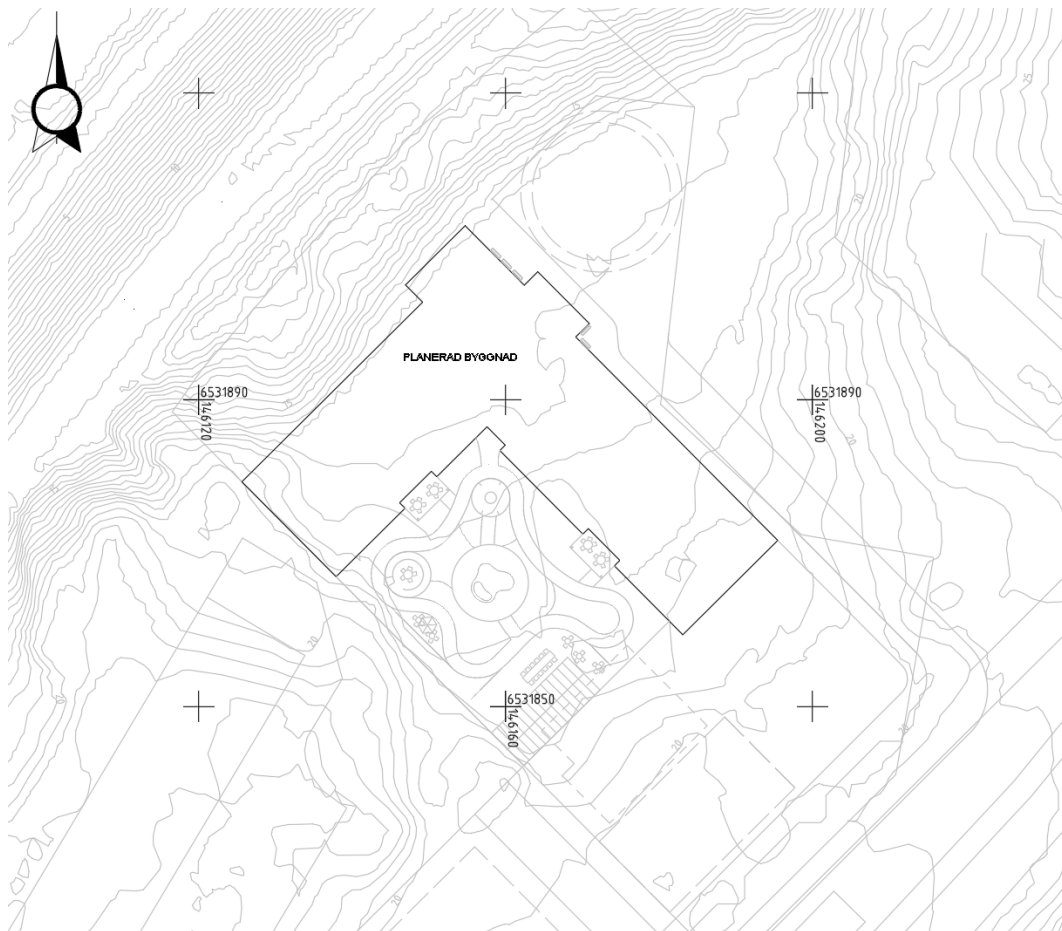




AFRY

ÅF PÖYRY



**Beställare:** Stadsledningsförvaltningen Nynäshamns kommun

**Uppdrag:** Detaljplan för Humlan 10, SÄBO & bostäder i Gröndal

PM Geoteknik



AFRY

ÅF PÖYRY

# PM Geoteknik

## Dokumentinformation

**Uppdrag:** Geoteknisk Utredning DP SÄBO Gröndal

**Datum:** 2024-03-08

**Uppdragsnummer:** D0159321

**Revidering:** 2024-06-18

**Beställare:** Stadsledningsförvaltningen Nynäshamns kommun

**Beställarens referens:** Fredrik Lantz

**Uppdragsledare:** Simon Dawd

**Telefon:** +46702223307

**E-post:** simon.dawd@afry.com

**Upprättad av:** Sandra Malm (Geoteknik), Lisa Blomskog (Bergteknik), Simon Dawd (Geoteknik)

**Granskad av:** Adam Tvinghagen

# PM Geoteknik

## Innehållsförteckning

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | Bakgrund och objekt .....                          | 5  |
| 2    | Syfte .....  | 6  |
| 3    | Underlag .....                                     | 6  |
| 4    | Styrande dokument .....                            | 6  |
| 5    | Geoteknisk kategori och säkerhetsklass .....       | 6  |
| 6    | Geotekniska förhållanden.....                      | 6  |
| 6.1  | Topografi och ytbeskaffenhet.....                  | 6  |
| 6.2  | Befintliga byggnader och anläggningar.....         | 7  |
| 6.3  | Jordlagerförhållanden .....                        | 7  |
| 6.4  | Jordegenskaper .....                               | 7  |
| 6.5  | Hydrologiska förhållanden .....                    | 7  |
| 7    | Stabilitet .....                                   | 8  |
| 7.1  | Beräkningsförutsättning .....                      | 10 |
| 7.2  | Materialegenskaper .....                           | 10 |
| 7.3  | Laster .....                                       | 11 |
| 7.4  | Hydrologiska förhållanden .....                    | 12 |
| 7.5  | Resultat.....                                      | 12 |
| 7.6  | Värdering av beräkningar .....                     | 13 |
| 8    | Sättningar .....                                   | 14 |
| 9    | Radon.....   | 14 |
| 10   | Sulfidutredning - Bildning av surt lakvatten ..... | 14 |
| 10.1 | Sulfidutredning metodik .....                      | 14 |
| 10.2 | Totalsvavel .....                                  | 14 |
| 10.3 | Acid-Base Accounting .....                         | 15 |
| 10.4 | Analys NAGpH .....                                 | 15 |
| 10.5 | Provtagning .....                                  | 16 |
| 10.6 | Resultat.....                                      | 16 |
| 10.7 | Bedömning .....                                    | 16 |
| 10.8 | Referenser .....                                   | 17 |
| 11   | Slutsatser och rekommendationer .....              | 18 |
| 11.1 | Schakter.....                                      | 18 |
| 11.2 | Påverkan på järnvägsbank .....                     | 18 |

## PM Geoteknik

|      |                                 |    |
|------|---------------------------------|----|
| 11.3 | Sättningar .....                | 19 |
| 11.4 | Tjälfarlighetsklass .....       | 19 |
| 11.5 | Grundläggning.....              | 19 |
| 11.6 | Radonsäkrad grundläggning ..... | 20 |
| 11.7 | Sulfid .....                    | 20 |
| 11.8 | Vidare undersökningar.....      | 20 |

## Bilagor

|               |   |
|---------------|---|
| Bilaga 1..... | Stabilitetsberäkningar med uppmätta grundvattennivåer |
| Bilaga 2..... | Arkivmaterial Järnvägsbank                            |
| Bilaga 3..... | Stabilitetsberäkningar med 100-årsregn                |

