

Göteborg, Kv Immeln

Geoteknisk PM - underlag för detaljplan

2016-02-08

Göteborg, Kv Immeln

Geoteknisk PM - underlag för detaljplan

2016-02-08

Beställare: Liseberg AB
Box 5053
402 22 Göteborg

Beställarens representant: Lars-Erik Hedin

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare: Mikael Lindström
Handläggare: Jesper Petersson (berg/ radon), Mikael Lindström
(geoteknik), Mathias Petersson (geoteknik)

Uppdragsnr: 104 18 22

Filnamn och sökväg: N:\104\18\1041822\5 Arbetsmaterial\01
Dokument\G\Beskr PM\PM\PM_20160208.docx

Kvalitetsgranskad av: Bengt Askmar/ Mikael Lindström

Tryck: Norconsult AB

Innehållsförteckning

1	Förutsättningar	4
2	Syfte	4
3	Styrande dokument	5
4	Underlag för Geoteknisk PM	5
5	Befintliga förhållanden	5
5.1	Topografi och erosion	5
5.2	Geotekniska förhållanden	7
5.3	Bergtekniska förhållanden	8
5.4	Hydrogeologiska förhållanden	9
6	Härledda egenskaper	10
6.1	Odränerade egenskaper	10
6.2	Dränerade egenskaper	11
7	Stabilitet	11
7.1	Geoteknisk kategori, säkerhetsklass och laster	11
7.2	Omräkningsfaktorer	12
7.3	Karakteristiska värden	13
7.4	Dimensionerande värden	14
7.5	Indata till beräkningsprogram	15
7.6	Antaganden	16
7.7	Resultat	16
7.8	Sammanfattning	19
8	Sättningar	19
9	Radon	20
10	Bergras och blocknedfall	21
11	Rekommendationer	21
11.1	Stabilitet	21
11.2	Grundläggning	22
11.3	Markplanering/sättningar	22
11.4	Befintliga stödkonstruktioner	22
11.5	Radon	23
11.6	Kontrollåtgärder/omgivningspåverkan	23
11.7	Övrigt	23

Ritningar

Plan, stabilitet

G103

Bilagor

Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden

Bilaga A

Stabilitetsberäkningar, framtida förhållanden

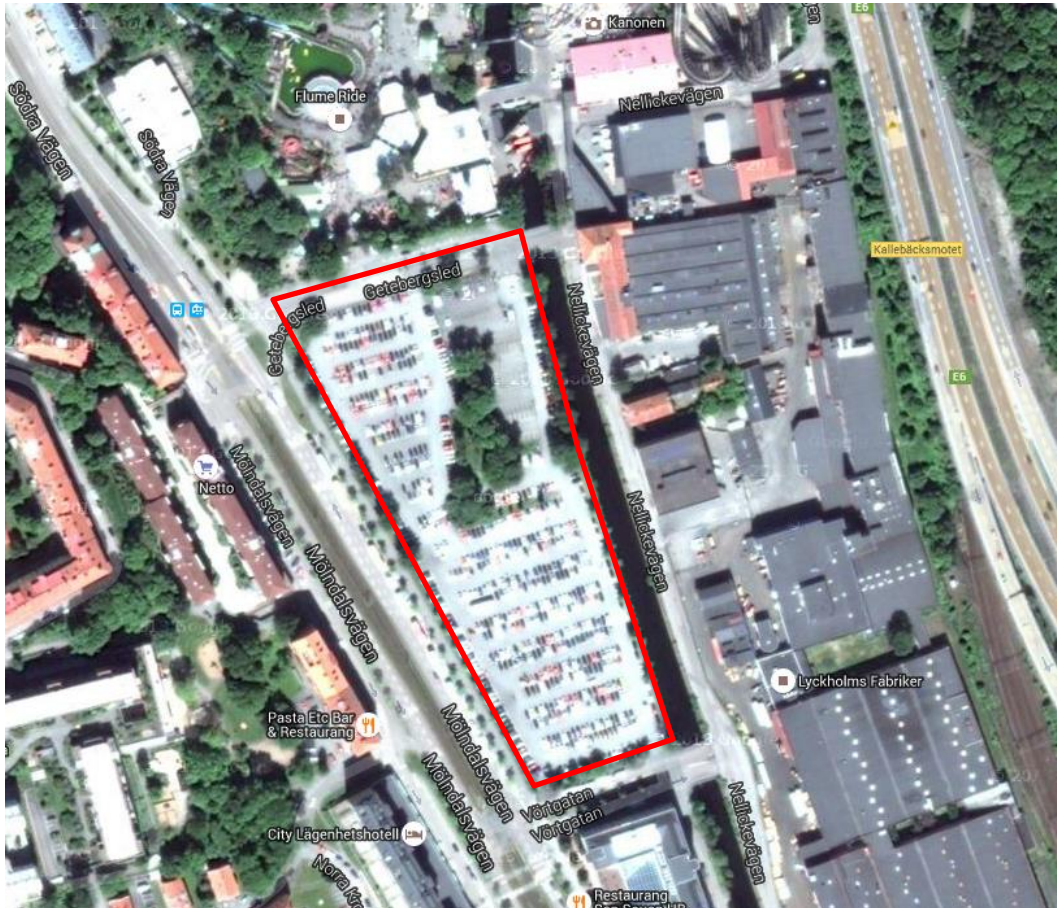
Bilaga B

Stabilitetsberäkningar, stabilitetsförbättrande åtgärd

Bilaga C

1 Förutsättningar

På uppdrag av Liseberg har Norconsult utfört en geoteknisk utredning som underlag för detaljplan för Kv Immeln i Göteborg. Området är beläget direkt söder om Liseberg nöjespark (Lisebergs södra parkering), se även figur 1.1. Inom området planeras ett hotell och vattenland att uppföras.



Figur 1.1 Kv Immeln (Lisebergs södra parkering) (<https://www.google.se>)

2 Syfte

Avsikten med utredningen är att klargöra de bergtekniska- och geotekniska förutsättningarna för detaljplanen.

3 Styrande dokument

Denna PM ansluter till SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga. Nedan uppräknade tillämpningsdokument har använts i beräkningarna:

- IEG:s tillämpningsdokument Rapport 2:2008, Rev 2 ”Grunder”
- IEG:s tillämpningsdokument Rapport 6:2008, Rev 1 ”Slänter och bankar”

4 Underlag för Geoteknisk PM

Föreliggande PM ersätter tidigare PM, ”Kv Immeln, Göteborg. PM beträffande geotekniska förhållanden”. Daterad 2009-10-21 och med uppdragsnr 101 24 93.

Geotekniska fält- och laboratorieundersökningar har tidigare utförts i aktuellt område och redovisas separat i ”Kv Immeln, Göteborg. Geoteknisk undersökning: Fält- och laboratorieresultat (Rgeo)” med uppdragsnummer 101 24 93 och daterad 2009-10-21. Rapporten har utförts av Norconsult.

5 Befintliga förhållanden

5.1 Topografi och erosion

För detaljer avseende topografi för aktuellt område, se ritning G101-102 i rapport angiven under kapitel 3.

Aktuellt område utgörs till största delen av hårdgjorda parkeringsytor. I nordöstra delen av området finns idag också uppställningsytor med bla friggebodar.

Strax norr om områdets centrala del finns ett område med berg i dagen (ca 50*30 m² stort).

Markytans nivåer inom områdets norra del varierar mellan ca +15 och +17,5 och i områdets södra del mellan ca +12,5 och 15. I anslutning till Mölndalsån varierar markytans nivåer mellan ca +12 á +13. I bergspartiet kan nivåer uppemot ca +19 förekomma. Lodningar har tidigare utförts i Mölndalsån i 2 sektioner (1-2). Nivån på åbotten bedöms utifrån dessa lodningar ligga på mellan ca +9 till ca +9,5.

n:\104\18\1041822\5 arbetsmaterial\01 dokument\gbeskr
pm\pm\pm_20160208.docx

Vid Mölndalsån i områdets nordöstra del finns idag en stenmur (se ritning G103). När lodning utfördes för sektion 1 så noterades att stenmuren vilar på en rustbädd som är grundlagd på träpålar. För nuvarande förhållanden bedöms konstruktionen vara i gott skick. På andra sidan Mölndalsån finns det idag också en ”kajkonstruktion” som består av betong som vilar på en rustbädd som också är grundlagd på träpålar.



Bild 5.1 Mölndalsån, norra delen av området, vy från norr med stenmur väster om ån.

Vid Mölndalsån i sydöstra delen av området består marken sannolikt enbart av slänt ner mot ån. Vid platsbesök (2009) fanns inga tecken på pågående erosion, detta gäller även vid platsbesök 2016-01-16. Vidare är vattenhastigheten i Mölndalsån låg och ån är väldigt rak vilket är gynnsamt ur erosionssynpunkt. Mölndalsån är också relativt grund.



Bild 5.2 Mölnålsån, södra delen av område, vy från söder med naturlig slänt väster om ån och stödmur öster om ån.

5.2 Geotekniska förhållanden

Enligt tidigare utförda undersökningar består jordlagren från markytan i huvudsak av:

- **Fyllning** till ca 1,5 á 2 m djup.
- **Gyttjig lera** till mellan ca 4 – 8 m djup.
- **Lera** till som mest ca 20 m djup.
- **Friktionsjord** med varierande mäktigheter.

Fyllningen består av asfalt, grus, lera, sand, silt och rivningsrester såsom tegel och äldre husgrunder.

Den **gyttjiga leran** har störst mäktighet närmast Mölnålsån och minst inom områdets nordvästra del. Skalrester kan även förekomma i den gyttjiga leran. Dess vattenkvot respektive konflytgräns varierar mellan ca 90 – 100 % respektive ca 70 – 100 %. Sensitiveten uppmätt från konprov varierar mellan ca 5 och 10, dvs den gyttjiga leran är låg- till mellansensitiv. Densiteten ligger kring 1,5 kN/m³.

Enligt utförda ving- och konförsök varierar den odränerade skjuvhållfastheten (okorrigerad) mellan ca 17 och 20 kPa. Hållfastheten korrigerad mot konflytgränsen, C_{uk} , redovisas i figur 6.1.

