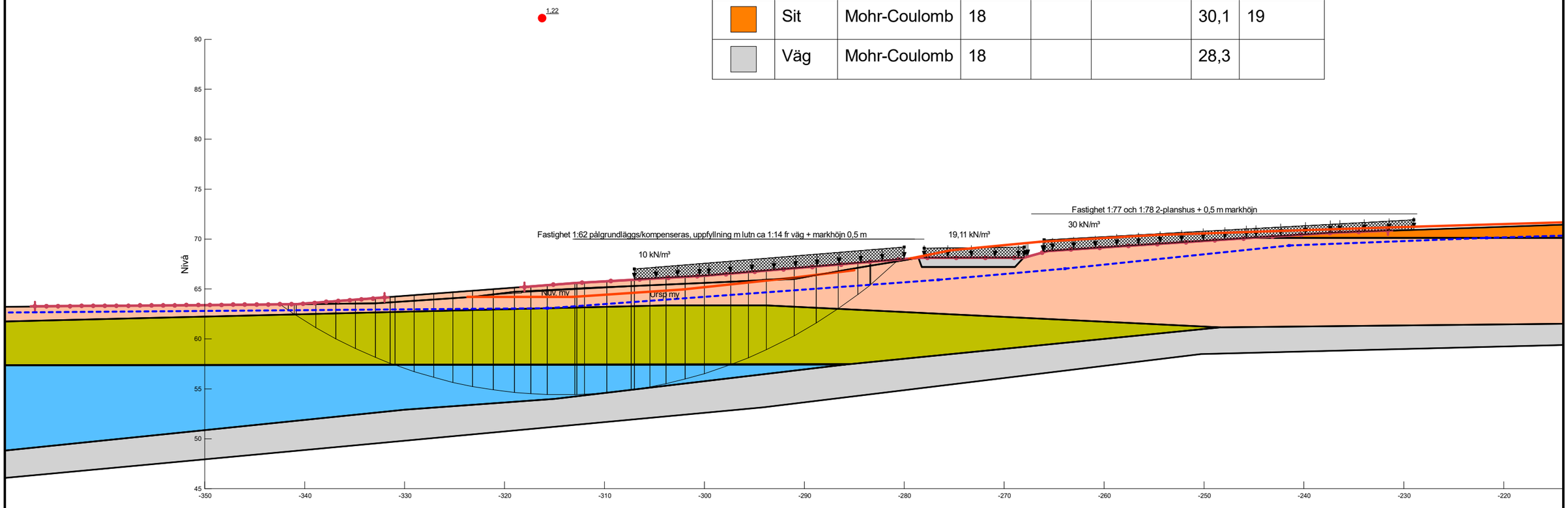
2020-04-06 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |



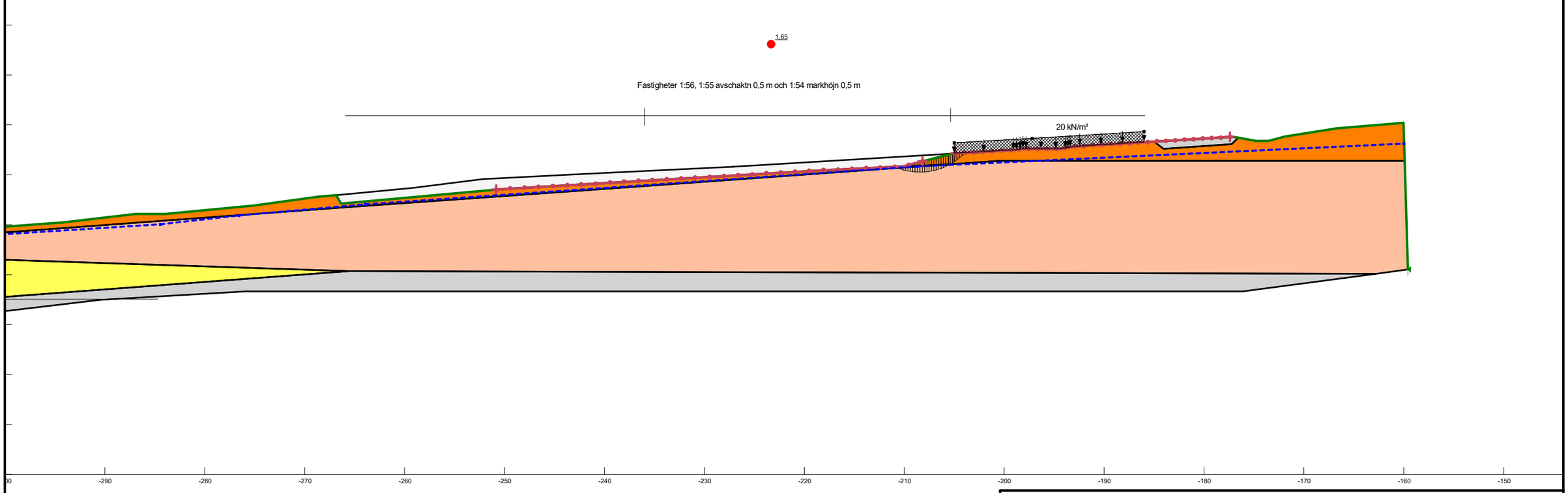

| | |
|---|---|
| Kombinerad | |
| B3.gsz | |
| 2020-04-06 | 1:400 |

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 28,3 | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | 19 |
| | siLe 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 9,7 | 0 | | |
| | siLe 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 9,7 | 1,33 | | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | | | 30,1 | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | |




| | |
|---|---|
| Odränerad | |
| B3.gsz | |
| 2020-04-06 | 1:400 |

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

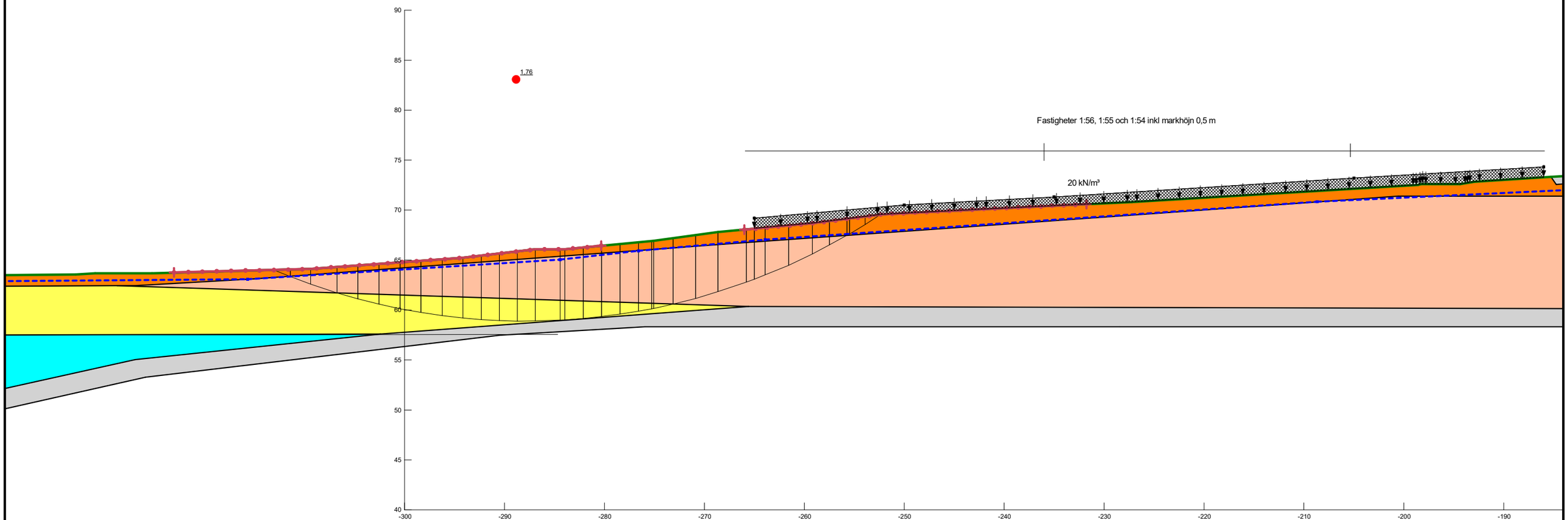



Kombinerad

C1 m avschaktn.gsz

2020-04-06 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

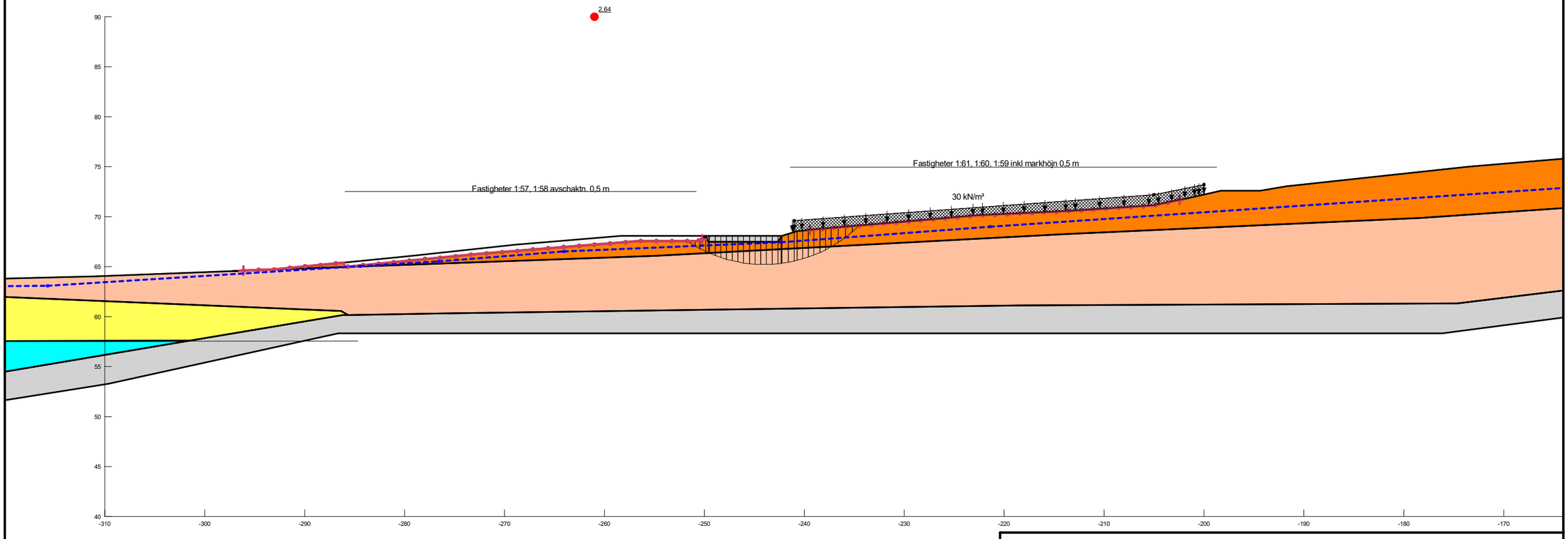



Kombinerad

C2.gsz

2020-04-06 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

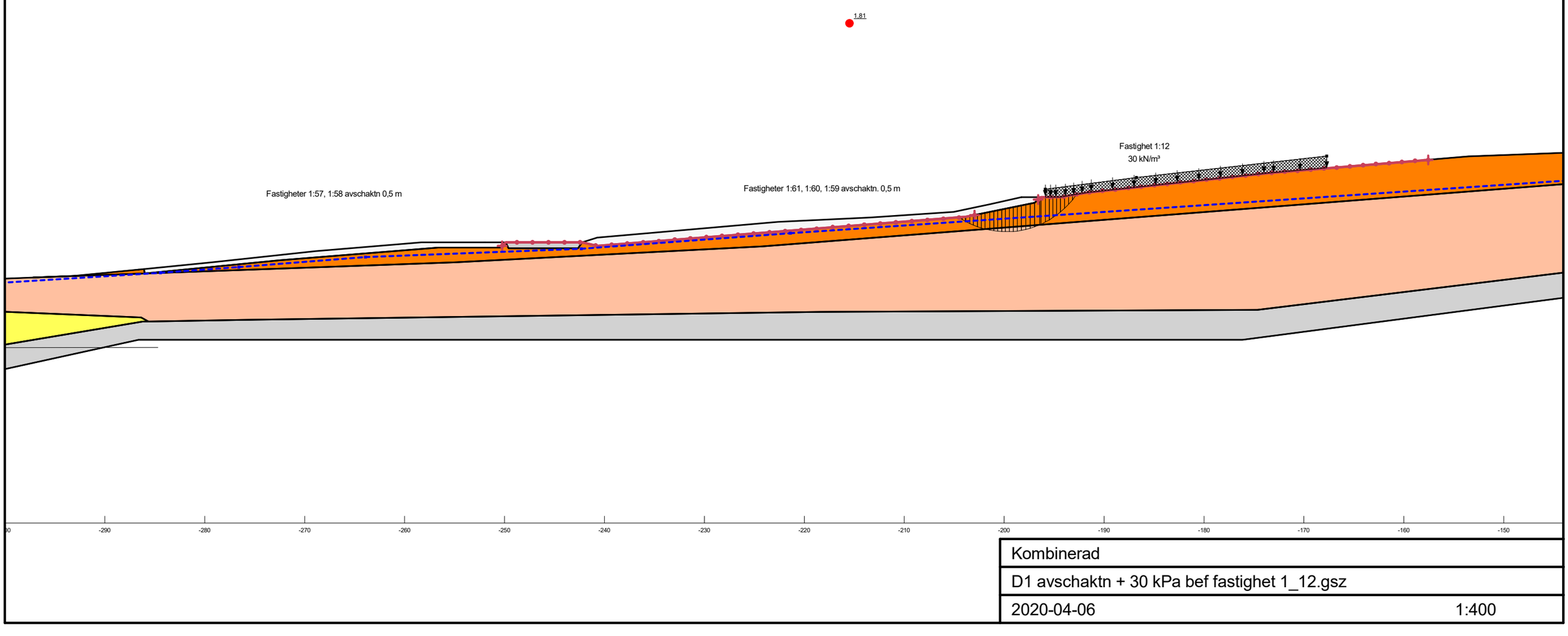



Kombinerad

D1 avschaktn.gsz

2020-04-06 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

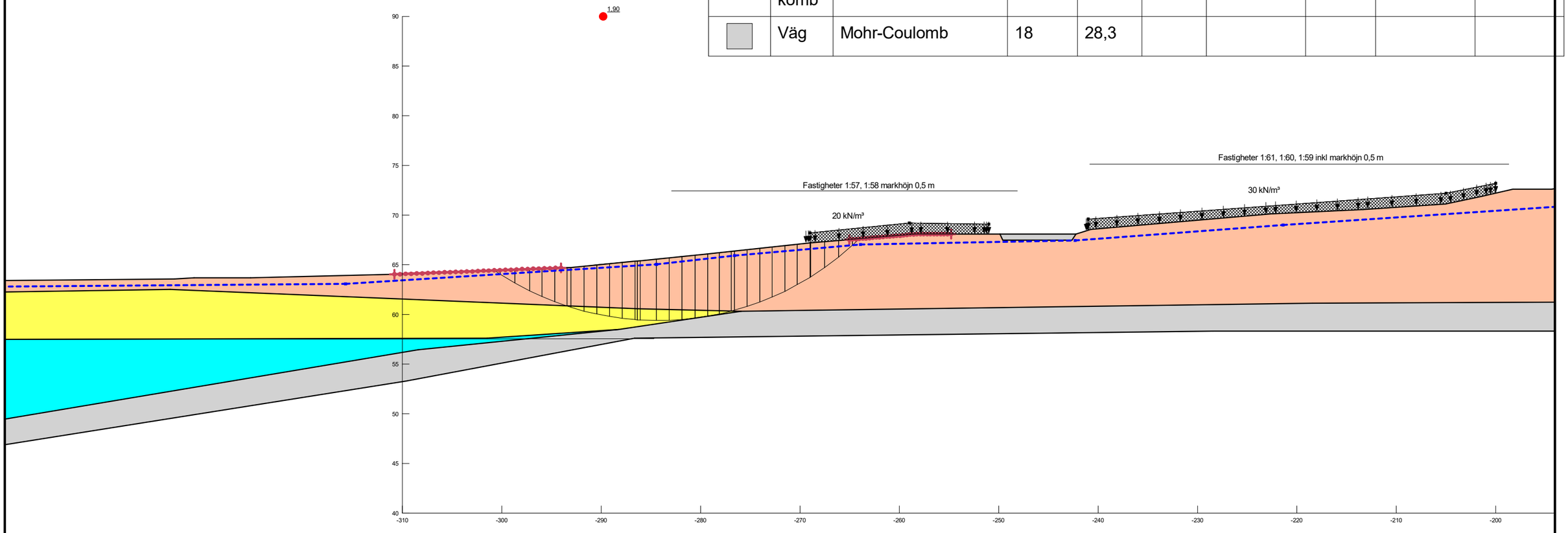



Kombinerad

D1 avschaktn + 30 kPa bef fastighet 1_12.gsz

2020-04-06 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | siLe 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,95 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | siLe 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,95 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

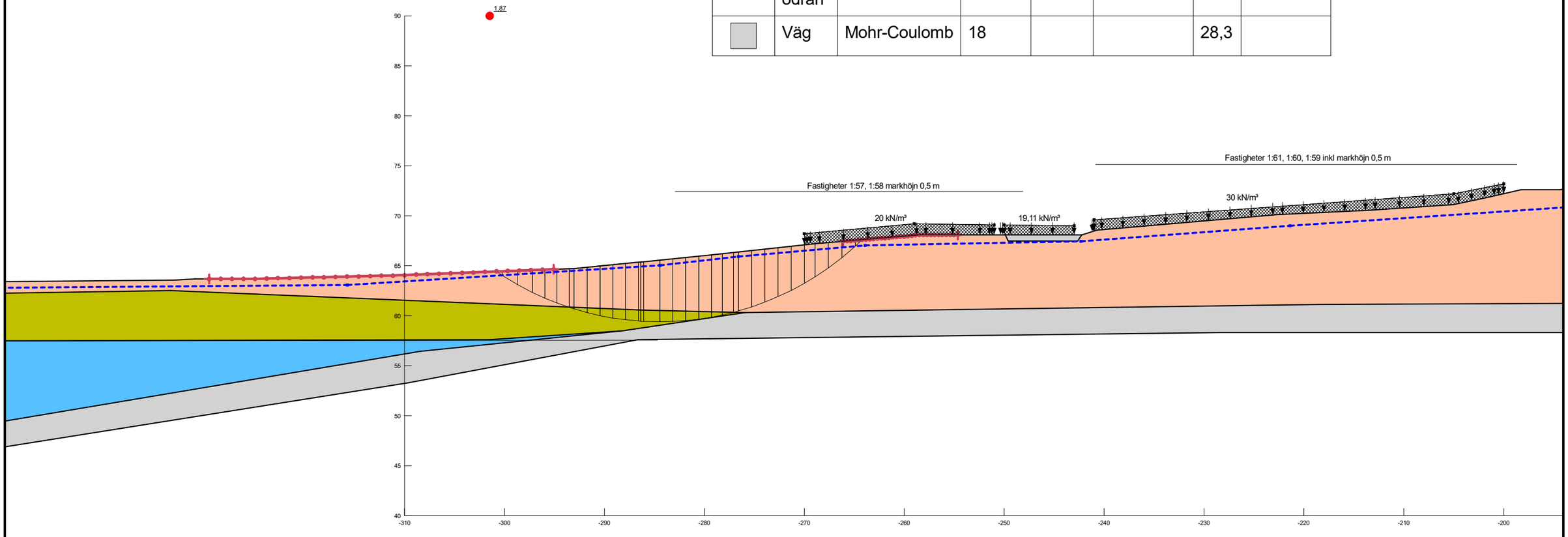



Kombinerad

D2.gsz

2020-04-07 1:400

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 28,3 | 23 |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | 19 |
| | siLe 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 9,7 | 0 | | |
| | siLe 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 9,7 | 1,33 | | |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | |

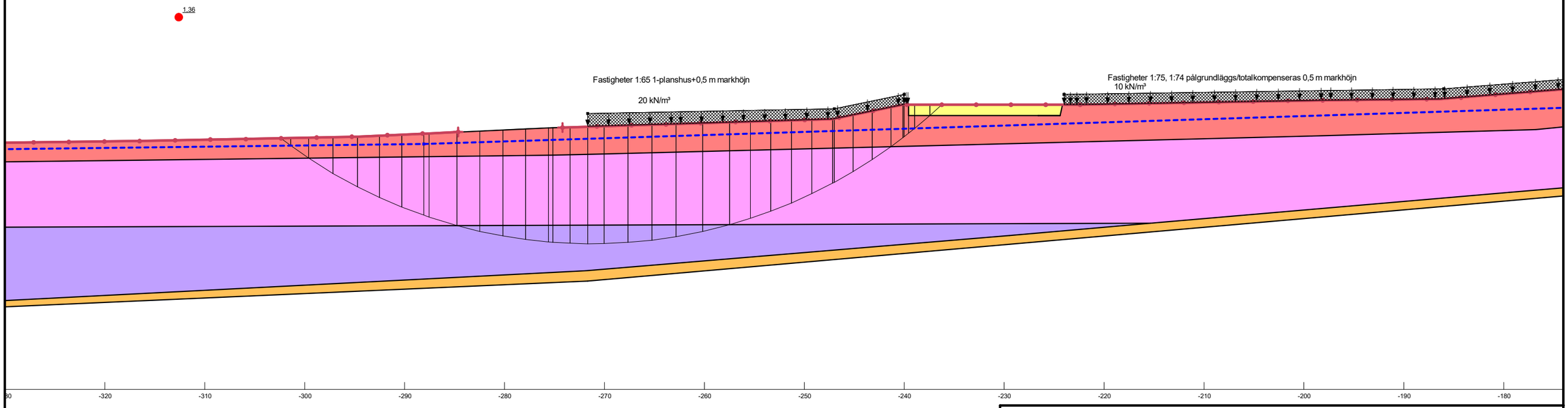



Odränerad

D2.gsz

2020-04-07 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Le 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,9 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | Le 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,9 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

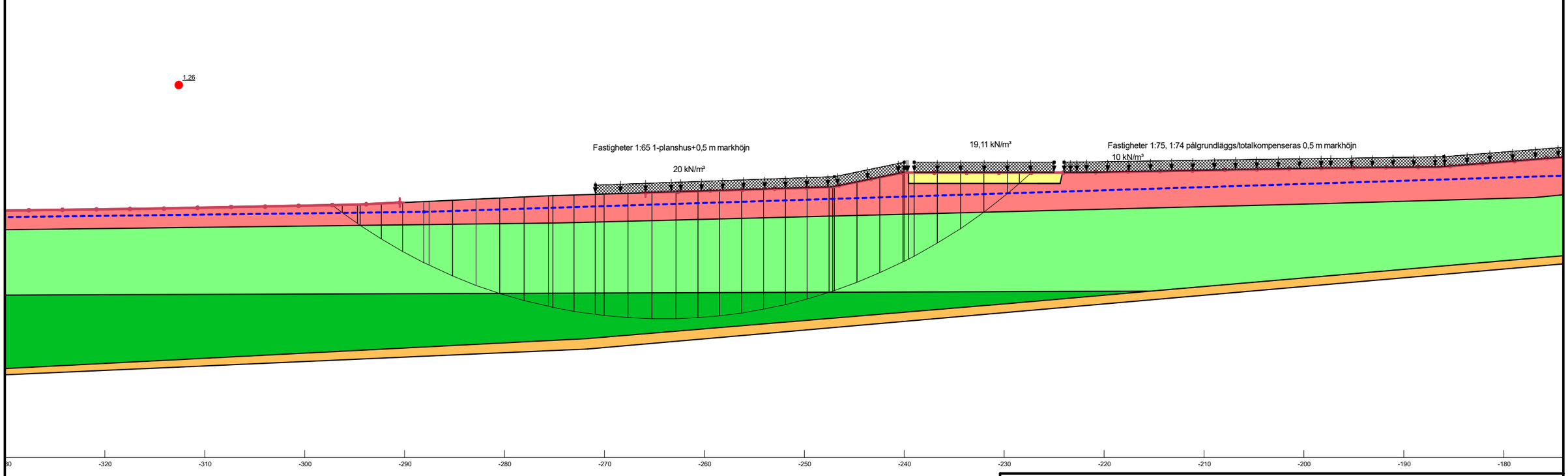



Kombinerad analys 20 kPa

E.gsz

2020-04-03 1:400

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 28,3 | 23 |
| | Le 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 9,7 | 0 | | |
| | Le 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 9,7 | 1,33 | | |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | 19 |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | | | 30,1 | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | |

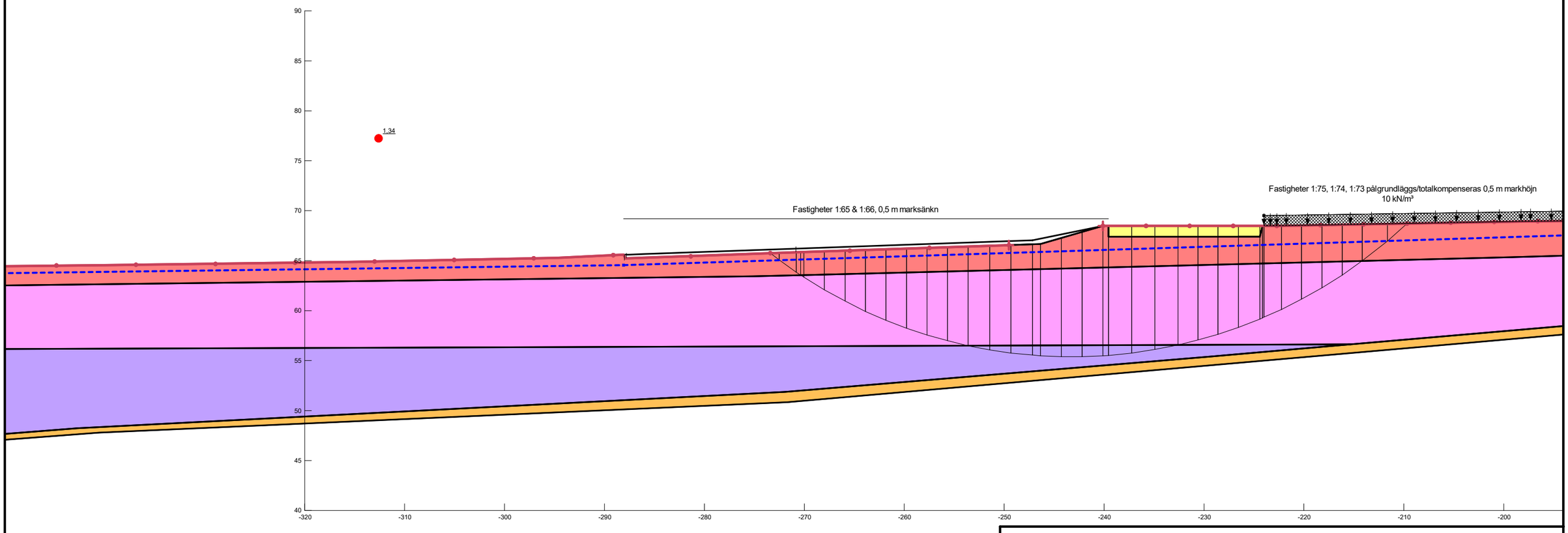



Odränerad analys 20 kPa

E.gsz

2020-04-03 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Le 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,9 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | Le 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,9 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | |

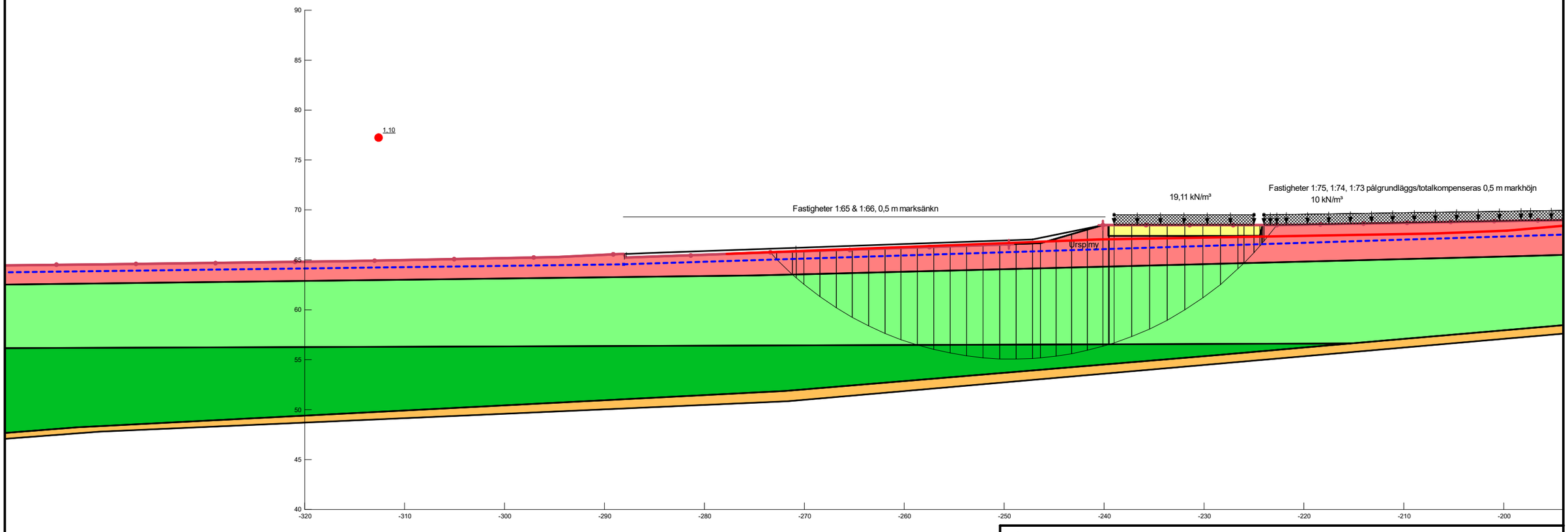



Kombinerad analys

Sektion E m avschaktn.gsz

2020-04-04 1:400

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 28,3 | 23 |
| | Le 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 9,7 | 0 | | |
| | Le 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 9,7 | 1,33 | | |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | 19 |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | | | 30,1 | 19 |
| | Väg | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | |

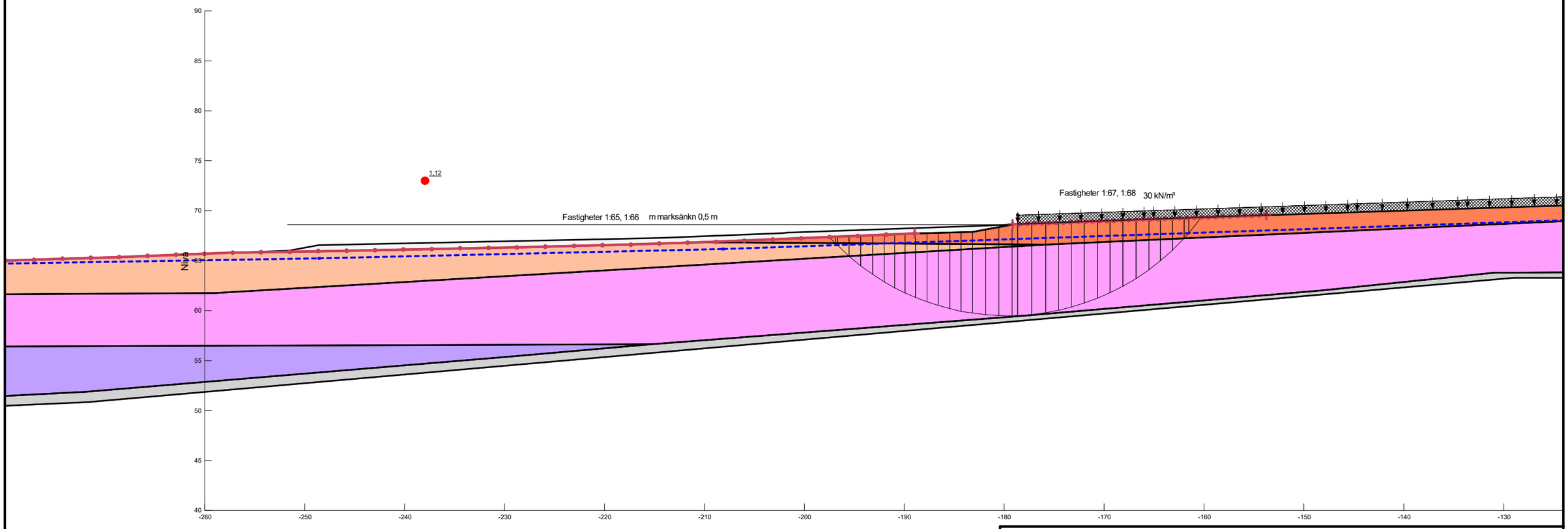



Odränerad analys

Sektion E m avschaktn.gsz

2020-04-04 1:400

| 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) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | 28,3 | | | | | 23 |
| | Le 1 komb | Combined, S=f(depth) | 17,5 | 23,9 | 1,12 | 0 | 9,7 | 0 | |
| | Le 2 komb | Combined, S=f(depth) | 18 | 23,9 | 1,12 | 0,15 | 9,7 | 1,33 | |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | 28,3 | | | | | 19 |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | 30,1 | | | | | 19 |

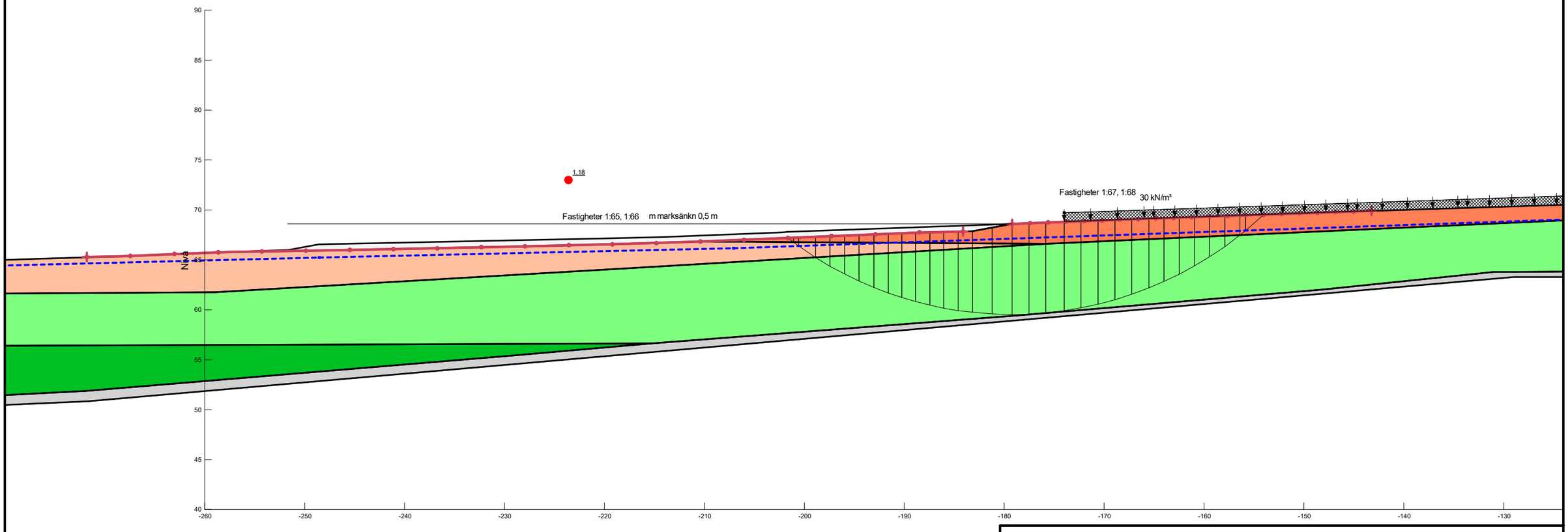



kombinerad analys

Sektion F m avschaktn.gsz

2020-04-06 1:400

| Color | Name | Model | Unit Weight (kN/m³) | C-Top of Layer (kPa) | C-Rate of Change ((kN/m²)/m) | Phi' (°) | Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fr | Mohr-Coulomb | 20 | | | 28,3 | 23 |
| | Le 1 odrän | S=f(depth) | 17,5 | 9,7 | 0 | | |
| | Le 2 odrän | S=f(depth) | 18 | 9,7 | 1,33 | | |
| | Si | Mohr-Coulomb | 18 | | | 28,3 | 19 |
| | Sit | Mohr-Coulomb | 18 | | | 30,1 | 19 |




Odränerad analys

Sektion F m avschaktn.gsz

2020-04-06 1:400

# Indata i Geosuite

Uppdrag: Torvnäs, Sunne

Uppdragsnr: 776 292

Datum: 2019-12-20

Sättningsberäkning map exploateringsområde, grundläggning av enplans- och tvåplanshus samt viss uppfyllning av området med ca 1,5 meter jord på vissa delar. Två nivåer på markytan, +70 (djup till fast botten 7 m varav 5 m lera) och +65 (djup till fast botten 11 m varav 8 m lera).

1. Grundvattenytans läge under markytan: 2 m (högre närmare sjön)
2. Antal skikt i jordprofilen: 4 skikt
3. $M_0$ 3* $M_0^{CRS}$ alt. enligt de empiriska samband som finns
   organisk jord $M_0 = 150\ \tau_{fu}$
   högplastisk lera $M_0 = 250\ \tau_{fu}$
   lågplastisk lera $M_0 = 500\ \tau_{fu}$
   siltig lera/lerig silt $M_0 = 1000\tau_{fu}$

   Mellanplastisk lera $M_0$=375* $\tau_{fu}$

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Skikt** Nr | **Djup z** m.u.m.y | **Tjocklek** m | **Densitet** kN/m³ | **$\sigma'_c$** kPa | **$M_L$** kPa | **$\sigma'_L$** kPa | **M'** kPa | **$\tau_{fu}$** kPa | **$M_0$** kPa | **Beta-k** - |
| 1 | 3 | 3 | 18,5 | 200 | 4000/1800 | 230 | 12 (Si) | 25 (Si) | 9375 | 3,35 (Si) |
| 2 | 6 | 3 | 17,5 | 72 | 1000 | 102 | 13 | 18 | 6750 | 3 |
| 3 | 9 | 3 | 18 | 94 | 1200 | 124 | 14 | 16 | 6000 | 3,27 |
| 4 | 11 | 2 | 18,5 | 105 | 1700 | 135 | 15 | 20 | 7500 | 3,27 |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |

4. Spänningsfaktor $a_0 = 0,8$
5. Spänningsfaktor $a_1 = 1$
6. Porosity n = 0,65
7. Sättningsparametrar

Lastfall 1: 1-planshus 10*10 meter (10 kPa) + 1,5 m fyllning (27 kPa)
Lastfall 2: 1-planshus 10*10 meter (10 kPa) ingen fyllning
Lastfall 3: 2-planshus 10*10 meter (20 kPa) ingen fyllning

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Skikt** Nr | **Djup z** m.u.m.y | **$\sigma'_0+\Delta\sigma$** $>\sigma'_c/<\sigma'_c$ | **OCR** | **$W_N$** % | **$\alpha_{s\,max}$** | **$b_0$** | **$b_1$** | **$r_0$** | **$r_1$** |
| 1 | 3 | $<\sigma'_c$ | 4,4 | 36 | 0,004 | - | 1,1 | - | - |
| 2 | 6 | $>\sigma'_c$ | 1,06 | 50 | 0,01 | 0,94 | 1,1 | 621,8 | 230,3 |
| 3 | 9 | $>\sigma'_c$ | 1,02 | 40 | 0,006 | 0,98 | 1,1 | 682,8 | 383,8 |
| 4 | 11 | $>\sigma'_c$ | 1,04 | 40 | 0,006 | 0,96 | 1,1 | 729,9 | 383,8 |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | |

Indata för kalkcementpelare (kc-pelare), viktade värden lera/kc

| | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Skikt** Nr | **Djup z** m.u.m.y | **$M0_{block}$ KC** kPa | **$ML_{block}$ KC** kPa | **k-init KC** m/s | **k-init KC** m/år | **k-init jord** m/s | **k-init jord** m/år | **k-init block** m/år |
| 1 | 3 | - | - | - | - | $1*10^{-8}$ | 0,32 | - |
| 2 | 6 | - | - | - | - | $1,5*10^{-9}$ | 0,05 | - |
| 3 | 9 | - | - | - | - | $1*10^{-9}$ | 0,03 | - |
| 4 | 11 | - | - | - | - | $1*10^{-9}$ | 0,03 | - |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |

$\tau_{fu}$ KC=a*$Cu_{pel}$+(1-a)*$Cu_{jord}$ där a=pelarnas täckningsgrad
$M_{block}$= a*$E_{pel}$+(1-a)*$M_{jord}$ där a=pelarnas täckningsgrad
$k_{kc}$=500*$k_{jord}$ och $k_{block}$= a*$k_{kc}$+(1-a)*$k_{jord}$, viktad last, se 13.1.4.2 i TK Geo 13 Råd

# Indata i Geosuite

Uppdrag: Torvnäs, Sunne

Uppdragsnr: 776 292

Datum: 2019-12-20

Sättningsberäkning map exploateringsområde, grundläggning av enplans- och tvåplanshus samt viss uppfyllning av området med ca 1,5 meter jord på vissa delar. Två nivåer på markytan, +70 (djup till fast botten 7 m varav 5 m lera) och +65 (djup till fast botten 11 m varav 8 m lera).