## Ritningar

| <i>Ritningsnummer</i> | <i>Ritning</i>               | <i>Skala</i> | <i>Format</i> |
|-----------------------|------------------------------|--------------|---------------|
| G-02-003              | Tolkade jordlager, sektion B | 1:100        | A1            |
| G-02-004              | Tolkade jordlager, sektion C | 1:100        | A1            |

# PM Geoteknik

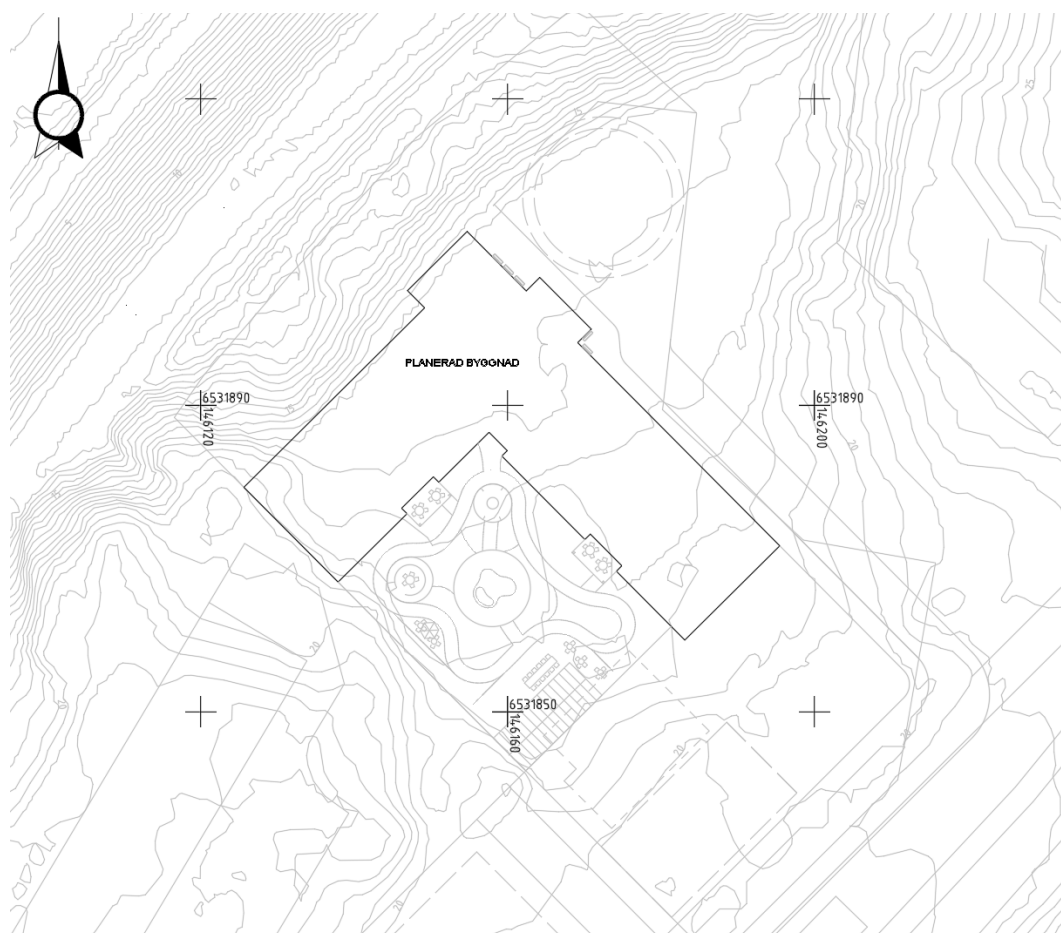
## 1 Bakgrund och objekt

På uppdrag av Stadsledningsförvaltningen Nynäshamn kommun har AFRY utfört en geoteknisk undersökning för ett nytt särskilt boende för äldre (SÄBO) för upprättande av en detaljplan för fastighet Humlan 10.

Fokus har lagts på jord-och bergsonderingar, skruvprovtagningar och hejarsondering i syfte att utreda bergnivå, fyllnadsmäktighet, förekomst av lera, pålbarhet och friktionsvinklar till stabilitetsberäkningar. Berg i dagen finns i området och har mätts in med GPS. Grundvattenrör har installerats i syfte att mäta grundvattennivån i området.

Ytterligare har bergtekniska undersökningar gjorts för analysering av totalsvavelhalt i bergmassor. Totalstrålning på berg har genomförts i området för att undersöka om planerad bebyggelse behöver radonsäkras.

Detta dokument är ett detaljplaneunderlag och projekteringsunderlag och är endast ämnat som underlag för vidare projektering. Det ska inte användas som förfrågningsunderlag.



Figur 1.1 Läge för planerad bebyggelse (SÄBO) på fastighet Humlan 10.

## PM Geoteknik

### 2 Syfte

Syftet med de geotekniska undersökningarna och denna PM har varit att ta fram underlag avseende:

- Kontroll av stabilitet för påverkan på befintlig järnvägsbank
- Grundläggningsrekommendationer för SÄBO-boendet
- Rekommendationer om radonsäkrad grundläggning av SÄBO-boendet
- Sulfidutredning: Analysering av totalsvavelhalt i bergmassor för att utreda om berget kan användas vid byggnation.

### 3 Underlag

Underlag som använts i denna PM är:

- Markteknisk undersökningsrapport (MUR) "DP SÄBO Gröndal" daterad 2024-03-08 med tillhörande ritningar och bilagor
- Skiss över ny SÄBO-boende tillhandahållet av Samhällsbyggnadsförvaltningen - *2301110 Gröndal.pdf*
- Modell över ny SÄBO-boende tillhandahållet av Fastighetsutveckling AB - *2401111 Gröndal.dwg*
- Skiss över vårdboende, 231110 - *231110 Gröndalsviken.pdf*
- Teknisk PM: Geoteknik – Upprustning, Nynäshamn – Västerhaninge, Etapp 1 km 0+000 – 10+000, Banverket. Daterad 1992-05-18
- Arkivstudie "Översiktlig geo- och bergtekniskt utlåtande för planprogram Gröndal", daterad 2022-10-13, Sweco
- Arkivritningar tillhandahållet av Trafikverket: "Nynäsbanan, delen Nynäshamn – Västerhaninge" upprättat av Banverket:
  - 551 989, blad nr 4, planritning, daterad 1992-07-10
  - 551 987, blad nr 4, sektionsritning, daterad 1992-07-01

### 4 Styrande dokument

- IEG Rapport 6:2008, Rev. 1 Tillämpningsdokument Slänter och bankar, SGF
- TK Geo 13, TDOK 2013:0667 Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner
- TR Geo 13, TDOK 2013:0668 Trafikverkets tekniska råd för geokonstruktioner
- Riktlinjer för markundersökningar Bygghälsorådet

### 5 Geoteknisk kategori och säkerhetsklass

Grundläggnings- och markarbeten skall dimensioneras, planeras, utföras och kontrolleras i Geoteknisk kategori 2 (GK 2) och med säkerhetsklass 3 (SK 3).