Närmast den underliggande leran har vid tidigare sonderingar ett tunt skikt av silt och skalrester noterats.

Leran har störst mäktighet i södra delen av området. Skalrester förekommer i leran. Vattenkvoten och konflytgränsen varierar mellan ca 40 – 100 % respektive ca 40 – 80 %. Sensitiveten uppmätt från konprov ligger i huvudsak kring 40, dvs leran är högsensitiv och kan därmed vara känslig för störningar. Den högsensitiva leran förekommer främst i södra delen av området. Densiteten ligger i huvudsak kring 1,5 á 1,6 kN/m³.

Enligt utförda ving- och konförsök varierar den odränerade skjuvhållfastheten (okorrigerad) mellan ca 15 och 30 kPa. Hållfastheten korrigerad map konflytgränsen, C_{uk} , redovisas i figur 6.1.

Friktionsjorden under leran är enligt tidigare sonderingar överst relativt löst lagrad och består sannolikt av sand och silt med inslag av lerskikt. Den undre delen av friktionsmaterialet är däremot fastare och består sannolikt av moränjord med inslag av block. I områdets sydöstra del är friktionsjordens mäktighet som störst.

I nordvästra delen av området är tjockleken på leran liten och jordlagren utgörs i huvudsak av friktionsjord av sand och silt med tunna lerskikt.

5.3 Bergtekniska förhållanden

Berggrunden som exponeras strax norr om området centrala del utgörs uteslutande av medelkornig granitisk gnejs, vars gnejsighet stupar medelbrant (40–50°) mot västsydväst. Glimmerinnehållet uppgår uppskattningsvis till 10–15 %.

Två väldefinierade sprickorienteringar har identifierats; en som sammanfaller med bergartens gnejsighet medan den andra är orienterad i det närmaste vinkelrät mot gnejsigheten (stupar 50–70° åt ostnordost). Dessutom förekommer ett antal vertikala till brant stupande sprickor med varierande strykriktning.

Tillsammans bildar sprickorna block med kantmått på ungefär 0,6–1 m och RQD bedöms generellt till > 80 %. Sprickytorna är genomgående raa och plana utan synlig fyllning. Inga svaghetszoner eller områden med avvikande bergkvalitet har påträffats i det undersökta området.

5.4 Hydrogeologiska förhållanden

Vattenståndet i Mölndalsån är reglerat enligt vattendom från 1955 (Dom A47/1955). Vattenståndsnivån regleras med dammluckor vid Gårda dämme samt genom nya slussportar vid Drottningtorget. Tillåten lägsta lågvattennivå (LLW) är enligt vattendomen +11,2.

Vattenståndsnivåer (i höjdsystem GH 88) i Mölndalsån, enl. vattendom från 1955 (Dom A47/1955):

- Högsta högvattennivå (HHW) +11,8
- Medelvattennivå (MW) +11,5
- Lägsta lågvattennivå (LLW) +11,2

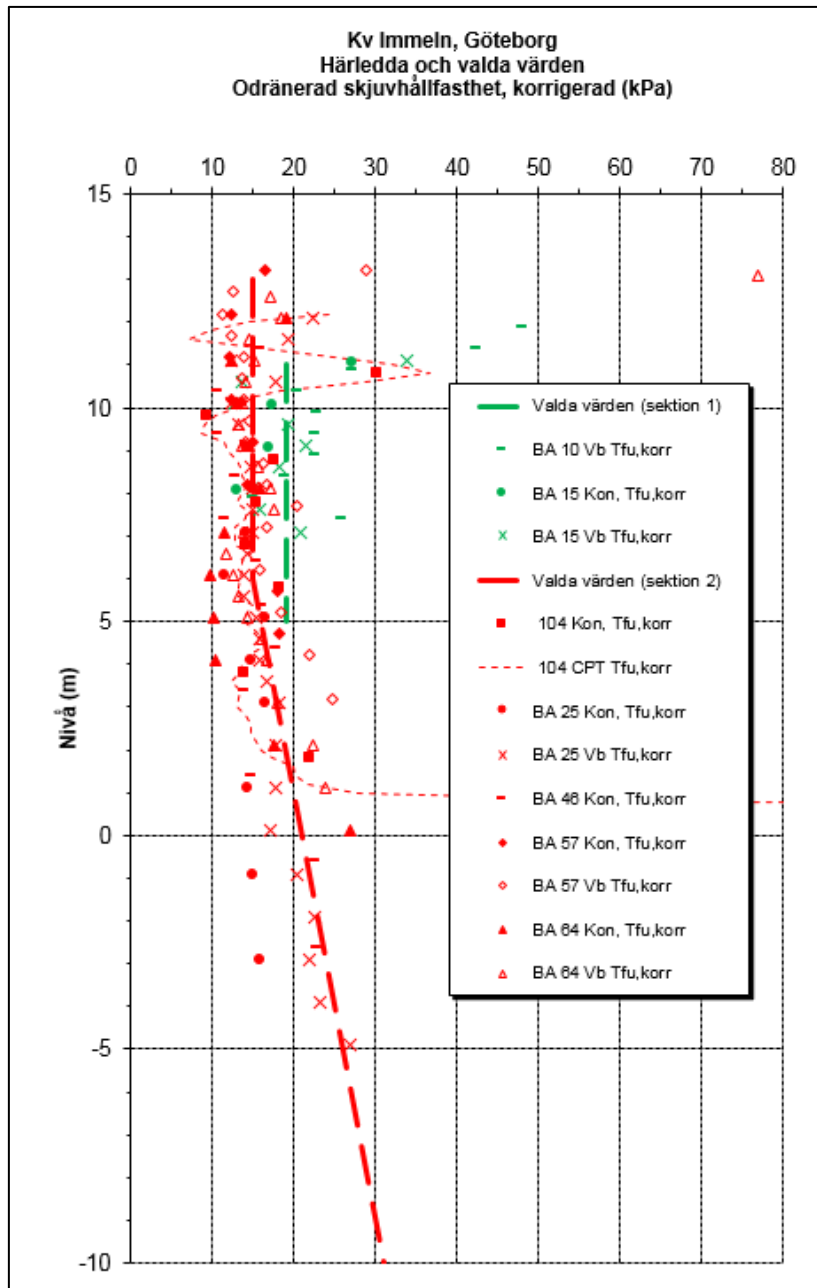
Vid undersökningstillfället i oktober 2009 noterades en fri vattenyta i skruvprovtagningshål 100 i norra delen av området på ca 1,5 m djup vilket motsvarar en nivå på ca +14,6. I punkt 102 var det torrt ner till minst 1,6 m djup. För skruvprovtagningsspunkt 104 som ligger i södra delen noterades en fri vattenyta på ca 2 m djup vilket i sin tur motsvarar en nivå på ca +11,8.

Enligt tidigare undersökningar installerades grundvattenrör i 3 punkter (se BA 25, 50 och 58 på ritning G101 i Rgeo). Grundvattenrören installerades i friktionsjorden under leran och grundvattenytan uppmättes till nivåerna +12,3, +13,7 och +13,0 vilket motsvarade ca 0,8 m, 3,1 m respektive 2,0 m under dåvarande markyta.

6 Härledda egenskaper

6.1 Odränerade egenskaper

Härledda och valda värden för lerans korrigerade odränerade skjuvhållfasthet redovisas i figur 6.1 och tabell 6.1 (med linjär interpolation mellan värden).



Figur 6.1 Härledda och valda värden, korrigerad odränerad skjuvhållfasthet.

Tabell 6.1 Valda värden, korrigerad odränerad skjuvhållfasthet

Nivå [m]	Sektion 1 $c_{u, \text{kor}}$ [kPa]	Sektion 2 $c_{u, \text{kor}}$ [kPa]
+13	-	15
+11	19	15
+6	19	15+1,0* z, där z=0 på nivå +6

6.2 Dränerade egenskaper

Kohesionsjordens dränerade hållfasthetsparametrar bestäms empiriskt enligt:

$$\varphi' = 30^\circ$$

$$c' = 0,1 \times c_u$$

Dessa empiriska värden ska ses som karakteristiska, vilket medför att $\eta=1,0$ skall tillämpas.

7 Stabilitet

7.1 Geoteknisk kategori, säkerhetsklass och laster

Dimensionering och beräkningar för stabiliteten i området har utförts i geoteknisk kategori 2, GK 2 samt i säkerhetsklass 2, SK 2.

SK2 → Partialkoefficient som beaktar säkerhetsklass $\gamma_d = 0,91$
 → $F_{EN} = 1,0$

Trafiklaster (karakteristiska värden) för odränerad analys väljs enligt TK Geo 13, Publikation 2013:0667:

Långa brottytor 10 kPa

Dimensionerande laster uppgår därmed till:

$$\text{Långa brottytor} = \gamma_d \times 1,4 \times Q = 0,91 \times 1,4 \times 10 = 12,7 \text{ kPa}$$

Inom aktuellt planområde har en utbredd "trafiklast" av 5 kPa antagits (karakteristiskt värde) vilket motsvarar p-ytor och gångstråk mm.

Dimensionerande last för detta blir då:

$$Långa brottytor = \gamma_d \times 1,4 \times Q = 0,91 \times 1,4 \times 5 = 6,35 \text{ kPa}$$

I kombinerad analys har ingen reduktion av lasten gjorts då lasten primärt består av parkerade fordon vilka skulle potentiellt kunna stå där under en längre period och därmed bidra till en ökad spänning i jorden även vid dränerade förhållanden.

7.2 Omräkningsfaktorer

Då olika jordmodeller och sonderingspunkter utnyttjats för de två olika beräkningssektionerna har omräkningsfaktorer tagits fram för sektionerna separat.

Sektion 1

Antalet oberoende undersökningspunkter $n=3$ st.

Leran förutsätts motsvara ”normalsvensk lera”.

