

BALDER PROJEKTUTVECKLING AB/ALE KOMMUN
Ale Torg, Nödinge
Detaljplan
Teknisk PM Geoteknik
GEOTEKNIK

Göteborg 2021-12-17

NollTre Konsult AB

Projektbenämning: Ale Torg
Uppdragsansvarig: Johan Boström
Uppdragsnummer: 6011-1801
Dokumentbeteckning: PM-002
Reviderad: 2021-12-17

NOLLTRE KONSULT AB

Nordostpassagen 58
413 11 Göteborg
Org. Nr 559119-6448

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sida

1	ORIENTERING	4
2	UNDERLAG.....	5
3	GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR	5
4	TOPOGRAFI OCH MARKFÖRHÅLLANDEN.....	6
4.1	Planområde och befintlig verksamhet	6
4.2	Topografi och ytbeskaffenhet.....	7
4.3	Befintliga konstruktioner	7
5	GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN	8
5.1	Jordlagerföljd och geotekniska egenskaper	8
5.2	Geohydrologiska förhållanden.....	9
5.3	Erosion	9
6	STABILITETSFÖRHÅLLANDEN	10
6.1	Säkerhetsrekommendationer	11
6.2	Beräkningsförutsättningar	12
6.2.1	Geometri och lagergränser.....	12
6.2.2	Materialparametrar	12
6.2.3	Grundvatten, portryck och vattennivå.....	13
6.2.4	Marklaster	13
6.3	Beräkningsresultat befintliga förhållanden	13
6.4	Beräkningsresultat ökad markbelastning	14
6.5	Bakåtgripande skred/ erosion.....	14
7	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	17

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

SAMMANSTÄLLNING JORDEGENSKAPER.....	5.1
Sammanställning av jordens densitet	5.1-1
Sammanställning av jordens vattenkvot	5.1-2
Sammanställning av jordens konflytgräns.....	5.1-3
Sammanställning av jordens sensitivitetkvot.....	5.1-4
Sammanställning av jordens effektivspänningar	5.1-5
Sammanställning av lerans korrigerade skjuvhållfasthet.....	5.1-6
STABILITETSBERÄKNINGAR BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN	6.3
Sektion A, odränerad analys	6.3-1
Sektion A, kombinerad analys.....	6.3-2
Sektion A2, odränerad analys	6.3-3
Sektion A2, kombinerad analys.....	6.3-4
Sektion B, odränerad analys	6.3-5
Sektion B, kombinerad analys.....	6.3-6
Sektion B, kombinerad analys känslighetsanalys portryck.....	6.3-7
Sektion B2, odränerad analys	6.3-8
Sektion B2, kombinerad analys.....	6.3-9
Sektion B, odränerad analys, 3D-effekter.....	6.3-10
STABILITETSBERÄKNINGAR ÖKAD MARKBELASTNING	6.4
Sektion A, odränerad analys	6.4-1
Sektion A, kombinerad analys.....	6.4-2
Sektion A2, odränerad analys	6.4-3
Sektion A2, kombinerad analys.....	6.4-4
STABILITETSBERÄKNINGAR KÄNSLIGHET EROSION	6.5
Sektion A2, odränerad analys	6.4-1
Sektion A2, kombinerad analys.....	6.4-2

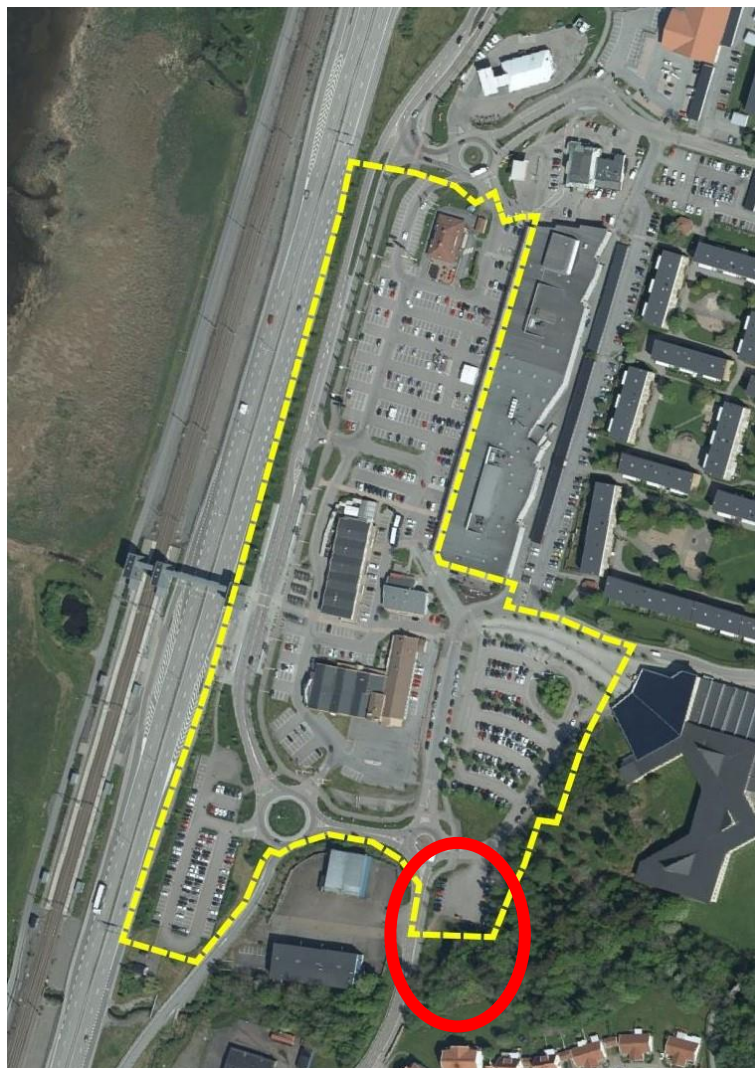
Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

1 ORIENTERING

I samband med framtagande av detaljplan vid Ale Torg har Noll Tre konsult AB upprättat en geoteknisk utredning som kommer att utgöra ett underlag i detaljplanearbetet. Området är beläget i centrala Nödinge i Ale kommun.

Under samrådsskedet för detaljplan i Nödinge centrum (Ale Torg) utfördes en geoteknisk utredning där tidigare utförda geotekniska undersökningar i området inventerades. I utredningen identifierades ett område i sydöstra delen av planområdet med tveksamma stabilitetsförhållanden. Föreliggande utredning och undersökning syftar till att klargöra stabilitetsförhållandena inför att detaljplan antas och utredningen behandlar endast området i sydöstra delen.

Föreliggande handling utgör en dokumentation över den geotekniska utredning och projektering som utförts. Vidare lämnas även rekommendationer för detaljplanearbetet.



Figur 1-1 Planområdets utbredning, röd markering visar utredningsområde för föreliggande utredning

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

2 UNDERLAG

Följande handlingar har utgjort underlag vid upprättade av föreliggande rapport:

- "Primärkarta " tillhandahållen av Ale kommun 2018-11-06
- "Digital laserscanning avseende marknivåer " tillhandahållen av Ale kommun 2018-11-06
- "Terrängmodell Göta älv " tillhandahållen av SGI 2018-12-10
- SGI:s skredriskartering för Göta älvdalen – GÄU 2009-2011.
[http://www.swedgeo.se/sv/samhallsplanering--sakerhet/skredriskutredningar/gota-
alv/](http://www.swedgeo.se/sv/samhallsplanering--sakerhet/skredriskutredningar/gota-
alv/)
- "Ale, Hålldammsbäcken och Lodingebäcken, PM geoteknik avseende erosion och stabilitet" upprättad av Norconsult, daterad 2016-09-05
- "Detaljplan för Nödinge centrum, Etapp 1 inom Nödinge 38:2 m fl, Samrådshandling upprättad av Ale kommun/Ramboll, daterad 2020-06-04

3 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

Inom området har en rad olika geotekniska undersökningar och utredningar utförts för olika projekt och vid olika tidpunkter. Relevanta undersökningar i samrådsskedet har sammanställts i en Markteknisk undersökningsrapport.

- "Ale Torg, Markteknisk undersökningsrapport, MUR" upprättad av NollTre Konsult AB med uppdragsnummer 6011-1801, daterad 2018-12-14.

Undersökningar utförda inom ramen för föreliggande utredning har sammanställts i en separat handling benämnd:

- "Ale Torg – Nödinge centrum, Markteknisk undersökningsrapport, MUR" upprättad av NollTre Konsult AB med uppdragsnummer 6011-1801, daterad 2021-01-31.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

4.2 Topografi och ytbeskaffenhet

Planområdet är huvudsakligen flackt och sluttar svagt åt väster med marknivåer som varierar mellan +1,5 till +5,5. I öster finns en höjdrygg med berg-i-dagen där markytan reser sig till nivån ca +13,8. Bergslänten ligger i lutning ca 1:6 till 1:8 åt väster och ca 1:4 till 1:5 åt söder.

Söderut avgränsas området av Hålldammsbäcken vars fåra varierar mellan ca +2 och + 1.

4.3 Befintliga konstruktioner

I sydvästra delen av det studerade området finns en äldre bro vid Nödingevägen. Eventuella förstärkningar i anslutning mot bron är okända.



Figur 4.3-1, -2 Äldre bro vid Nödingevägen och Hålldammsbäcken strax vid det studerade området

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

5 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

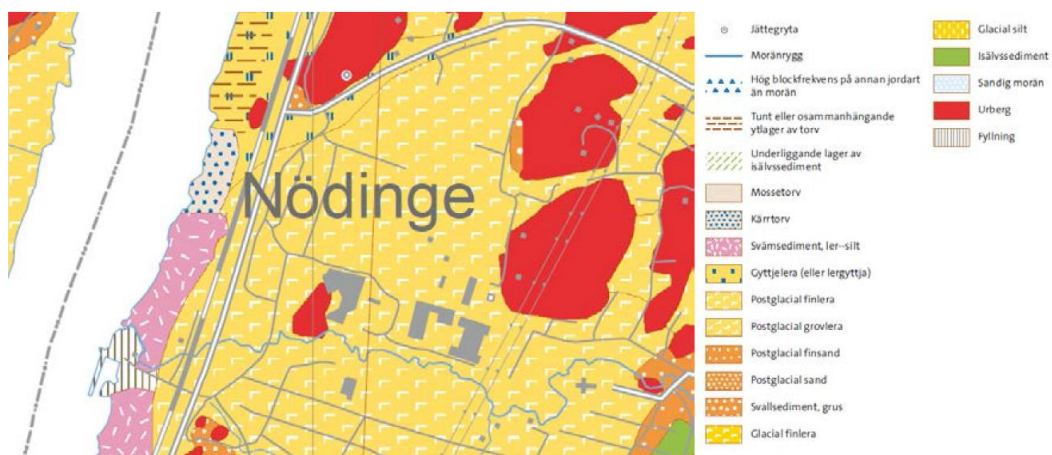
5.1 Jordlagerföljd och geotekniska egenskaper

För utförligare redovisning av jordlagerföljd hänvisas till geotekniska ritningar i MUR.

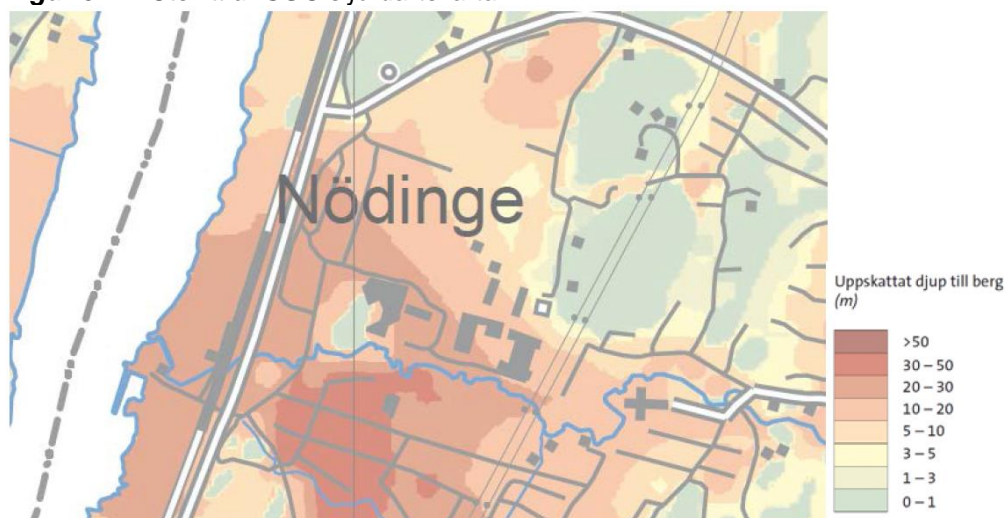
Jordlagerföljden i området består generellt av ett lager mulljord ovan ett lager siltig sand /sandig silt ovan ett lager lera följt av en friktionsjord som vilar på berg.

Mulljordens tjocklek varierar enligt utförda undersökningar mellan 0,1 och 0,6 m.

Lerlagrets tjocklek varierar stort inom området från ca 1 m i östra delen av området i anslutning mot berg-i-dagen partiet till ca 9 m i västra delen vid anslutning mot Nödingevägen. Friktionsjordens överkant ligger generellt på nivån -4 à -6 mellan bergspartiet och Nödingevägen. Leran har en mycket låg skjuvhållfasthet och kategoriseras som högplastisk. Leran är i huvudsak låg- till mellansensitiv med sensitivetskvoter som varierar mellan 3 och 28. Sammanställning av lerans geotekniska parametrar och valda värden redovisas i 5.1-1 till bilaga 5.1-6.



Figur 5.1-1 Utsnitt ur SGU:s jordartskarta



Figur 5.2-2 Utsnitt ur SGU:s jorddjupskarta

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

5.2 Geohydrologiska förhållanden

Mätningar av fria stabiliserade vattenytor i provtagningshål visar på en grundvattenyta som ligger 0,5-1,5 m under markytan. Portrycksmätningar har utförts i tidigare utredningar både i centrala delen av området samt i sydöstra delen vid Hålldammsbäcken. Mätningarna visar en trycknivå mot djupet som ligger ungefär i nivå med befintlig markyta.

I samband med den geotekniska undersökningen installerades ett grundvattenrör i nedre delen av slänten. Mätningar i detta visar också det ett grundvattentryck i den underliggande friktionsjorden som ligger i nivå med markytan.

5.3 Erosion

Erosionen i Hålldammsbäcken har tidigare utretts av Norconsult under 2016. Utredningen visar på en tydlig erosionsaktivitet i Hålldammsbäcken med lutande träd, bortspolade erosionskydd och skredärr. Erosionsaktiviteten är betydande strax öster och väster om Nödingevägen enligt utredningen. Vid avfartsrampen för E45 in till planområdet finns fungerande och intakta erosionskydd.