1. Grundvattenytans läge under markytan: 2 m (högre närmare sjön)
2. Antal skikt i jordprofilen: 3 skikt
3. $M_0$ 3* $M_0^{CRS}$ alt. enligt de empiriska samband som finns
   organisk jord $M_0 = 150\ \tau_{fu}$
   högplastisk lera $M_0 = 250\ \tau_{fu}$
   lågplastisk lera $M_0 = 500\ \tau_{fu}$
   siltig lera/lerig silt $M_0 = 1000\tau_{fu}$

   Mellanplastisk lera $M_0=375*\ \tau_{fu}$

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Skikt** Nr | **Djup z** m.u.m.y | **Tjocklek** m | **Densitet** kN/m³ | **$\sigma'_c$** kPa | **$M_L$** kPa | **$\sigma'_L$** kPa | **M'** kPa | **$\tau_{fu}$** kPa | **$M_0$** kPa | **Beta-k** - |
| 1 | 2 | 2 | 18,5 | 200 | 4000/1800 | 230 | 12 (Si) | 25 (Si) | 9375 | 3,35 (Si) |
| 2 | 5 | 3 | 17,5 | 72 | 1000 | 102 | 13 | 18 | 6750 | 3 |
| 3 | 7 | 2 | 18 | 94 | 1200 | 124 | 14 | 16 | 6000 | 3,27 |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |

4. Spänningsfaktor $a_0 = 0,8$
5. Spänningsfaktor $a_1 = 1$
6. Porosity n = 0,65
7. Sättningsparametrar

Lastfall 1: 1-planshus 10*10 meter (10 kPa) + 1,5 m fyllning (27 kPa)
Lastfall 2: 1-planshus 10*10 meter (10 kPa) ingen fyllning
Lastfall 3: 2-planshus 10*10 meter (20 kPa) ingen fyllning

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Skikt** Nr | **Djup z** m.u.m.y | **$\sigma'_0+\Delta\sigma$** $>\sigma'_c/<\sigma'_c$ | **OCR** | **$W_N$** % | **$\alpha_{s\ max}$** | **$b_0$** | **$b_1$** | **$r_0$** | **$r_1$** |
| 1 | 2 | $<\sigma'_c$ | 4,4 | 36 | 0,004 | - | 1,1 | - | - |
| 2 | 5 | $>\sigma'_c$ | 1,06 | 50 | 0,01 | 0,94 | 1,1 | 621,8 | 230,3 |
| 3 | 7 | $>\sigma'_c$ | 1,02 | 40 | 0,006 | 0,98 | 1,1 | 682,8 | 383,8 |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | |

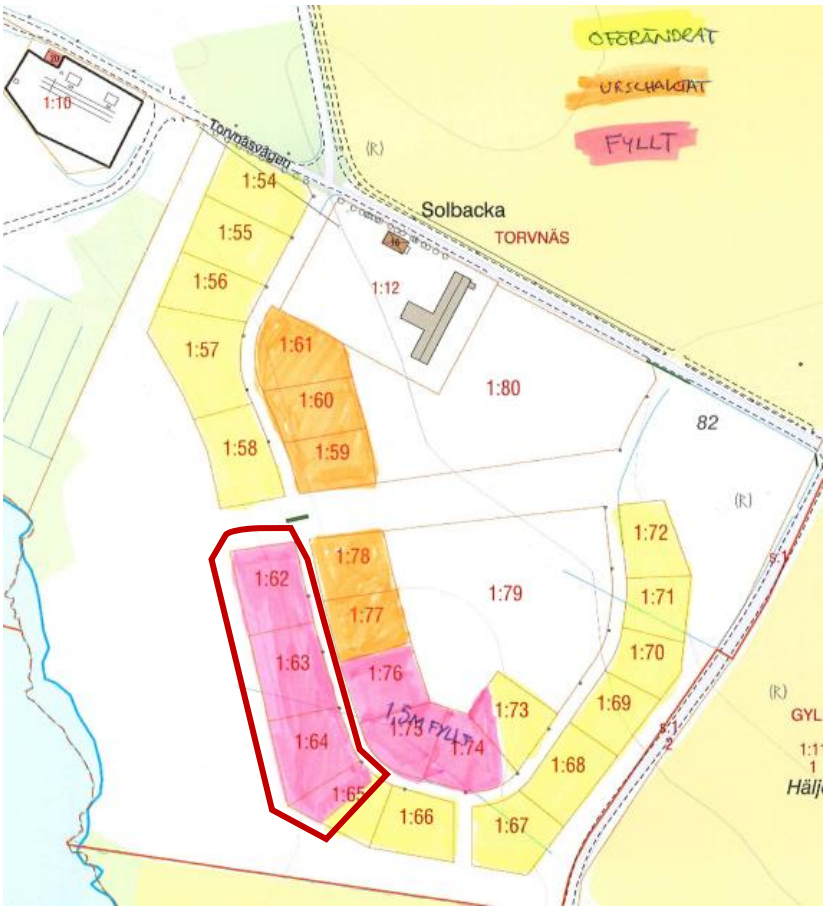
Indata för kalkcementpelare (kc-pelare), viktade värden lera/kc

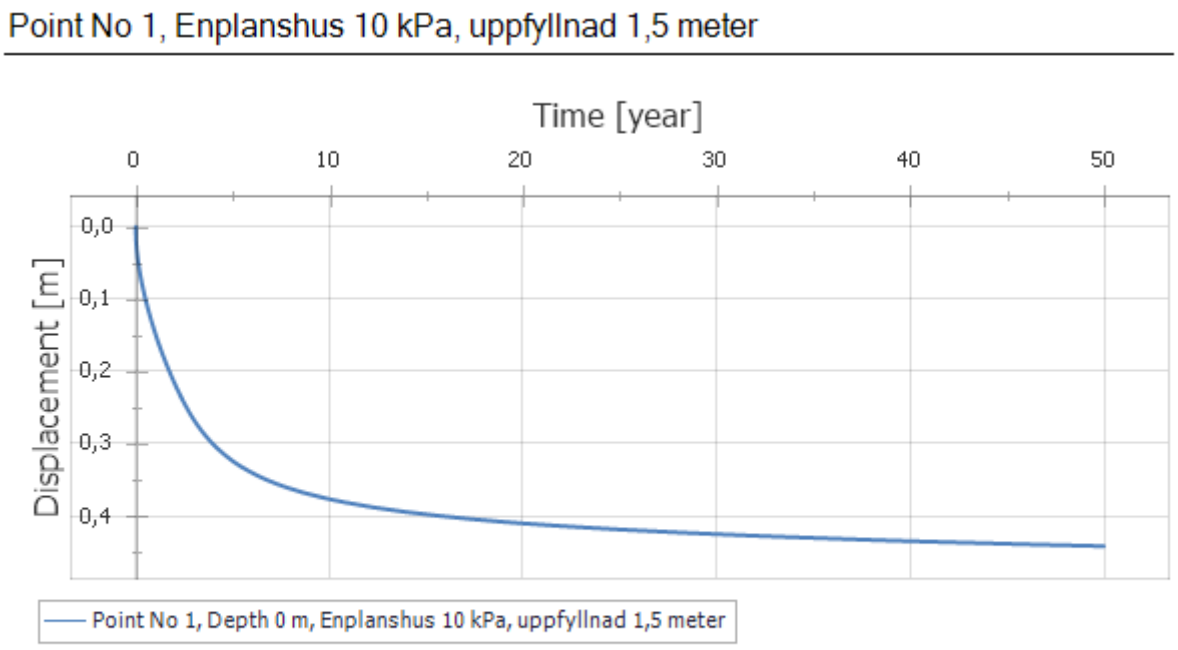
| | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Skikt** Nr | **Djup z** m.u.m.y | **$M0_{block}$ KC** kPa | **$ML_{block}$ KC** kPa | **k-init KC** m/s | **k-init KC** m/år | **k-init jord** m/s | **k-init jord** m/år | **k-init block** m/år |
| 1 | 2 | - | - | - | - | $1*10^{-8}$ | 0,32 | - |
| 2 | 5 | - | - | - | - | $1,5*10^{-9}$ | 0,05 | - |
| 3 | 7 | - | - | - | - | $1*10^{-9}$ | 0,03 | - |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |

$\tau_{fu}$ KC=a*$Cu_{pel}$+(1-a)*$Cu_{jord}$ där a=pelarnas täckningsgrad
$M_{block}$= a*$E_{pel}$+(1-a)*$M_{jord}$ där a=pelarnas täckningsgrad
$k_{kc}$=500*$k_{jord}$ och $k_{block}$= a*$k_{kc}$+(1-a)*$k_{jord}$, viktad last, se 13.1.4.2 i TK Geo 13 Råd

Sättningsberäkning Torvnäs, olika lastfall med sekundärsättning (krypsättning)