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

Två olika metoder har använts (konförsök och vingsondering) för att bestämma c_u och dessa bedöms ha en liten spridning i resultat.

$$\eta_{(3)}=1,0$$

Broattytan bedöms vara liten men jordlagrena har ingen svag zon.

$$\eta_{(4,5,6,7)}=1,0$$

För dimensionering av slänter och bankar sätts

$$\eta_{(8)}=1,0$$

Sammantaget ger detta:

$$c_u = \eta_{(1,2)} \times \eta_{(3)} \times \eta_{(4,5,6,7)} \times \eta_{(8)} = 0,95 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 0,95$$

Sektion 2

Antalet oberoende undersökningspunkter $n=9$ st.

Leran förutsätts motsvara ”normalsvensk lera”.

$$\eta_{(1,2)}=1,0$$

Tre olika metoder har använts (CPT, konförsök och vingsondering) för att bestämma c_u och dessa bedöms ha en liten spridning i resultat.

$$\eta_{(3)}=1,0$$

Bröttytan bedöms vara liten men jordlagrena har ingen svag zon.

$$\eta_{(4,5,6,7)}=1,0$$

För dimensionering av slänter och bankar sätts

$$\eta_{(8)}=1,0$$

Sammantaget ger detta:

$$c_u = \eta_{(1,2)} \times \eta_{(3)} \times \eta_{(4,5,6,7)} \times \eta_{(8)} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 1,0$$

7.3 Karakteristiska värden

Det karakteristiska värdet för en materialparameter definieras som:

$$X_k = \eta \times X$$

Tabell 7.1 Karakteristiska hållfasthetsvärden för sektion 1, släntstabilitet

Nivå [m]	c_u [kPa]	$c'_k (= 0,1 \times c_u)$ [kPa]
+11 till +5	18	1,8

Tabell 7.2 Karakteristiska hållfasthetsvärden för sektion 2, släntstabilitet

Nivå [m]	c_u [kPa]	$c'_k (= 0,1 \times c_u)$ [kPa]
+13 till +6	15	1,5
-10	31	3,1

Givna värden gäller för leran inom undersökningsområdet. Det skall förutsättas att jordprofilen överst utgörs av fyllning till ca 1,5-2 m djup. Denna jord ges en karakteristisk ($\eta=1$) friktionsvinkel $\phi'_k = 32^\circ$ samt en karakteristisk tunghet/effektiv tunghet på $\gamma_k=18 \text{ kN/m}^3 / \gamma'_k=10 \text{ kN/m}^3$. För lättklinker (LK) har en friktionsvinkel $\phi'_k = 35^\circ$ utnyttjats. Lättklinkerns tunghet är enligt TK Geo 13 $\gamma_k=4,5 \text{ kN/m}^3$ respektive $\gamma'_k=1 \text{ kN/m}^3$.

Lerans tunghet har valts till på $\gamma_k=15 \text{ kN/m}^3$ över grundvattenytan och $\gamma'_k=5 \text{ kN/m}^3$ under.

7.4 Dimensionerande värden

Det dimensionerande värdet beräknas enligt:

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} \times \eta \times X_k$$

För friktionsvinkeln innebär det:

$$\phi'_d = \tan^{-1} \left(\frac{1}{\gamma_{\phi'}} \times \eta_{\phi'} \times \tan \phi' \right)$$

Partialkoefficienter för jordmaterial, γ_M , enligt Tabell 7.3 nedan.

Tabell 7.3 Partialkoefficienter för jordmaterial

Jordparameter		Värde
Friktionsvinkel ($\tan \phi'$)	$\gamma_{\phi'}$	1,3
Effektiv kohesion (c')	$\gamma_{c'}$	1,3
Odränerad skjuvhållfasthet (c_u)	γ_{cu}	1,5
Tunghet (γ)	γ_γ	1,0

En sammanställning av dimensionerande hållfasthetsvärden för kohesionsjorden redovisas i Tabell 7.4 nedan.

Tabell 7.4 Dimensionerande hållfasthetsvärden för kohesionsjorden sektion 1, släntstabilitet

Nivå	c_{ud} [kPa]	c'_d [kPa]	ϕ'_d [°]
+11 till +5	12	1,38	23,9

Tabell 7.5 Dimensionerande hållfasthetsvärden för kohesionsjorden sektion 2, släntstabilitet

Nivå	c_{ud} [kPa]	c'_d [kPa]	ϕ'_d [°]
+13 till +6	10	1,15	23,9
-10	20,7	2,38	23,9

7.5 Indata till beräkningsprogram

Följande värden används som indata i beräkningsprogrammet, Geostudio Slope/W, för att kunna göra stabilitetsanalyser med partialkoefficienter enligt IEG:s Tillämpningsdokument EN 1997-1 ”Slänter och bankar”.

Tabell 7.6 Indata till beräkningsprogram för sektion 1

Nivå [m u my]	Material	c_{ud} [kPa]	c'_d [kPa]	ϕ'_d [°]	γ [kN/m ³]
Varierar	Fyllning	-	-	25,7	18
Varierar	LK	-	-	28,3	4,5
Från ca +11	Lera	12	1,38	23,9	15
+5	Lera#1	10	1,2	23,9	15

Tabell 7.7 Indata till beräkningsprogram för sektion 2

Nivå [m u my]	Material	c_{ud} [kPa]	c'_d [kPa]	ϕ'_d [°]	γ [kN/m ³]
Varierar	Fyllning	-	-	25,7	18
Varierar	LK	-	-	28,3	4,5
ca +13	Lera#1	10	1,15	23,9	15
+6	Lera#1	10	1,15	23,9	15
+6	Lera#2	10	1,15	23,9	15
-10	Lera#2	20,7	2,38	23,9	15

Som indata i beräkningsprogrammet motsvarar värdena på den dränerade hållfastheten i Tabell 7.6 och 7.7 följande:

$$c'_d = 0,115 \times c_{ud}$$

7.6 Antaganden

Vid beräkningar har porttrycket modellerats som ett hydrostatiskt tryck från nivån +11,2 i Mölndalsån vilket motsvarar lägsta lågvattennivå, se även kapitel 5.4. Grundvattenytans läge i höjd har sedan succesivt höjts på ömse sidor av ån.

Närmast ån finns i dagsläget en kajkonstruktion på en del av sträckan. Denna har antagits vara 2 m hög och ligga på en rustbädd som är 2 m bred. Denna konstruktion antas också vara pålad. Med hänsyn till detta har en jordvolym tagits bort då dess last inte påverkar de ytliga glidyterna negativt.

7.7 Resultat

För stabilitetsberäkningar har Geostudio Slope/W använts. Stabilitetsberäkningar har utförts i två sektioner (sektion 1 och 2 enligt Bilaga A-C). Sektion 1 och 2 ligger ungefär i samma läge som sektion S1 respektive S3 (underlag från Wingårdhs arkitektkontor daterat 2015-08-25) enligt figur 7.1 och 7.2 nedan. Beräkningar har utförts i odränerad och kombinerad analys.

Befintliga förhållanden

Utförda beräkningar för befintliga förhållanden för sektion 1 visar att säkerheten mot skred är tillfredställande i odränerad analys men inte i kombinerad analys. En säkerhetsfaktor av 1,0 uppnås inte förrän ca 10 m avstånd från Mölndalsån i kombinerad analys.

För sektion 2 är befintliga förhållandena stabila både i odränerad och kombinerad analys.

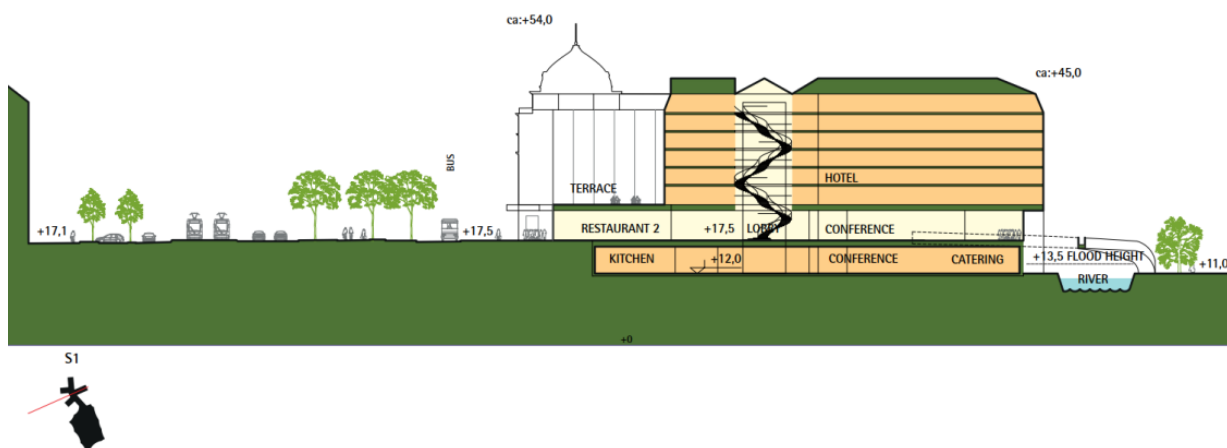
Utförda beräkningar för befintliga förhållanden redovisas i tabell 7.8 samt mer i detalj i bilaga A:1-A:4.

Tabell 7.8 Beräknad säkerhet mot skred, befintliga förhållanden.