Figur 5.3-1, -2 Utsnitt ur Norconsults utredning om erosion i Hålldammsbäcken

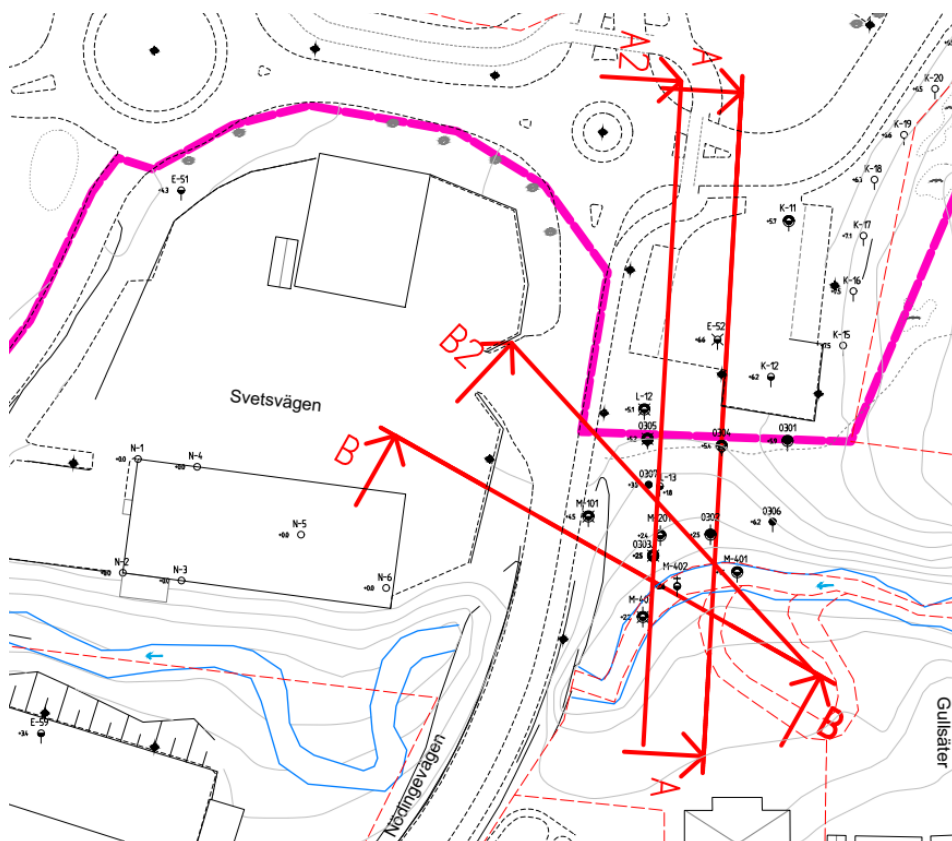
Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

6 STABILITETSFÖRHÅLLANDEN

Tidigare utförd utredning visar att stabiliteten för planområdet kan klassas som tillfredställande stabilt, undantaget området längst i sydöst vilket behandlas i föreliggande utredning.

I samband med byggnation av gymnasieskolan direkt öster om området utfördes en omgrävning av Hålldammsbäcken vid sektion A och B på grund av dåliga stabilitetsförhållanden. Fåran hade då meandrat in åt norr och ny bäckfåra grävdes om i ett sydligare läge. Bygghandlingen för omgrävningen är daterad 1993 och återfyllnadsmassorna kravställdes att ha en minsta densitet på $1,5t/m^3$. De nu utförda geotekniska undersökningarna visar att återfyllnadsmassorna utgörs huvudsakligen av sand. Bäckfåran bedöms utifrån tillgängliga ritningar och okulärbesiktning inte ha meandrat sedan omgrävningen.

Stabiliteten har kontrollerats i fyra beräkningssektioner enligt figur 6-1 nedan.



Figur 6-1 Beräkningssektioners lägen i plan.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

6.1 Säkerhetsrekommendationer

Stabilitetsutredningen har utförts i enlighet med IEG:s Rapport 4:2010 där erforderlig säkerhetsnivå gäller för detaljerad utredningsnivå och vid markanvändningen planläggning. Fältundersökningen och stabilitetsanalysen ligger på gränsen till att uppfylla fördjupad utredningsnivå.

I Rapport 4:2010 anges rekommenderade säkerhetsfaktorer som ett spann för odränerad respektive kombinerad analys och är beroende av utredningsnivå samt markanvändning. Vid val av erforderlig säkerhetsfaktor inom rekommenderat spann bedöms de aktuella förutsättningarna med hänsyn till gynnsamma och ogynnsamma förhållanden. I tabell 6.1-1 listas gynnsamma och ogynnsamma förhållanden inom utredningsområdet. Då fältundersökningen och beräkningarnas omfattning ligger i paritet med en fördjupad utredning bör säkerhetsfaktorer i nedre delen av spannet att väljas.

Tabell 6.3-1 Gynnsamma och ogynnsamma förhållanden inom utredningsområdet

Förutsättning	Gynnsam	Ogynnsam
Konsekvens av skred	Begränsad utbredning av skred Kohesionsjorden i området är mellansensitiv Ej kvicklera	Risk för människoliv och ekonomisk skada Risk för bakåt- och framåtgripande skred
Släntens beständighet	Erosionsskydd finns vid broar i sydvästra delen av området Inga tecken på rörelser i slänten	Risk för yterosion där erosionsskydd saknas
Tidigare förändringar i slänten	Utförda stabilitetshöjande åtgärder (omgrävning och tryckbank utlagd)	Pågående erosion där erosionsskydd saknas
Jordens egenskaper	Låg sensitivitet Liten spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper Homogen jord	Kohesionsjord
Analys- och beräkningsarbetets tillförlitlighet	Känslighetsanalys utförd på portryck i kritisk sektion Samtidigt valda ogynnsammaste extremvärden för last portryck och vattenstånd. Ringa sannolikhet för vald kombination inträffar samtidigt. Stort antal beräknade glidytor i förhållande till områdets storlek	Kritiska glidytor omfattar mindre jordvolymmer med ett fåtal hållfasthetsbestämningar Tredimensionell analys (på en av beräkningssektionerna)

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

Förutsättning	Gynnsam	Ogynnsam
Fält- och laboratorieundersökningar	Tätt undersökt i förhållande till områdets storlek, undersökningarna ger bra geotekniskt underlag av hela utredningsområdet CPT-sonderingar utförda Stort antal undersökta prover på laboratorium In situ-provning är utförd med vingförsök	Direkta skjuvförsök saknas Triaxialförsök saknas
Släntens geometri	Laserscannat område Kontrollavvägningar visar liten differens mellan avvägning och laserscanning.	
Grundvatten- och portrycksförhållanden	Begränsade förväntade tryckvariationer Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena utförd	
Ytvattenförhållanden	Karakteristiska vattenstånd är kända (torrlagd åfåra)	

Utifrån ovan listade förutsättningar rekommenderas följande säkerhetsnivåer.

Tabell 6.3-2 Vald säkerhetsnivå för respektive markanvändningsområde

Markanvändning	Erforderlig säkerhet mot stabilitetsbrott		
	F_c	F_{komb}	F_ϕ
Planläggning	1,52	1,41	1,31

6.2 Beräkningsförutsättningar

6.2.1 Geometri och lagergränser

Släntgeometri har genererats från digital terrängmodell baserat på laserscanning. Kontrollavvägningar i berörda slänter visar på små differenser mellan höjdmodellen och avvägningarna (mellan 0,1 och 0,3 m).

Jordlagerföljd, lagertjocklekar och egenskaper har utvärderats från de geotekniska undersökningarna.

6.2.2 Materialparametrar

Materialegenskaper har utvärderats utifrån utförda geotekniska fält- och laboratorieundersökningar. För kohesionsjord har odränerad skjuvhållfasthet (c_u) och densitet (ρ) utvärderats direkt från sammanställning av härledda värden. Den dränerade skjuvhållfastheten för kohesionsjord har beskrivits enligt praxis (Skredkommissionens riktlinjer) med hjälp av en inre friktionsvinkel $\phi'_k = 30^\circ$, samt ett kohesionsintercept som är

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

10 % av den utvärderade odränerade skjuvhållfastheten ($c'_k = 0,1 \cdot c_{uk}$). För friktions- och mellanjord har materialegenskaperna (hållfasthet och densitet) valts från tabellvärden (TK Geo).

6.2.3 Grundvatten, portryck och vattennivå

I stabilitetsberäkningarna har en hydrostatisk trycknivå antagits utifrån en grundvattenyta belägen 0 till 1 m under markytan. Håldammsbäcken har i beräkningarna ansatts till att vara torrlagd.

I sektion B har en känslighetsanalys utförts på lerans portryck. I känslighetsanalysen har trycknivå motsvarande +4 antagits genom hela jordprofilen vilket ger en portrycksökning på 13,3 kPa/ vid bäckfåran. Grund- och portrycksmätningar i området visar en fri grundvattenyta som ligger nivå med markytan och ovanstående portryck bedöms vara osannolikt högt.

6.2.4 Marklaster

Marklaster har ansatts där de verkar ogynnsamt. Trafiklast härledd till fordonstrafik har placerats över hela vägbanans bredd och tillskrivits 13 kN/m² för långa glidytor (>10 m) och 20 kN/m² för korta glidytor (<10 m). Enligt TK Geo 13 version 2 skall trafiklasten vara 20 kN/m² för samtliga glidytor. Kravet infördes i samband med införande av ny bärighetsklass BK 4 där 74 tons fordonståg tillåts på en del av vägnätet. I tidigare styrande dokument från Trafikverket (TK Geo 13 ver 1, TK Geo 11 och TK Geo 09) rekommenderades olika trafiklaster för korta respektive korta glidytor med i samma storlek som valts ovan (20/13 kN/m²). Nödingevägen är i dag klassad som en BK1 väg och passerar över en äldre stålårsbro, med största sannolikhet krävs åtgärder på bron för att kunna klassa om vägen till högre bärighetsklass. Bron (och stabiliteten kring denna) är troligtvis dimensionerad för lägre trafiklast än vad som anges i TK Geo 13 version 2 varför trafiklast enligt ovan valts i föreliggande utredning.

Last från gång- och cykeltrafik har tillskrivits 5 kN/m² (oavsett glidyttans storlek).

Variabla laster har enbart beaktats i odränerad analys (kortidsförhållanden).

6.3 Beräkningsresultat befintliga förhållanden

Resultat från utförda stabilitetsberäkningar avseende befintliga förhållanden redovisas i tabellen nedan. I sektion B har en lägre säkerhetsfaktor beräknats i tvådimensionell-analys än vad som anses vara erforderlig säkerhetsnivå. Vid beaktande av tredimensionella effekter uppnås så när erforderlig säkerhetsnivå, se bilaga 6.3-10. Det bör även poängteras att potentiellt farliga glidytor ligger utanför planområdet. Nödingevägen och tillhörande bro ägs och förvaltas av Trafikverket och dimensioneras normalt efter regelverket TK Geo. Enligt detta dimensioneras slänter normalt SK2 och de flesta byggnadsverk i SK3 där erforderlig säkerhetsfaktor i odränerad analys ska överstiga 1,5 respektive 1,65. Ett eventuellt skred bedöms inte påverka planområdet vare sig direkt eller indirekt, se vidare kapitel 6.5.

I sektion B har en känslighetsanalys avseende lerans portryck utförts. Trycknivån i den underliggande friktionsjorden har ansatts till trycknivån +4. Känslighetsanalysen visar att säkerhetsfaktorn endast minskar marginellt.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

Tabell 6.3-1 Resultat från utförda stabilitetsberäkningar avseende befintliga förhållanden

Sektion	Lägsta beräknade säkerhetsfaktor F		Bilaga/Figur
	F _C	F _{KOMB}	
A	2,23	2,23	6.3-1, 6.3-2
A2	1,76	1,70	6.3-3, 6.3-4,
B	1,36/1,50 ¹⁾	1,56/1,5 ²⁾	6.3-5, 6.3-6, 6.3-7 ²⁾ , 6.3-10 ¹⁾
B2	2,04	2,10	6.3-8, 6.3-9,

1) Vid tredimensionell-analys

2) Beräknad säkerhetsfaktor vid känslighetsanalys av portrycket i leran.

6.4 Beräkningsresultat ökad markbelastning

Beräkningssektionerna har kontrollerats mot en ökad markbelastning inom planområdet för att utreda vilken last som kan belasta slänkrön innan säkerhetsfaktorn blir för låg. Inledningsvis kontrollerades 40 kPa last (vilket gäller inom hela det övriga planområdet) men denna var tvungen att sänkas till 13 respektive 30 kPa belastning. Sektion B och sektion B2 ligger utanför planområdet varför en lastökning inte har studerats i sektionerna. Markbelastningen har ansatts i både odränerad och kombinerad analys då denna kan utgöras av såväl permanent som tillfällig last.

Tabell 6.4-1 Resultat från utförda stabilitetsberäkningar avseende befintliga förhållanden

Sektion, belastning	Lägsta beräknade säkerhetsfaktor F		Bilaga/Figur
	F _C	F _{KOMB}	
A, 13 kPa 20 m närmast slänkrön därefter 30 kPa	2,23	2,23	6.3-1, 6.3-2
A2, 13 kPa 20 m närmast slänkrön därefter 30 kPa	1,59	1,49	6.3-3, 6.3-4

Stabilitetsberäkningarna visar att ytterligare last kan appliceras inom planområdet utan risk för skred föreligger, förutsatt att ingen erosion sker i närliggande vattendrag. Lasten bör begränsas till 13 kPa (motsvarande normal trafik alternativt ca 0,6 m fyllning) från planområdets gräns och ytterligare 20 m. Därefter bör lasten begränsas till 30 kPa (motsvarande 1,5 m fyllning) fram till och med 60 m från planområdets gräns. Av sättningskäl bör dock uppfyllnader minimeras då leran är mycket sättningskänslig.

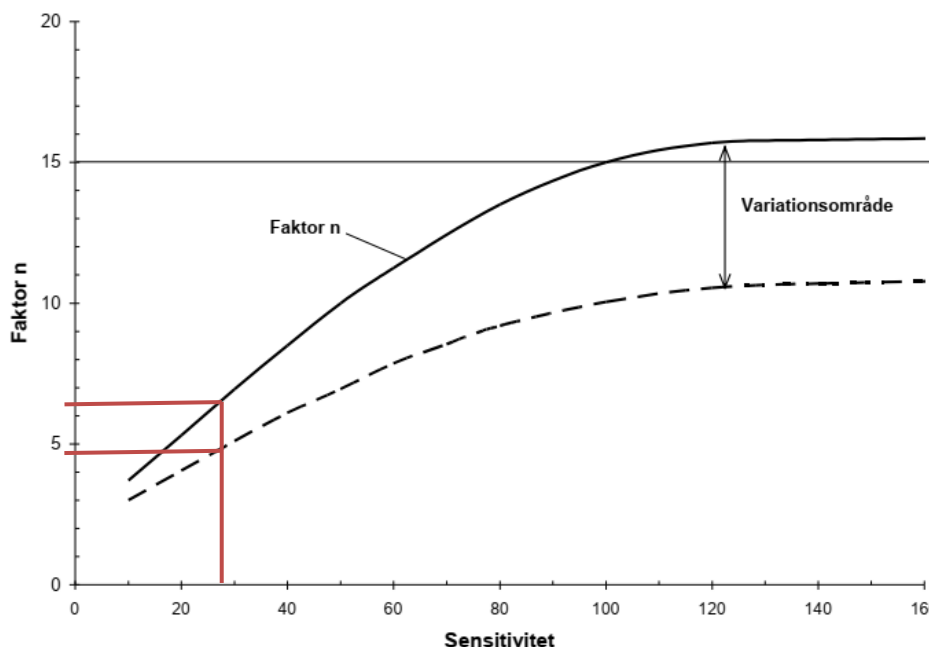
6.5 Bakåtgripande skred/ erosion

Tidigare utredningar visar att erosionsaktivitet pågår kring Hålldamsbäcken. Ale kommun har i sin förfrågan specificerat att föreliggande utredning skall ta fram en detaljerad gränslinje där säkerheten mot skred är tillfredsställande för rådande och framtida belastningsförhållanden. Avstånden ska sättas utifrån förutsättningen att stabilitetshöjande åtgärder och erosionskydd i bäckmiljön ska undvikas. Erosion är dock en process som är mycket svåröversäglig bl.a. gällande åt

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

vilket håll fåran kommer att erodera och hur snabbt. En möjlig metodik är att försöka förutsäga ett initialskred (glidyten med beräknad lägsta säkerhetsfaktorn i slänten) och utifrån detta förutsäga bakåtgripande skreds utbredning genom SGIs metodik (se Göta älvutredningens rapport GÄU-32 - Hantering av kvickleraförekomster vid stabilitetsbedömning för Göta Älv). Ovan nämnda metodik innebär att utifrån ett initialskred beräknas en utsträckning bakåt som en funktion av slänthöjden och en faktor som baseras på lerans sensitivitet.

