



Beställare: Bergkvist Siljan AB

Projekt: D0088752 Bergkvist Insjön

PM Geoteknik

PM Geoteknik

Uppdrag
Bergkvist Insjön
Uppdragsnummer
D0088752

Datum
17/11/2022
Rev 28/11/2023
Rev 30/01/2024

Beställare
Bergkvist Insjön
Beställarens referens
Ewelina Dawidowska

Uppdragsledare
Oskar Skoglund
Telefon
010 505 47 16
Mail
Oskar.skoglund@afry.com

Upprättad av:
Oskar Skoglund och Olle Rova
Granskad av:
Tobias Sundkvist

PM Geoteknik

Innehållsförteckning

1	Objekt	4
2	Syfte	4
3	Styrande dokument	5
4	Underlag för utredning	5
4.1	Planerad konstruktion	5
4.2	Geotekniska undersökningar.....	5
4.2.1	Utförda undersökningar.....	5
5	Befintliga förhållanden	6
5.1	Befintliga byggnader och anläggningar	6
5.2	Ytbeskaffenhet	7
5.2.1	Delområde 1.....	7
5.2.2	Delområde 2.....	7
5.3	Topografiska förhållanden	7
5.3.1	Delområde 1.....	7
5.3.2	Delområde 2.....	7
5.4	Geotekniska förhållanden, Jorddjup och Jordlagerföljd	7
5.4.1	Delområde 1.....	7
5.4.2	Delområde 2.....	8
5.4.3	Materialtyp och tjälfarighetsklass	8
5.4.4	Hydrogeologiska förhållanden.....	8
5.5	Materialparametrar	9
5.5.1	Geotekniska egenskaper delområde 1	9
5.5.2	Geotekniska egenskaper delområde 2	12
6	Stabilitetsberäkningar	15
6.1	Geometri	15
6.2	Erforderlig säkerhetsfaktor	15
6.3	Laster	15
6.4	Geotekniska parametrar.....	15
6.5	Beräkningsresultat stabilitetsberäkningar	16
7	Sättningsberäkningar	16
7.1	Beräkningsresultat sättningsberäkningar	16
8	Rekommendationer.....	16
8.1	Rekommenderade geotekniska åtgärder	16
8.1.1	Generellt.....	16
8.1.2	Grundläggning av byggnader	17
8.1.3	Schaktning	18
8.1.4	Masshantering	18



8.1.5	Överbyggnader	18
8.1.6	Järnväg	18
9	Fortsatta utredningar	19

Bilagor

Bilaga 1.....	Stabilitetsberäkningar
---------------	------------------------

1 Objekt

På uppdrag av Bergkvist Siljan AB har AFRY utfört geotekniska undersökningar på ytor angränsande sågverket i Insjön. Undersökningarna ska utgöra underlag för upprättande av detaljplan för eventuell utökad exploatering i området angränsande sågverket.

De aktuella utbredningsområdena visas i Figur 1.1.



Figur 1.1. Delområde 1 och 2.

2 Syfte

Föreliggande geotekniska utredning har utförts med syfte att utreda markförhållandena och beskriva områdets geotekniska förutsättningar för ny detaljplan med avseende på planerad exploatering av närliggande områden till sågverket i Insjön.

Denna revidering innehåller utökad resonemang om effekterna som kan uppkomma på befintligt spårrområde i samband med byggskedet.

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
TK Geo 13	Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner TDOK 2013:0667 Version 2.0
SGF Fälthandbok	Rapport 1:2013
SGF Beteckningssystem	Version 2001:2
BFS 2015:6, EKS 10	Boverkets föreskrifter om ändring i verkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder)

AMA Anläggning 20

Följande dokument är rådgivande för objektet:

IEG Rapport 2:2008, Rev. 2	Tillämpningsdokument Grunder, SGF
TR Geo 13	Trafikverkets tekniska råd för geokonstruktioner TDOK 2013:0668 Version 2.0
IVA Skredkommissionen	Rapport 3:95

4 Underlag för utredning

Följande avsnitt redovisar det underlag som utredningen baseras på.

4.1 Planerad konstruktion

Bergkvist Siljan AB vill undersöka möjligheterna till att utnyttja omkringliggande områden till deras befintliga verksamhet. Områdena i fråga ska kunna användas som upplagsytor containerterminal och till eventuell byggnation av lagerlokal samt mindre kontorsbyggnad. Det kan även bli aktuellt med utökning av det befintliga industrispåret.

4.2 Geotekniska undersökningar

4.2.1 Utförda undersökningar

De geotekniska fältundersökningarna har utförts under oktober 2022 och omfattar totalt 14 undersökningspunkter med totalt 23 undersökningsmetoder fördelade enligt Tabell 4-1.

Tabell 4.1 Utförda geotekniska fältundersökningar.

Metod	Syfte	Antal
Viktsondering (Vim)	Bestämning av jordlagerföljd, relativ fasthet samt hållfasthets- och deformationsegenskaper.	9 st
Spetstryckssondering/CPT	Bestämning av jordlagerföljd, relativ fasthet, hållfasthets- och deformationsegenskaper samt variationer i jordens egenskaper mot djupet.	4 st
Skruvprovtagning (Skr)	Upptagning av störda jordprover, för bedömning av jordart, materialtyp och tjälfarighetsklass.	7 st
Jord-bergsondering (Jb)	Bestämning av gränsen mellan jord och berg.	1 st
Grundvattenrör (Gv)	Avläsa grundvattennivå	2 st