### 6 Geotekniska förhållanden

#### 6.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Undersökningsområdet är relativt flackt och inmätta undersökningspunkter visar på höjder mellan +16,6 och +18,4. Höjdnivån på släntrönet ned mot järnvägen ligger på cirka +16,6 till +16,9. Spårlinjen går på järnvägsbank där överkant räl ligger på ungefär +13 enligt arkivmaterial tillhandahållet från Trafikverket (upprättat av Banverket) se Bilaga 2. Den topografiska lägsta punkten mellan slänt till järnvägsbank och slänt mot undersökningsområdet ligger på ungefär +9. Inmätta punkter för berg i dagen varierar mellan +16,8 och +19,4.

## PM Geoteknik

### 6.2 Befintliga byggnader och anläggningar

I utkant av undersökningsområdet ligger ett skyddsrum. Tidigare låg Humlegårdsskolan i undersökningsområdet som i dagsläget är riven. Genom området går en ledning teleledning ägd av Skanova.

### 6.3 Jordlagerförhållanden

Jordlagerföljderna utgörs av fyllning ovan torrskorpelera. I en punkt, 24A007, har lera påträffats med en mäktighet om 2 meter. Leran och torrskorpeleran underlagras av friktionsjord ovan berg.

Fyllning är siltig grusig sand och grusig stenig sand med innehåll av tegel. I 24A005 har fyllning med mull påträffats mellan 1,1 och 2 meters djup. Fyllning har påträffats i alla undersökningspunkter och varierar mellan 0,2 och 3 meters djup.

Brun varvig torrskorpelera med tunna siltskikt och växtrester underlagrar fyllningen och mäktigheten varierar mellan 0,5 och 1,3 meter. Gränsen mellan fyllning och leran ligger på nivåer mellan +13,5 och +16,7. På 1,4-1,7 meter djup i punkt 24A007 har provet tolkats som fyllning med varvig torrskorpelera med siltskikt och växtdelar och är ett tecken på övergång mellan fyllning och torrskorpelera.

Friktionsjorden har undersökts i en punkt, 24A007, och tolkats av fältpersonal som lerig siltig morän. Mäktigheten varierar mellan 0,8 och 4 meter.

Resultat från utförda sonderingar visar på att bergnivån i den sydvästra delen ligger mellan +16,6 och +17 vilket motsvarar 0,2 till 0,5 meters djup. I övriga delar varierar bergnivån i området mellan nivå +9,3 och +12,4 vilket motsvarar 4,2 till 7,7 meters djup.

### 6.4 Jordegenskaper

#### 6.4.1 Indexegenskaper och hållfastegenskaper

För sammanställning av vattenkvot, flytgräns, friktionsvinkel, elasticitetsmodul och odränerad skjuvhållfasthet se Markteknisk Undersökningsrapport, MUR.

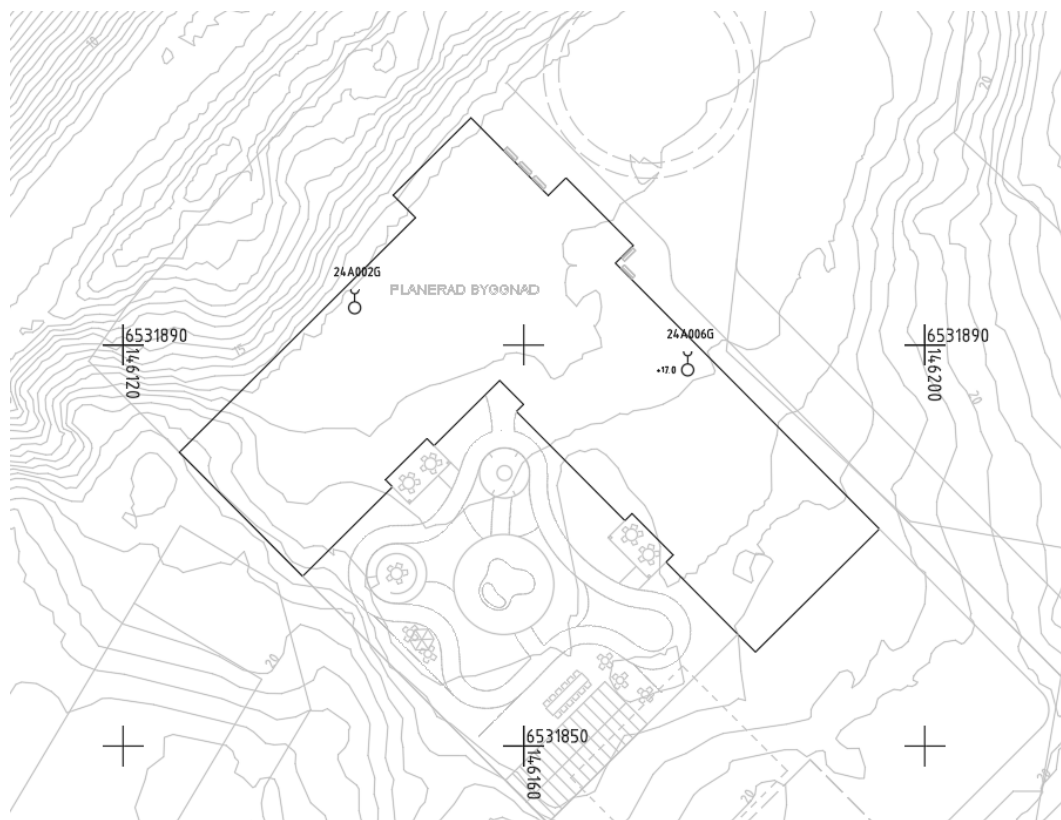
### 6.5 Hydrologiska förhållanden

2 stycken filterförsedda grundvattenrör har installerats i friktions-/moränjord, se Figur 6.1 för placering. Grundvattennivån har uppmätts i installerade grundvattenrör vid 1 tillfälle. Uppmätta nivåer framgår av Tabell 6.1. Funktionstester har genomförts vid installation för att säkerhetsställa att rören har god funktion.

Tabell 6.1. Grundvattenobservationer inom området.

| <b>Id</b> | <b>Toppnivå</b> | <b>Marknivå</b> | <b>Spetsnivå</b> | <b>Gv-nivå</b> | <b>Datum</b> |
|-----------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|--------------|
| 24A002G   | +17,6           | +16,7           | +12,1            | +13,58         | 2024-02-15   |
| 24A006G   | +18,0           | +17,0           | +10,5            | +13,14         | 2024-02-15   |

## PM Geoteknik



Figur 6.1: Placering av grundvattenrör 24A002G och 24A006G i undersökningsområdet.

## 7 Stabilitet

Stabilitetsberäkningar har utförts i sektion B och C, se Figur 7.1, med fokus att se påverkan på järnvägsbanken. Arkivmaterial på järnvägsbanken har erhållits från Trafikverket och används som underlag för att få in höjder på järnvägsbanken och tolkning av jordlagerföljdernas utbredning. Arkivmaterial visar på att slänten består av berg men på grund av bristande underlag och inmätning av berg i dagen har utförda beräkningar utförts med interpolerade jordlagerföljder mellan utförda sonderingar och äldre sonderingar. Lera påträffades i 24A007 men antas inte påverka släntstabiliteten mot järnvägen då den är belägen långt ifrån slänten.