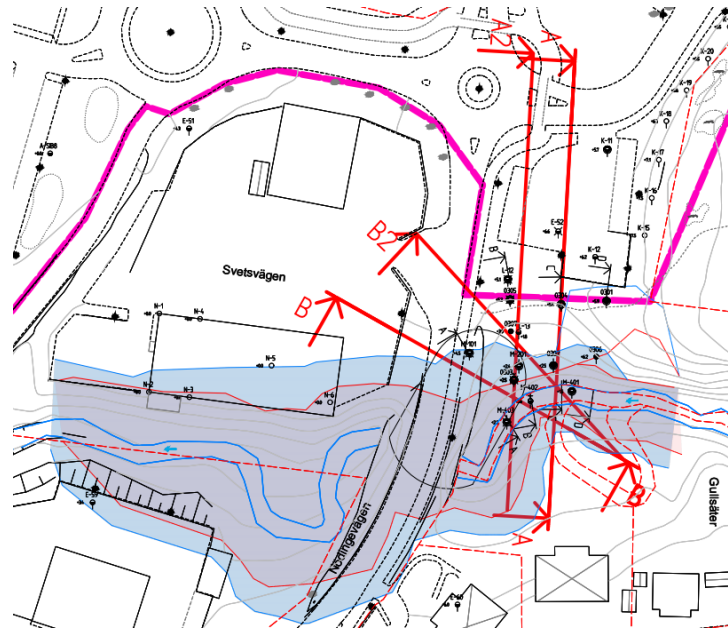
Uppmätt sensitivitet i området varierar mellan $S_t=1$ och $S_t=28$. Sensitiviteten ökar mot djupet och övergår från att vara lågsensitiv till mellansensitiv kring nivån +0. I figur 6.5-1 visas urklippt figur ur GÄU-32 där släntlutningen framgår som funktion av sensitiviteten. Ur diagrammet går att utläsa att utbredningen på eventuella bakåtgripande skred begränsas till lutning 1:4,5 till 1:6,5 från initialskredet.



Figur 6.5-1 Diagram för bedömning av faktorn n med ledning av sensitivitet (Utdrag ur GÄU-32)

Utifrån ovanstående faktor har en plan över utbredningsområden av sekundärskred tagits fram. Sekundärskreden har utgått ifrån bäckfårans utbredning vid normalvattenstånd med en vattengång på +1,5, utbredningsområdet visas i figur 6.5-2.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status



Figur 6.5-2 Bedömning av utbredningsområde av sekundärskred. Rött område representerar sekundärskred i lutning 1:4 utifrån bäckfåran och blått område representerar lutning 1:6,5.

Sekundärskredsområdet sträcker sig som närmast 11 m från plangränsen vid lutning 1:6,5.

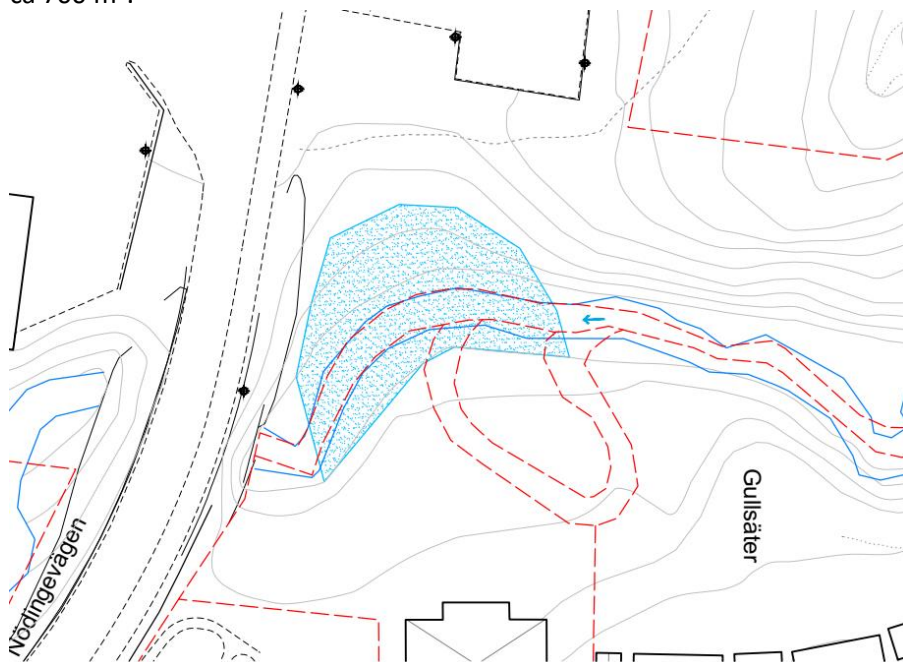
I detaljplanen planeras ett nytt svackdike som kommer att utformas som ett fördröjningsmagasin mellan det nya planområdet och höjdpartiet utmed Vitklövergatan. Utloppet från diket kommer att placeras strax öster om sektion A. Utloppsflödet kommer att regleras men vid mycket kraftig nederbörd kommer diket behöva att bräddas varför det finns risk för att större flöden leds ned i bäcken än i dag vilket även medför en högre vattenhastighet och risk för erosion. Även om utbredningsområdet för sekundärskred ligger på betryggande avstånd från planområdet i nuläget finns det risk för att åfåran flyttar sig närmre planområdet som följd av erosion vilket kan medföra att stabilitetsförhållandena försämras samt att utbredningsområdet av sekundärskred utökas norrut. För att säkra stabiliteten långsiktigt bör erosionen förhindras, förslagsvis genom utläggning av erosionskydd. Nedan följer ett utdrag ur IEG rapport 4:2010.

Naturliga slänter är ofta skapade genom erosionsprocesser och erosion i olika former kan anses vara en huvudorsak till skred. I de fall säkerheten är låg och man klart kan konstatera att erosionen är ensam orsak till den otillfredsställande stabiliteten i det aktuella området (eller den aktuella slänten) kan det i en del fall räcka med utläggning av ett erosionskydd och en mycket begränsad förbättring av stabiliteten (säkerhetsfaktorn). I övriga fall där erosion pågår måste man beakta att om inte erosionen stoppas kan en tillfredsställande stabilitet aldrig erhållas i ett längre tidsperspektiv oavsett vilka andra åtgärder som vidtas.

En känslighetsanalys har utförts i sektion A2 för att se hur mycket åfåran kan erodera in mot planområdet till dess att säkerheten mot skred blir undermålig, se bilaga 6.5. Beräkningarna visar att om åfåran flyttar sig ca 9 meter inåt mot planområdet är säkerhetsfaktorn mot skred för låg. Med ledning av detta bedöms det krävas erosionskydd längs vattendraget för att

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

stabiliteten ska anses vara tillfredställande över tid. Området där erosionskydd bedöms krävas visas i figur 6.5-3 nedan. I öster avgränsas området av fastmark, och i väster av fungerande erosionskydd längs Nödingevägen. Högsta högvattennivå i vattendraget är vid upprättande av följande rapport okänt varför det är svårt att avgöra hur högt upp i slänten som erosionskyddet bör läggas. I figuren nedan går erosionskyddet upp i slänten till en marknivå som ligger ca 1,5 m över vattendragets bottennivå. Erosionskyddets yta uppgår till ca 700 m².



Figur 6.5-3 Område som behöver erosionskyddas

7 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Stabilitetsberäkningar visar att stabiliteten inom planområdet är tillfredsställande vid befintliga förhållanden. Närmst området mot Håldammsbäcken och ytterligare 20 m från plangränsen bör tillskottsbelastningen begränsas till 13 kPa (trafiklast) och inom resterande del till 30 kPa till och med 60 m från planområdets södra gräns. Tidigare utredning visar att ytlasten inom övriga planområdet bör begränsas till 40 kPa. Av sättningskäl bör dock tillskottsbelastningar begränsas i möjligaste mån av sättningskäl inom hela planområdet.

Planområdet har i sydväst flyttats längre bort från Håldammsbäcken vilket är på säkra sidan i gällande planförslag jämfört med samrådsunderlaget. I området planeras ett parkeringshus i fem våningsplan vilket förutsätts pålas av sättningskäl.

Leran i området är huvudsakligen mellansensitiv vilket innebär att utbredningen av bakåtgripande skred är begränsad. Vid sektion A och B finns risk för att erosion minskar säkerheten. För att på lång sikt kunna trygga stabiliteten i sydväst bör Håldammsbäcken erosionskyddas.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

Stabiliteten omkring befintlig bro vid Nödingevägen ligger på gränsen till att vara acceptabel. Möjligen har vägbanken förstärkts med lättfyllning vilket inte beaktats i beräkningarna. Leran kan även ha konsoliderat för vägbankens last och därmed ha en lokalt högre skjuvhållfasthet än i övriga delen av området vilket är positivt för stabiliteten. Stabiliteten för bron bör utredas vidare och frågan bör lyftas med Trafikverket som är väghållare. Föreliggande utredning visar dock att risken för att eventuella bakåtgripande skred skall påverka planområdet är ringa. För att säkra stabilitetsförhållandena över tid krävs dock att erosionskydd läggs ut i ett område strax öster om Håldammsbäcken bäcken, se figur 6.5-3 för ungefärlig utbredning.

Leran i området är mycket sättningskänslig och betydande sättningar uppkommer även vid små tillskottsbelastningar. Sannolikt pågår krypsättningar för befintliga förhållanden.

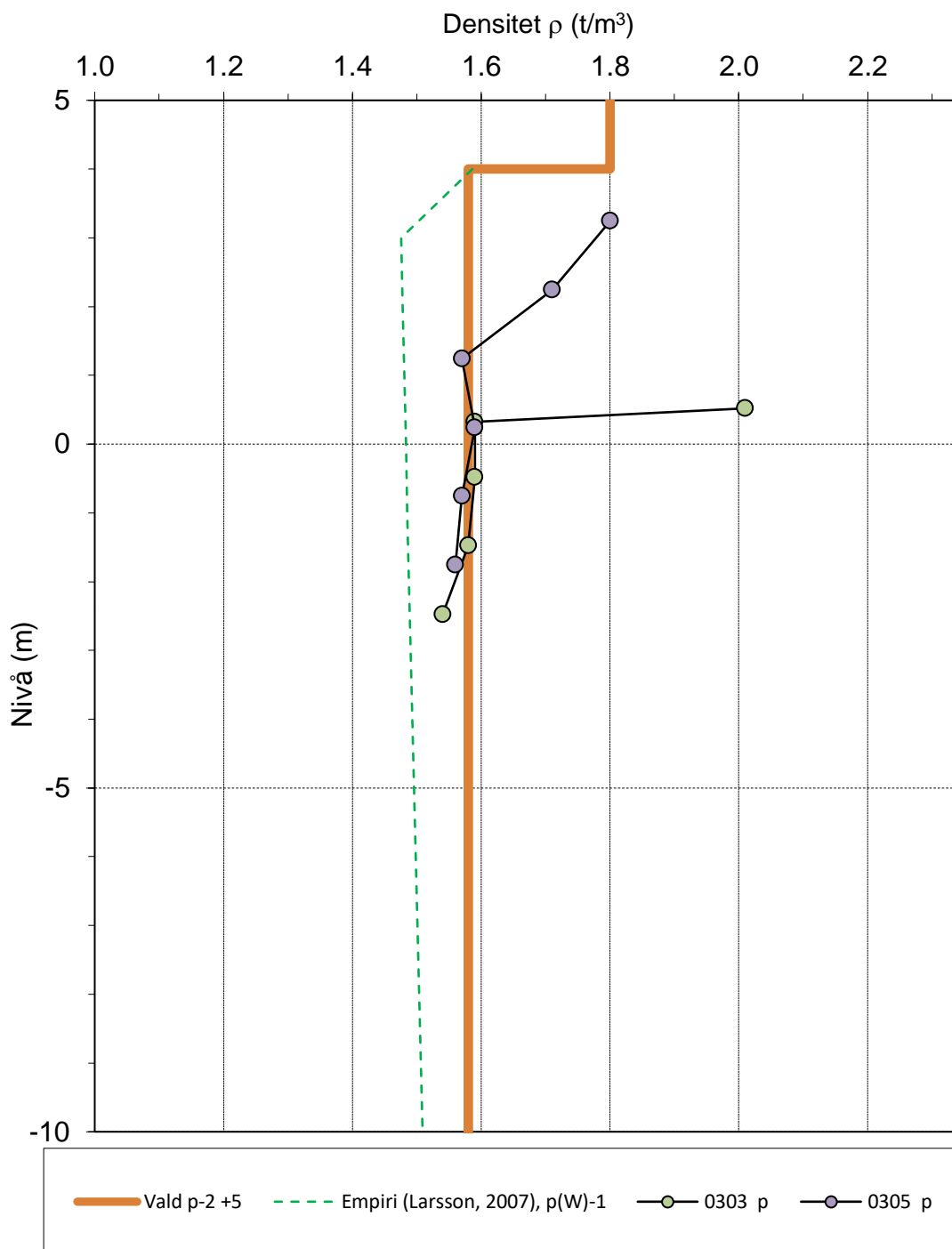
I enlighet med tidigare utredning rekommenderas att byggnader som grundläggs ovan lera grundläggs med spetsburna pålar. Mindre byggnader som inte är känsliga för differenssättningar kan grundläggas med kompensationsgrundläggning, dock får tillskottsbelastningen inte överstiga ovan givna belastningsrestriktioner.