Sektion	Odränerad analys	Kombinerad analys	Bilaga
1	1,0	0,9	A:1-2
2	1,1	1,0	A:3-4

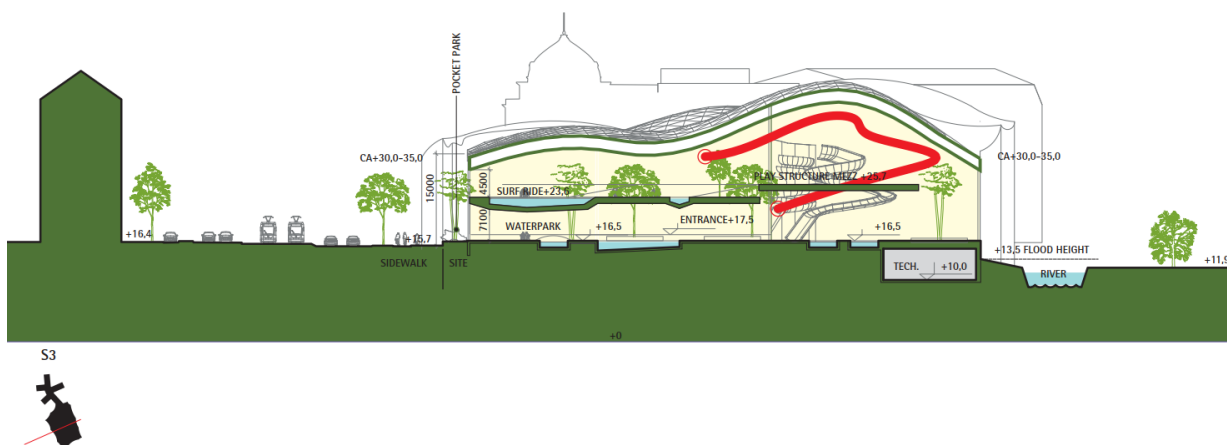
Framtida förhållanden

Inom området planeras ett hotell och ett inomhusvattenland att uppföras. För området där hotellbyggnaden (sektion 1 (S1)) kommer uppföras innebär byggnationen en minskning i last då byggnaden är planerad att grundläggas på nivå ca +12,0. Det innebär också en avlastning med hänsyn till att den befintliga ytan i dagsläget är belastad medan byggnaden som uppförs kommer pålas och därmed påförs inte någon last vid markytan.



Figur 7.1 Sektion S1. Illustration som visar nivåer efter uppförandet av hotellet. Från Wingårdh Arkitektkontor 2015-08-25.

Där vattenlandet uppförs (sektion 2 (S3)) kommer marken att behöva höjas till nivå ca +16,5. I beräkningarna har det förutsatts att denna uppfyllnad utförs med lättfyllning (lättklinker antaget i detta fall).



Figur 7.2 Sektion S3. Illustration som visar nivåer efter uppförandet av vattenparken. Från Wingårdh Arkitektkontor 2015-08-25.

Beräkningar för framtida förhållanden har utförts i sektion 1 och 2 (odränerad och kombinerad analys). Säkerheten mot skred har som lägst beräknats till 0,9 (kombinerad analys i sektion 1), dvs något för låg säkerhet mot skred ($F \geq 1,0$). Vid fallet att uppfyllnaden i sektion 2 utförs med tunga massor är säkerhetsfaktorn i kombinerad analys 0,7. Utförda beräkningar för framtida förhållanden redovisas i tabell 7.9 samt mer i detalj i bilaga B:1-B:5.

Tabell 7.9 Beräknad säkerhet mot skred, framtida förhållanden.

Sektion	Odränerad analys	Kombinerad analys	Bilaga
1	1,3	0,9	B:1-2
2	1,2	1,0	B:3-4
2 tunga massor	-	0,70	B:5

Stabilitetsförbättrande åtgärd

Eftersom beräknad säkerhet för sektion 1 visar något för låg säkerhet mot skred bedöms i nuläget att någon form av förstärkningsåtgärd ur stabilitetssynpunkt behöver utföras.

I detta fall har beräkningar med lättklinker använts som stabilitetsförbättrande åtgärd. Lättklinkerns materialparametrar har valts enligt kapitel 7.3.

För att få tillfredställande stabilitet ($F \geq 1,0$) behövs preliminärt ett ca 1 m tjockt samt ca 3 m brett lager av lättklinker. Utförda beräkningar för framtida förhållanden med stabilitetsförbättrande åtgärd redovisas i tabell 7.8 samt mer i detalj i bilaga C.

Tabell 7.10 Beräknad säkerhet mot skred, stabilitetsförbättrande åtgärd.

Sektion	Odränerad analys	Kombinerad analys	Bilaga
1	-	1,0	C

7.8 Sammanfattning

För befintliga förhållanden är stabiliteten ned mot Mölndalsån inte tillfredställande för sektion 1 i kombinerad analys. Beräkningar som utförts för de framtida förhållandena visar att problematiken med låg säkerhet närmast ån kvartstår. För att nå upp till kraven gällande säkerhetsfaktor krävs preliminärt att marken avlastas genom att befintliga jordmassor ersätts med lättklinker. Omfattningen av lättklinkern behöver vara ca 1 m tjock på en bredd av ca 3 m. Antagandena gällande kajkonstruktionen behöver bekräftas för att denna lösning ska vara tillfredställande. Kajkonstruktionen behöver också besiktigas av sakkunnig för att säkerställa att dess funktion är fullgod.

Vidare rekommenderas att höjdsättningen ses över speciellt för vattenlandet (se figur 7.2) för att undvika onödiga uppfyllnader som kan orsaka sättningar och stabilitetsproblem.

8 Sättningar

Tidigare utförda kompressionsförsök i punkt 104 (se ritning G 102 i Rgeo) visar att leran i princip är normalkonsoliderad vilket innebär att i stort sett all last som påförs marken kommer leda till långtidsbundna sättningar. Detta gäller i huvudsak södra delen av området där lerdjupen är som störst. Där lerdjupen är mindre än 5 m kan sannolikt viss belastning påföras marken utan att sättningar uppstår.

Med hänsyn till krypning genom 20 % reduktion av uppmätta förkonsolideringstryck är leran normal- och tom ”underkonsoliderad”, dvs risk för pågående krypsättningar.

Lerans kompressionsmodul, M_L , som är ett mått på lerans sättningskänslighet kan väljas enligt nedanstående tabell.

Tabell 8.1

Nivå	M_L (kPa)
+10	400
+9	330
+4	600
-5	1000

9 Radon

Eftersom möjligheterna att mäta radon i jordluft är starkt begränsade i det aktuella området, som uteslutande upptas av hårdgjorda parkeringsytor samt berg med tunt jordtäckte, har området istället undersökts med avseende på gammastrålning som ett mått på radonavgången från berggrund och jord. Mätning har utförts med en gammaspektrometer av typen GT-30 i anslutning till förekomsten med berg i dagen strax norr om områdets centrala del, samt i områdets nordvästra hörn.

Beräknad radiumhalt för sex mätpunkter varierar upp till knappt 60 Bq/kg. Resultaten presenteras i Tabell 9.1. Mätning på direkt på berg utfördes i en punkt. I övrigt täcktes berget med friktionsjord av varierande tjocklek, i två fall endast någon decimeter. Riskklassificering av mark baseras på följande rekommenderade intervaller för beräkning av radiumhalt baserad på uppmätta halter av gammastrålning från berg:

Lågradonmark < 60 Bq/kg/

Normalradonmark 60 – 200 Bq/kg

Högradonmark > 200 Bq/kg

Utifrån utförda mätningar över ytligt berg är bedömningen att området ska klassas som lågradonmark.

Tabell 9.1 Resultat från mätning med gammaspektrometer på berg eller berg med tunt jordtäckte.

Nr	Total γ -strålning [μ Sv/h]	K [%]	U [ppm]	Th [ppm]	AI	Ra [Bq/kg]
1	0,07	1,7	2,6	6,9	0,4	32
2	0,07	2,1	2,4	5,6	0,4	30
3	0,12	3,3	4,7	10,9	0,8	58
4	0,09	2,6	2,9	8,0	0,6	36
5	0,07	2,2	2,2	7,4	0,5	27
6	0,08	1,8	3,2	8,1	0,5	40

10 Bergras och blocknedfall

I det flackt stupande bergpartiet strax norr om områdets centrala del förekommer i mindre omfattning sprängda skärningar vars höjd över parkeringsytan uppgår till knappt 2 m. Skärningar och naturliga slänter är under nuvarande förutsättningar stabila och det bedöms inte föreligga risk för bergras eller blocknedfall. Vid bergschaktning är den väl definierade gnejsigheten att betrakta som svaghetsplan, vilka både kan orsaka oönskad fragmentering vid sprängning samt instabilitet i schaktväggar som vetter åt väster. Det rekommenderas därför att bergsakkunnig kontaktas för förnyad inspektion i samband med mer omfattande schaktningsarbeten.

11 Rekommendationer

11.1 Stabilitet

Stabiliteten kan i dagsläget inte bekräftas vara helt tillfredställande de ca 10 m närmast ån för sektion 1, se området "Lägre stabilitet" i G103. Även för de framtida förhållandena kvarstår detta problem. För att säkerställa stabiliteten närmast ån föreslås det att befintligt material schaktas ur och ersätts med lättklinker vid detta område. Den mängd befintligt material som behöver ersättas för att uppnå erforderlig stabilitet är en ca 3 m bred remsa med en mäktighet av ca 1 m, se bilaga C. Andra förstärkningsåtgärder är också möjliga såsom en stödkonstruktion, mm .

För den framtida situationen vid sektion 2 skulle den planerade uppfyllnaden innebära stabilitetsproblem om den utförs med tunga fyllnadsmaterial. Med hänsyn till både stabilitet och sättningar förutsätts denna uppfyllnad att utföras med lättfyllnad. Höjdsättningen bör även ses över för att avgöra om denna fyllning är nödvändig.

I samband med detaljprojektering rekommenderas att stabiliteten kontrolleras ytterligare för att bestämma slutligt val och omfattning av förstärkningsåtgärd map stabiliteten i området.

Idag bedöms Mölndalsån ej vara erosionsbenägen. Vattenhastigheten är låg och ån är rak vilket också är positivt ur erosionssynpunkt. Ån är också relativt grund. Vid förändring av åfåran (tex muddring mm) så bör en kompletterande kontroll map erosion utföras så att inte detta förhållande försämrats.

11.2 Grundläggning

Med hänsyn till lerdjupen och jordlagrens sättningskänslighet bör alla byggnader förutsättas bli grundlagda på pålar. Inom området där ytligt berg förekommer samt kring detta område kommer det bli aktuellt med grundläggning direkt på berg samt grundläggning med plintar (alternativt borrade pålar).

Mäktigheten på friktionsjorden under leran kan variera kraftigt och detta bör beaktas vid detaljprojektering.

Lättare byggnader kan eventuellt grundläggas med platta på mark.

11.3 Markplanering/sättningar

Ur sättningsynpunkt bör höjdsättningen för planerade nya byggnader mm vara sådan att befintlig marknivå följs och att uppfyllnader undviks. Detta gäller speciellt områden med lera. Mark som fylls upp bör preliminärt kompenseras med lättfyllning om inte långtidsbunda sättningar kan accepteras.