I beräkningsprogrammet har glidytor satts så att de undersöker påverkan på järnvägsbanken, benämnt "järnvägsbank" och i slänten ned mot järnvägsbanken, benämnt "slänt".

Se Bilaga 2 för underlag tillhandahållet från Trafikverket samt ritning G-02-003 och G-02-004 för tolkade jordlager i beräkningssektionerna. Sektionerna B och C har valts ut som de mest kritiska sektionerna för kontroll av släntstabilitet då sonderingar visar på större jordlagerdjup än vid sektion A (se ritningar tillhörande Markteknisk undersökningsrapport – MUR) där sondering i punkt 24A001 visar att djup till berg är 0,2 meter.

Enligt Geotekniskt PM (Geoteknik – Upprustning, Nynäshamn – Västerhaninge, Etapp 1 km 0+000 – 10+000, Banverket 1992-05-18) är km 1+500 till 1+640 ett skreddrabbat område då delar av järnvägsbanken gled ut i Nickstaviken år 1962. Detta uppdrag inkluderar inte denna delsträcka av järnvägen men anses vara relevant att nämna.

Se Bilaga 3 för effekterna av ett 100-årsregn på säkerhetsfaktorn avseende säkerheten för stabiliteten ned mot befintlig järnväg.





## PM Geoteknik

### 7.1 Beräkningsförutsättning

Beräkningarna är utförda i programmet SLOPE /W, GeoStudio 2021, version 11.1.3 och enligt partialkoefficientmetoden. Beräkningar har utförts med odränerad samt kombinerad analys. Erforderlig säkerhetsfaktor är,  $F_{EN} \geq 1,0$  för säkerhetsklass 2 (SK 2) och  $F_{EN} \geq 1,1$  för säkerhetsklass 3 (SK 3), se Tabell 7.4. Förutom att de säkerhetsklasserna har olika säkerhetsfaktorer används olika partialkoefficienter på lasterna, se avsnitt 7.3.

### 7.2 Materialegenskaper

I Tabell 7.1 redovisas valda värden för jordens tunghet och hållfasthetsparametrar. Materialparametrar för kohesionsjorden har valts baserat på härledda värden från utförd geoteknisk undersökning och laboratorieförsök, se avsnitt 6.4.

I kombinerad analys har lerans friktionsvinkel antagits till 30 grader och den effektiva kohesionen har antagits till 10 % av den odränerade skjuvhållfastheten enligt avsnitt 5.2.2.6.2 i TR Geo 13. I odränerad analys har skjuvhållfasthet för torrskorpelera antagits till 25 kPa.

Materialparametrar som inte erhållits från laboratorieundersökningar har valts med ledning av avsnitt 5.2.2 i TK Geo 13 (TDOK 2013:0667).

Hejarsondering 24A005B genomfördes från marknivå och visar på att fyllningen är fast lagrad. Hejarsonderingarna genomförda i naturliga friktionsjorden visar varierande lagringstäthet och därför har värden valts efter sonderingsresultat för respektive sektion. Sandfyllningen i järnvägsbanken antas vara fast lagrad.

Tabell 7.1 Materialparametrar, valda värden.

| <b>Jordlager</b>             | <b>Tunghet,<br/><math>\gamma / \gamma'</math><br/>[kN/m<sup>3</sup>]</b> | <b>Friktionsvinkel,<br/><math>\phi'</math><br/>[Grader]</b> | <b>Odränerad<br/>skjuvhållfasthet,<br/><math>c_u</math><br/>[kPa]</b> | <b>Effektiv kohesion,<br/><math>c'</math><br/>[kPa]</b> |
|------------------------------|--|---|---|---|
| Sprängstensfyllning          | 20/13  | 45  | -   | -   |
| Fyllning                     | 20/13  | 38,5  | -   | -   |
| Torrskorpelera               | 17/7   | 30  | 25  | 2,5   |
| Friktionsjord,<br>sektion B  | 18/10  | 41  | -   | -   |
| Friktionsjord,<br>sektion C  | 18/10  | 38,3  | -   | -   |
| Sandfyllning<br>järnvägsbank | 18/10  | 35  | -   | -   |

Ur valda värden har dimensionerade materialparametrar beräknats enligt (1) och med partialkoefficienter enligt Tabell 7.2 och med en omräkningsfaktor,  $\eta$ , på 0,85 för odränerad skjuvhållfasthet och 0,9 för friktionsvinkel. Dimensionerande värden presenteras i Tabell 7.3.

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} \cdot \eta \cdot X_{valt} \quad (1)$$

## PM Geoteknik

Tabell 7.2. Partialkoefficienter för materialparametrar

| Jordparameter                     | Beteckning, $\gamma_M$ |
|-----------------------------------|------------------------|
| Friktionsvinkel, $\tan(\varphi)$  | 1,3                    |
| Effektiv kohesion, $c'$           | 1,3                    |
| Odränerad skjuvhållfasthet, $c_u$ | 1,5                    |
| Tunghet, $\gamma$                 | 1,0                    |

Tabell 7.3. Materialparametrar, dimensionerande värden.

| Jordlager                    | Tunghet,<br>$\gamma/\gamma'$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | Friktionsvinkel,<br>$\varphi'$<br>[Grader] | Odränerad<br>skjuvhållfasthet,<br>$c_u$<br>[kPa] | Effektiv kohesion,<br>$c'$<br>[kPa] |
|------------------------------|--|--|--|-------------------------------------|
| Uppfyllning                  | 20/13  | 37,6                                       | -  | -                                   |
| Fyllning                     | 20/13  | 28,1                                       | -  | -                                   |
| Torrskorpelera               | 17/7   | 23,9                                       | 16,7   | 1,9                                 |
| Friktionsjord,<br>sektion B  | 18/10  | 30,1                                       | -  | -                                   |
| Friktionsjord,<br>sektion C  | 18/10  | 27,9                                       | -  | -                                   |
| Sandfyllning<br>järnvägsbank | 18/10  | 28,3                                       | -  | -                                   |

### 7.3 Laster

Dimensionerande permanent last beräknas enligt (2), där  $\gamma_{G,g}$  är 1,1. Se Tabell 7.4 för värden på partialkoefficienter och erforderlig säkerhetsfaktor. Säkerhetsklassen påverkar den dimensionerande lasten och den säkerhetsfaktor som behöver uppfyllas i beräkningar. För mer information hänvisas till IEG Rapport 6:2008, Rev. Tillämpningsdokument Slänter och bankar, SGF.

$$q_d = \gamma_d(\gamma_{G,g} \cdot q_k) \quad (2)$$

## PM Geoteknik

Tabell 7.4: Partialkoefficienter och erforderliga säkerhetsfaktorer för säkerhetsklass 2 och 3.

| Säkerhetsklass   | Partialkoefficient som beaktar säkerhetsklass<br>$\gamma_d$<br>[-] | Krav på erforderlig säkerhetsfaktor i stabilitetsberäkningar<br>$F_{EN}$<br>[-] |
|------------------|--|---|
| Säkerhetsklass 2 | 0,91   | 1,0   |
| Säkerhetsklass 3 | 1,0  | 1,1   |

Enligt underlag *Skiss Vårdboende 231110* ska boendet byggas med 5 våningsplan. Varje våningsplan antas generellt bidra med 15 kPa utbredd last vilket ger en last för hela byggnaden på 75 kPa. Den dimensionerad lasten blir 82,5 kPa i säkerhetsklass 3 (SK3) och är den last som används i beräkningarna. Lasten har placerats 1 meter från släntrönn.