Göteborg 2021-12-17



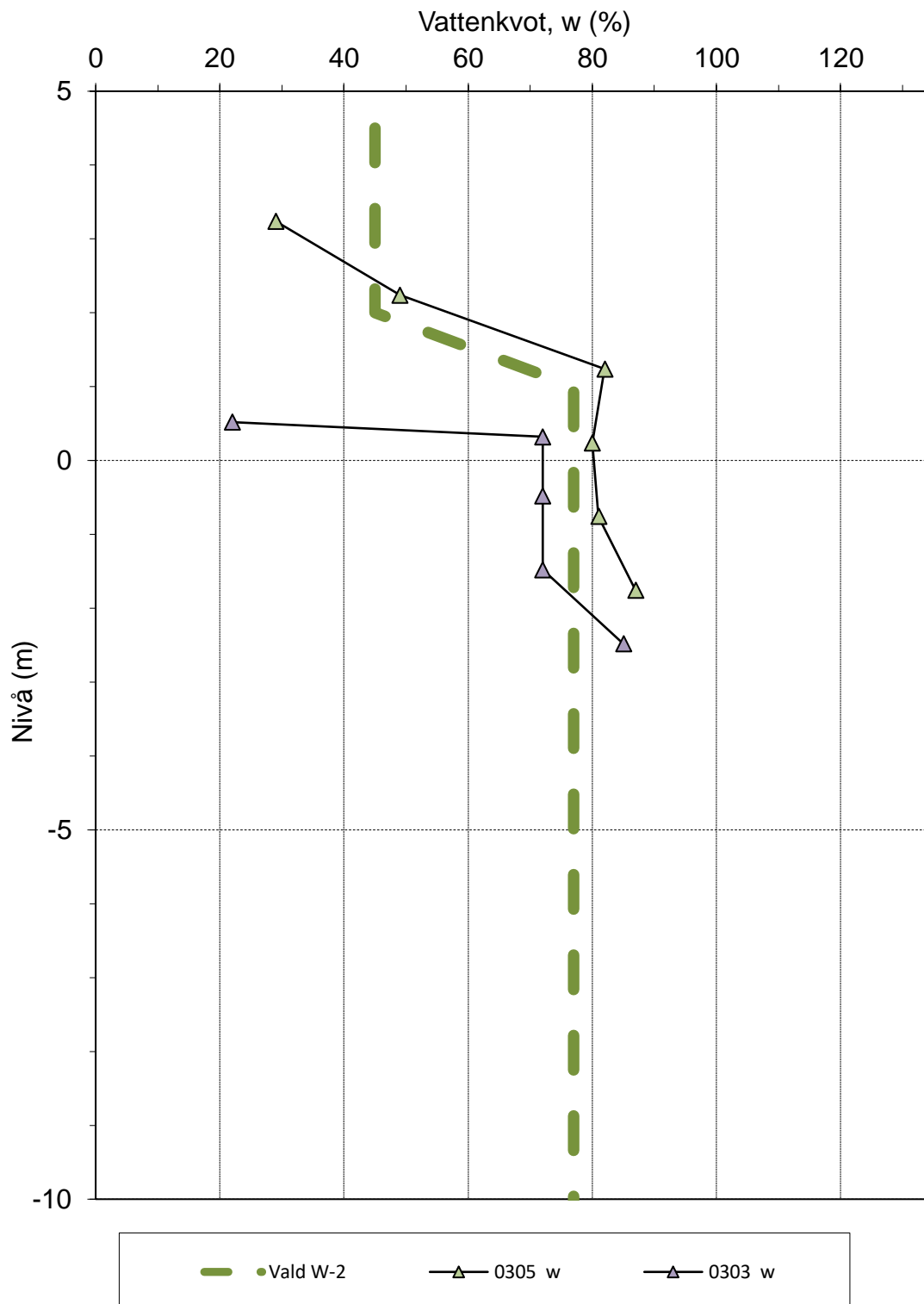
NollTre Konsult AB
Johan Boström

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga Bilaga 5.1-1	Sidnr. 1 (6)



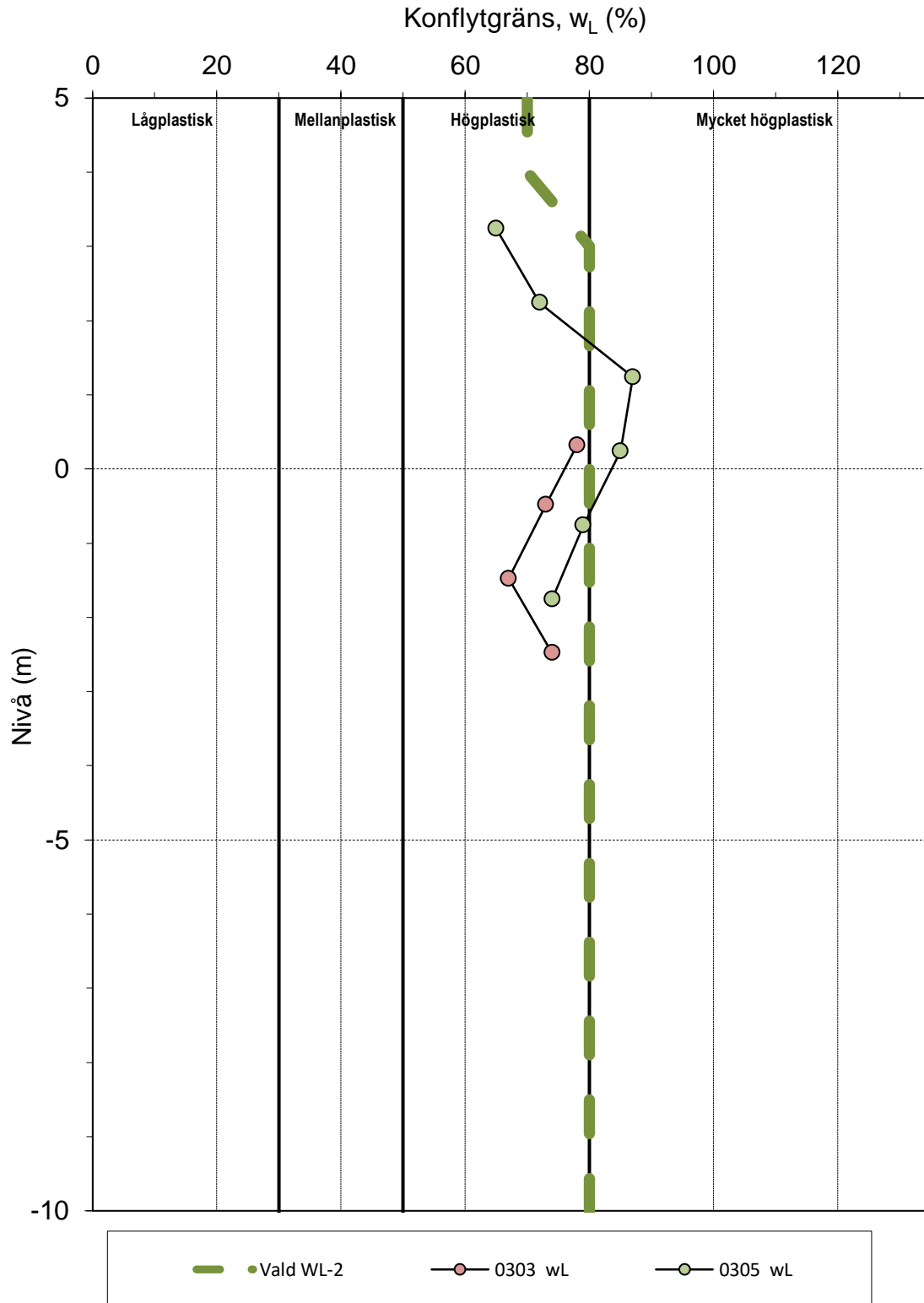
Figur 5.1-1 Sammanställning av jordens uppmätta densitet.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga Bilaga 5.1-2	Sidnr. 2 (6)



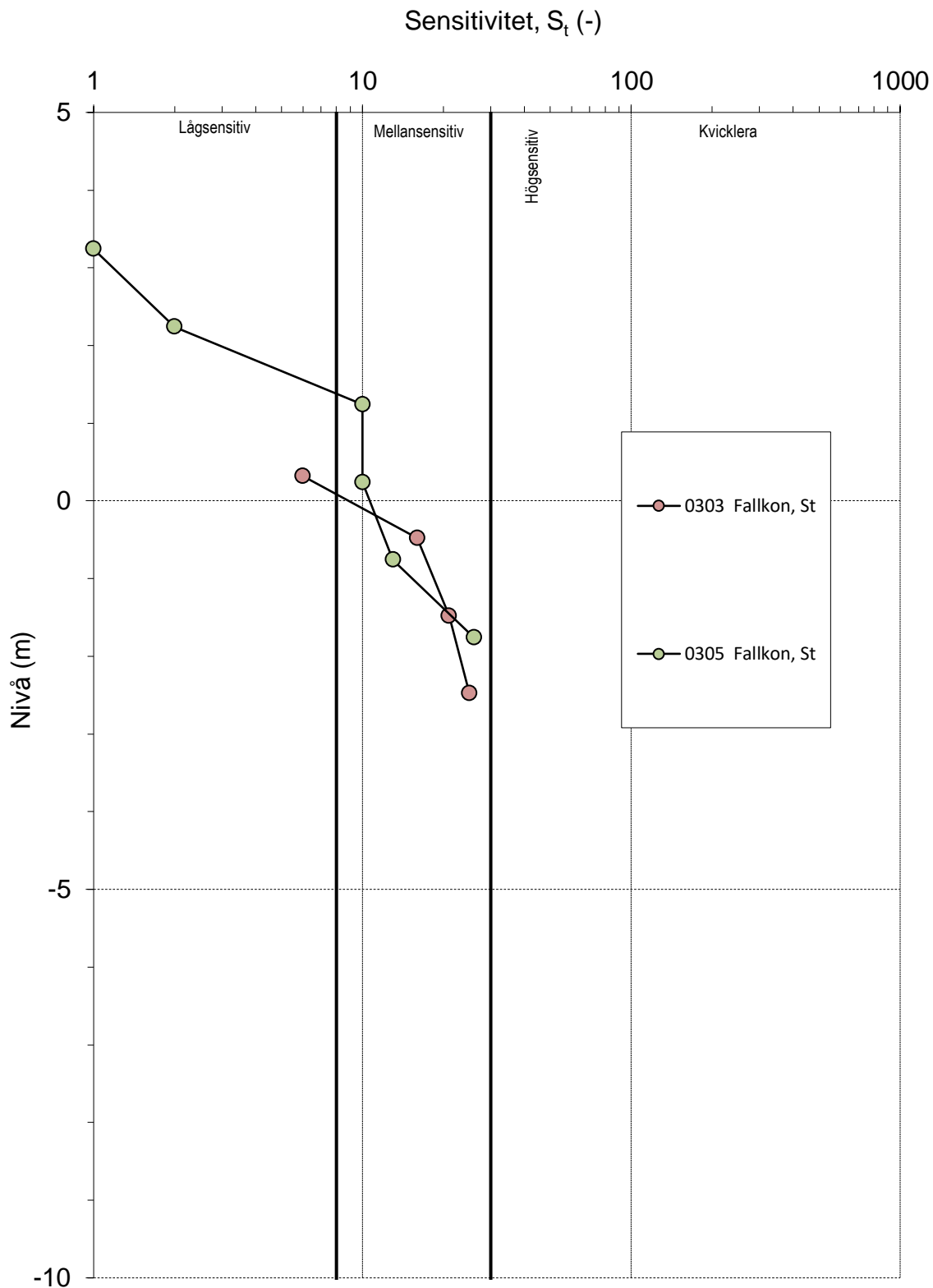
Figur 5.1-2 Sammanställning av jordens naturliga vattenkvot.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga Bilaga 5.1-3	Sidnr. 3 (6)



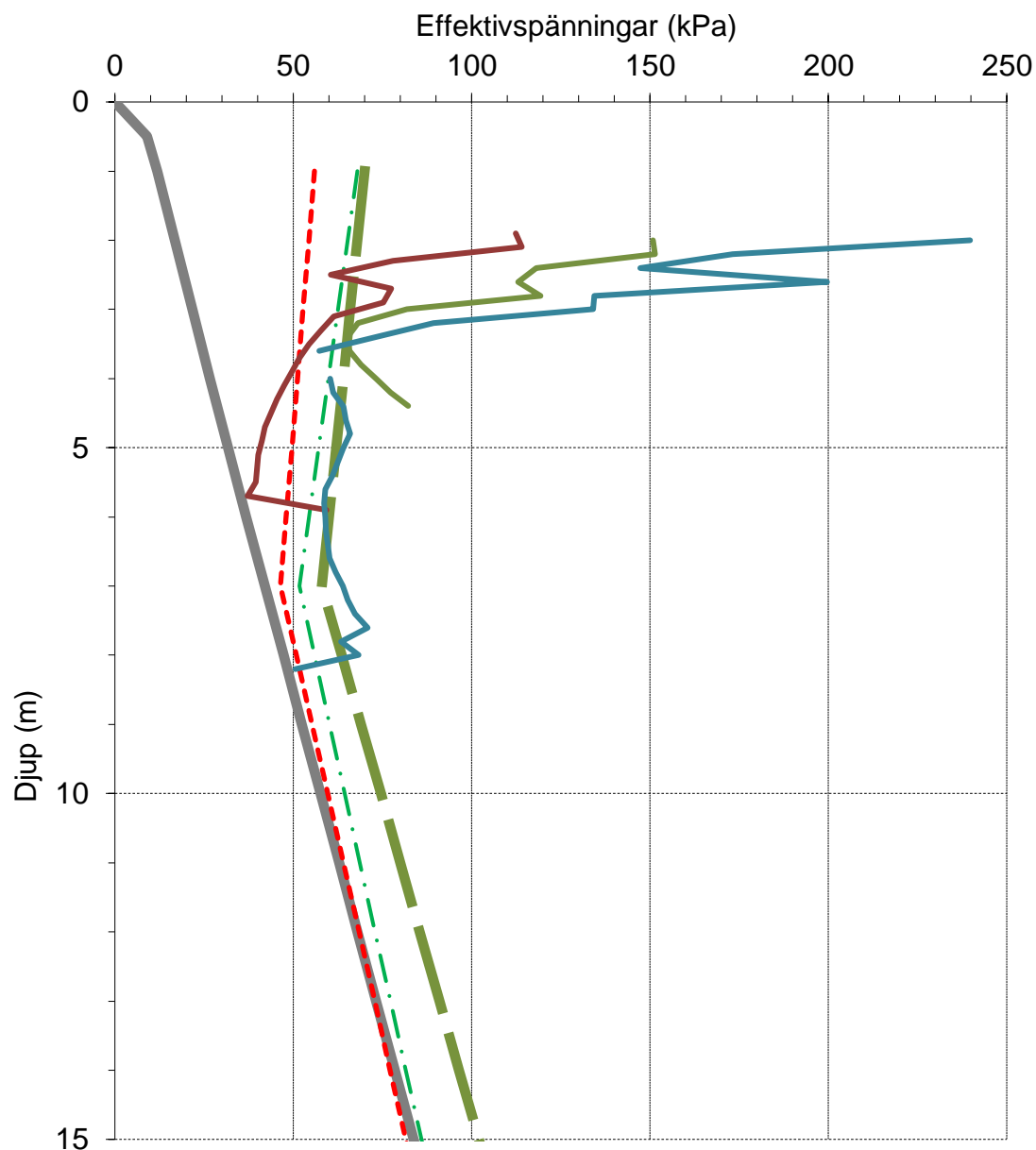
Figur 5.1-3 Sammanställning av jordens konflytgräns.