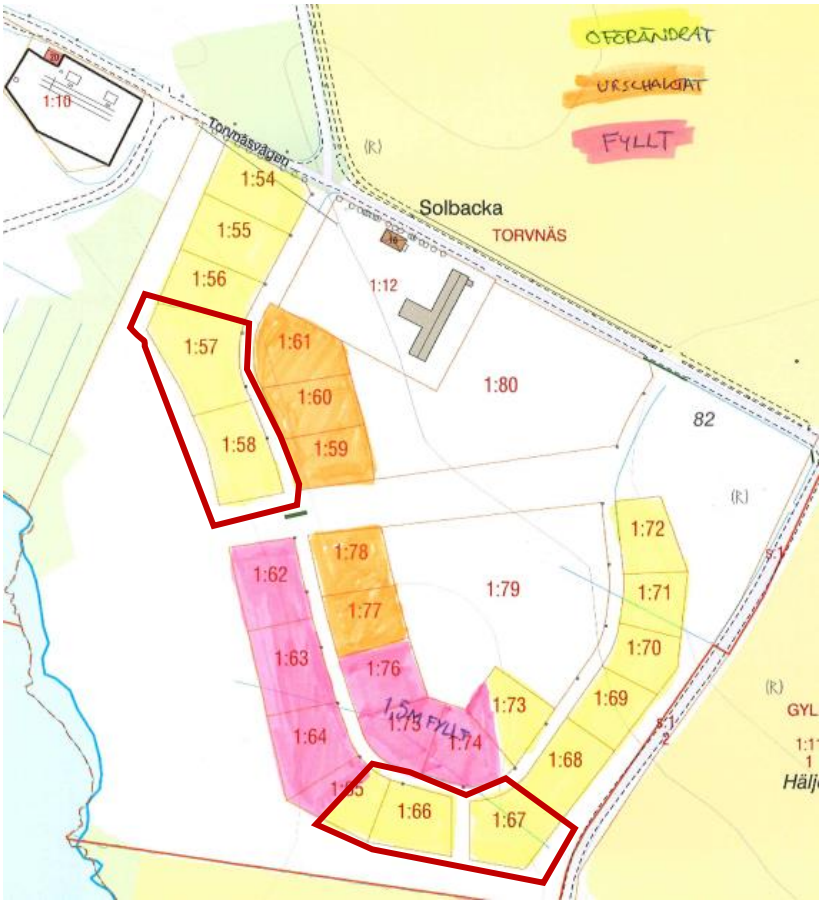
Lastfall 1: Enplanshus 10*10 m, 1,5 m fyllning 50*50 m, jorddjup 11 m varav 8 meter lera

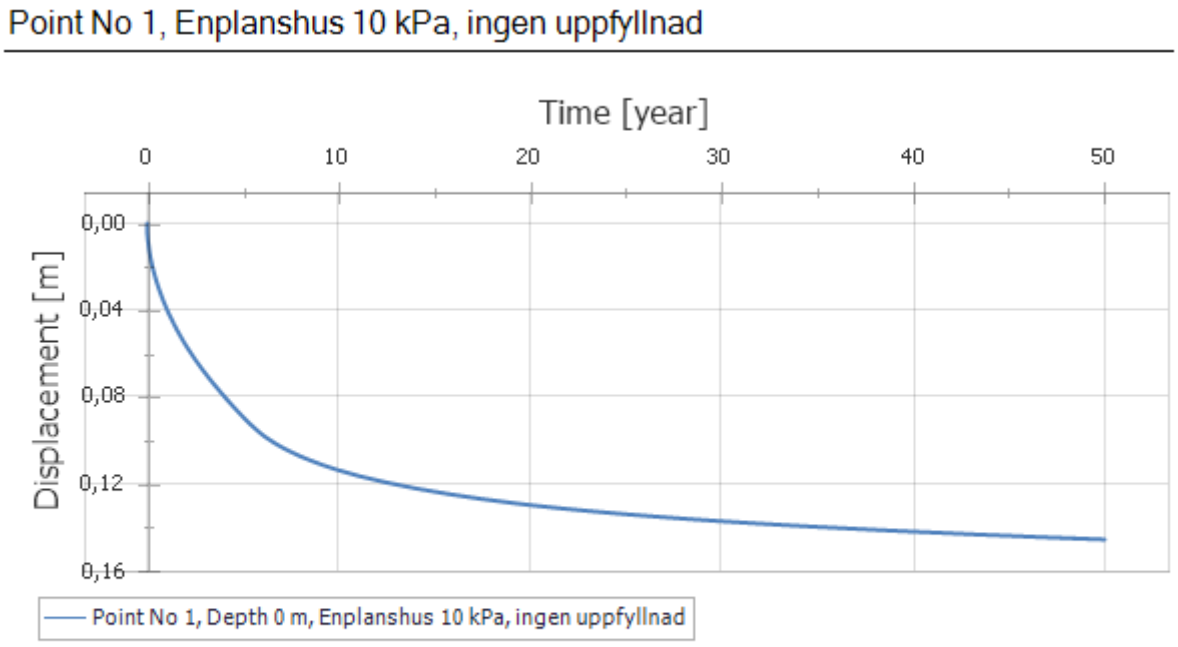



| Depth [m] | Displacement [m] | Time [years] |
|---|---|---|
| 0.00 | 0.441 | 50.0000 |

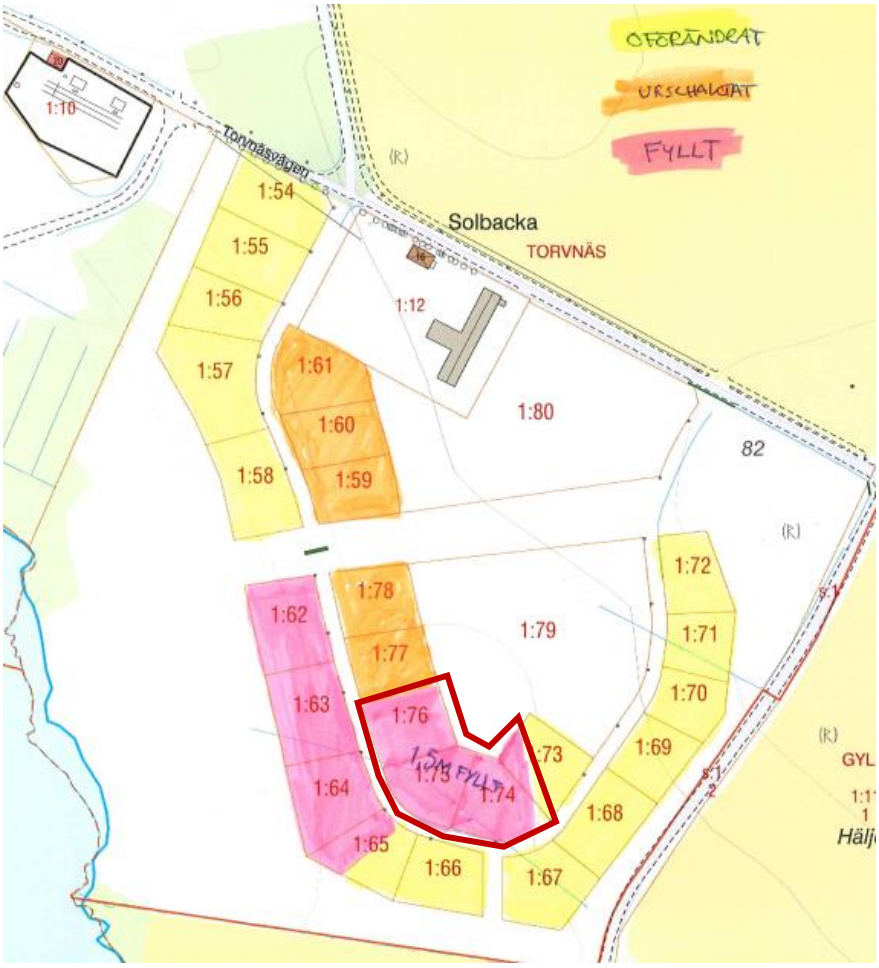
Lastfall 2: Enplanshus 10*10 meter, ingen fyllning, jorddjup 11 meter varav 8 meter lera



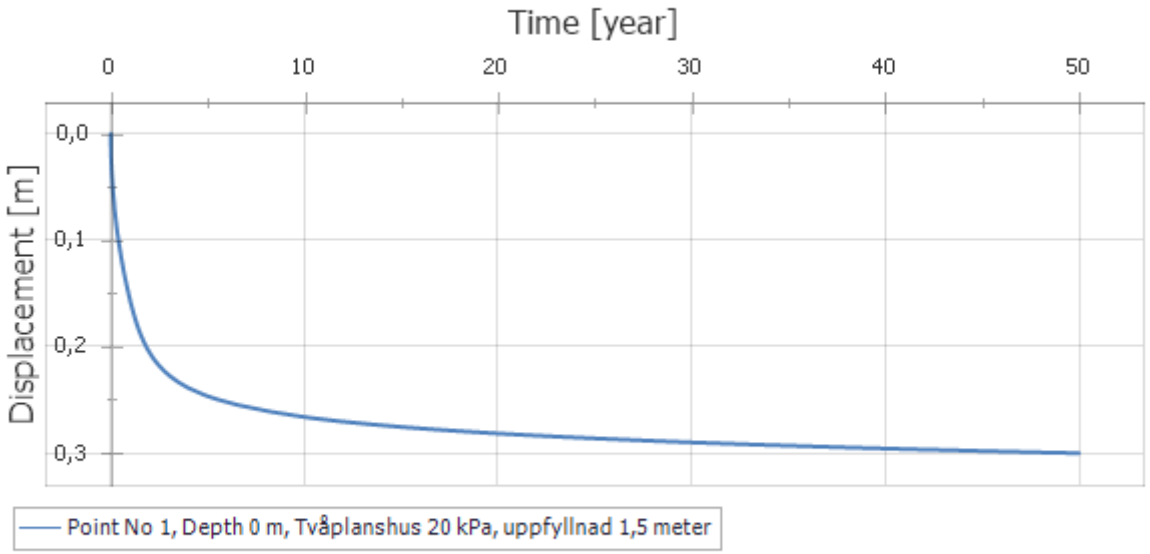




| Depth [m] | Displacement [m] | Time [years] |
|---|---|---|
| 0.00 | 0.146 | 50.0000 |