För att förhindra en ytlig grundvattensänkning bör vid ledningsdragning strömningsavskärande fyllning utföras inom lerområdet.

Byggnadstekniska åtgärder som medför en permanent grundvattensänkning bör ej utföras. Detta är viktigt inte enbart för planerade byggnader utan även för närliggande mark som kan utsättas för sättningar vid sänkning av grundvattenytan.

Ledningar till pålgrundlagda byggnader bör förses med flexibla kopplingar för att förhindra ledningsbrott vid eventuella sättningar av omkringliggande mark.

11.4 Befintliga stödkonstruktioner

I områdets nordöstra del finns idag en stenmur som utgör en ”kajkonstruktion” mot Mölndalsån. För nuvarande förhållanden bedöms konstruktionen vara i bra skick men om marken på och i närheten av denna mur ska förändras så bör en genomgång av stenmuren utföras. Detta bör utföras av en sakkunnig inom kajkonstruktioner och efter detta utförs eventuella åtgärder.

Befintliga stödmurar mm bör också ses över om förändring av marken i dess närhet ska utföras.

11.5 Radon

Enligt utförda undersökningar utgörs området av lågradonmark och förutsätts vid planering av grundläggning. Eftersom stora delar av området täcks av hårdgjorda parkeringsytor och endast en mätning gjorts direkt på berg är bedömningen dock att det krävs kompletterande mätningar i schakter innan slutgiltig radonriskklassificering görs.

Vid byggnation kan det även komma strålning från det material som används för uppfyllnad och grundläggning. Fyllnadsmassor med klassificeringen högradonmark är direkt olämpliga att använda som uppfyllnad under eller i anslutning till planerad byggnation.

11.6 Kontrollåtgärder/omgivningspåverkan

I samband med schakt- och grundläggningsarbetena bör regelbundna kontroller av främst rörelser i x-, y- och z-led (kontrollprogram) och vibrationer (riskanalys) utföras på närliggande byggnader och mark.

För att minimera risken för omgivningspåverkan i samband med pålning kommer propptagning behöva utföras.

11.7 Övrigt

Inför projektering och byggande erfordras kompletterande undersökningar för tex bestämning djup till berg, bestämning av lerans hållfasthets- och sättningsegenskaper som underlag för schakt- och påldimensionering samt för dimensionering av yttre mark.

För vissa delar av planområdet kan det även bli aktuellt med tätare kontroll för bestämning av bergdjup.

Norconsult AB
Väg och Bana
Geoteknik

Mikael Lindström
mikael.lindstrom@norconsult.com

Bengt Askmar
bengt.askmar@norconsult.com



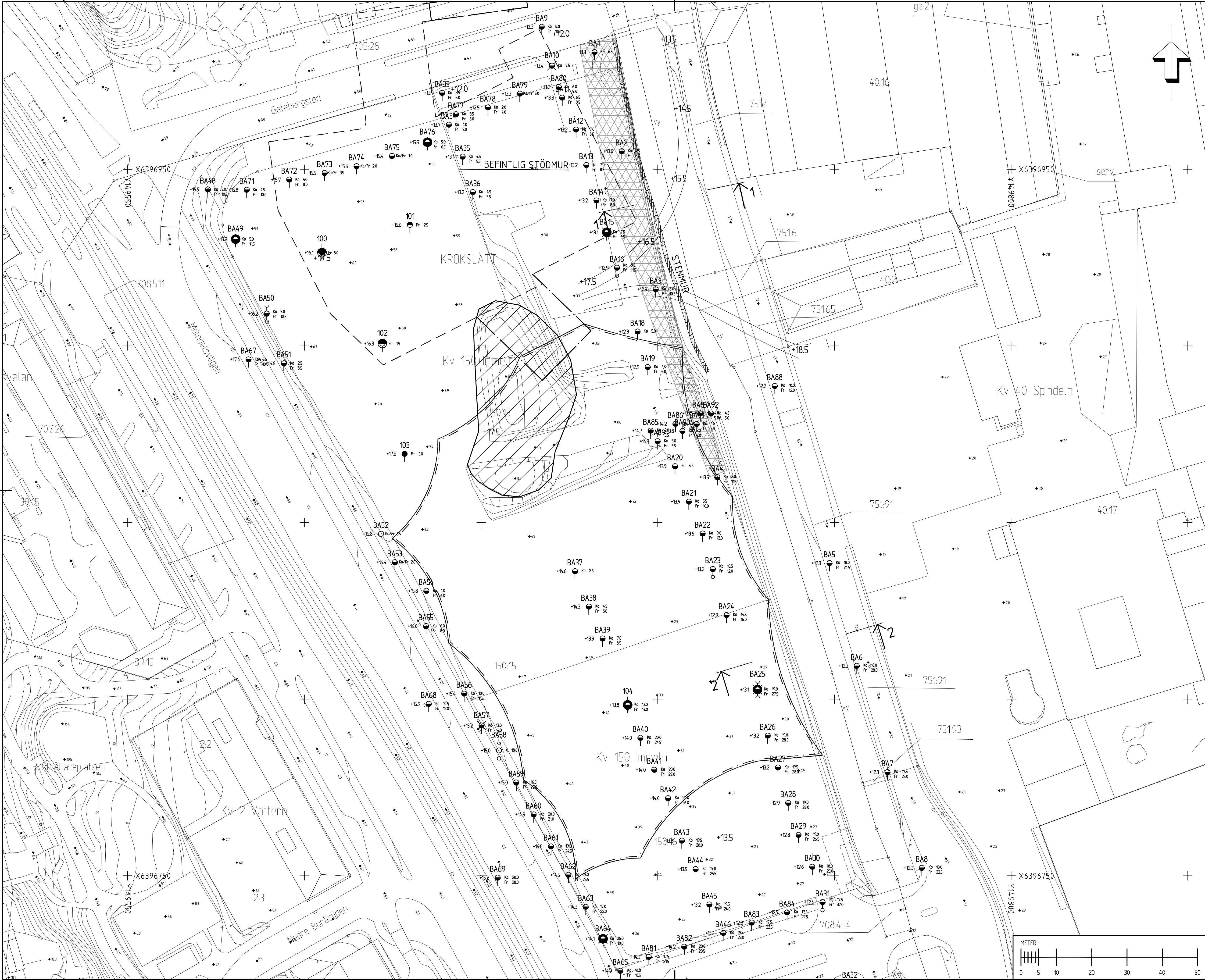
Norconsult AB

Theres Svensson gata 11

Box 8774, 402 76 Göteborg

031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10

www.norconsult.se



ANVISNINGAR

KOORDINATSYSTEM: SWEREF 99 12 00
HÖJDSYSTEM: RH 2000

BETECKNINGAR

BETECKNINGAR ENLIGT SGF'S
BETECKNINGSSYSTEM. SE www.sgf.net

- UNGEFÄRLIGT LÄGE FÖR STENMUR
- OMRÅDE MED LÄGRE STABILITET
- BERG I ELLER NÄRA I DAGEN
- UNGEFÄRLIGT LÄGE FÖR PLANERAT HOTELL
- UNGEFÄRLIGT LÄGE FÖR PLANERAT VATTENLAND

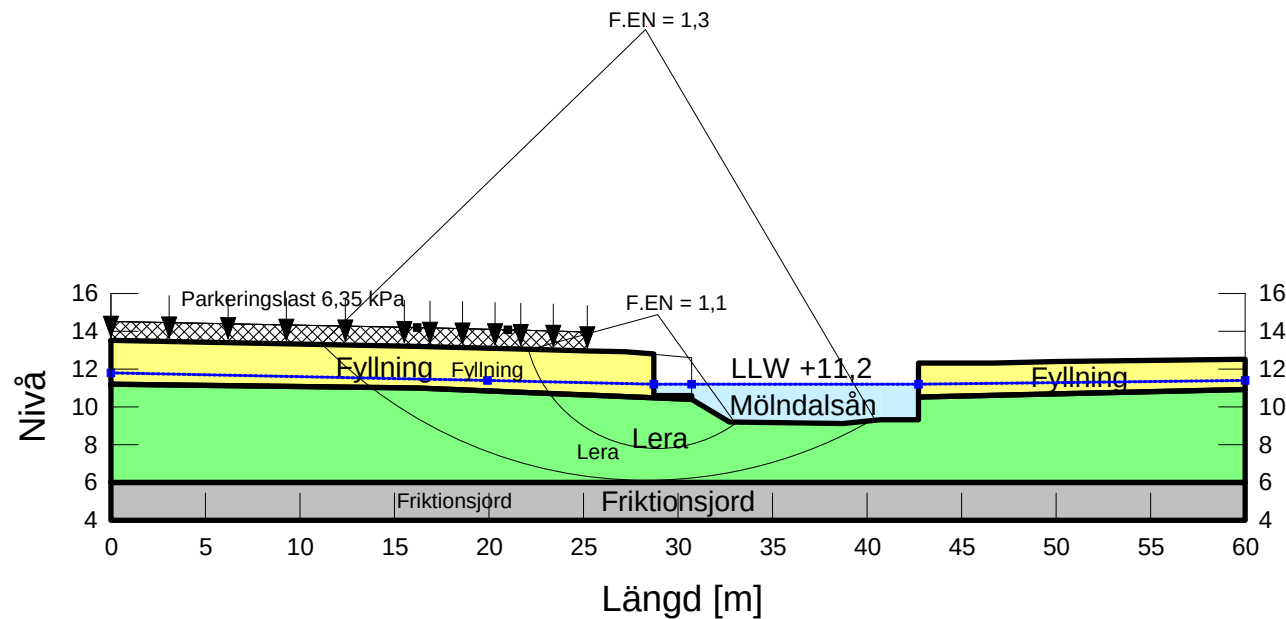
BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	SIGN	DATUM
Norconsult				
Norconsult AB Box 8774, 402 76 Göteborg Tfn 031-50 70 00 www.norconsult.se				
UPPDRAG NR 104_18_22	RITAD/KONSTR AV T BACKMAN	HANDLAGGARE M LINDSTRÖM		
DATUM 2016-02-08	ANSVARIG BERNHARD G ECKEL			
KV IMMELN, DETALJPLAN GÖTEBORGS KOMMUN				
PLAN, STABILITET				
SKALA (A1) 1:500	NUMMER G 103			