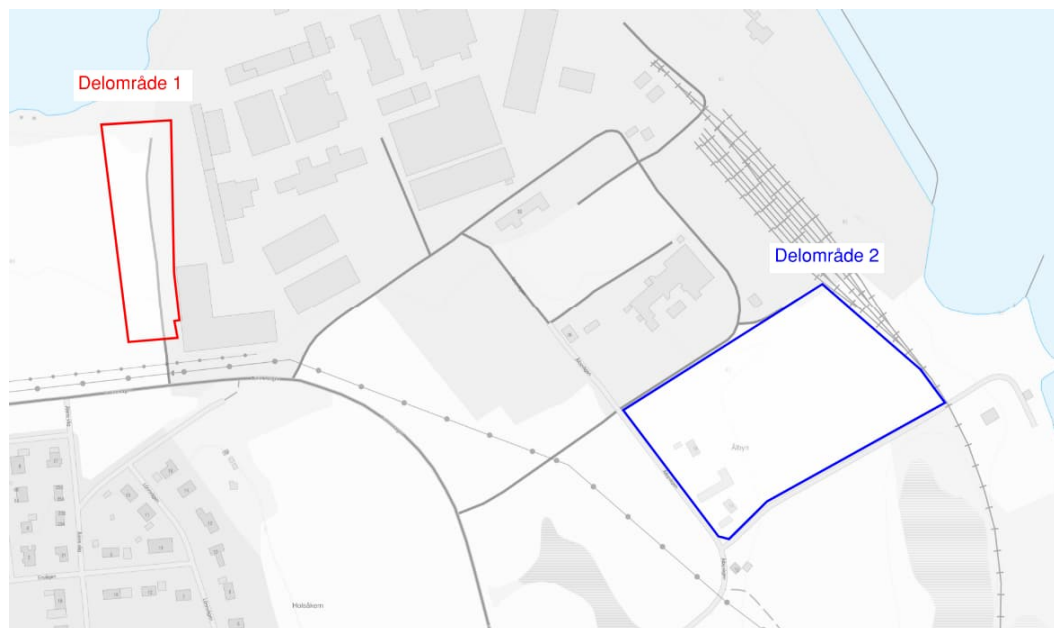
Utförda geotekniska undersökningar redovisas i sin helhet i separat Markteknisk Undersökningsrapport Geoteknik /MUR Geo, daterad 2022-11-17.

5 Befintliga förhållanden

Följande avsnitt beskriver de befintliga förhållandena i utredningsområdet.

5.1 Befintliga byggnader och anläggningar

I delområde 1 och 2 finns det befintliga ledningar, detta i form av VA-ledningar. Det finns befintliga byggnader i sydvästra delen av delområde 2. Befintliga byggnader redovisas i Figur 5.1.



Figur 5.1. Befintliga byggnader i utredningsområdet.

5.2 Ytbeskaffenhet

5.2.1 Delområde 1

Delområde 1 är beläget på åkermark samt bebyggd mark tillhörande den befintliga verksamheten. Området angränsar till sågverket i västlig riktning. Det löper en väg igenom hela området i nord-sydlig riktning. Vägen är en avfart från Timmervägen in mot sågverket.

5.2.2 Delområde 2

Inom delområde 2 utgörs marken av åkermark. Området ligger sydost om den befintliga verksamheten. Området avgränsas i nordost av järnväg, i övriga riktningar avgränsas området av Ålbyvägen.

5.3 Topografiska förhållanden

5.3.1 Delområde 1

Inom delområde 1 varierar marknivån i de geotekniska undersökningspunkterna mellan +171,5 och +166,2 (RH200). Marken sluttar i nordlig riktning ner mot Österdalälven, således finns områdets högsta punkt i den södra delen av området.

5.3.2 Delområde 2

Inom delområde 2 varierar marknivån i de geotekniska undersökningspunkterna mellan +172,0 och +165,9 (RH2000). Marken sluttar ner mot Österdalälven i östlig riktning. Områdets högsta punkt finns i den västra delen. En jordvall avgränsar området i områdets västra och norra delar och är ca 1-3 m hög.

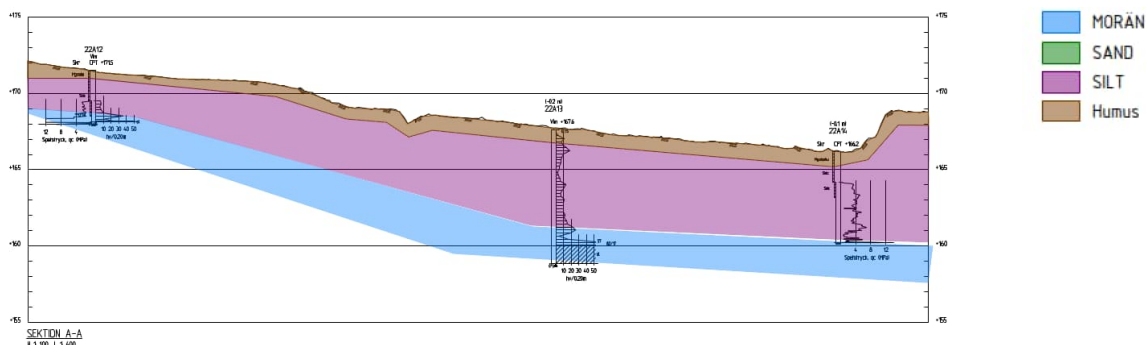
5.4 Geotekniska förhållanden, Jorddjup och Jordlagerföljd

För tolkning i delområde 1 och delområde 2 se schematisk tolkning av jordlagerföljden i figur Figur 5.2 och Figur 5.3.

5.4.1 Delområde 1

De geotekniska förhållanden som gäller i utredningsområdet bör anses som homogena. Lagerföljden i hela området är humus, silt och morän. Humusen kan vara av en sandig eller siltig karaktär och återfinns från markytan ner till 1 m under markytan. Silten återfinns under humusen ner till 3 meter under markytan i områdets södra del och 6 m under markytan i områdets norra del. Under silten bedöms det vara morän.

Silten bedöms som lös till mycket löst lagrad. Moränen är fast lagrad.