Beräkningar har genomförts med en uppfyllning till nivå +18,4 med krossad sprängsten med tunghet 20 kN/m<sup>3</sup>.

### 7.4 Hydrologiska förhållanden

Grundvattennivån har antagits efter observerade nivåer i grundvattenrör 24A002G och 24A006G i respektive sektion, se Figur 6.1 för placering. Grundvattennivån har antagits följa tolkad jordlagerprofil. Resultaten från stabilitetsberäkningarna presenteras i tabell 7.5 och 7.6 nedan.

Stabilitetsberäkningar har även utförts för att analysera hur ett 100-årsregn påverkar stabiliteten där en höjning av grundvattennivån med 0,5 m har simulerats i samtliga stabilitetsberäkningar. Höjningen av grundvattennivåerna med 0,5 m har inhämtats enligt ett estimat från davattenutredare, AFRY. Resultaten från dessa stabilitetsberäkningar presenteras i tabell 7.7 och 7.8 nedan.

### 7.5 Resultat

Resultat av beräkningar framgår av Tabell 7.5 och Tabell 7.6 samt i Bilaga 1.

För beräkningssektion B och C är erforderlig säkerhetsfaktor över 1,1 för såväl odränerad samt kombinerad analys för de glidyterna som går till järnvägsbanken och uppfyller därmed säkerhetsklass 3.

Erforderlig säkerhetsfaktor är över 1,0 för såväl odränerad samt kombinerad analys för de glidyterna som går i slänten och uppfyller därmed säkerhetsklass 2.

Känslighetsanalysen med en sänkning och höjning av grundvattennivån på 0,5 meter visade att inga stabilitetsproblem föreligger.

Tabell 7.5. Beräkning av säkerhetsfaktor för sektion B.

| Beräkning  | Analys, F |            |
|--|-----------|------------|
|  | Odränerad | Kombinerad |
| Järnväg: Last 82,5 kPa, grundvatten uppmätt nivå 24A002G | 1,192     | 1,192      |
| Slänt: Last 82,5 kPa, grundvatten uppmätt nivå 24A002G   | 1,022     | 1,022      |

## PM Geoteknik

Tabell 7.6. Beräkning av säkerhetsfaktor för sektion C.

| Beräkning  | Analys, F |            |
|--|-----------|------------|
|  | Odränerad | Kombinerad |
| Järnväg: Last 82,5 kPa, grundvatten uppmätt nivå 24A006G | 1,113     | 1,113      |
| Slänt: Last 82,5 kPa, grundvatten uppmätt nivå 24A006G   | 1,000     | 1,000      |

Tabell 7.7. Beräkning av säkerhetsfaktor med 100-årsregn för sektion B.

| Beräkning   | Analys, F |            |
|---|-----------|------------|
|   | Odränerad | Kombinerad |
| Järnväg: Last 82,5 kPa, grundvatten uppmätt nivå 24A002G +0,5 m | 1,137     | 1,137      |
| Slänt: Last 82,5 kPa, grundvatten uppmätt nivå 24A002G +0,5 m   | 0,999     | 0,999      |

Tabell 7.8. Beräkning av säkerhetsfaktor med 100-årsregn för sektion C.

| Beräkning   | Analys, F |            |
|---|-----------|------------|
|   | Odränerad | Kombinerad |
| Järnväg: Last 82,5 kPa, grundvatten uppmätt nivå 24A006G +0,5 m | 1,058     | 1,049      |
| Slänt: Last 82,5 kPa, grundvatten uppmätt nivå 24A006G +0,5 m   | 1,000     | 1,000      |

### 7.6 Värdering av beräkningar

Beräkningsosäkerheter utgörs av avsaknad på värden av den årliga fluktuationen av grundvatten och jordlagrens utbredning i slänten. Enligt underlag från Trafikverket utgörs slänten av berg eller ytnära berg vilket skulle innebära att utförda beräkningar underskattar släntens stabilitet.

Ytterligare osäkerheter finns i beräkningssektionernas läge för marknivå då en tolkning av markmodell tillsammans med underlag från Trafikverkets arkivmaterial har genomförts. För båda beräkningssektioner har järnvägens tvärsektion km 1+990 använts vid framtagning av järnvägens sektion och är därför inte exakt för sektion B och C. Osäkerheter finns också i vilket höjdsystem som används i arkivmaterialet.

Skjuvhållfastheten på leran har frångått standards då fallkonförsök genomförts på störda prover.

Vid ett 100-årsregn kommer grundvattennivån att höjas med maximalt 0,5 m enligt ett estimat från dagvattenutredare, AFRY. Estimatet från dagvattenutredaren är ej grundat i en dagvattensimulering som visar på en 0,5 m höjning av grundvattennivån utan är ett antagande som grundar sig på områdets geologiska förutsättningar. Grundvattennivån kommer därför sannolikt att höjas mindre än 0,5 m enligt dagvattenredare.

## PM Geoteknik

### 8 Sättningar

Inga sättningsberäkningar har utförts i detta skede. Med en grundläggningsnivå på +13 kommer delar av byggnaden att grundläggas på berg alternativt packad fyllning eller naturlig friktionsjord på berg. Därmed förväntas risken för sättningar vara försumbara för dessa delar.

Där grundläggningsnivån ligger ovanför berg och med okontrollerade fyllnadsmassor eller kohesionsjord bör denna skiftas ur och ersättas med material av åtminstone Materialtyp 2 (jordtyper Bo, Co, Gr, Sa, saGr, grSa, GrTi, SaTi) alternativt att grundläggning utförs med pålar. När grundläggningsmetod och laster är fastställt ska sättningsberäkningar utföras. Med avseende på de begränsade lermäktigheterna kan förbelastning bli aktuellt för att ta ut förväntade sättningar i förtid för att minimera grundläggningskostnader.

### 9 Radon

Enligt utförda mätningar av gammastrålning på berg/häll (se markteknisk undersökningsrapport, MUR) har maximal radon beräknats till 55,58 Bq/kg. Medelvärdet är 49,89 Bq/kg och minimivärdet 38,29 Bq/kg. Enligt Byggforskningsrådet klassas detta som lågradonmark då värdet är <60.

### 10 Sulfidutredning - Bildning av surt lakvatten

Vid bergarbete som schaktning, krossning och sprängning exponeras bergmaterialet för en oxiderande miljö (syre och vatten) och om sulfidmineral förekommer (exempelvis pyrit ( $\text{FeS}_2$ ), Kopparkis ( $\text{CuFeS}_2$ ) m.fl.) i tillräckligt hög koncentration kan surt lakvatten bildas då vittringen av dessa mineral innebär bildandet av svavelsyra ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Surt lakvatten ökar även lösningsförmågan för grundämnen med ursprung från bergmaterialet vilket riskerar att förorena omgivningen. En eventuell recipient av beskrivet lakvatten kan påverkas negativt. Förekommande karbonatmineralogi (och till viss del annan mineralogi) i bergmaterialet kan buffra den försurande reaktionen och därför minska den negativa effekten av hög förekomst av sulfidmineral (International network for acid prevention 2014).