Kv Immeln, detaljplan
Uppdragsnummer: 104 18 22

Sektion 1 (S1)
Befintliga förhållanden
Odränerad analys

Skala (A4): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Bilaga A:1



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.7 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

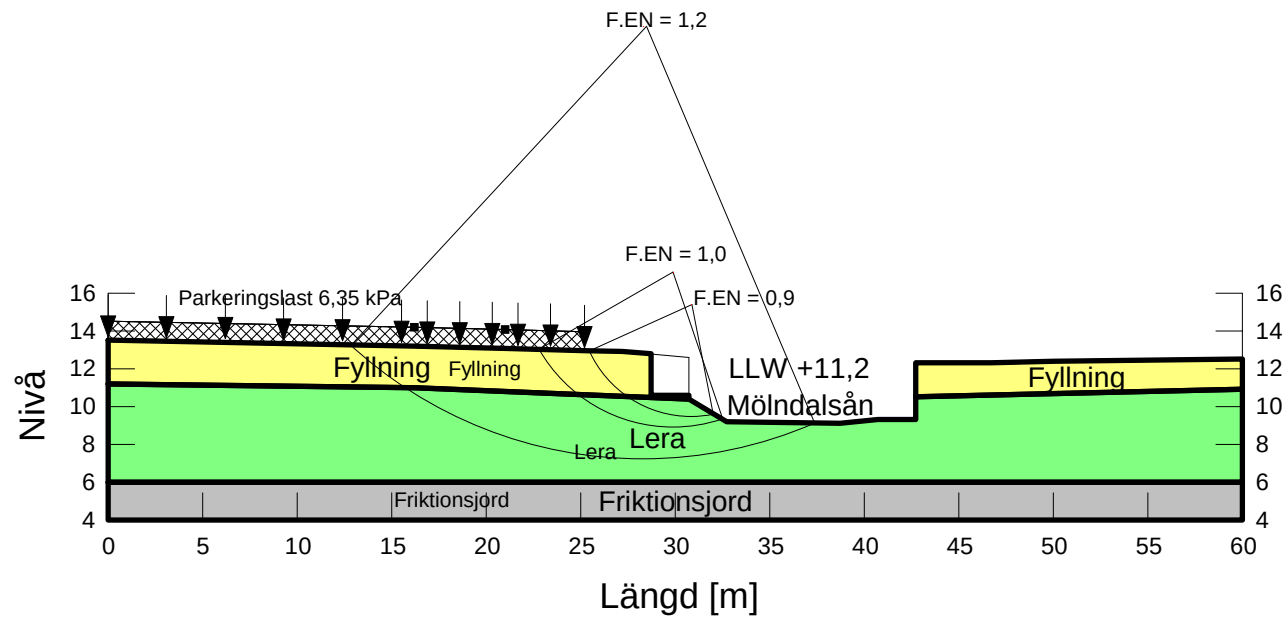
Name: Lera
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 12 kPa
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Kv Immeln, detaljplan
Uppdragsnummer: 104 18 22

Sektion 1 (S1)
Befintliga förhållanden
Kombinerad analys
Skala (A4): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Bilaga A:2



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.7 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 23.9 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 12 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Piezometric Line: 1

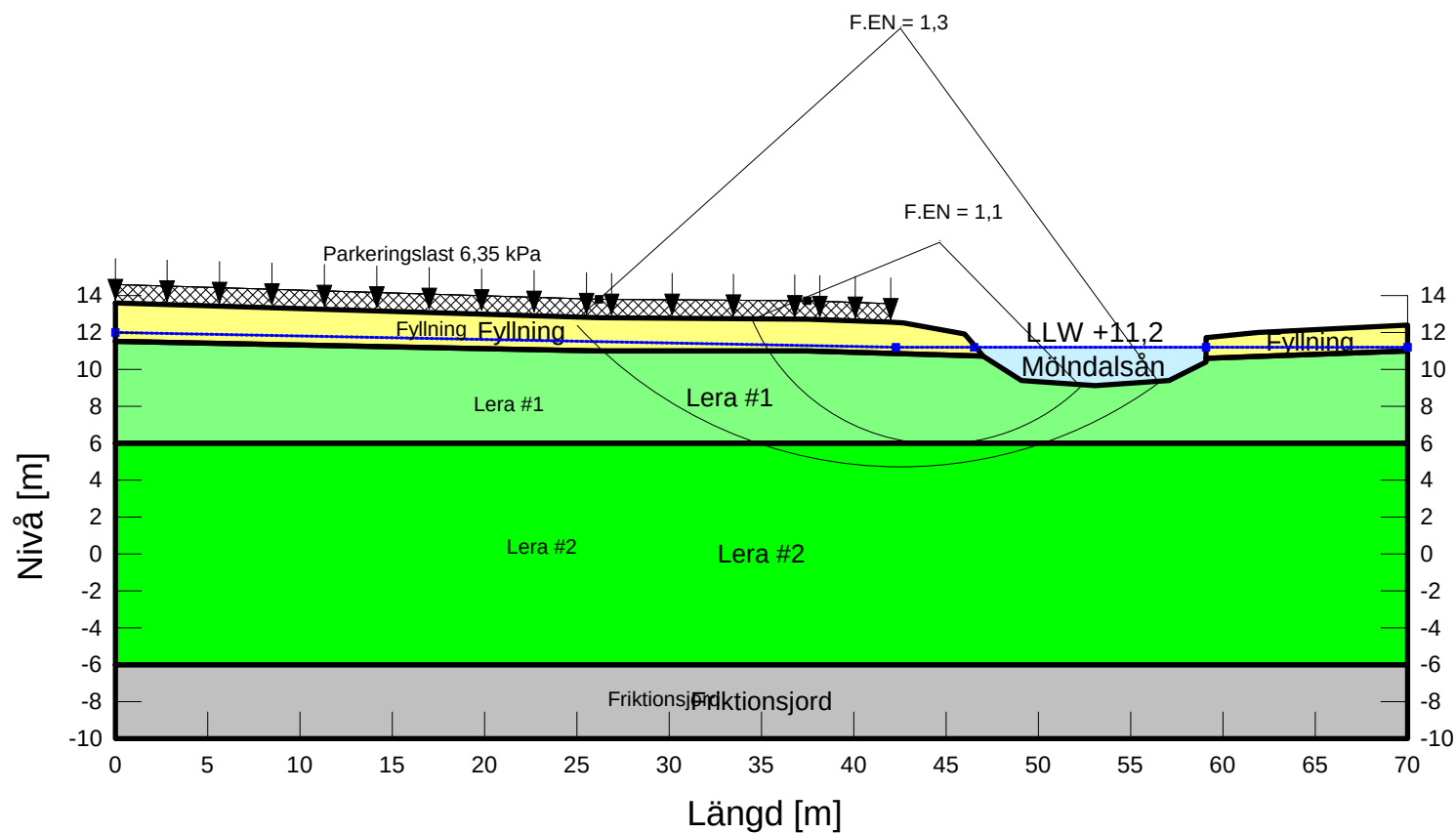
Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Kv Immeln, detaljplan
Uppdragsnummer: 104 18 22

Sektion 2 (S3)
Befintliga förhållanden
Odränerad analys

Skala (A4): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Bilaga A:3



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.7 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera #1
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 9.5 kPa
Piezometric Line: 1

Name: Lera #2
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
C-Datum: 9.5 kPa
C-Rate of Change: 0.63 kPa/m
Limiting C: 0 kPa
Elevation: 6 m
Piezometric Line: 1

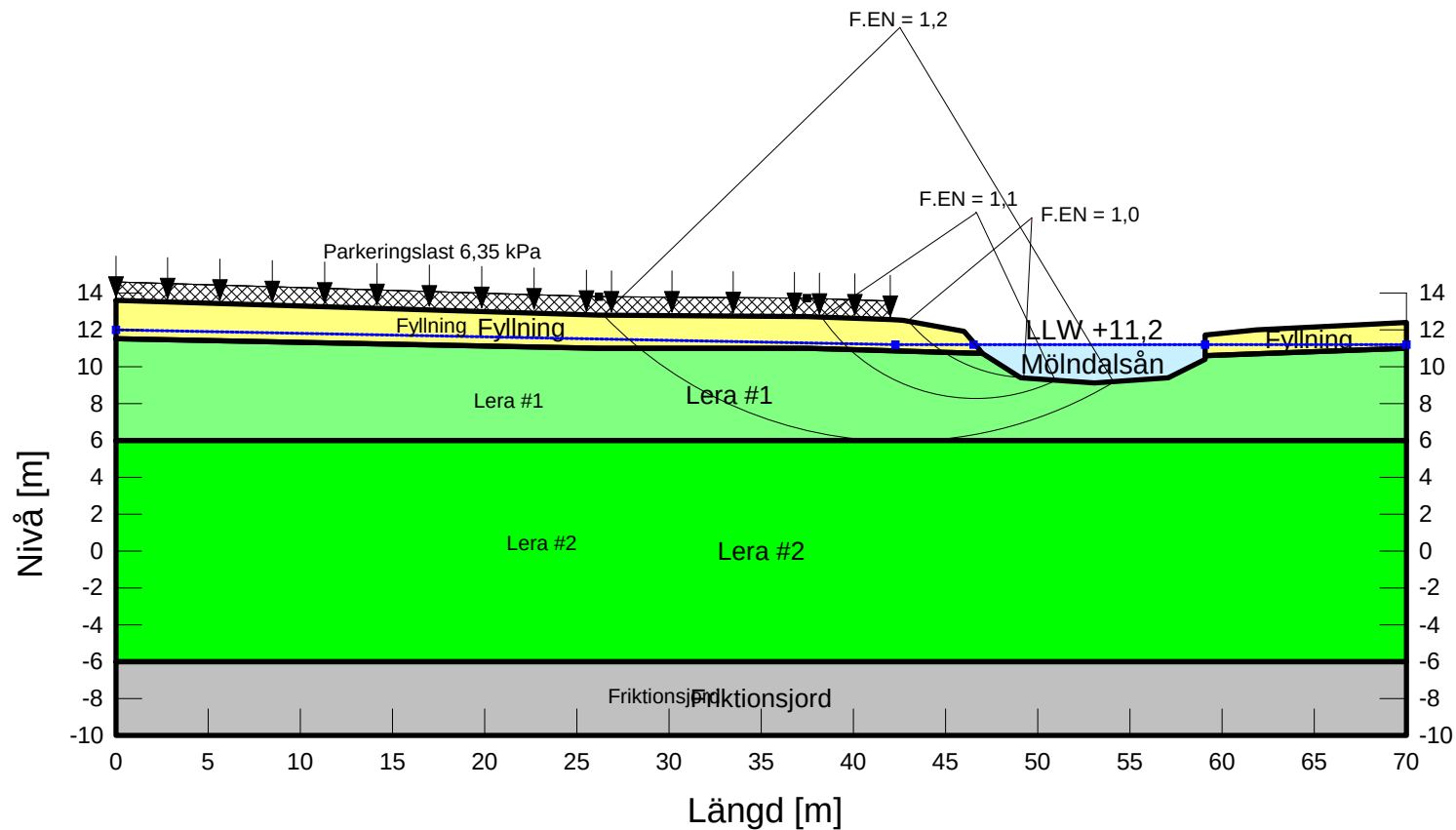
Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Kv Immeln, detaljplan
Uppdragsnummer: 104 18 22