Figur 5.2 Tolkad jordlagerföljd sektion A-A.

5.4.2 Delområde 2

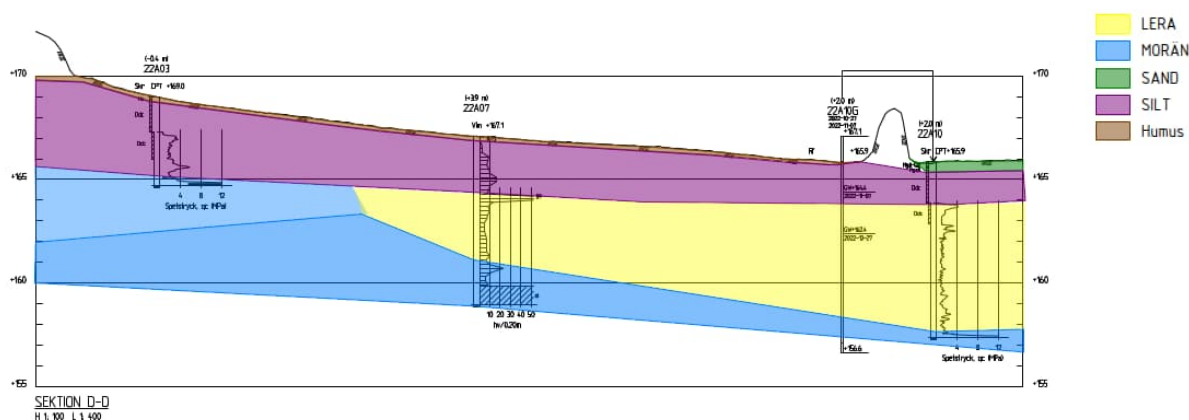
De geotekniska förhållandena inom delområde 2 är mer varierande än delområde 1. De lager som förekommer i området är humus, silt, siltig lera, lera, lerig silt och morän. I hela området finns det ett lager humus från markytan ner till ca 0,5 m under markytan undantaget närmast det befintliga industrispåret där det förekommer fyllning i form av sand och bärlager från markytan till 0,5 m under markytan.

I den södra och sydvästra delen av området är moränen närmast markytan, mellan 2 och 4 m under markytan. Mellan humusen och moränen är det primärt silt i den södra och sydvästra delen av området men det förekommer även siltig lera, lera och lerig silt.

I mitten, norra och nordöstra delen av området ligger moränen djupare, mellan 7 och 10 m under markytan. Mellan humusen och moränen är det primärt lera men det förekommer även lerig silt, silt och siltig lera. Leran och silten bedöms ha torrskorpekaraktär på samtliga provtagningsnivåer med en vattenkvot respektive konflytgräns på mellan ca 19-31% och 30-31%. Silten och lerans bedöms som dränerad eller delvis dränerad enligt utförda cpt-sonderingar.

Befintlig jordvall inom området består av fyllning av silt och/eller lera och är sannolikt ursprungligen från schaktarbeten i närområdet. Jordarterna i vallen kan variera.

Silten och leran bedöms som lös till mycket löst lagrad och är sättningsbenägen. Moränen är fast lagrad



Figur 5.3 Tolkad jordlagerföljd sektion D-D.

5.4.3 Materialtyp och tjälfarighetsklass

Utredningsarbetet omfattar två separat utvärderade områden. Jordarna bedöms primärt tillhöra tjälfarighetsklass 4 och materialtyp 5A.

5.4.4 Hydrogeologiska förhållanden

Mätning av installerade grundvattenrör visar på en grundvattenyta mellan 1,5 och 2,9 m under markytan i hela området. Grundvattenytan förväntas variera med årstiderna.

5.5 Materialparametrar

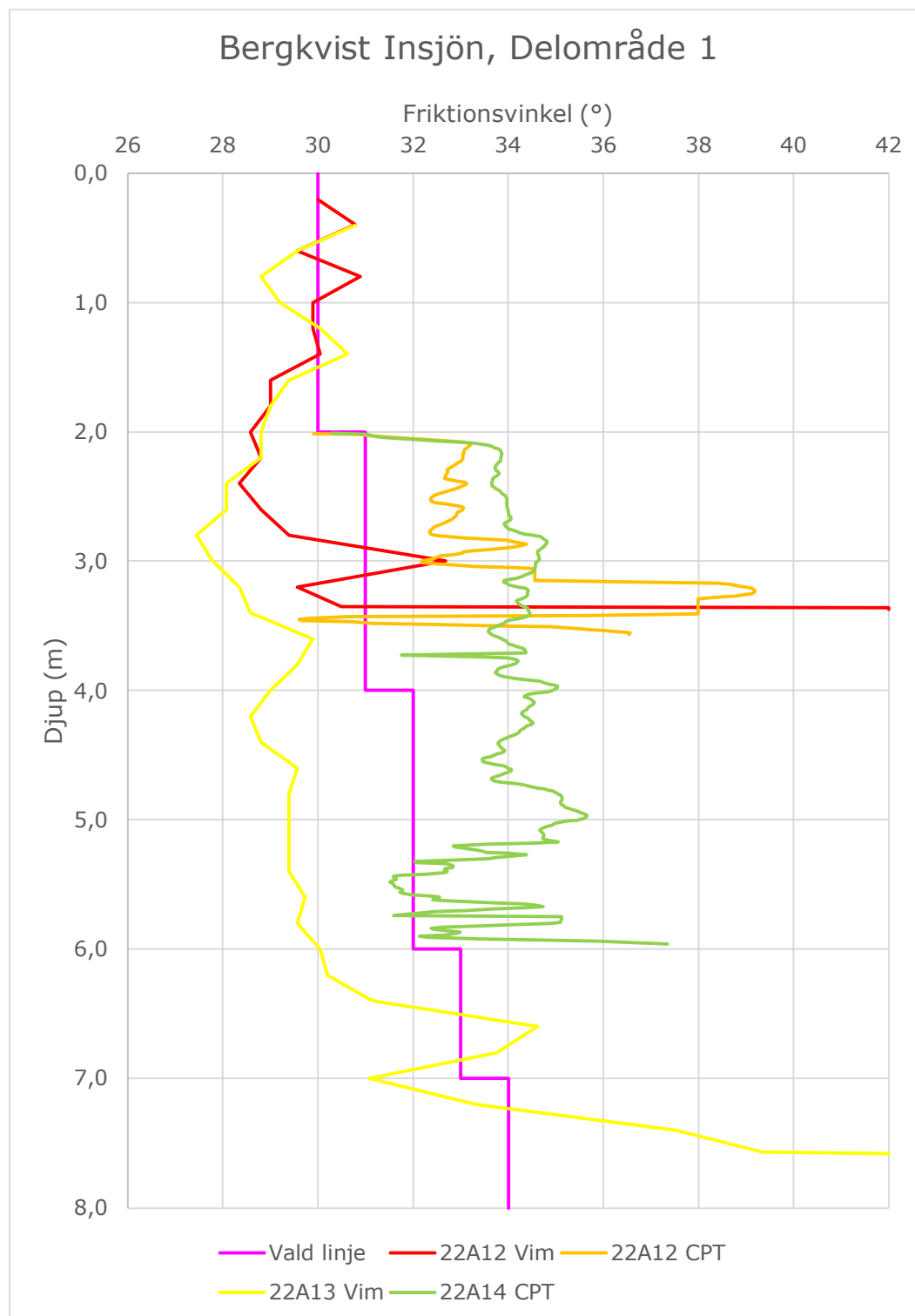
5.5.1 Geotekniska egenskaper delområde 1