#### 10.1 Sulfidutredning metodik

Kapitlet avser att beskriva analysmetoder, referensvärden och bedömningsgrunder vilka utgör grund för tolkning och bedömning av resultat. Som vägledning för sulfidbedömning i denna utredning har olika referensverk använts. I stora drag följer utredningen Stockholms Stad Vägledning – Provtagning och klassificering av sulfidförande berg (2020, remissversion).

#### 10.2 Totalsvavel

För bedömning av hur mycket svavel ett bergmaterial ska innehålla för att anses som potentiellt syrabildande brukar 0,1% totalsvavelhalt anges som riktvärde. Riktvärdet anges i Stockholm Stads Vägledning - Provtagning och klassificering av sulfidförande berg (2020, remissversion). Andra regelverk som t.ex. Trafikverkets handbok för sulfidfördande berg (2015, under revidering) anger samma gräns, 0,1% som förhöjd halt svavel, dock är deras handbok tillbakadragen och riktvärden kan komma att ändras.

Även i 6 § i Förordning om utvinningsavfall (SFS 2013:319) anges att utvinningsavfall bedöms som inert om totalsvavelhalt är <0,1% men att halten får vara upp till 1% om neutraliseringspotentialen är tre gånger så stor som syrabildningspotentialen se avsnitt 10.4.

## PM Geoteknik

### 10.3 Acid-Base Accounting

Syftet med Acid Base Accounting (ABA) är att geokemiskt karaktärisera bergavfall och bergmassor. ABA-analysen mäter mängden totalsvavel/sulfider i förhållande till mängden buffrande mineral i bergmaterialet, med andra ord, ABA-analysen kvantifierar syrabildningspotentialen, Acid Potential (AP) och neutraliseringspotentialen, Neutralization Potential (NP). Därefter kan man karaktärisera resultatet med neutraliseringspotentialförhållandet, Neutralization Potential Ratio, (NPR), kvoten mellan NP/AP.

$$NPR = \frac{NP}{AP}$$

Det är viktigt att känna till att i ABA-analysen får man främst fram den neutraliseringspotential som utgörs av karbonatnehålllet i provmaterialet. Eventuellt övriga förekommande mineral vilka skulle kunna buffra men som reagerar långsammare än karbonater (vilka i princip reagerar omedelbart) hinner oftast inte reagera under det korta förloppet när man bestämmer NP. Detta kan bidra till att ABA kan underskatta neutraliseringspotentialen beroende på mineralogi.

Tabell 10.1 redovisar klassificeringstabell för kvoten mellan den neutraliserande potentialen (NP) och den syrabildande potentialen (AP), Neutralization Potential Ratio (NPR) enligt GARD Guide (International network for acid prevention, 2014). Prov med NPR <1 bedöms vara potentiellt syrabildande, prov med 1 < NPR < 3 bedöms som osäkra och prov med NPR > 3 bedöms som ej syrabildande. Även Naturvårdsverket (2010) anger att den neutraliserande kapaciteten bör vara tre gånger så stor som den syrabildande kapaciteten för att undvika försurning.

| INAP bedömning av NPR |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| NPR                   | Bedömning                |
| >3                    | Ej syrabildande          |
| 1–3                   | Osäkerhetszon            |
| <1                    | Potentiellt syrabildande |

**Tabell 10.1** Klassificeringstabell av NPR-värde enligt INAP (2014).

### 10.4 Analys NAGpH

Syftet med analysprogrammet är att undersöka nettoförsurningspotentialen. NAG-testet är en laboratoriemetod och går ut på att oxidera provet med väteperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) som snabbt oxiderar alla eventuella sulfider. Den genererade syran kommer att reagera med eventuella buffrande (neutraliserande) mineral i provet. Resultterande pH mäts. Därefter titreras provet med bas för att ta reda på hur mycket syra som producerades.

Det är viktigt att påpeka att detta inte är detsamma som ett vanligt laktest och det pH som rapporteras inte är detsamma som det pH naturligt lakvatten så som regn som silar genom materialet skulle få. NAG-testet är ett accelererat laktest under extrema förhållanden där det resulterande pH värdet även är påverkat av väteperoxiden.

Det resulterade värdet från NAGpH analysen ska vara >4,5 för att bedömas som icke syrabildande (AMIRA, 2002; INAP, 2014).

## PM Geoteknik

### 10.5 Provtagning

Provtagningen utfördes av AFRY Geoteknik med jord- och bergsondering och provtagning av kax (det bergkross som kommer upp ur sonderingshålet). Vardera prov togs vid en enskild punkt och paketerades individuellt på plats. Provtagningspunkterna redovisas med gula punkter och provtagnings-ID i Figur 10.1. Samtliga tre prover skickades till ALS Danderyd för geokemisk analys.

### 10.6 Resultat

Tabell 10.2: Analysresultat för totalsvavel, ABA och NAG, samt bedömningsgrunder där NVV = Naturvårdsverket (2010) mindre än ringa risk, F.utv. = Förordningen för utvinningsavfall, INAP= GARD guide 2014, och AMIRA = AMIRA ARD handbook.

| Prov ID | Analysresultat                       |      |      |      |       | Bedömning |                       |               |       |            |
|---------|--------------------------------------|------|------|------|-------|-----------|-----------------------|---------------|-------|------------|
|         | Totalsvavel<br>S <sub>tot</sub><br>% | ABA  |      |      | NAG   | NVV       | F. utv.               | INAP          | AMIRA |            |
|         |                                      | NP   | AP   | NPR  | NAGpH | NPR>3     | S <sub>tot</sub> <0,1 | NPR           | NPR>1 | NA GpH>4,5 |
| 24A001  | 0,05                                 |      |      |      |       |           |                       |               |       |            |
| 24A003  | 0,11                                 | 8,36 | 3,44 | 2,43 | 6,8   | nej       | nej                   | Osäkerhetszon | ok    | ok         |
| 24A004  | 0,05                                 |      |      |      |       |           | ok                    |               |       |            |
| Medel   | 0,07                                 |      |      |      |       |           |                       |               |       |            |

#### 10.6.1 Totalsvavelhalt

Analysprogrammet genomfördes av ALS Geochemistry Danderyd. Analyskod: SULF\_2. Totalt har tre prov analyserats för totalsvavelhalt. Resultaten presenteras i Tabell 10.2. Medelvärde för de tre proven har totalsvavelhalter <0,1%, NPR>1 och NAGpH>4,5. Av de tre proven har två prov en totalsvavelhalt under 0,1%. Ett prov, 24A003, har en totalsvavelhalt över 0,1%. Detta prov har totalsvavelvärdet 0,11% (Tabell 10.2) Eftersom detta prov har ett totalt svavelvärde på över 0,1 %, kommer det också att analyseras för ABA och NAGpH.