Lastfall 3: Tvåplanshus 10*10 meter, 1,5 m fyllning 50*50 m, jorddjup 7 meter varav 5 meter lera

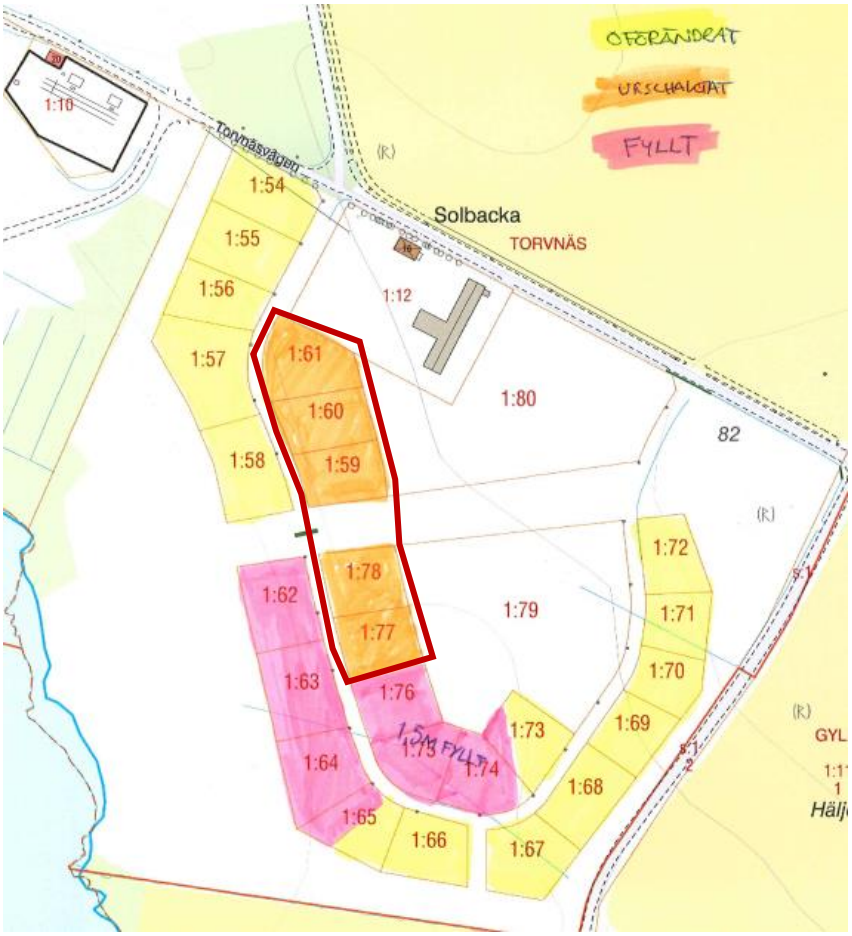



## Point No 1, Tvåplanshus 20 kPa, uppfyllnad 1,5 meter

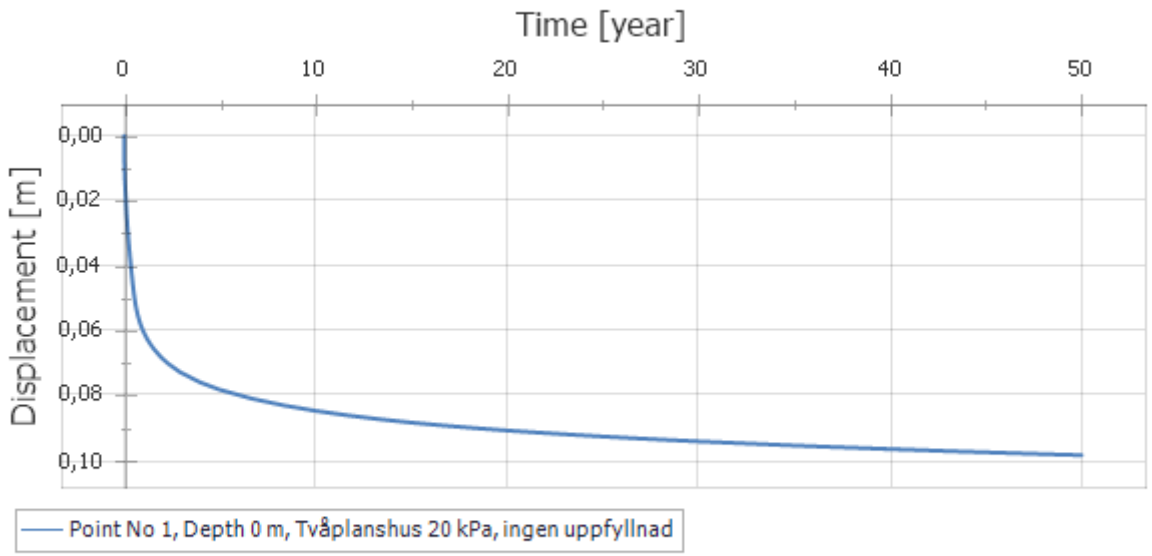



| Depth [m] | Displacement [m] | Time [years] |
|---|---|---|
| 0,00 | 0,301 | 50,0000 |

Lastfall 4: Tvåplanshus 10*10 meter, ingen fyllning, jorddjup 7 meter varav 5 meter lera



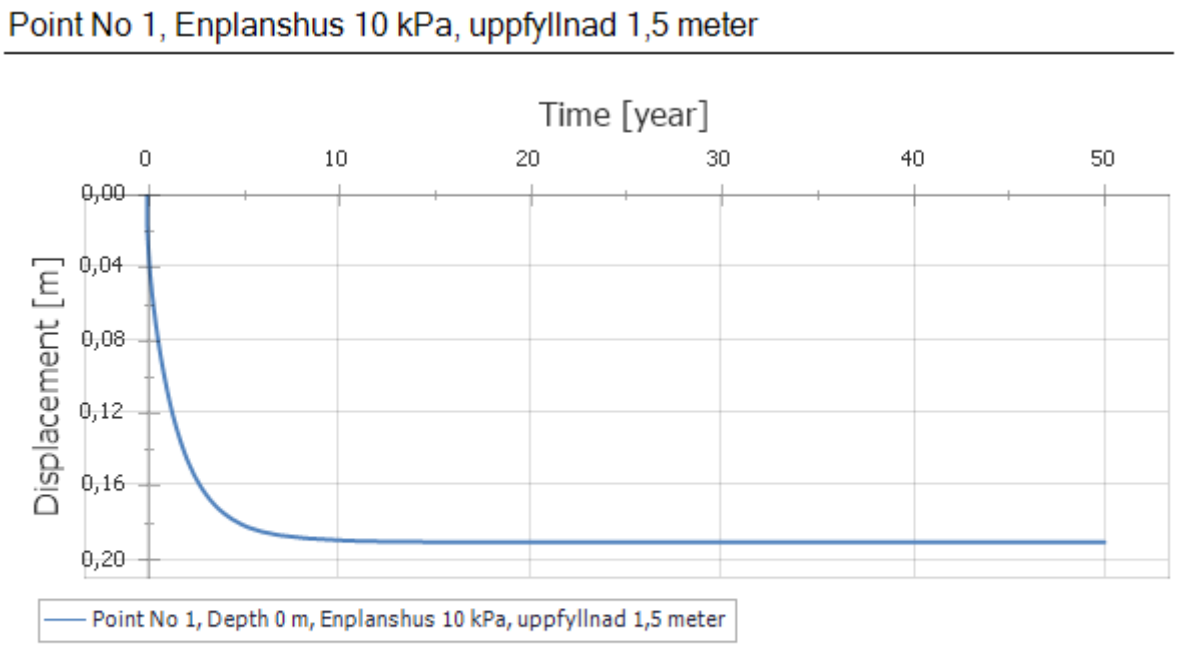

## Point No 1, Tvåplanshus 20 kPa, ingen uppfyllnad




| Depth [m] | Displacement [m] | Time [years] |
|---|---|---|
| 0.00 | 0.098 | 50.0000 |

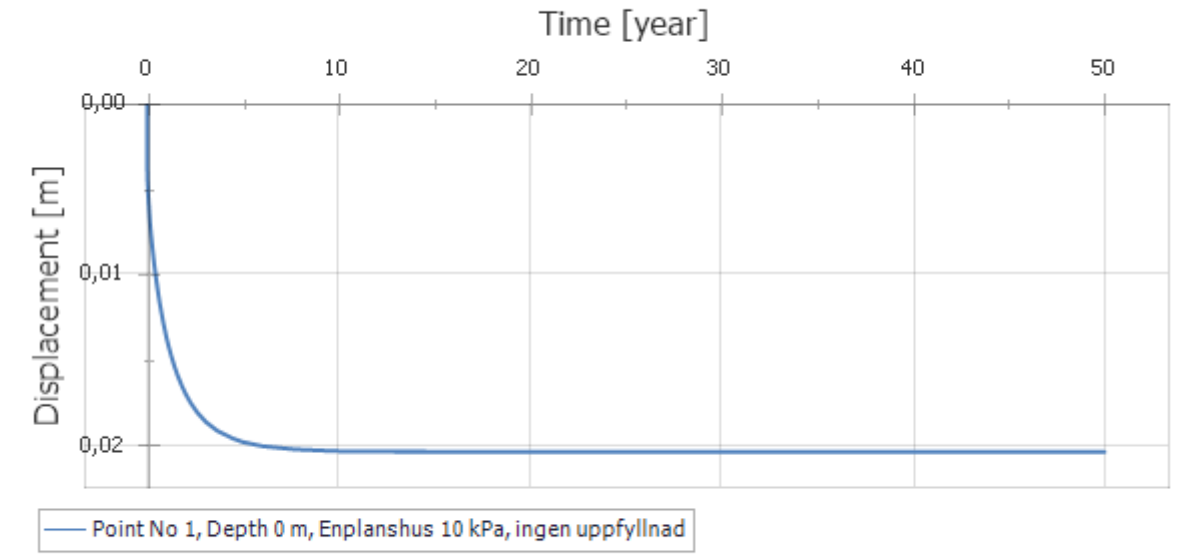
Beräkning utan krypsättning (sekundärsättning)

Lastfall 1: Enplanshus 10*10 meter, 1,5 m fyllning 50*50 m, jorddjup 11 meter varav 8 meter lera




| Depth [m] | Displacement [m] | Time [years] |
|---|---|---|
| 0,00 | 0,191 | 50,0000 |