I Tabell 5.1 visas de förekommande jordarterna i delområde 1 och dess geotekniska egenskaper.

Tabell 5.1. Förekommande jordarter och dess geotekniska egenskaper.

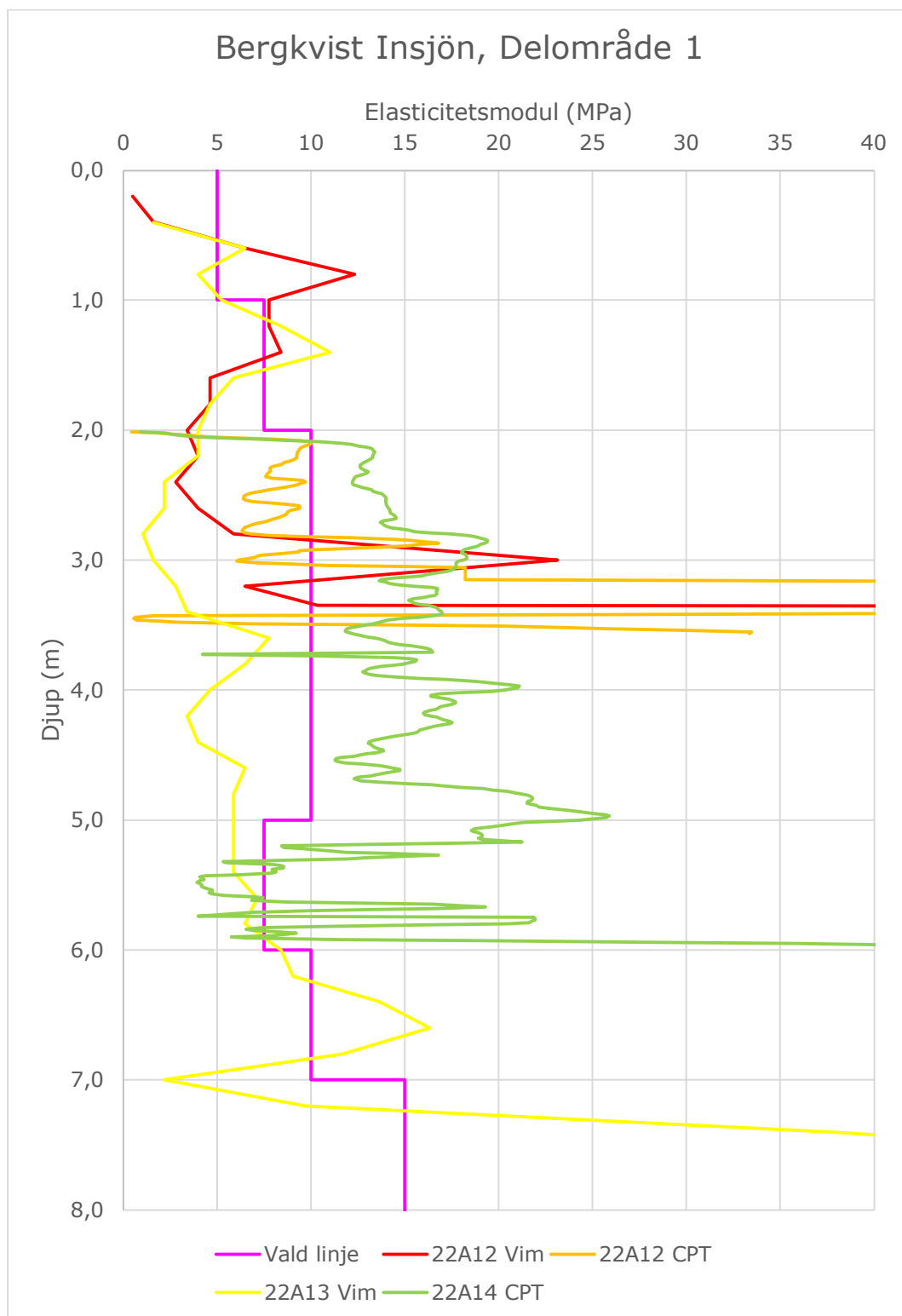
Jordart	Karakteristisk Friktionsvinkel, ϕ [°]	Karakteristisk E-modul [MPa]
Silt	31	10
Lerig silt	30	5-7,5
Morän	37	20

I Figur 5.4 redovisas härledda värden för jordens friktionsvinkel i delområde 1, som har begränsats till maximalt 45 grader. Samtliga parametrar har redovisats med avseende på djup under markytan.