#### 10.6.2 ABA

Analysprogrammet genomfördes av ALS Geochemistry Danderyd. Analyskod: SULF\_3. Ett av de tre proven har ett ABA resultat, prov 24A003 har NPR=2,43 (Tabell 10.2). Detta innebär att bedömningen enligt riktlinjer i ARD test handbook Project P387A Prediction and kinetic control of acid mine drainage (AMIRA, 2022) är att provet inte är syrabildande, men riktlinjer enligt Naturvårdsverket (NVVP, 2010) och International network for acid prevention (INAP, 2014) rekommenderar NPR>3.

#### 10.6.3 Analysresultat NAGpH

Analysprogrammet genomfördes av ALS Geochemistry Danderyd. Analyskod: SULF\_3. Av de tre proven har ett prov en ABA resultat. Prov 22AF04 har NAGpH>4,5. (Tabell 10.2) vilket betyder att provet är i enlighet med riktlinjer som rekommenderas av AMIRA och INAP.

## 10.7 Bedömning

### 10.7.1 Bergmaterialets förmåga att bilda surt lakvatten

Utifrån SGU:s berggrundskarta uppskattar man att berggrunden består av gnejs med sedimentärt ursprung. Området bedöms bestå av en och samma bergart som har en

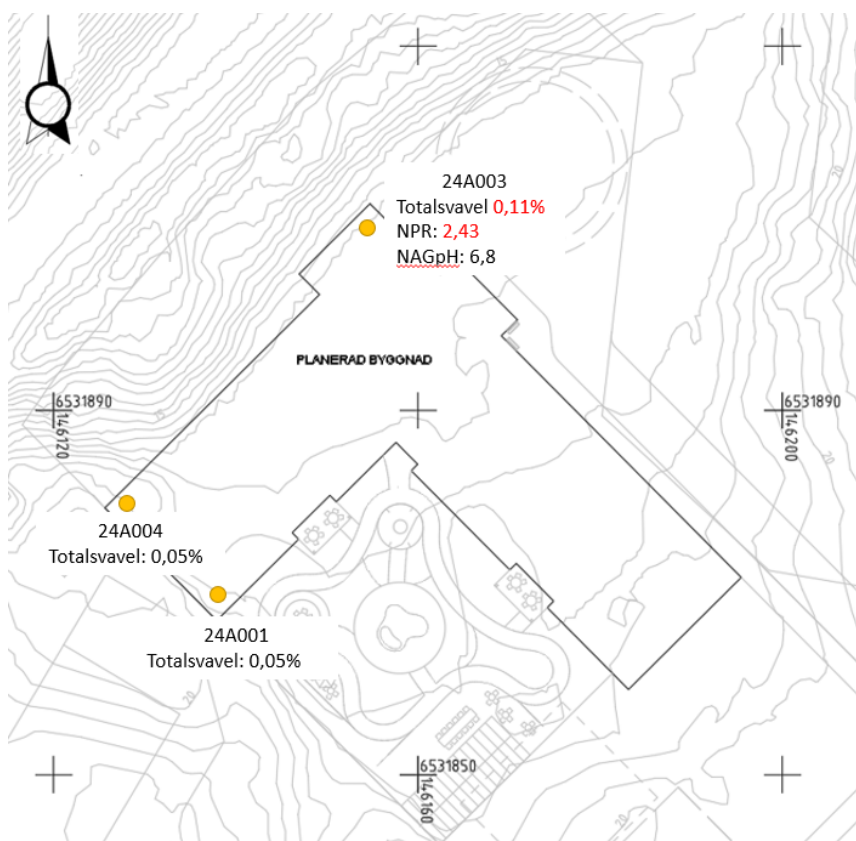


## PM Geoteknik

naturlig variation på meterskalan. För sulfidundersökningen behandlas hela området som en provpopulation då området är litet och provtagningsplatserna ligger nära varandra.

Förordningen för utvinningsavfall (2013:319) från 2020 sätter ett gränsvärde på högst 0,1 % totalsvavel eller NPR>3, vilket innebär att två av de tre prover som analyserats i detta PM klassas som inerta (ej reaktiva och kommer inte att generera syra). Enligt Naturvårdsverket (2010) är ett av de tre proverna potentiellt syrabildande. Naturvårdsverket tar inte hänsyn till NAGpH. Medelvärdet av totalt svavel för alla tre proverna är mindre än 0,1 % (0,07 %) och det insamlade bergmaterialet kan betraktas som icke-syrabildande baserat på det.

Enligt INAP (2019) är prov 24A003 NPR 1–3 vilket är ett spann då det provet anses osäkert om det är syrabildande eller inte. Men med resultat NAGpH>4,5, enligt INAP (2019) och AMIRA (2002), kan prov 24A003 enligt dessa källor ses som icke-syrabildande. Både Stockholms stad (2021) och AMIRA (2002) anser att om något av de tre bedömningskriterierna Stot>0,1 %, NPR>3, NAGpH>4,5 uppfylls, bör materialet anses vara icke-syrabildande. Enligt dessa riktlinjer klassificeras samtliga tre prover som icke-syrabildande. En sammanfattning av resultaten kan ses i Figur 10.1.



Figur 10.1: Karta över över projekteringsområdet med provtagningspunkterna utmärkta gula punkter med prov ID, totalsvavel, NPR och NAGpH resultat.

### 10.7.2 Potentiellt miljöskadliga metaller och halvmetaller

Eftersom materialet bedöms ha en låg risk för sur avrinning anses också risken för potentiellt miljöskadliga metaller och halvmetaller som låg.

## 10.8 Referenser

Källor för ovan angivna riktvärden anges nedan:

## PM Geoteknik

AMIRA, (2002). *ARD test handbook. Project P387A Prediction and kinetic control of acid mine drainage*. Ian Wark Research Institute, Environmental Geochemistry International Pty Ltd.

GARD Guide, (2014). *International network for acid prevention (INAP)*. Tillgänglig: [http://www.gardguide.com/index.php?title=Main\\_Page](http://www.gardguide.com/index.php?title=Main_Page)

Naturvårdsverket, (2010). *Återvinning av avfall i anläggningsarbeten*. Handbok 2010:1. Under revidering.

Naturvårdsverket, (2016). *Tabell Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark*. Publicerad juni 2016. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/fororenade-omraden/berakning-riktvarden/generella-riktvarden-20160707.pdf>

SFS 2013:319. *Förordning om utvinningsavfall*. Stockholm: Miljödepartementet.

Stockholm stad, (2020). *Vägledning – provtagning och klassificering av sulfidförande berg*. Exploateringskontoret, Stockholms stad Dnr: E2020-04235. Remissversion.

Stockholm Stad, (2021). *Stockholm stads Vägledning - Provtagning och klassificering av sulfidförande berg*.

Trafikverket, (2015). *Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter*. Rapport 2015:057. Under revidering.

## 11 Slutsatser och rekommendationer

### 11.1 Schakter

Eventuella schakter kan genomföras med släntlutning 1:1,5 i fyllningen med ett säkerhetsavstånd om 1 meter från släntkrön för överlast. Schaktslänter ska skyddas mot regn. Djupare schakter ska kontrolleras av geotekniker.