Titel	Dokumentdatum	Rev datum	
Teknisk PM Geoteknik	2021-01-31		
Projektnummer	Handläggare	Bilaga	Sidnr.
6011-1801	J Boström	Bilaga 5.1-4	4 (6)



Figur 5.1-4 Sammanställning av jordens sensitivitetsskvor.

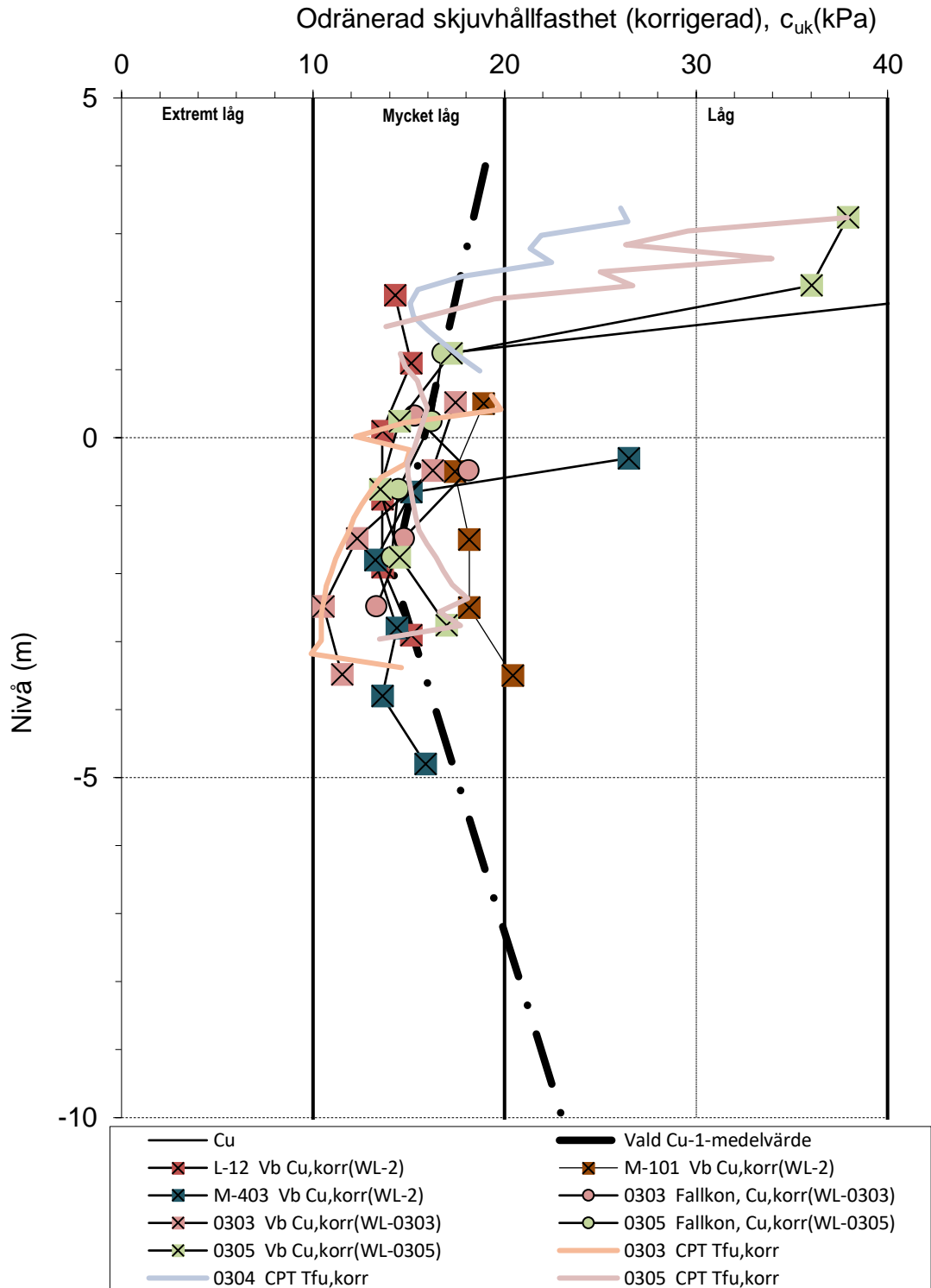
Titel	Dokumentdatum	Rev datum	
Teknisk PM Geoteknik	2021-01-31		
Projektnummer	Handläggare	Bilaga	Sidnr.
6011-1801	J Boström	Bilaga 5.1-5	5 (6)



— Vald O'vo-1(+5)	- - - Empiri (TK Geo) O'c (WL-1,Cu-1-medelvärde)
— Vald O'c-1	- - - Vald kryppgräns (0.8*O'c-1)
— 0303 CPT O'c	— 0304 CPT O'c
— 0305 CPT O'c	

Figur 5.1-5 Sammanställning jordens effektivspänningar.

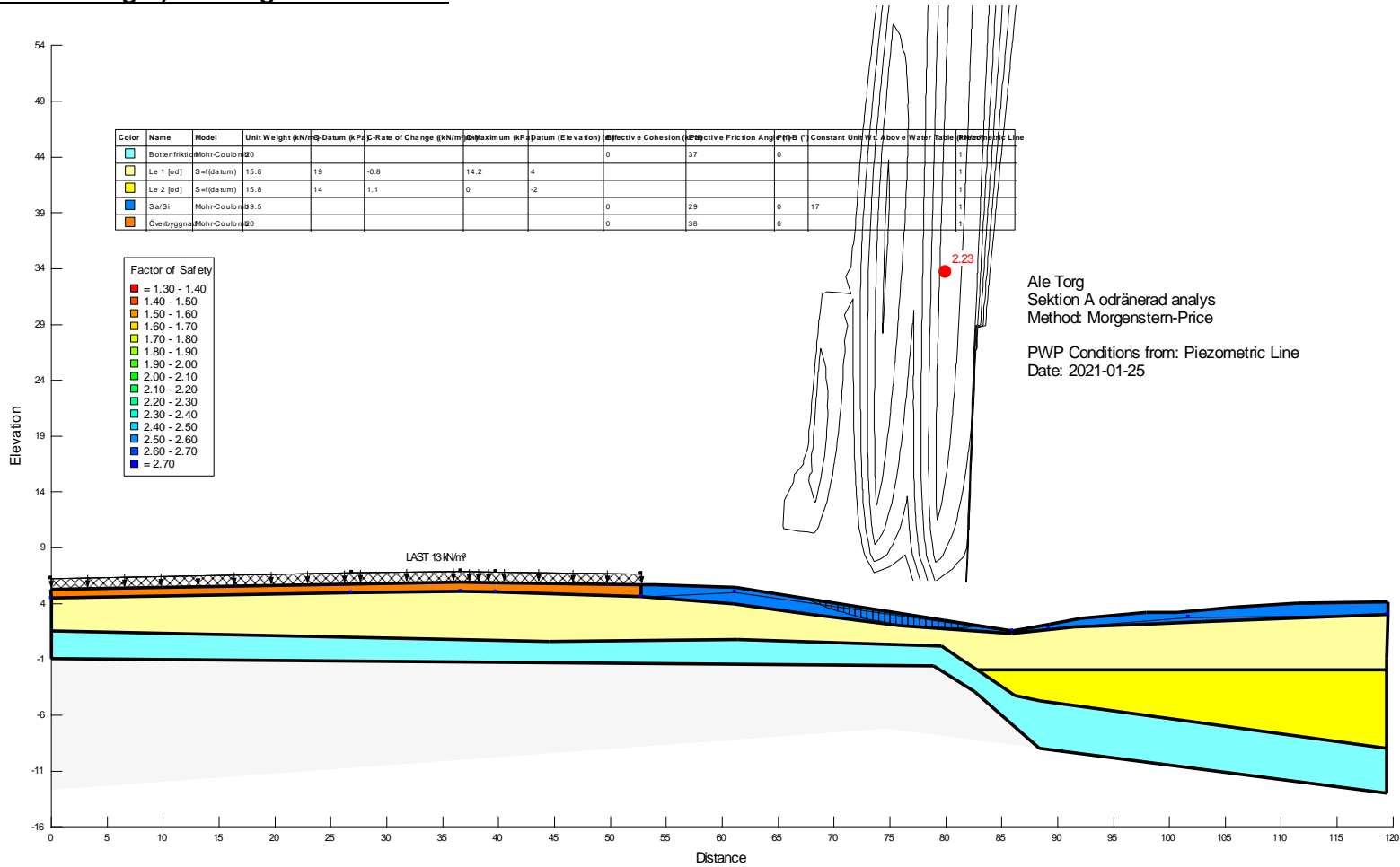
Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga Bilaga 5.1-6	Sidnr. 6 (6)



Figur 5.1-6 Sammanställning av jordens *korrigerade* odränerade skjuvhållfasthet

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.3	Sid.nr. 1 (9)

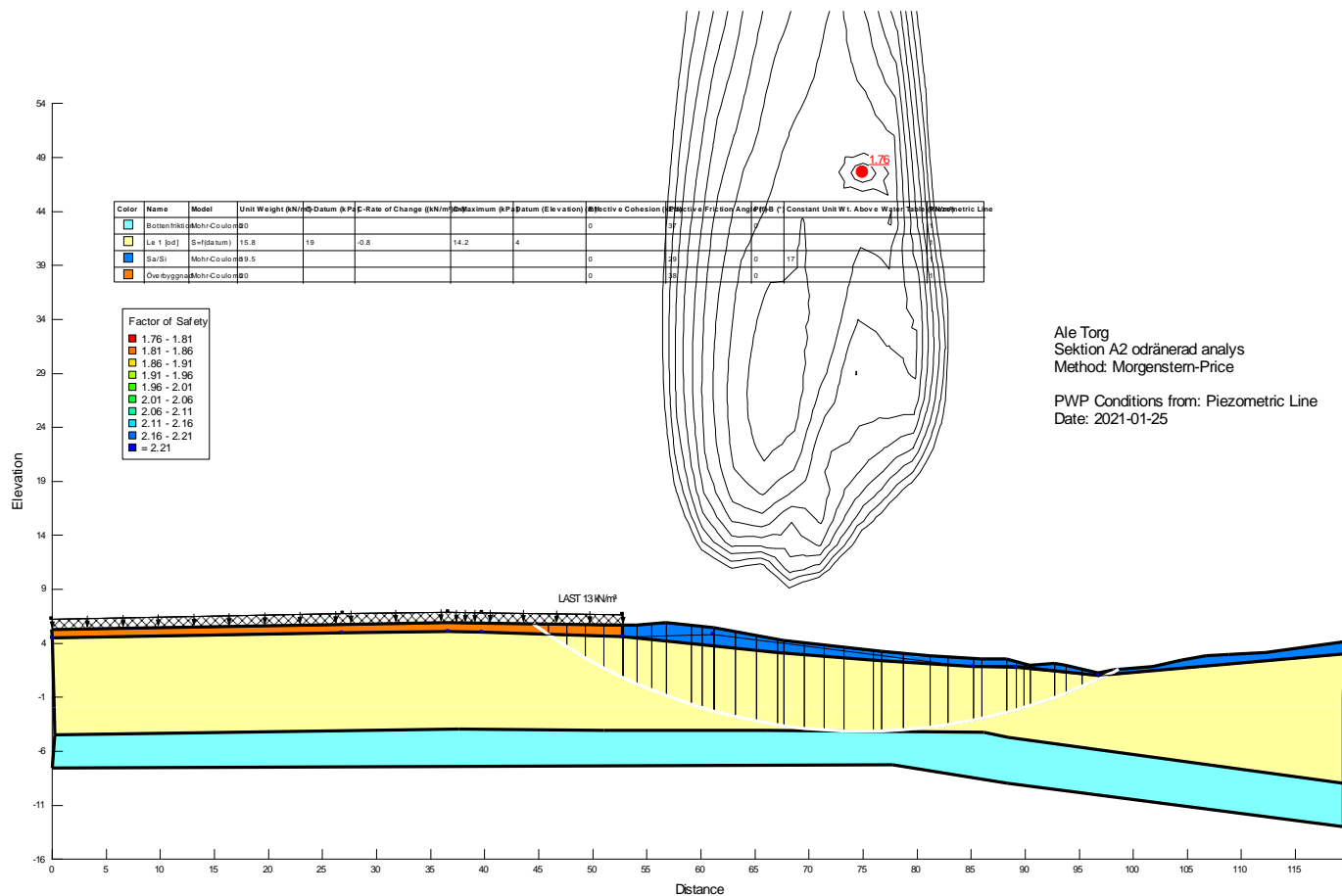
Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden



Figur 6.3-1 Stabilitetsberäkning Sektion A, befintliga förhållanden odränerad analys

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.3	Sid.nr. 3 (9)

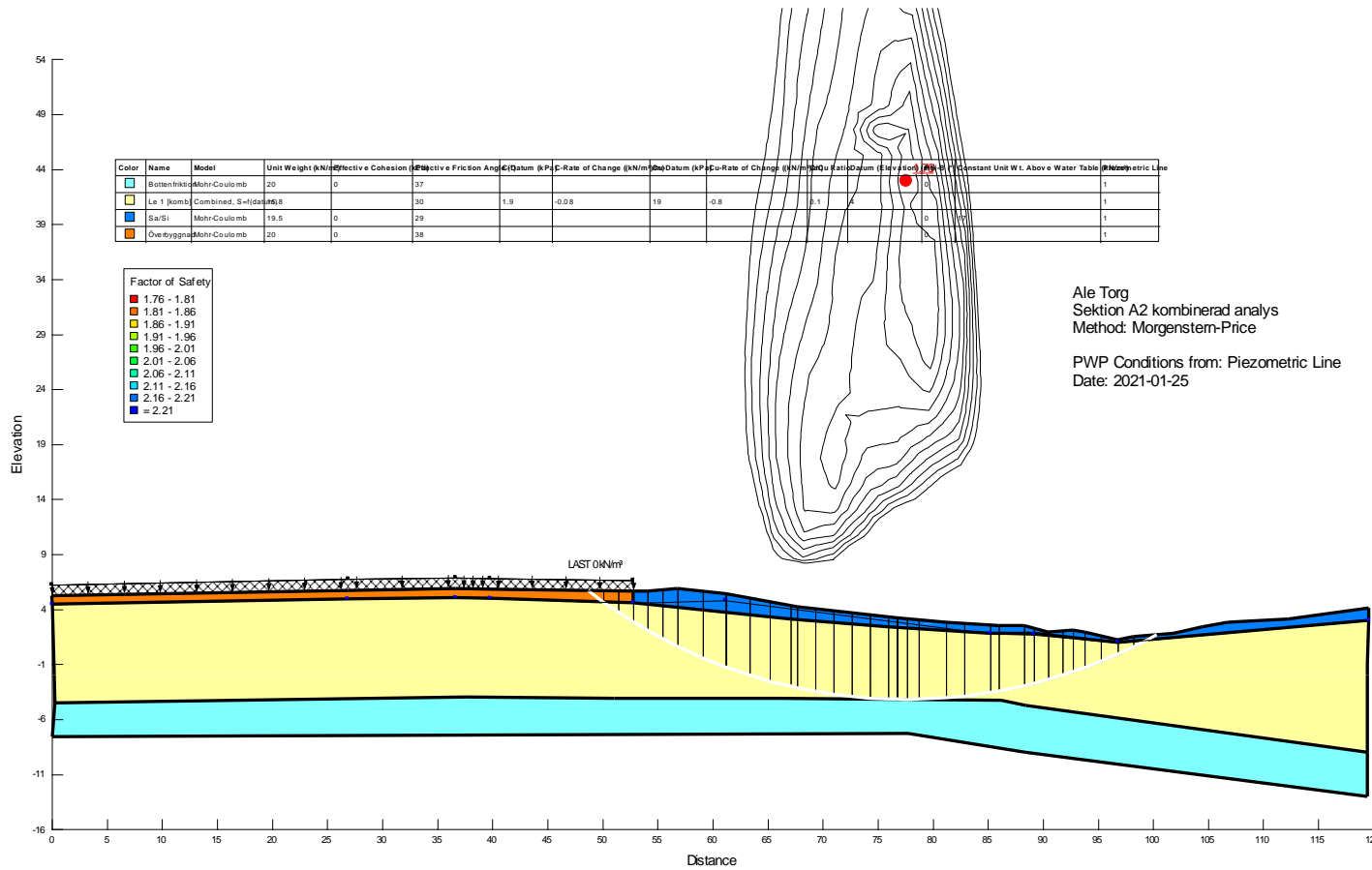
Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden



Figur 6.3-3 *Stabilitetsberäkning Sektion A2, befintliga förhållanden odränerad analys*

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.3	Sid.nr. 4 (9)

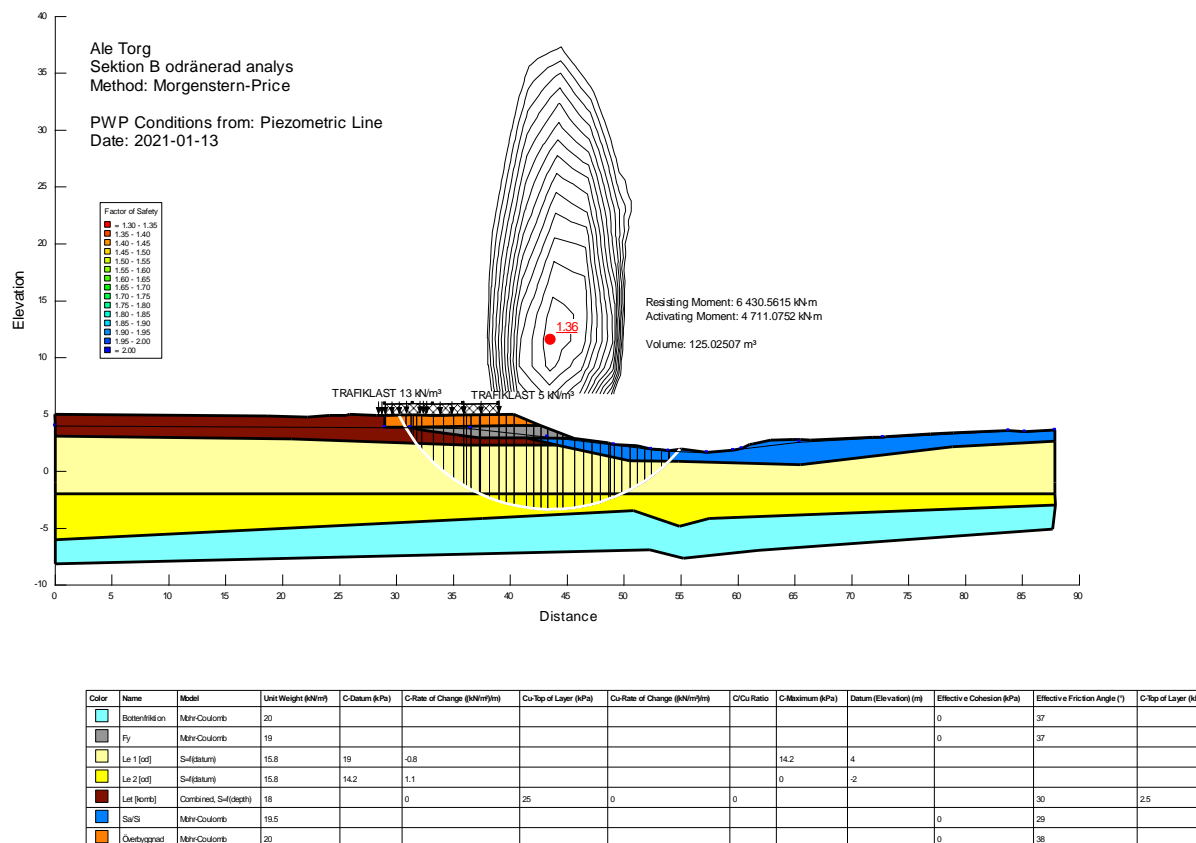
Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden



Figur 6.3-4 *Stabilitetsberäkning Sektion A2, befintliga förhållanden kombinerad analys*

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.3	Sid.nr. 5 (9)

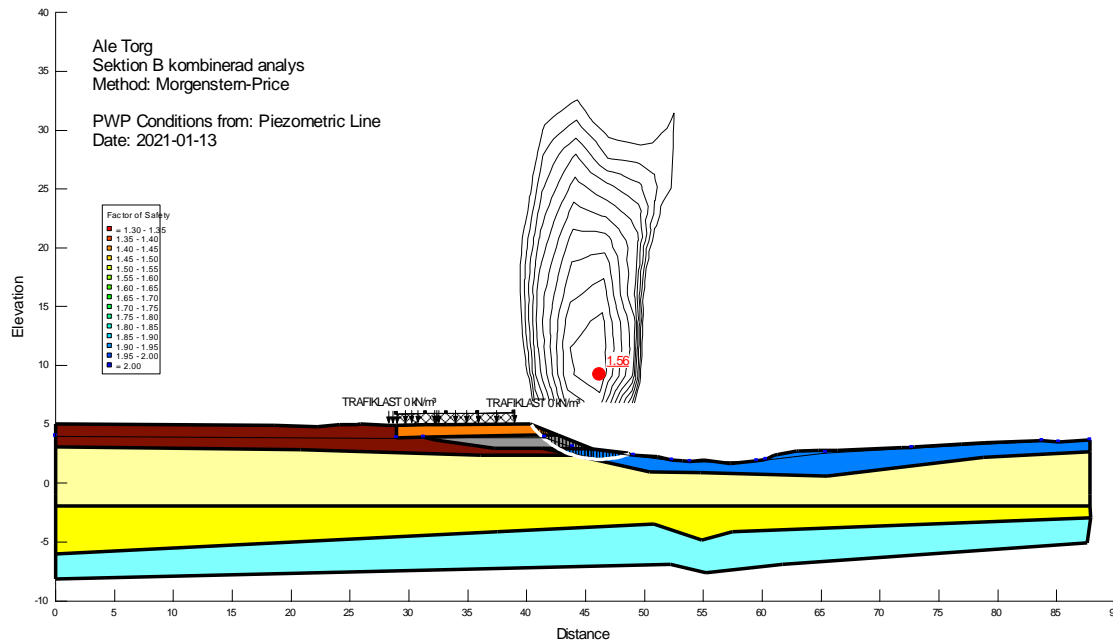
Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden



Figur 6.3-5 *Stabilitetsberäkning Sektion B, befintliga förhållanden odränerad analys*

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.3	Sid.nr. 6 (9)

Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden

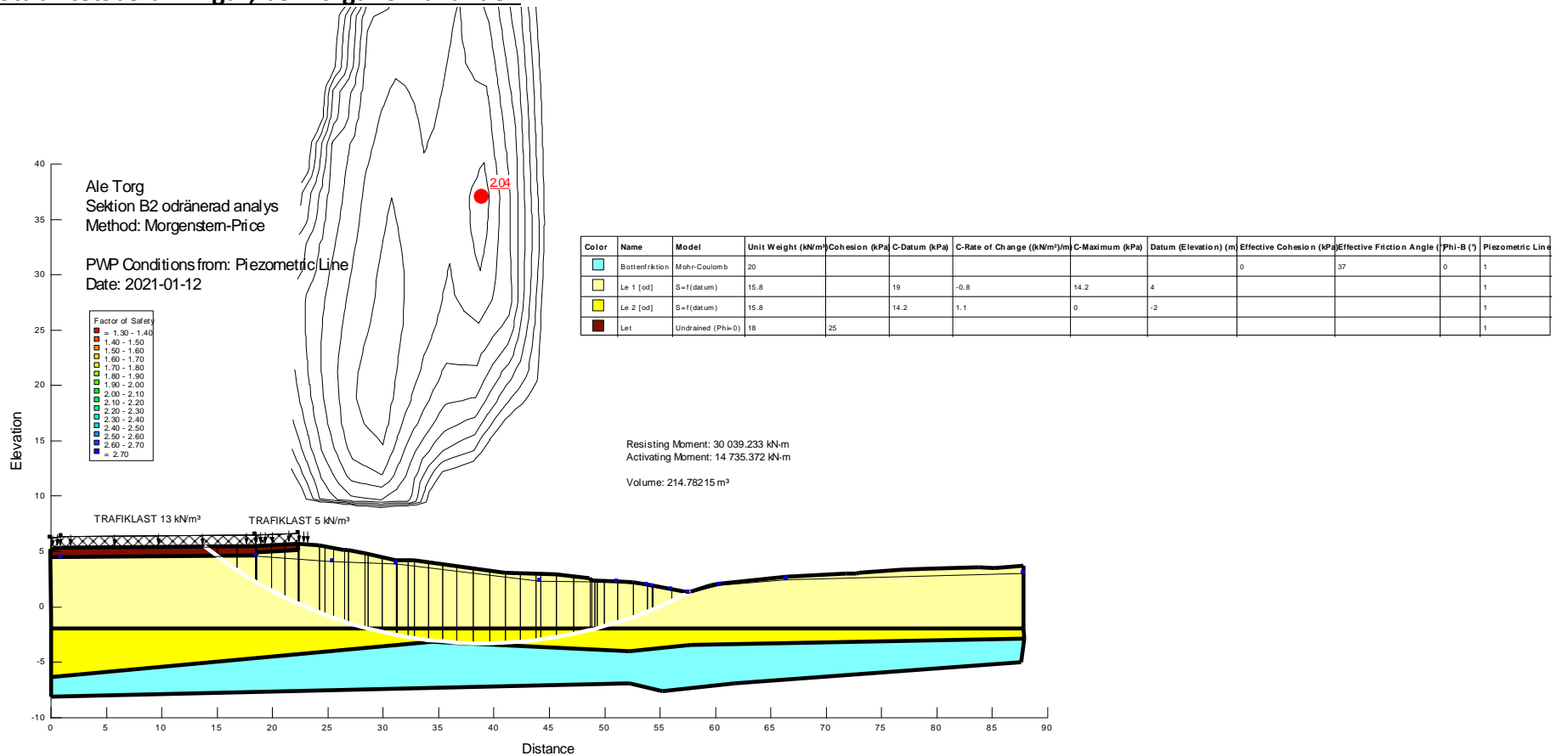


Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Effective Cohesion (kN/m ²)	Effective Friction Angle (°)	Top of Layer (k)	Bottom Datum (k)	P-ε-Rate of Change (kN/m ²)	Top of Layer (k)	Bottom Datum (k)	P-ε-Rate of Change (kN/m ²)	Q-ε-Rate of Change (kN/m ²)	Q-ε-Rate of Change (kN/m ²)	Q-ε-Rate of Change (kN/m ²)	Q-ε-Rate of Change (kN/m ²)	Q-ε-Rate of Change (kN/m ²)	Q-ε-Rate of Change (kN/m ²)	Q-ε-Rate of Change (kN/m ²)	Q-ε-Rate of Change (kN/m ²)	
	Bottenhink	Mohr-Coulomb	20	0	37															
	Fy	Mohr-Coulomb	19	0	37															
	Le 1 (komb)	Combined, S=(c+σ tan φ)				30	1.9	-0.08		19	-0.8		0.1	4						
	Le 2 (komb)	Combined, S=(c+σ tan φ)				30	1.42	0.11		14.2	1.1		0.1	-2						
	Let (komb)	Combined, S=(c+σ tan φ)				30	2.5			25										
	Sa/Si	Mohr-Coulomb	19.5	0	29															
	Överbyggnad	Mohr-Coulomb	20	0	38															

Figur 6.3-6 Stabilitetsberäkning Sektion B, befintliga förhållanden kombinerad analys.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.3	Sid.nr. 8 (9)

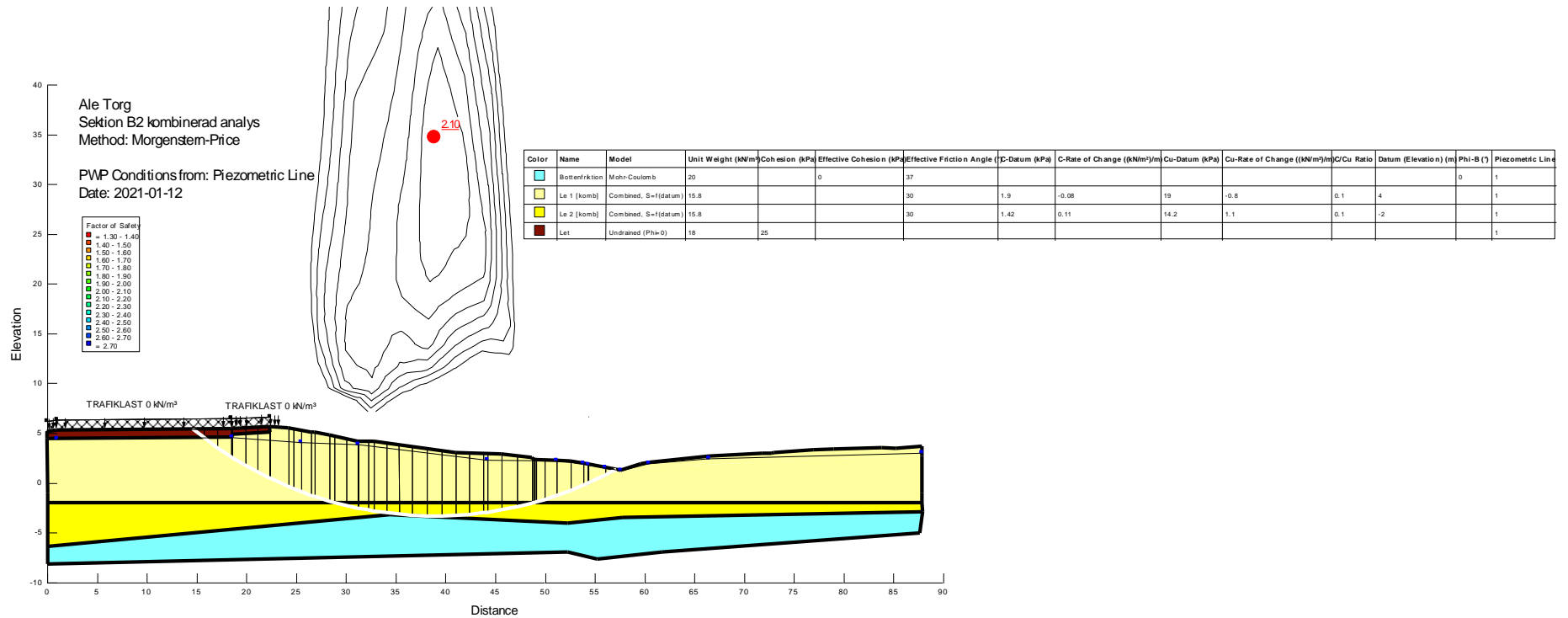
Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden



Figur 6.3-8 *Stabilitetsberäkning Sektion B2, befintliga förhållanden odränerad analys*

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.3	Sid.nr. 9 (9)

Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden



Figur 6.3-9 Stabilitetsberäkning Sektion B2, befintliga förhållanden kombinerad analys

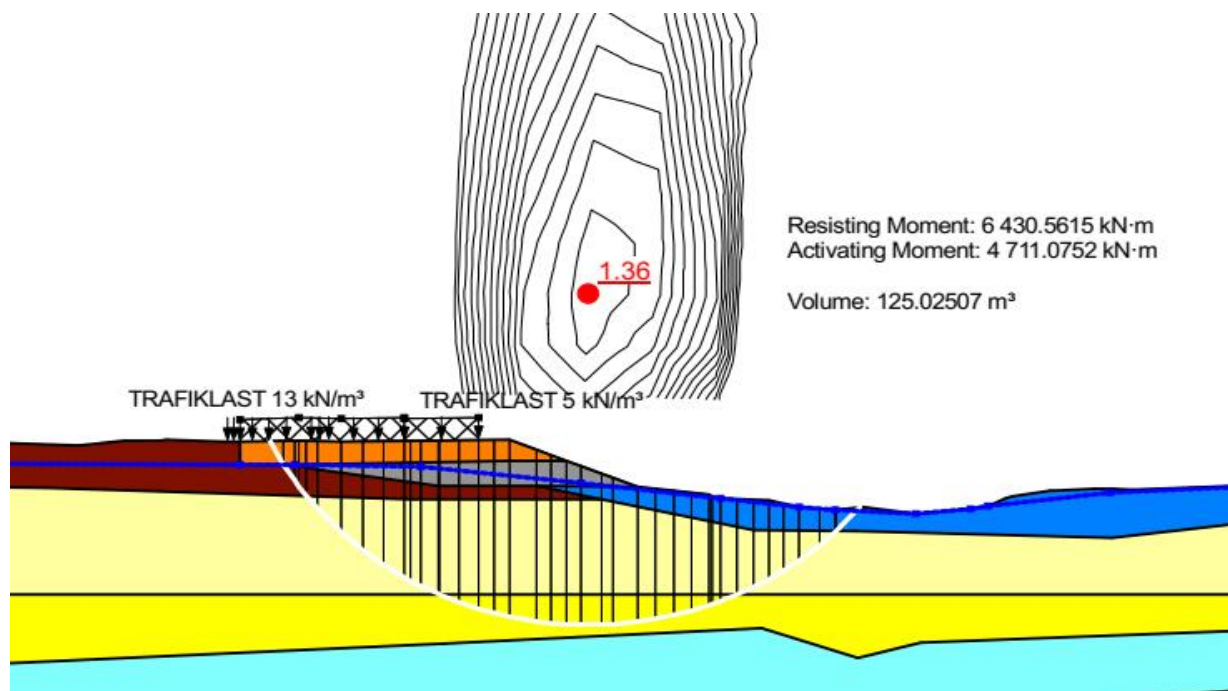
Hänsyn till 3D-effekter för schakt enligt Skredkommissionen

Sektion: **Sektion B Ale Torg**
 Bredd på område $\Delta L = 25.0$ m
 Mothållande moment $M_{(\tau_f \cdot \ell \cdot r)} = 6430.0$ kNm/m
 Pådrivande moment $M_{(W \cdot a + Q \cdot b)} = 4711.0$ kNm/m

Kohesionsjord inom glidyta
 Odränerad skjuvhållfasthet $\tau_{fu} = 15.5$ kPa
 Area, kohesionsjord $A = 100.0$ m²
 Avstånd t. hållfasthetscen $c = 10.0$ m
 Moment i ändyta $M_{\tau_{fu} \cdot A \cdot c} = 15500$ kNm

Säkerhetsfaktorer mot skred

2D-sektion (Morgernstern-Pri) $F_{2D-MP} = 1.36$
 2D-sektion (Ordinary) $F_{2D-O} = \frac{M_{(\tau_f \cdot \ell \cdot r)}}{M_{(W \cdot a + Q \cdot b)}} = 1.36$
 Plana ändytor $F_P = \frac{M_{(\tau_f \cdot \ell \cdot r)} \cdot \Delta L + 2 \cdot M_{\tau_{fu} \cdot A \cdot c}}{M_{(W \cdot a + Q \cdot b)} \cdot \Delta L} = 1.63$
 3D (Ordinary) $F_{3D-O} = F_{2D-O} + 0.75 \left(\frac{F_P}{F_{2D-O}} - 1 \right) = 1.51$

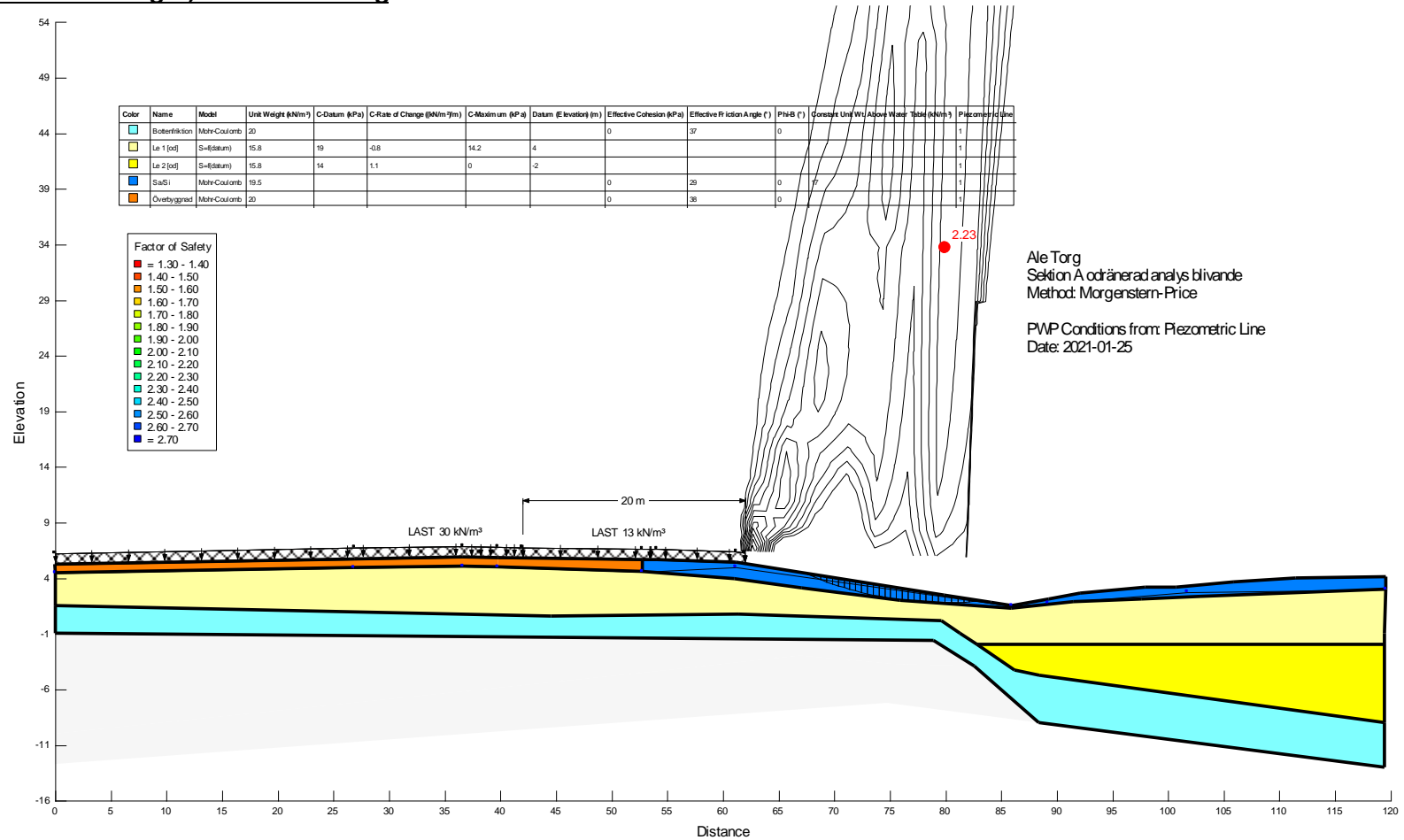


Figur

Beräknad glidyta i 2D

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.4	Sid.nr. 1 (4)

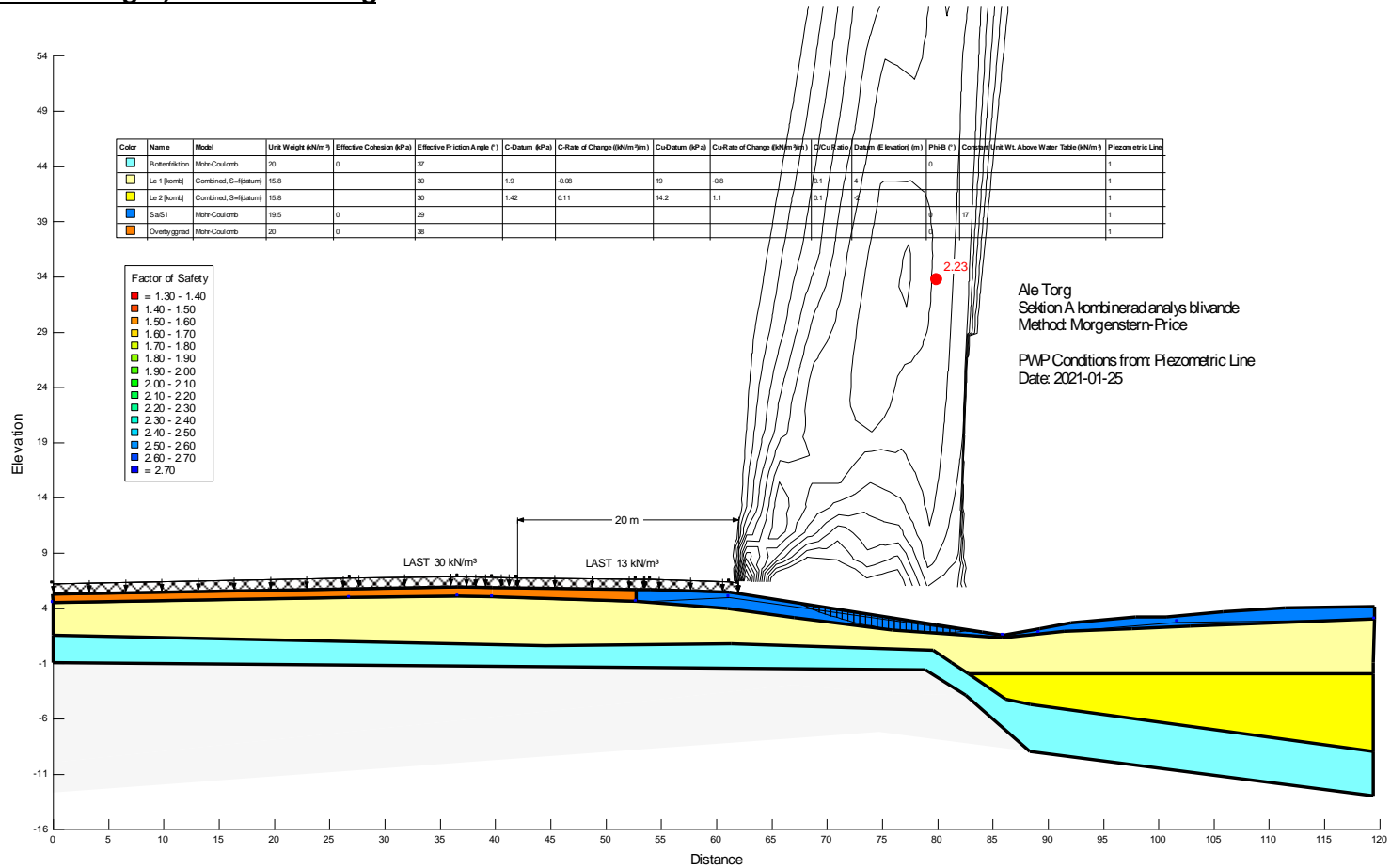
Stabilitetsberäkningar, ökad belastning



Figur 6.4-1 Stabilitetsberäkning Sektion A, marklast 13 kPa 20 m närmast slänten, resterande 30 kPa, odränerad analys.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.4	Sid.nr. 2 (4)