Figur 5.4. Härledda värden för friktionsvinklar utifrån utförda vikt- och hejar-sonderingar i delområde 1, utvärderade i enlighet med TK Geo 13 kapitel 5.2.3.5 samt 5.2.3.8.

Härledda värden för jordens deformationsegenskaper (elasticitetsmodul) i delområde 1 redovisas Figur 5.5.



Figur 5.5. Utvärderade värden för jordens elasticitetsmodul utifrån utförda vikt- och hejar-sonderingar i delområde 1, utvärderade i enlighet med TK Geo 13 kapitel 5.2.3.5 samt 5.2.3.8.

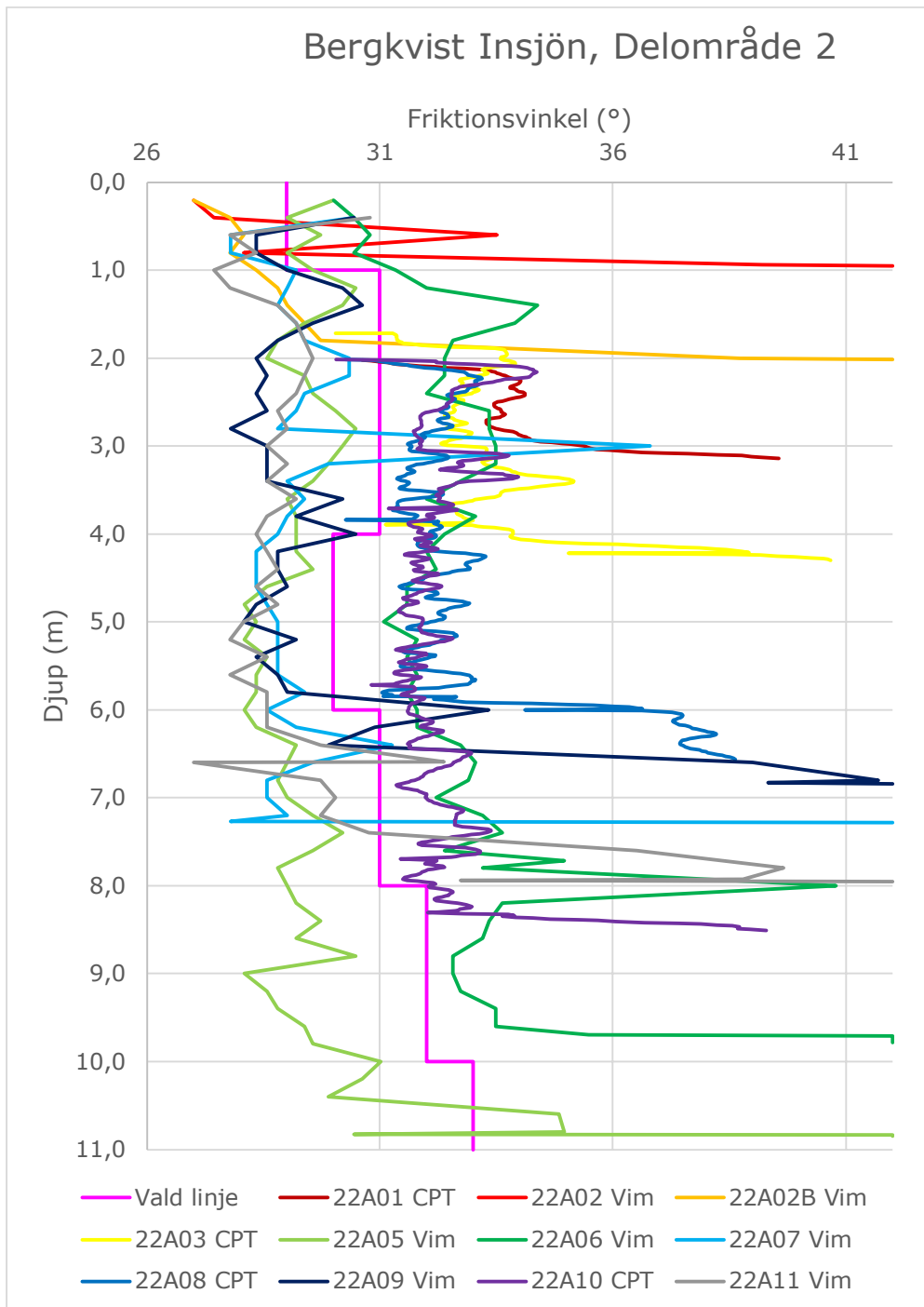
5.5.2 Geotekniska egenskaper delområde 2

I Tabell 5.2 visas de förekommande jordarterna i delområde 2 och dess geotekniska egenskaper.

Tabell 5.2. Förekommande jordarter och dess geotekniska egenskaper.