Behov av länshållning kan förekomma om schakter utförs under grundvattennivå.

### 11.2 Påverkan på järnvägsbank

Utförda beräkningar visar att stabiliteten uppfylls för tolkad jordlagerprofil och antagna lastförhållanden med en generell karakteristisk last för hela byggnaden på 75 kPa. Därmed kommer exploateringen inte påverka järnvägsbanken. Eftersom slänten troligen har grundare djup till är stabiliteten högre än beräknat.

Beräkningarna enligt Bilaga 1 visar på att säkerhetsfaktorn är över 1 för både sektion B och C, se Figur 7.1 för sektionmarkeringar, både i kombinerad och dränerad analys och för genomförda känslighetsanalyser. Stabiliteten är kontrollerad för en markhöjning till nivå +18,4 samt med en last om 82,5 kPa 1 meter iifrån släntkrön. Dessa beräkningsförutsättningar uppfyller säkerhetsklass 2 för alla analyser. För beräkningssektion B och C med glidytor till järnvägsbanken är erforderlig säkerhetsfaktor över 1,1 och uppfyller därmed säkerhetsklass 3.

Beräkningarna med 100-årsregn enligt Bilaga 3 visar på att säkerhetsfaktorn avseende stabiliteten som lägst blir 0,999 när 1,0 erfordras. Vid avrundning till en decimal blir dock värdet 1,0 vilket innebär att SK2 uppfylls. Vidare är beräkningarna utförda med ett plattgrundlagt hus där hela huslasten påförs den underliggande jorden och intilliggande slänt. Vid pågrundläggning för det planerade särskilda boendet påförs lasten istället ned till

## PM Geoteknik

underliggande friktionsmaterial/berggrund och stabiliteten ned mot befintlig järnväg ska därför inte påverkas, vilket innebär att säkerhetsfaktorn  $> 1,0$ .

För slänter och bankar innebär säkerhetsklass 2 att en säkerhetsfaktor på 1,0 ska uppfyllas i stabilitetsberäkningarna. För säkerhetsklass 1 ska i stället 0,9 uppfyllas och för säkerhetsklass 3 ska i stället 1,1 uppfyllas. Ju högre säkerhetsfaktor som uppfylls desto bättre stabilitetsförhållanden råder.

### 11.3 Sättningar

Grundläggning på tjällyftande massor eller kohesionsjord kan orsaka sättningar och ska skiftas ut ned till tjälfritt djup, vilket är 1,8 meter, och ersättas med material av lägst materialtyp 2 (jordtyper Bo, Co, Gr, Sa, saGr, grSa, GrTi, SaTi), AMA Anläggning. Då jordmäktigheten av sättningsbenägen jord varierar kan differentialsättningar för planerad bebyggelse uppstå men då mäktigheten inte är stor och innehåller sand och silt kommer totalsättning att tas ut snabbt. Därför rekommenderas att jorden förbelastas för att ta ut sättningar, att leran helt skiftas ut eller att pålar används för de partierna med sättningsbenägen jord. När grundläggningsmetod och laster från byggnaden bestämts ska sättningar kontrolleras. Vid plattgrundläggning, det vill säga när laster måste upptas av jorden, ska sättningsberäkningar utföras.

### 11.4 Tjälfarlighetsklass

Fyllning och kohesionsjord är klassad till tjälfarlighetsklass 3 vilket innebär att den är tjällyftande och kan orsaka sättningar och bör skiftas ut ned till tjälfritt djup, vilket är 1,8 meter, och dimensionering av grundläggning ska utföras därefter.

### 11.5 Grundläggning

Utformning av grundläggningsdjup och laster från byggnaden för planerad bebyggelse är i dagsläge inte fastställt. Med avseende på variation i jordlagerföljd och djup till berg över området kommer en kombinerad grundläggning erfordras.

I de delar där djup till berg är grunt rekommenderas grundläggning på sula eller plintar och i de delar där djup till berg är större rekommenderas pålgrundläggning. Utförda sonderingar visar på förekomst av block i fyllningen vilket kan medföra problem vid neddrivning av slagna pålar och borrarade pålar rekommenderas. Uppskattad pållängd är mellan 4,3 och 7,7 meter.

#### 11.5.1 Garage

Baserat på nu utförda observationer av grundvattennivå rekommenderas eventuellt garagegolv att ligga över nivå +13,6, vilket är 3-4,8 meter under markyta vid inmätta undersökningspunkter. Med en grundläggningsnivå under grundvattennivån erfordras länshållning vid schakt- och grundläggningsarbeten samt att konstruktionen utförs vattentät.

Grundvattenmätning har utförts vid endast ett tillfälle i vardera grundvattenrör och det rekommenderas att ytterligare mätningar utförs. För att få kännedom om den naturliga fluktuationen rekommenderas att grundvattenmätning utförs en gång i månaden under åtminstone en 12 månaders period.

Då djup till berg är grunt i vissa delar av undersökningsområdet behöver bortschaktning av bergmassor ske (sprängning) om grundläggningsdjup planeras att bli djupare än så i dessa områden. Djup till berg är grunt i delar av undersökningsområdet och beroende på grundläggningsnivå kan bergschakt bli aktuellt.

## PM Geoteknik

### 11.6 Radonsäkrad grundläggning

Beräknade radonvärden från berg klassas som lågradonmark och därför rekommenderas ingen radonsäkrad grundläggning. Då mätningarna är genomförda på berg/häll runtomkring läget för planerad bebyggelse rekommenderas kompletterande undersökningar för radon i befintlig fyllning. Radonundersökning i fyllning rekommenderas när marken inte innehåller tjäle för att erhålla tillförlitliga resultat.

### 11.7 Sulfid

Då analyserna som utförts alla visar på låg försurningspotential i bergmaterialet kan bergmaterialet användas utan vidare åtgärder. Om sprängning ska göras i den sydöstra delen av området behövs ytterligare analyspunkter. Detta är på grund av att två av tre riktlinjer inte uppfyllde kravet i prov 24A003 och därför kan ingen slutsats dras om försurningspotentialen är okej i den sydöstra delen av området.

Materialet bedöms ha en låg risk för sur avrinning anses också risken för potentiellt miljöskadliga metaller och halvmetaller som låg.

### 11.8 Vidare undersökningar

Vid projektering rekommenderas följande:

- Månatliga grundvattenobservationer för kännedom om den årliga naturliga fluktuationen i området
- Vid eventuell grundläggning på fyllning ovan naturlig jord (utan utskiftning av lera) eller på grundläggning bör sättningar kontrolleras för lera.
- Vid schaktarbeten under grundvattennivån behöver länshållning undersökas, eventuellt med en spontlösning.
- Eventuell radonundersökning i befintlig fyllning om den inte ska skiftas ur.
- Kontroll av släntstabilitet om stabilitetshöjande åtgärder erfordras utöver vad som kontrollerats i detta PM.
- Vid eventuell sprängning i den sydöstra delen av området behövs ytterligare analyspunkter för sulfid.