Sektion 2 (S3)
Befintliga förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A4): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Bilaga A:4



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.7 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera #1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 23.9 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 9.5 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Piezometric Line: 1

Name: Lera #2
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 23.9 °
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 9.5 kPa
Cu-Rate of Change: 0.63 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Elevation: 6 m
Piezometric Line: 1

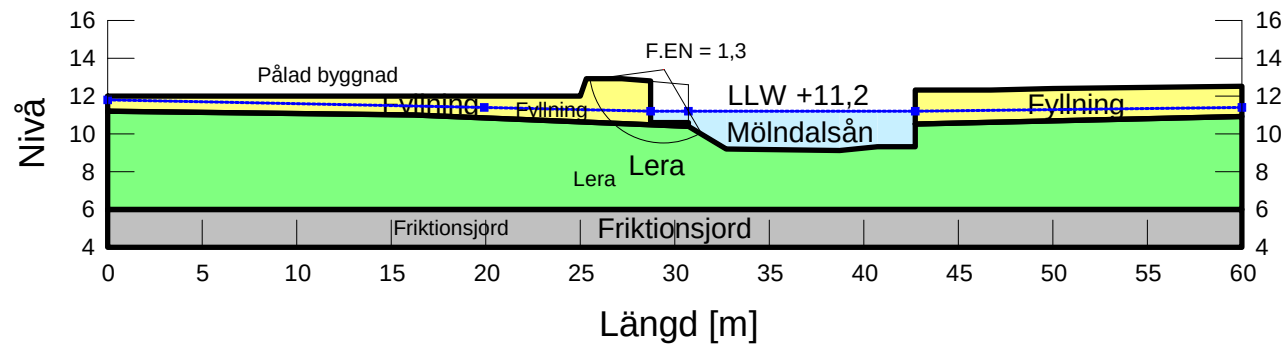
Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Kv Immeln, detaljplan
Uppdragsnummer: 104 18 22

Sektion 1 (S1)
Framtida förhållanden
Odränerad analys

Skala (A4): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Bilaga B:1



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.7 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 12 kPa
Piezometric Line: 1

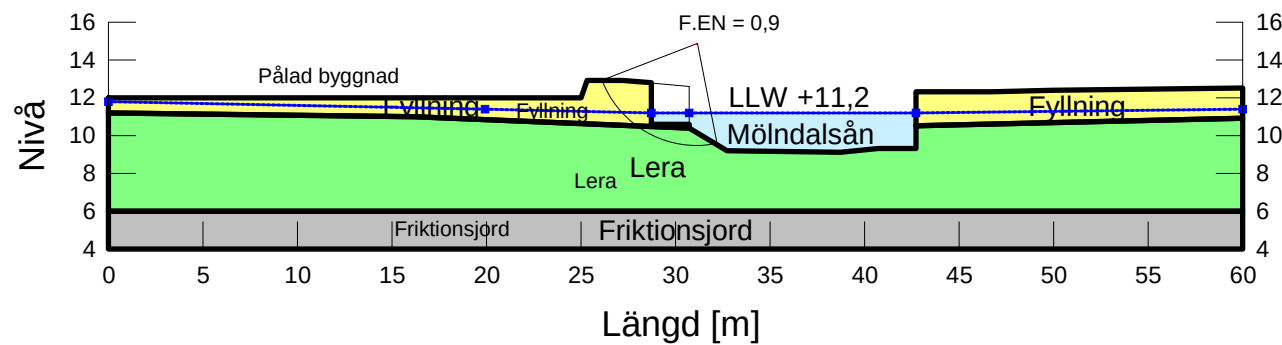
Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Kv Immeln, detaljplan
Uppdragsnummer: 104 18 22

Sektion 1 (S1)
Framtida förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A4): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Bilaga B:2



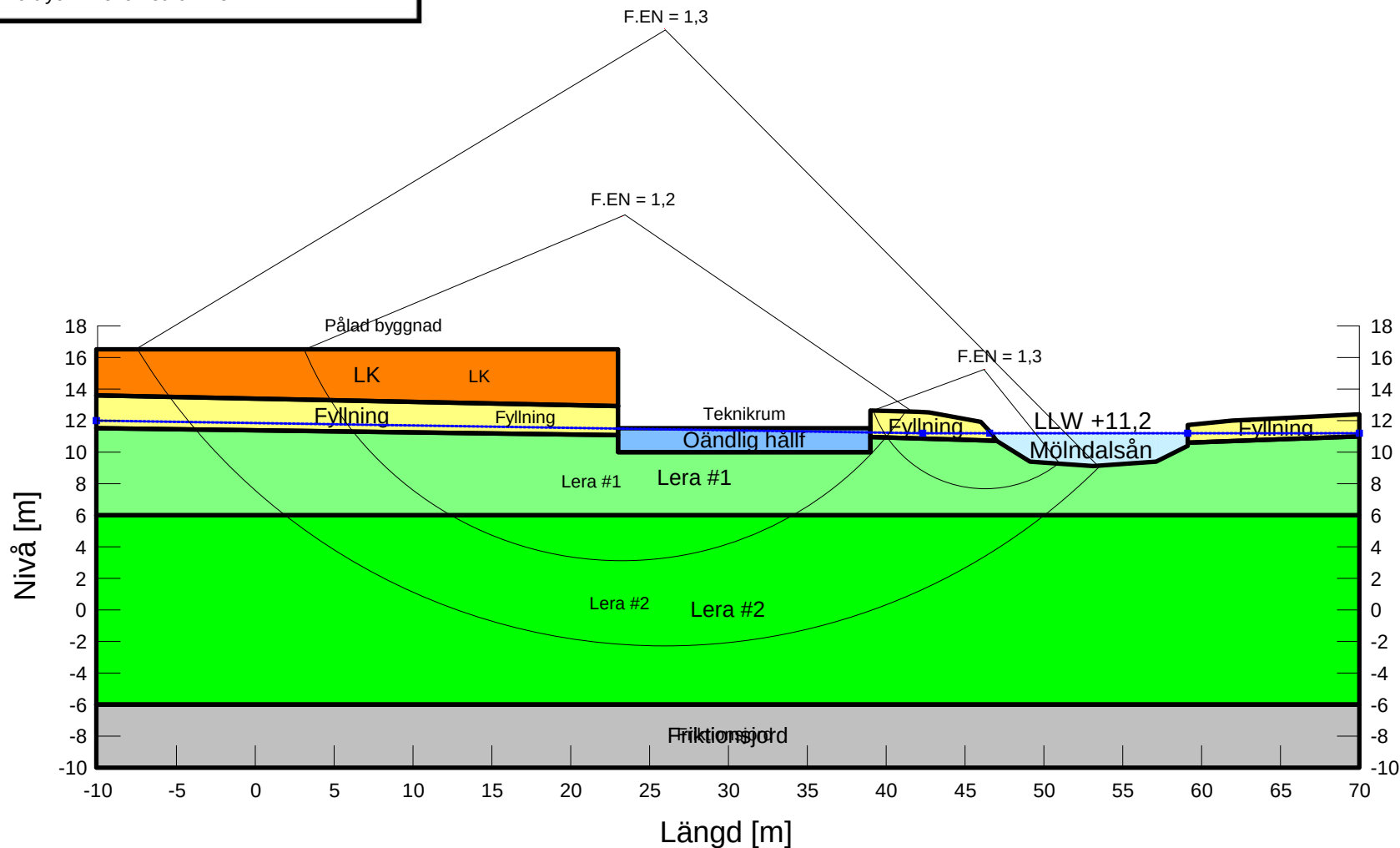
Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.7 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 23.9 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 12 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Sektion 2 (S3)
Framtida förhållanden - LK
Odränerad analys

Skala (A4): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.7 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera #1
Model: Undrained (Phi=0)
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 9.5 kPa
Piezometric Line: 1

Name: Lera #2
Model: S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
C-Datum: 9.5 kPa
C-Rate of Change: 0.63 kPa/m
Limiting C: 0 kPa
Elevation: 6 m
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: LK
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 11 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 4.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