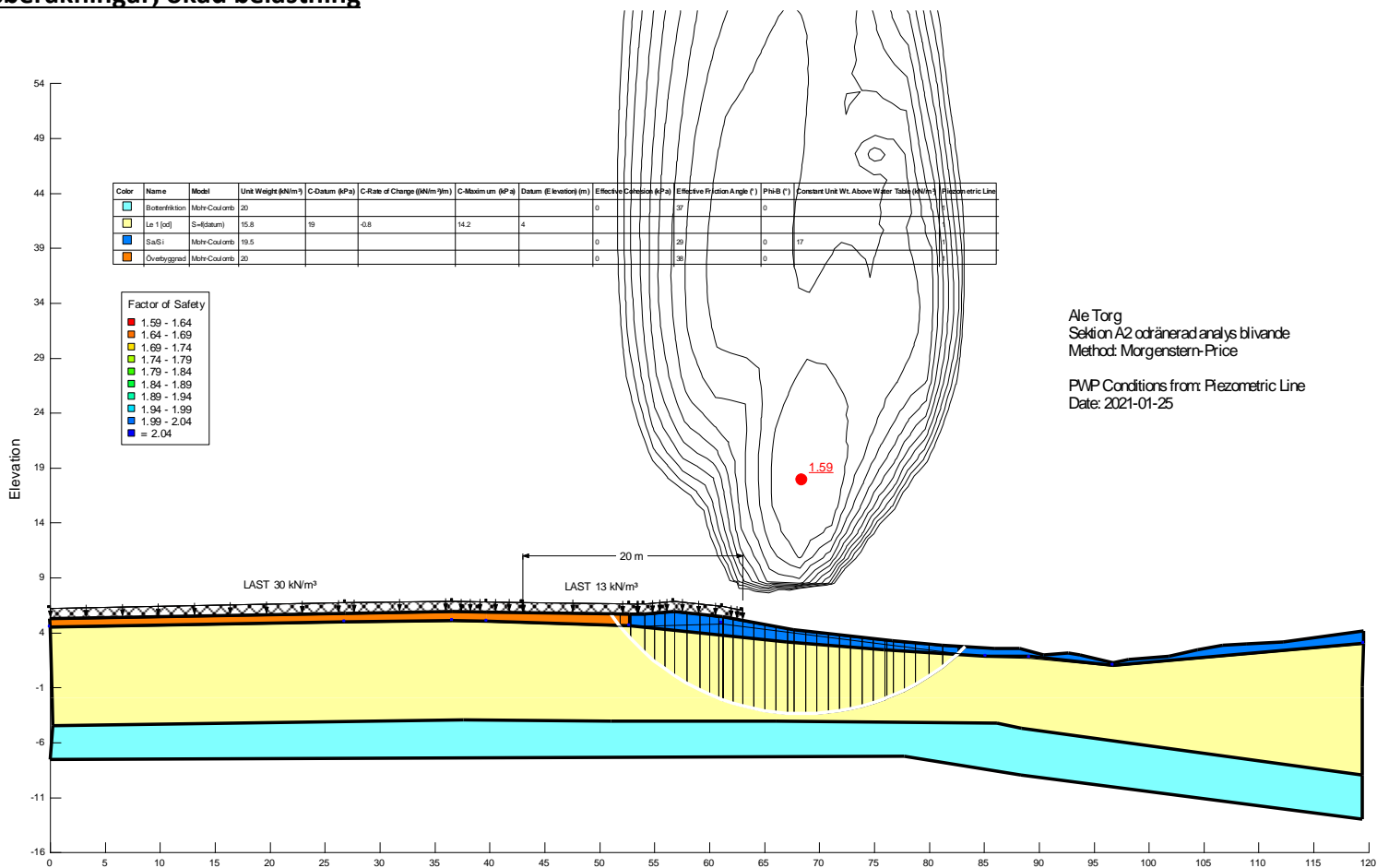
Stabilitetsberäkningar, ökad belastning



Figur 6.4-2 Stabilitetsberäkning Sektion A, marklast 13 kPa 20 m närmast slänten, resterande 30 kPa, kombinerad analys.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.4	Sid.nr. 3 (4)

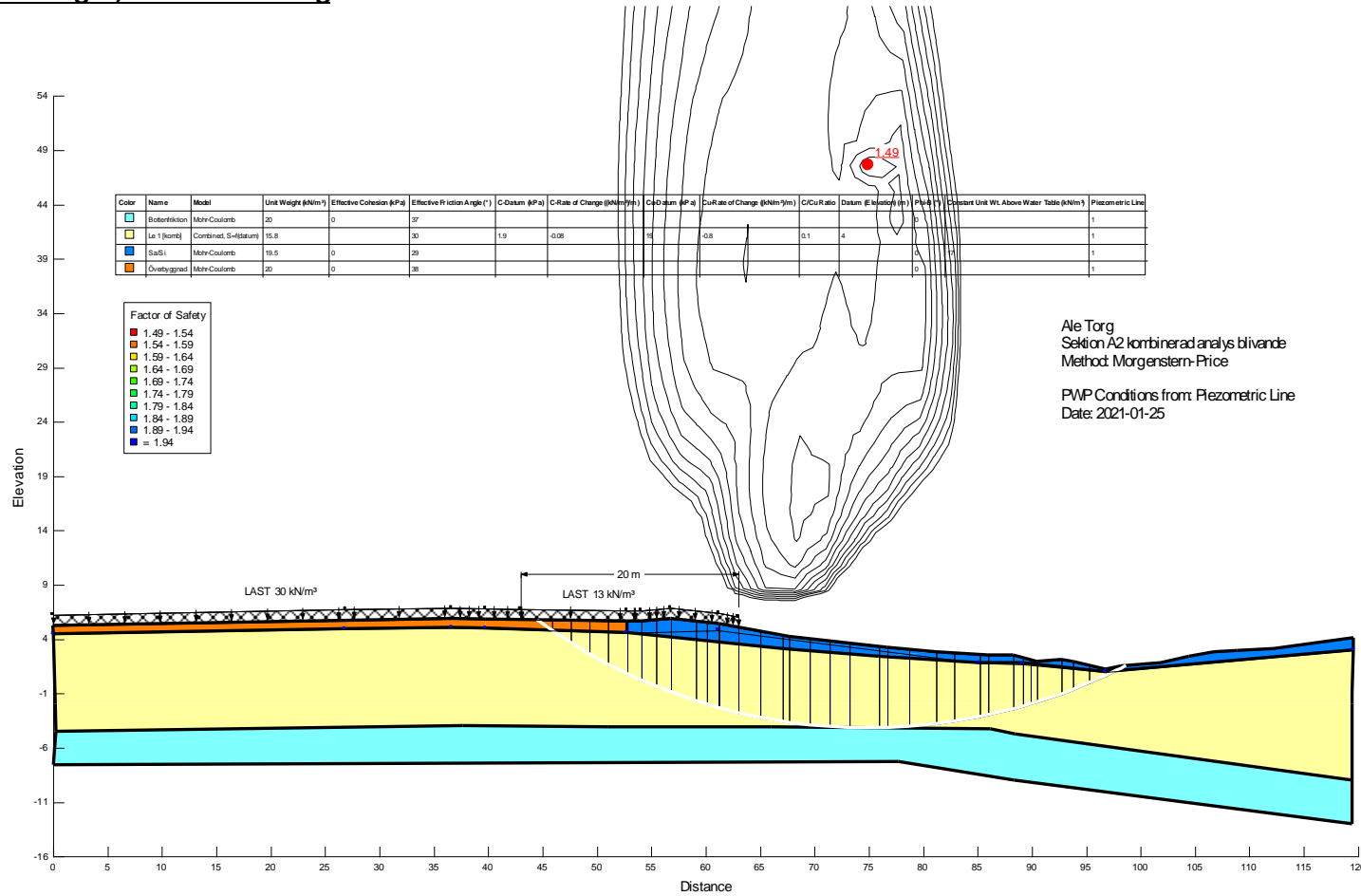
Stabilitetsberäkningar, ökad belastning



Figur 6.4-3 Stabilitetsberäkning Sektion A2, marklast 13 kPa 20 m närmast slänten, resterande 30 kPa, odränerad analys.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.4
		Sid.nr. 4 (4)

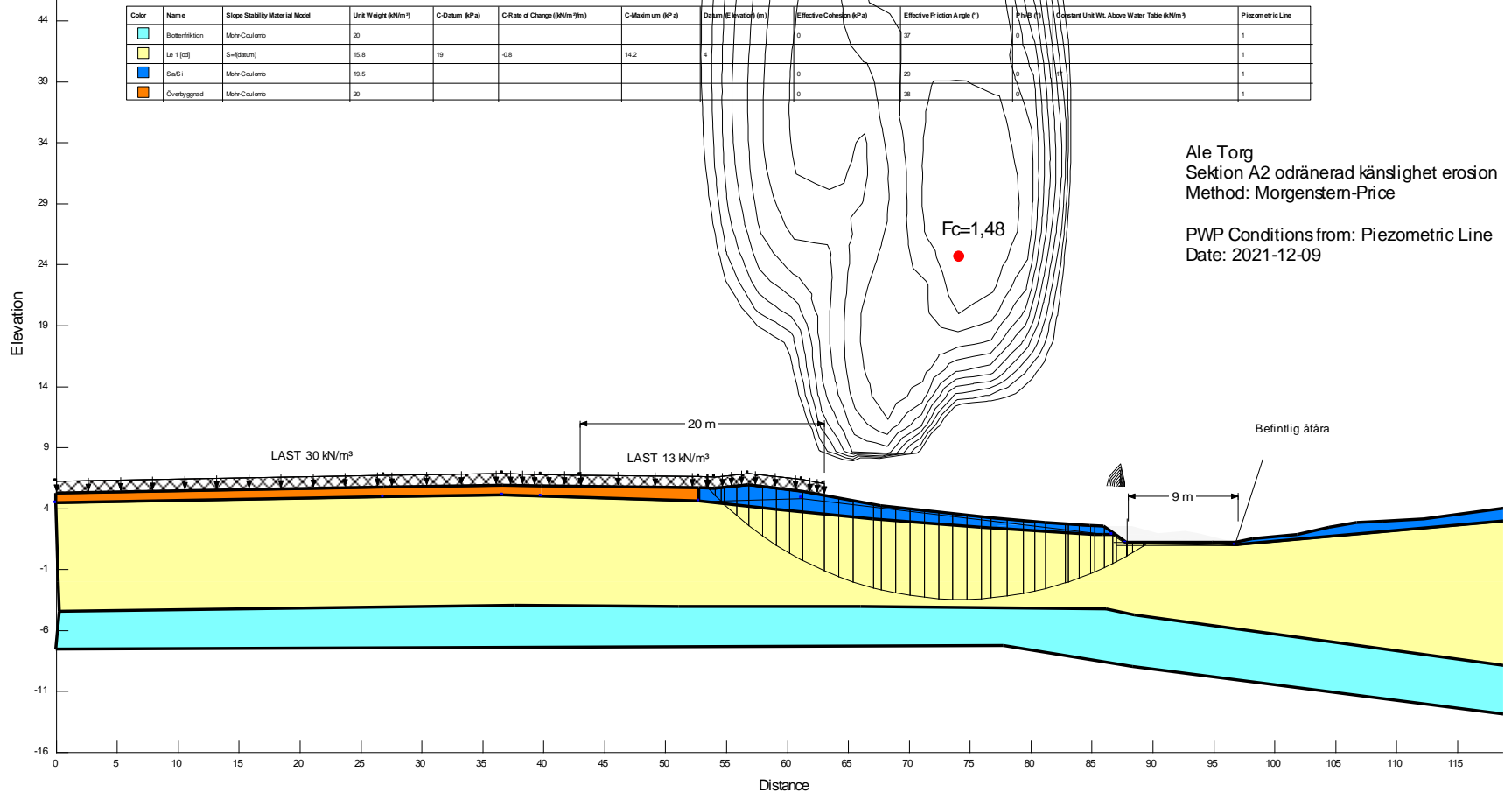
Stabilitetsberäkningar, ökad belastning



Figur 6.4-4 Stabilitetsberäkning Sektion A2, marklast 13 kPa 20 m närmast slänten, resterande 30 kPa, kombinerad analys.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.5
		Sid.nr. 1 (2)

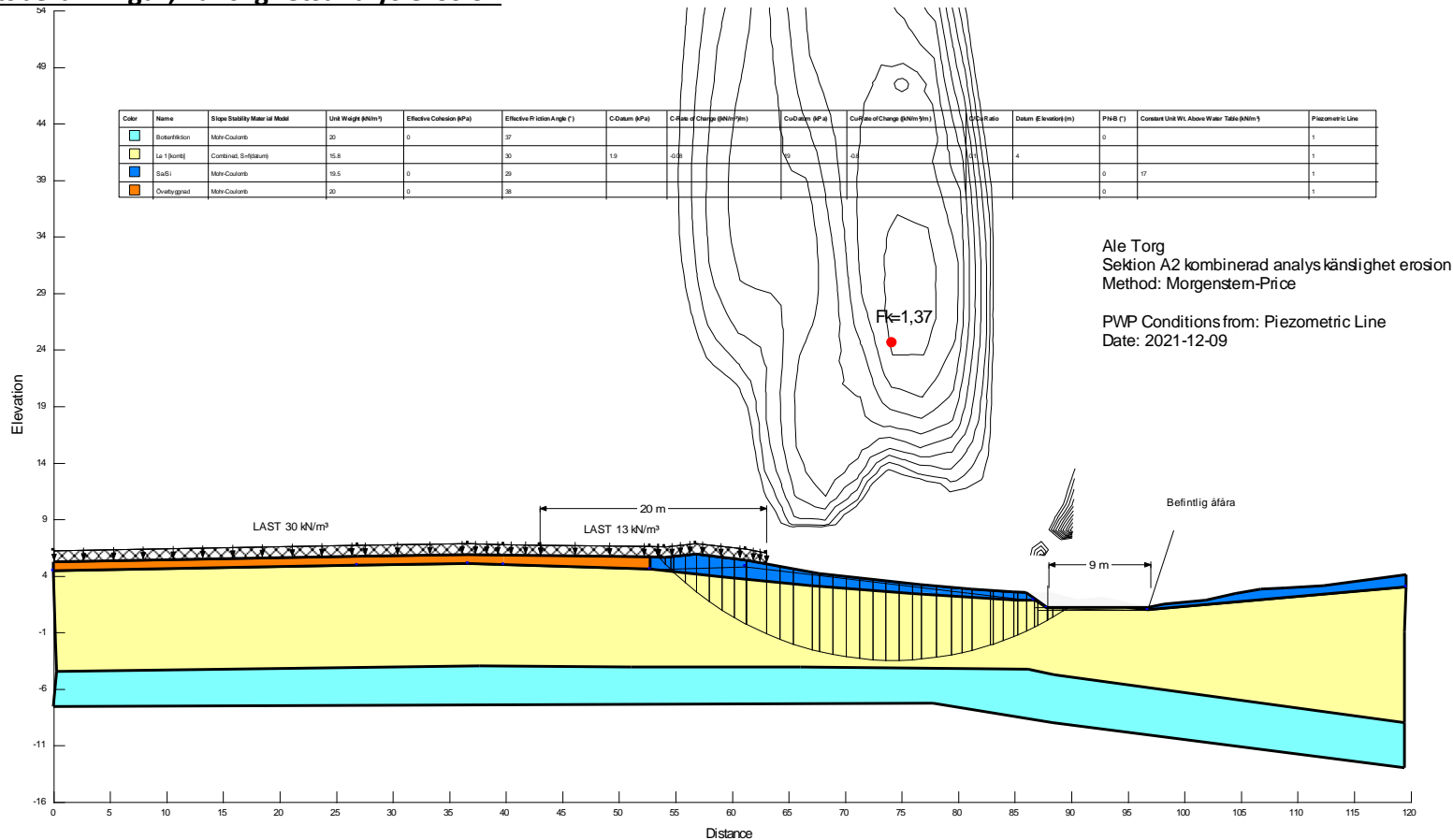
Stabilitetsberäkningar, känslighetsanalys erosion



Figur 6.5-1 Stabilitetsberäkning Sektion A2, marklast 13 kPa 20 m närmast slänten, resterande 30 kPa, odränerad analys. Åfåra eroderat 9 m in mot planområdet

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2021-01-31	Rev datum 2021-12-17
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga. Bilaga 6.5
		Sid.nr. 2 (2)

Stabilitetsberäkningar, känslighetsanalys erosion



Figur 6.5-2 Stabilitetsberäkning Sektion A2, marklast 13 kPa 20 m närmast slänten, resterande 30 kPa, kombinerad analys. n, resterande 30 kPa, kombinerad analys. Åfåra eroderat 9 m in mot planområdet.