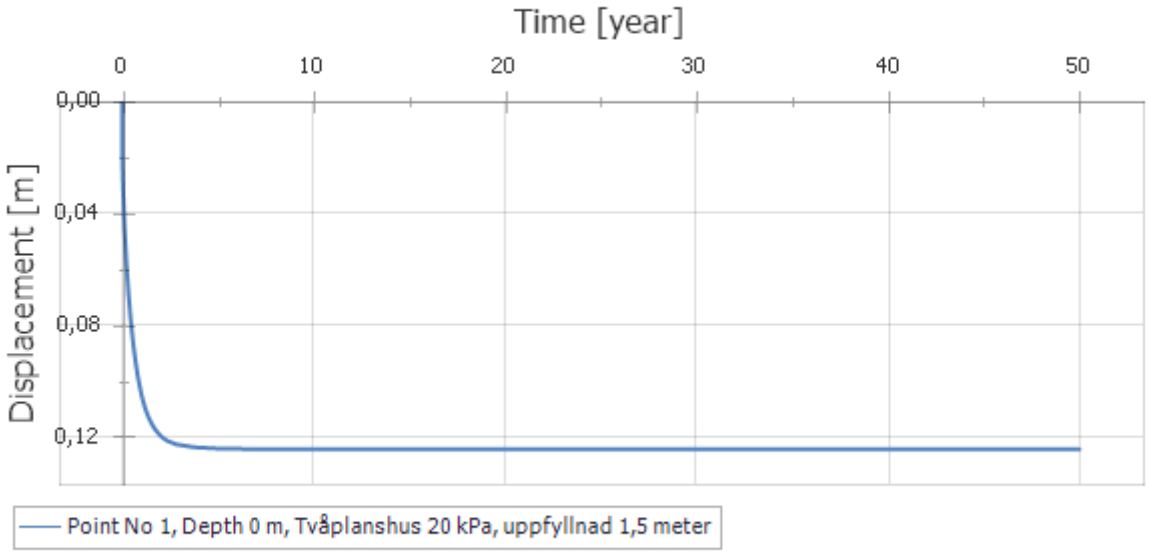
Lastfall 2: Enplanshus 10*10 meter, ingen fyllning, jorddjup 11 meter varav 8 meter lera




| Depth [m] | Displacement [m] | Time [years] |
|---|---|---|
| 0,00 | 0,020 | 50,0000 |

Lastfall 3: Tvåplanshus 10*10 meter, 1,5 m fyllning 50*50 m, jorddjup 7 meter varav 5 meter lera

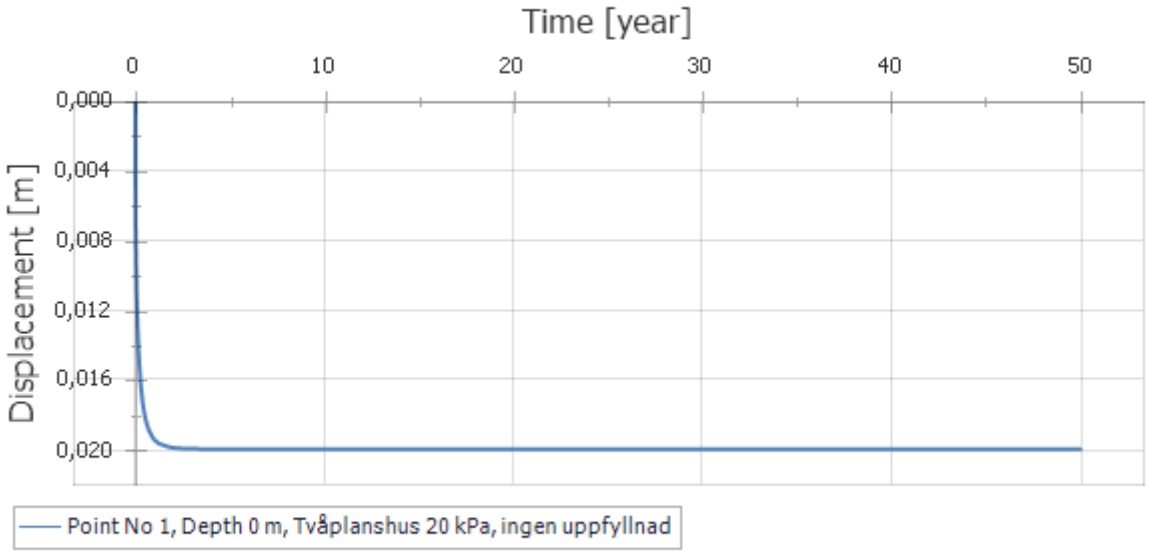
## Point No 1, Tvåplanshus 20 kPa, uppfyllnad 1,5 meter



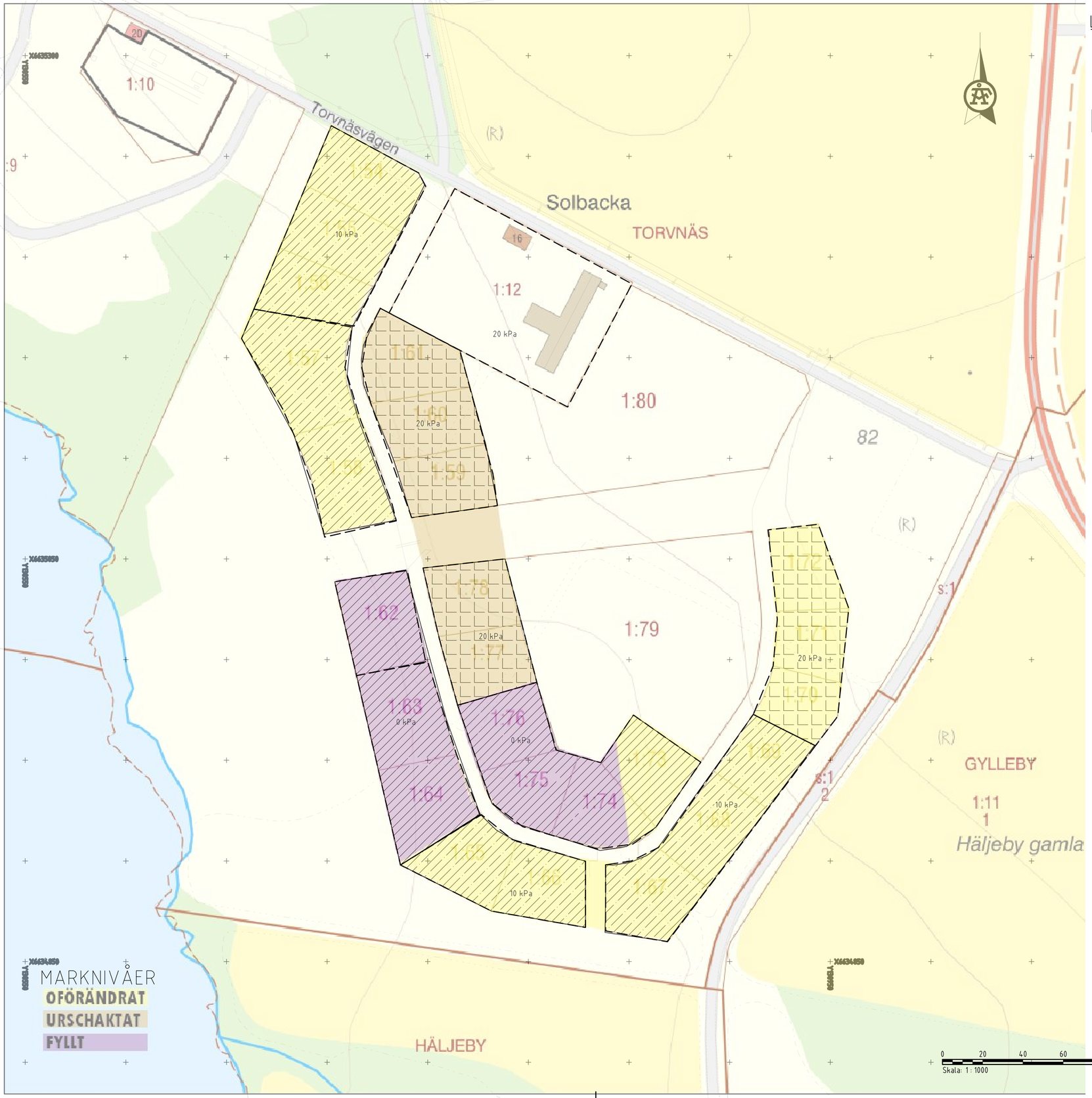

| Depth [m] | Displacement [m] | Time [years] |
|---|---|---|
| 0,00 | 0,124 | 50,0000 |

Lastfall 4: Tvåplanshus 10*10 meter, ingen fyllning, jorddjup 7 meter varav 5 meter lera

## Point No 1, Tvåplanshus 20 kPa, ingen uppfyllnad




| Depth [m] | Displacement [m] | Time [years] |
|---|---|---|
| 0,00 | 0,020 | 50,0000 |




| BET | ÄNDRINGEN AVSER | DATUM | SIGN |
|---|---|---|---|

**GEOTEKNISK UNDERSÖKNING**
TORVNÄS 1:79 OCH 1:80

ÅF INFRASTRUCTURE
www.afconsult.com

| UPPDRAG NR | RITAD/KONSTR AV | HANDLÄGGARE |
|---|---|---|
| 776292 | A-S ROSLUND | A-S ROSLUND |
| DATUM | ANSVARIG | |
| 2020-04-06 | A-S.ROSLUND | |

GEOTEKNISK UNDERSÖKNING
PLANRITNING
TORVNÄS, SUNNE
LASTRESTRIKTIONER

| SKALA | NUMMER | BET |
|---|---|---|
| 1:1000 (A1) | **BILAGA 4 100G101** | |

PLD: 2020-04-08 T:/18 X:\1-PROJ\SE\776292 - GEOTEKNISK UTREDNING AVSEENDE TORVNÄS 776877.02.CAD\1 ISKEDE, DELOMRÅDEN\GNRITDEF\100G101 - BILAGA 4.DWG ROSLUND ANN-SOFIE

XREF:

LAGER: SB11