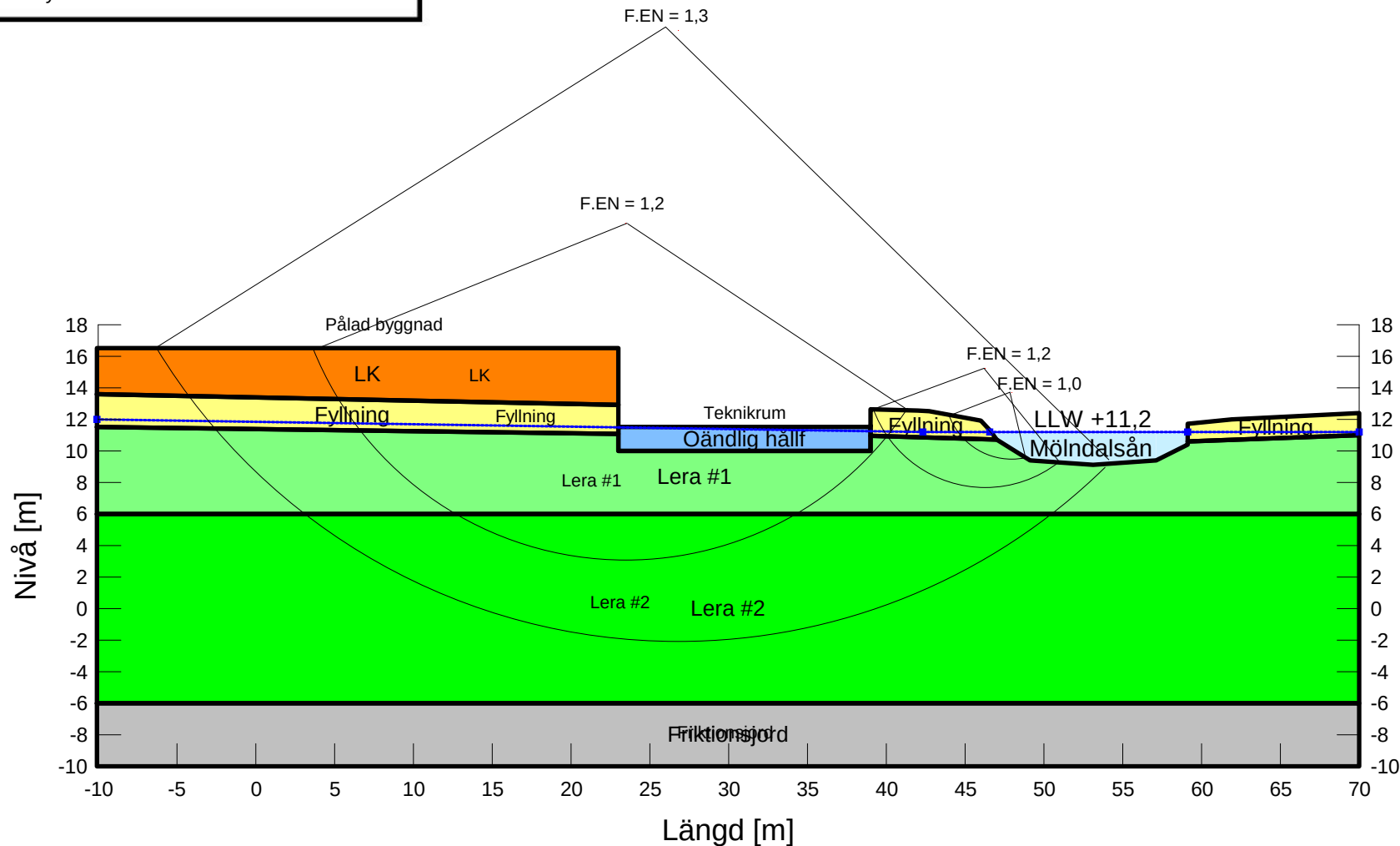
Name: Oändlig hälft
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10.01 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 0.01 kN/m³
Cohesion: 100 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Sektion 2 (S3)
Framtida förhållanden - LK
Kombinerad analys

Skala (A4): 1:400

Analysmetod: Morgenstern-Price

Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.7 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera #1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 23.9 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 9.5 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Piezometric Line: 1

Name: Lera #2
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 23.9 °
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 9.5 kPa
Cu-Rate of Change: 0.63 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Elevation: 6 m
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: LK
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 11 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 4.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 26.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

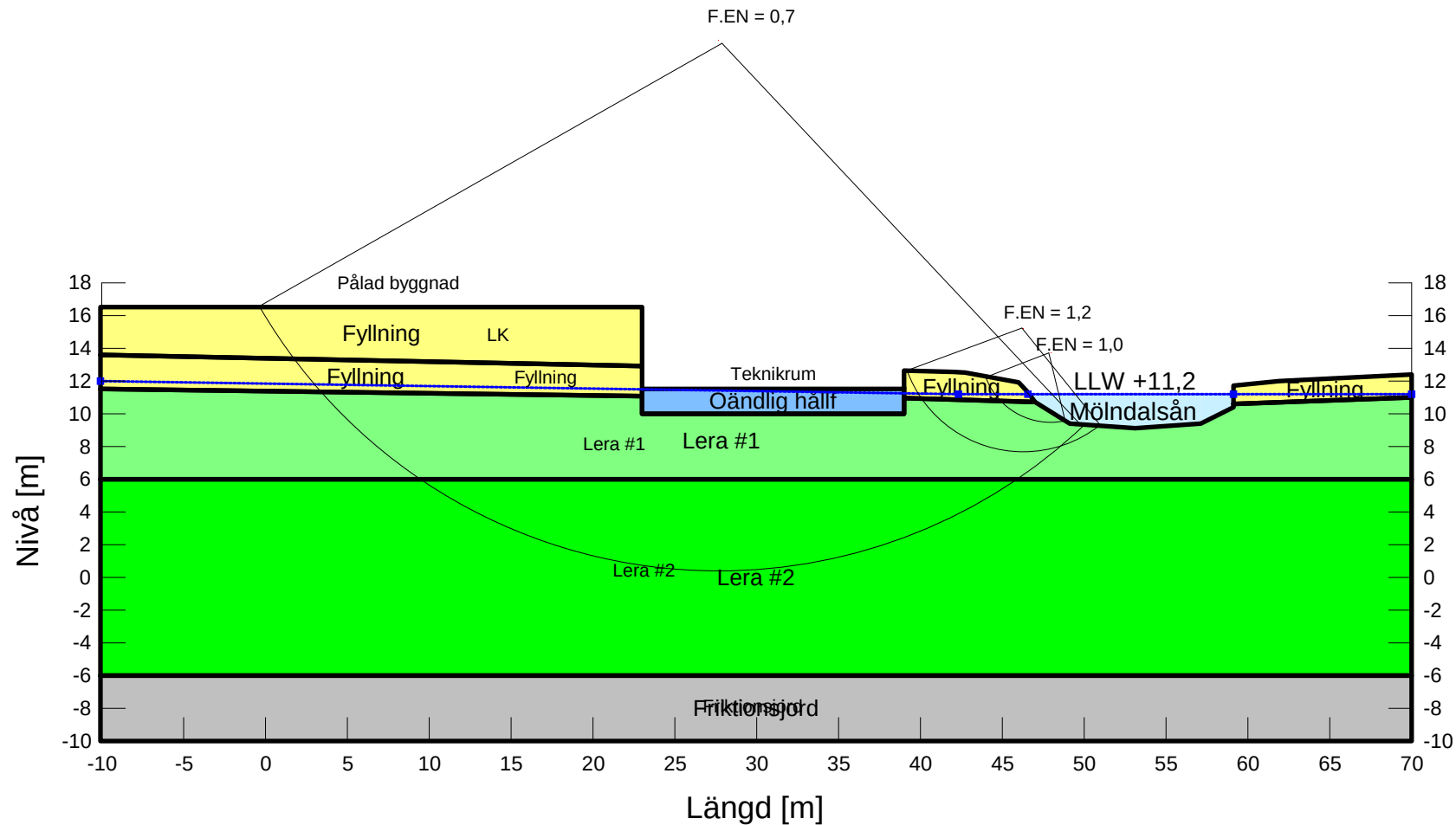
Name: Oändlig hållf
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10.01 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 0.01 kN/m³
Cohesion: 100 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Sektion 2 (S3)
Framtida förhållanden
Kombinerad analys

Skala (A4): 1:400

Analysmetod: Morgenstern-Price

Portryck: Piezometric Line



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.7 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera #1
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 23.9 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 9.5 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Piezometric Line: 1

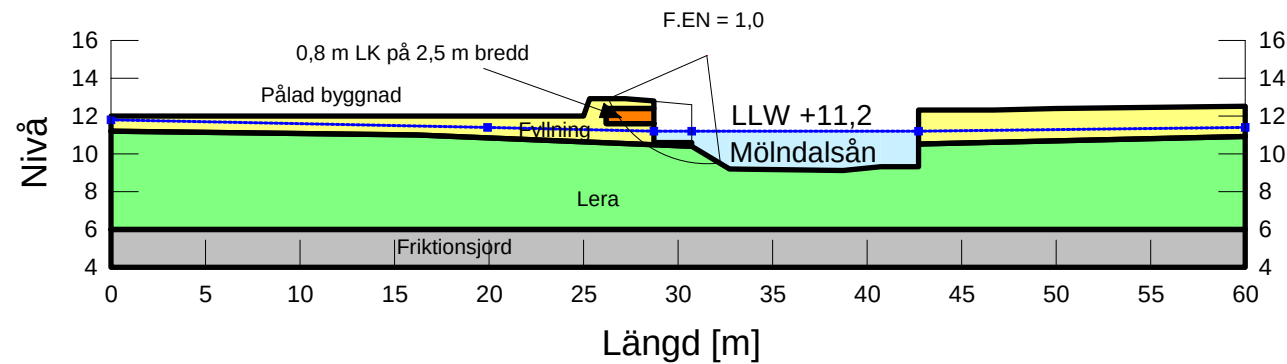
Name: Lera #2
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 23.9 °
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 9.5 kPa
Cu-Rate of Change: 0.63 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Elevation: 6 m
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: Oändlig hållf
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 10.01 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 0.01 kN/m³
Cohesion: 100 kPa
Phi: 30 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Skala (A4): 1:400
Analysmetod: Morgenstern-Price
Portryck: Piezometric Line

Bilaga C



Name: Fyllning
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 25.7 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: Lera
Model: Combined, $S=f(\text{depth})$
Unit Weight: 15 kN/m³
Phi: 23.9°
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 12 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.115
Piezometric Line: 1

Name: Friktionsjord
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1

Name: LK
Model: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 12.5 kN/m³
Unit Wt. Above Water Table: 4.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 28.3 °
Phi-B: 0 °
Piezometric Line: 1