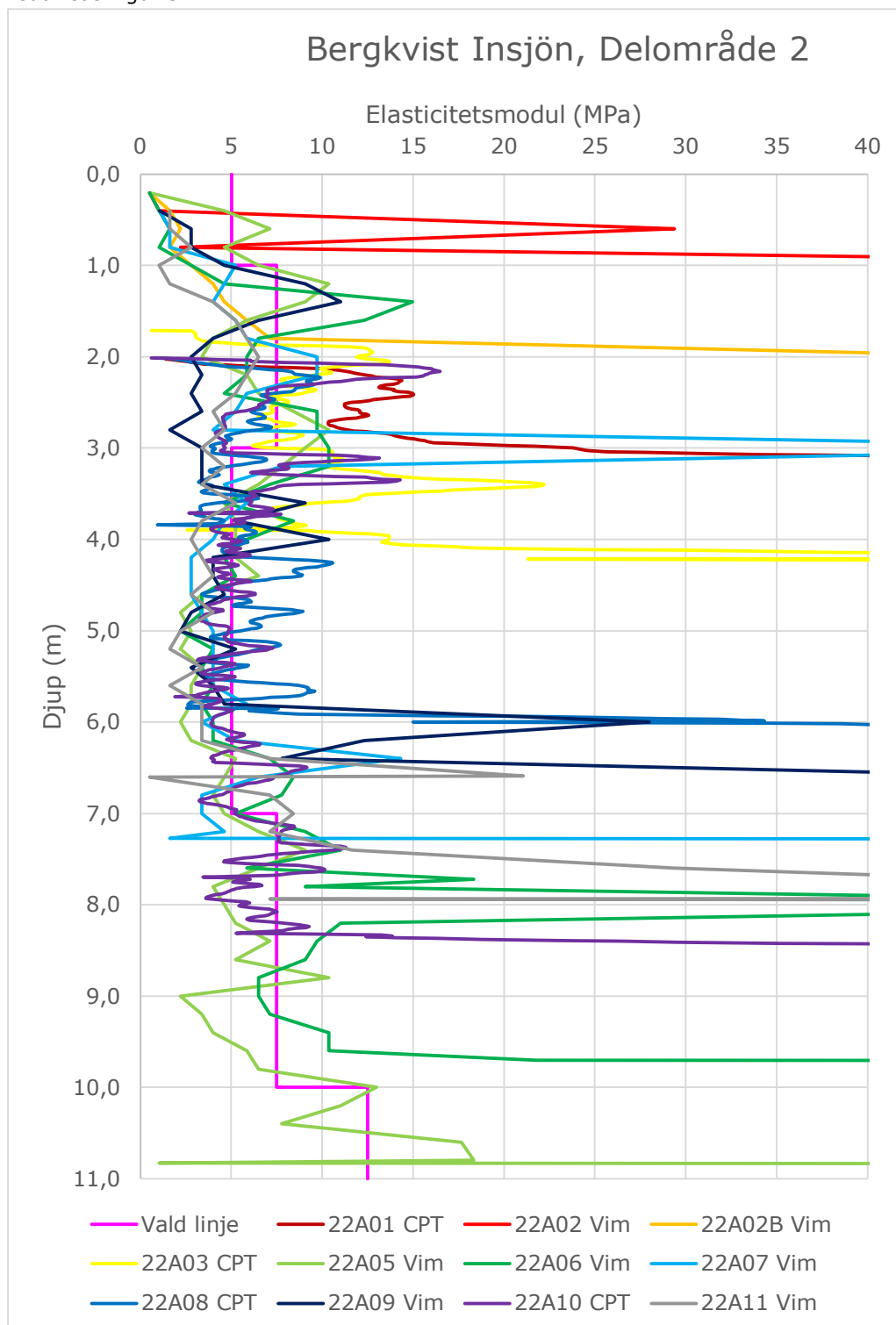
Jordart	Karaktäristisk friktionsvinkel, ϕ [°]	Karaktäristisk E-modul [MPa]
Siltig lera	30-31	7,5
Lerig silt	30-31	5-7,5
Silt	30-32	5-7,5
Lera	30-31	5-7,5
Morän	37	20

I Figur 5.6 redovisas härledda värden för jordens friktionsvinkel i delområde 2, som har begränsats till maximalt 45 grader. Samtliga parametrar har redovisats med avseende på djup under markytan.



Figur 5.6. Härledda värden för friktionsvinklar utifrån utförda vikt- och hejar-sonderingar i delområde 2, utvärderade i enlighet med TK Geo 13 kapitel 5.2.3.5 samt 5.2.3.8.

Härledda värden för jordens deformationsegenskaper (elasticitetsmodul) i delområde 2 redovisas Figur 5.7.



Figur 5.7. Utvärderade värden för jordens elasticitetsmodul utifrån utförda vikt- och hejarsonderingar i delområde 2, utvärderade i enlighet med TK Geo 13 kapitel 5.2.3.5 samt 5.2.3.8.

6 Stabilitetsberäkningar

Inom projektet har stabilitetsberäkningar utförts i programvaran GS Stability och beräkningsmodellen som använts är Beast 2003. Stabilitetsberäkningarna har utförts för sektion D-D som bedöms som den mest kritiska sett till terräng och de geotekniska förutsättningarna.

6.1 Geometri

Stabilitetsberäkningarna har utförts i D-D och geometrin har baserats på lasdata från gällande marknivåer.

6.2 Erforderlig säkerhetsfaktor

Stabilitetsberäkningar utförs med avseende på säkerhetsklass 2 (SK2) och geoteknisk kategori 2 (GK2). Då jorden enligt utförda Cpt-sonderingar uppträder som i huvudsak dränerat. Utvärderad odränerad skjuvhållfasthet från cpt-sonderingar visar även på höga skjuvhållfastheter (50 – 100 kPa) därför utförs enbart dränerad analys i detta skede som anses vara det mest kritiska fallet. Erforderlig säkerhetsfaktor, i säkerhetsklass 2, redovisas i Tabell 6.1.

Tabell 6.1: Lägsta godtagbara värde på säkerhetsfaktorn i enlighet med kapitel 2.4 i TK Geo 13.

Erforderlig säkerhetsfaktor	
Säkerhetsklass	Dränerad analys, F_{co}
2	1,30

6.3 Laster

I utförda stabilitetsberäkningar har en last modellerats. På järnvägsbanken har en last om 60 kPa applicerats över banken som antagits vara ca 1 m ovan markytan och utgörs av krossmaterial. För att simulera en byggnadslast har 40 kPa applicerats på slänten, vilket motsvarar en byggnad i ungefär 3-4 plan.

6.4 Geotekniska parametrar

Geotekniska parametrar för stabilitetsberäkningarna har valts i enlighet med ovan redovisning för delområde 2.

6.5 Beräkningsresultat stabilitetsberäkningar

Resultatet från de utförda stabilitetsberäkningarna redovisas i Tabell 6.2 och mer utförligt i Bilaga 1. Beräkningar uppfyller kraven för SK2.

Tabell 6.2: Resultat från stabilitetsberäkningar.

Scenario	F _{co}
Befintligt	16,4
40 kPa last på slänten	3,3
1 m järnvägsbank och 60 kPa tåglast	1,5-1,9

7 Sättningsberäkningar

7.1 Beräkningsresultat sättningsberäkningar

Resultat från sättningsberäkningar (karaktäristiska) redovisas i Tabell 7.1. Enbart elastiska sättningar har utförts, vilket skall bedömas som översiktliga. Lasten på 20 kPa motsvarar ca 1 m uppfyllnad av fyllning eller en byggnad i 1-2 plan. Då lera och silt förekommer i området kan sättningar pågå en viss tid efter påförd last.

Tabell 7.1: Resultat från sättningsberäkningar.

Ler/siltmäktighet	Sättning	
	Last 20 kPa	Last 40 kPa
2-4 m	Ca 1,5-2,0 cm	Ca 3,0-3,5 cm
5-10 m	Ca 2,5-3,0 cm	Ca 5,0-6,0 cm

8 Rekommendationer

8.1 Rekommenderade geotekniska åtgärder

Avsnittet beskriver generella geotekniska rekommendationer för exploatering i de aktuella områdena. Detta är underlag för detaljplan och omvärderingar kan behöva göras i nästa projekteringskede.

8.1.1 Generellt

Sett till områdets geotekniska förutsättningar och planerade användning bedöms området som byggbart. Utförda stabilitetsberäkningar visar att inga förstärkningar krävs med avseende på släntstabiliteten.

Jorden är relativt sättningsbenägen, särskilt i de nordöstra delarna av område 2, detta innebär att vissa grundförstärkningar kan krävas, se vidare i avsnitt 8.1.2.

De material som kan medföra bärighetsproblem är de ler/siltjordar som finns i områdena. Det organiska material som kan medföra bärighetsproblem ligger i endast i markytan. Bärighetsproblem kan uppkomma när jorden är vattenmättad tex efter kraftig nederbörd eller under tjällossningsperioder.

8.1.2.1 Område 1

8.1.2.2 Område 2

I de sydvästra delarna av område 2 är ler – och siltlagret mindre och grundläggning av byggnader kan ske ytligt utan förstärkning om vissa sättningar kan accepteras. Om sättningar inte kan accepteras krävs förstärkning med tex pålning eller utskiftning till fast morän.

Då jordlagrens mäktighet varierar kan ojämna sättningar uppkomma, särskilt i gränsen mellan områdena i Figur 8.1.

Figur 8.1 Skiss planområde med ler/siltmäkriheter. Röd linje ungefärlig gräns mellan områdena.

8.1.3 Schaktning

Grunda schakter bör utföras med en släntlutning på 1:2. Vid schakt som planeras under grundvattenytan rekommenderas det att grundvattenytan avsänks till 0,5 meter under planerad schaktbotten. Den omgivningspåverkan en eventuell grundvattensänkning medför behöver utredas för att inte riskera att intilliggande anläggningar påverkas. Eventuella djupa schakter intill befintliga fyllnadsvallar bör föregås av en stabilitetsutredning för att bedöma tillfälliga schaktslänTERS lutning och eventuella behov av förstärkningar såsom schaktsläde eller spont.

Befintliga jordar har stort siltinnehåll, vilket medför att jorden är erosionsbenägen och störningskänslig vid vattenmättat tillstånd.

För att vidare bedöma förväntade schakt- och fyllmängder mängder krävs att planerade anläggningar och konstruktioner fastställs och en massbalansberäkning utifrån planerad höjdsättningsplan utförs.

8.1.4 Masshantering

Om det material som finns östra delen av delområde 2 ska schaktas bör möjligheten att återanvända sanden och bärlagret tas i beaktning. Övrig återanvändning av material anses som begränsad.

Om utskiftning blir aktuellt vid större konstruktion ska det i första hand utföras ner till fasta jordlager.

8.1.5 Överbyggnader

8.1.5.1 Hårdgjorda ytor

Dimensionering av hårdgjorda ytor skall utföras för terrassyta bestående av materialtyp 5A och tjälfarlighetsklass 4. För att undvika sprickbildning i asfalten bör tidig utläggning av hårdgjorda ytor utföras. Asfaltering utförs lämpligen i slutet av byggskedet.

8.1.6 Järnväg

Överslagsberäkningar för ca 1 m ny järnvägsbank med tåglast visar att stabilitetskraven är uppfylla. Vissa sättningar kan förväntas uppkomma till följd av den nya järnvägsbanken. För att undvika differenssättningar mellan nya spåren och befintliga spår kan tidig utläggning utföras innan arbeten spår och andra anläggningar för järnvägen utförs.

Jorden är tjälfarlig (tjälfarlighetsklass 4 och materialtyp 5A) så ny järnväg skall utföras på tjälsäkert vis. Utspetsning av tjälisolerande åtgärder utförs för att inte skapa skarpa differenser mellan befintlig järnväg och de nya spåren.

En omvärdering av rekommendationerna bör utföras i nästa projekteringsskede för att bedöma eventuella behov av andra förstärkningar eller kompletterande undersökningar.

8.1.6.1 Påverkan befintlig järnvägsanläggning under byggskedet

Inga djupa schakter eller långvariga grundvattensänkningar förväntas för närvarande i området intill det befintliga järnvägsspåret. Stabiliteten och effekterna av tillfälliga grundvattensänkningar för arbeten under byggskedet nära det befintliga spåret måste dock kontrolleras i nästa skede. Detta är nödvändigt för att fastställa rekommenderad släntlutningen på schakter eller om temporära stödstrukturer krävs.

Vid grundvattensänkningar kan sättningar uppkomma som påverkar spårområdet. Men då marken utgörs av tät jord (silt/lera) förväntas storleken på avsänkingsområdet som påverkas av grundvattensänkning vara liten. Risken för sättningar är således som störst vid djupa schakter under grundvattenytan, som medför grundvattensänkningar, i järnvägens direkta närhet. Schakter på större avstånd från järnvägen bedöms inte ha någon inverkan på spårområdet. Det är däremot viktigt att bedöma omfattningen på eventuell tillfällig grundvattensänkning i kommande skeden när planerade schaktnivåer finns framme.

För att undvika risker kopplat till grundvattensänkningars effekter på järnvägen bör djupa schakter med långvariga grundvattensänkningar undvikas intill befintlig järnväg.

9 Fortsatta utredningar

Då projektet är i ett tidigt skede bör omvärdering av geotekniska rekommendationer utföras i nästa projekteringskede när laster, höjdsättning, läge på byggnader, ev ledningsdragningar osv är fastställda. Detta kan innefatta följande arbeten:

- Behov av kompletterande geotekniska undersökningar när spårplacering, byggnaders läge och ledningsstråk är fastställda
- Kompletterande geotekniska beräkningar för bedömning av stabilitet, sättningar och bärighet
- Radonundersökning i läge för planerade byggnader
- Fortsatta mätningar av installerade grundvattenrör
- Kontroll åtgärder av tillfälliga arbeten under byggtiden intill befintligt spår för att inte påverka befintlig anläggning, se vidare i avsnitt 8.1.6.1.

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Cl/Side 1	17.00	7.00	31.0	0.0				
Cl/Side 2	17.00	7.00	30.0	0.0				
Mn	20.00	12.00	37.0	0.0				

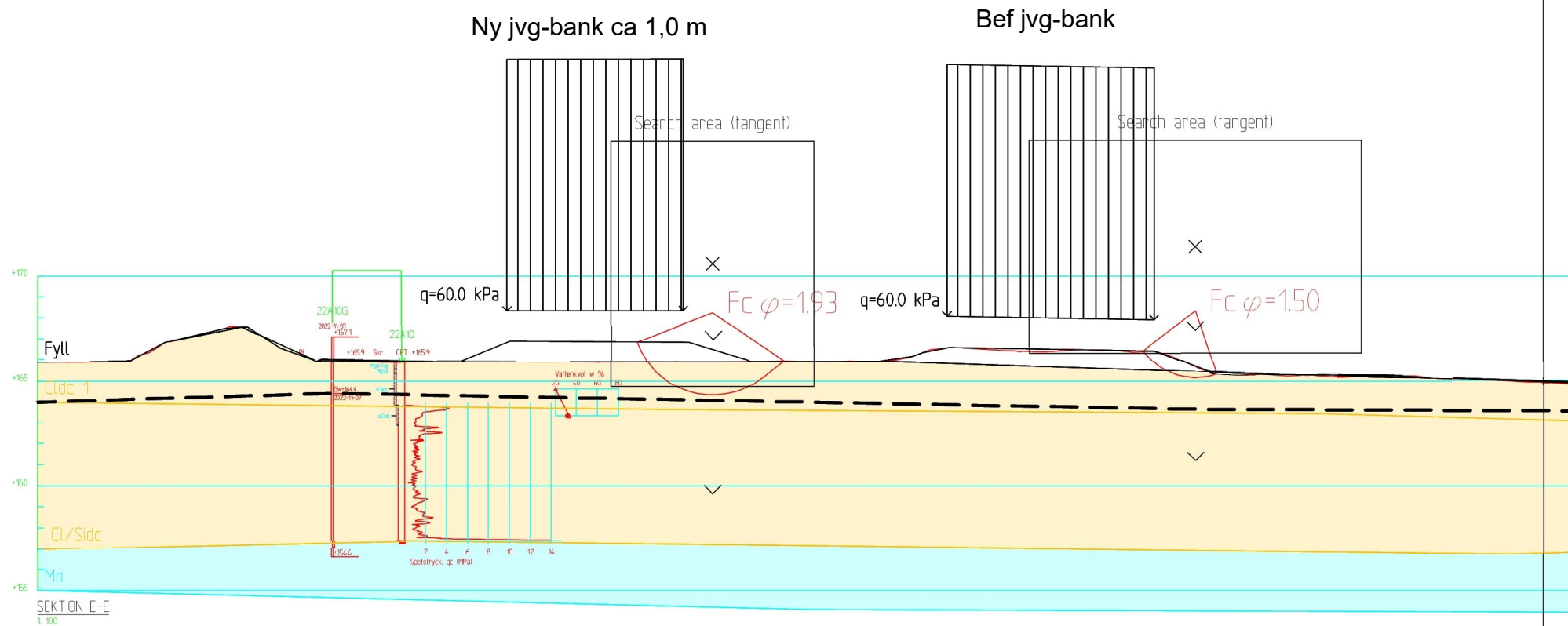
Search area (tangent)

Fr $\varphi=16.39$

Search area (tangent)

Fr $\varphi=16.1$

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fyll	20.00	12.00	45.0	0.0				
Clde 1	17.00	7.00	31.0	0.0				
Cl/Side	17.00	7.00	30.0	0.0				
Mn	20.00	12.00	37.0	0.0				



Bergkvist Insjön

2022-11-16