

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

Göteborg 2018-12-14

NollTre Konsult AB

Projektbenämning: Ale Torg
Uppdragsansvarig: Johan Boström
Uppdragsnummer: 6011-1801
Dokumentbeteckning: PM-001
Reviderad:

NOLLTRE KONSULT AB
Nordostpassagen 58
413 11 Göteborg
Org. Nr 559119-6448

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sida

1	ORIENTERING	4
2	UNDERLAG	4
3	GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR.....	4
4	TOPOGRAFI OCH MARKFÖRHÅLLANDEN	5
4.1	Planområde och befintlig verksamhet	5
4.2	Topografi och ytbeskaffenhet	6
4.3	Befintliga konstruktioner	6
5	GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN	7
5.1	Jordlagerföljd och geotekniska egenskaper	7
5.2	Geohydrologiska förhållanden	8
5.3	Erosion	8
6	STABILITETSFÖRHÅLLANDEN	9
6.1	Säkerhetsrekommendationer	10
6.2	Beräkningsförutsättningar	12
6.2.1	Geometri och lagergränser	12
6.2.2	Materialparametrar	12
6.2.3	Grundvatten, portryck och vattennivå	12
6.2.4	Marklaster	12
6.3	Beräkningsresultat befintliga förhållanden	13
6.4	Beräkningsresultat ökad markbelastning	14
7	SÄTTNINGSFÖRHÅLLANDEN	15
8	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	16

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

BILAGEFÖRTECKNING

Bilaga

UTFÖRDA FÖRSTÄRKNINGAR VID E45 OCH NORGE/VÄNERBANAN	4.3
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 sensitivitetsskvot	5.1-4
Sammanställning av jordens effektivspänningar	5.1-5
Sammanställning av lerans korrigerade skjuvhållfasthet, sektion A och B	5.1-6
Sammanställning av lerans korrigerade skjuvhållfasthet, sektion C.....	5.1-7
Sammanställning av lerans korrigerade skjuvhållfasthet, sektion D	5.1-8
STABILITETSBERÄKNINGAR BEFINTLIGA FÖRHÅLLANDEN	6.3
Sektion A, odränerad analys	6.3-1
Sektion A, kombinerad analys	6.3-2
Sektion B, odränerad analys.....	6.3-3
Sektion B, kombinerad analys	6.3-4
Sektion B, kombinerad analys känslighetsanalys portryck	6.3-5
Sektion C, odränerad analys.....	6.3-6
Sektion C, kombinerad analys	6.3-7
Sektion D, odränerad analys	6.3-8
Sektion B, odränerad analys, 3D-effekter	6.3-9
STABILITETSBERÄKNINGAR ÖKAD MARKBELASTNING	6.4
Sektion A, odränerad analys	6.4-1
Sektion A, kombinerad analys.....	6.4-2
Sektion C, odränerad analys.....	6.4-3
Sektion C, kombinerad analys	6.4-4
Sektion D, odränerad analys	6.4-5

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
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.

Föreliggande PM utgör en dokumentation över den geotekniska projektering som utförts.

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-ylv/>
- "Ale, Hålldammsbäcken och Lodingebäcken, PM geoteknik avseende erosion och stabilitet" upprättad av Norconsult, daterad 2016-09-05

3 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

Inom området har en rad olika geotekniska undersökningar och utredningar utförts för olika projekt och vid olika tidpunkter. Relevanta undersökningar har sammanställts i en separat handling benämnd:

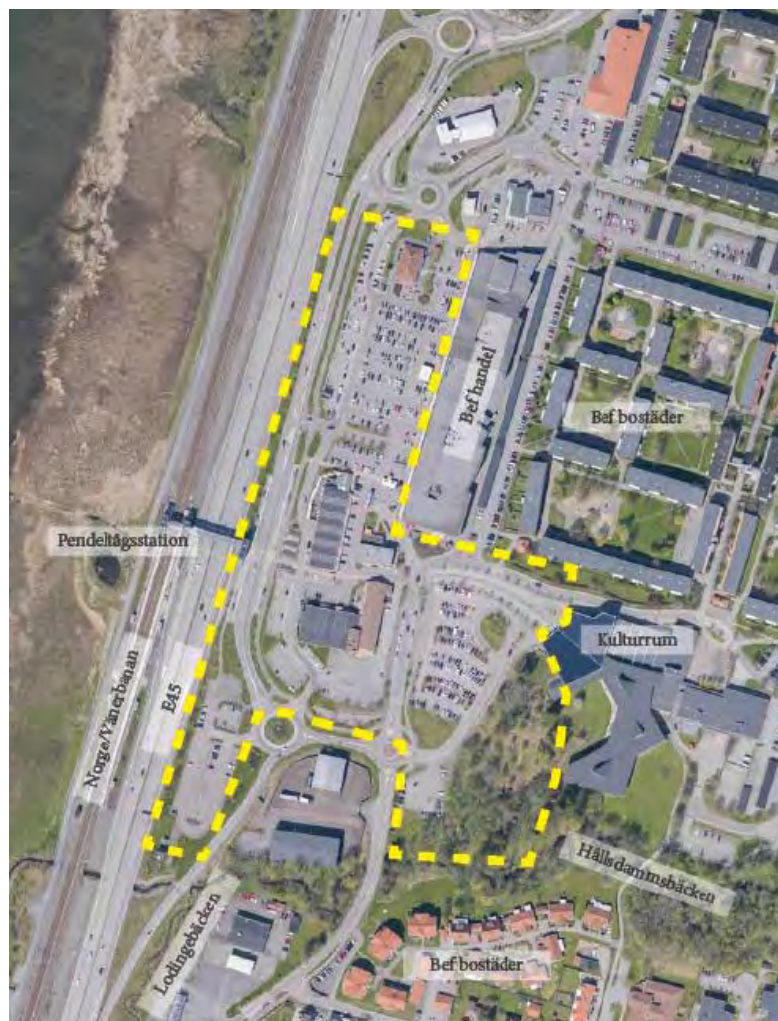
- "Ale Torg, Markteknisk undersökningsrapport, MUR" upprättad av NollTre Konsult AB med uppdragsnummer 6011-1801, daterad 2018-12-14.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

4 TOPOGRAFI OCH MARKFÖRHÅLLANDEN

4.1 Planområde och befintlig verksamhet

Planområdets preliminära utbredning redovisas i figur 4.1-1 nedan.



Figur 4.1-1 Planområdets utbredning

Området består av tidigare jordbruksmark. År 1877 började järnvägen mellan Göteborg och Trollhättan dras fram och en station förlades i Nödinge. Inom planområdet fanns från 1950-talet Nödinge verkstäder samt Nödinge billack som bedrev ytkrävande och utsläppsbringande verksamheter. Centrum för Nödinge låg tidigare längre in i orten. År 1996 förflyttades centrum till det som idag kallas för Ale torg och öppnade som ett köpcentrum vänt mot E45. I södra delen av området rinner Hållsdammsbäcken som går ihop med Lodingebäcken från söder och som båda har sitt utlopp mot Göta älv i väster. Området kring bäckarna och älven är grönt och består av höga naturvärden och omfattas av riksintresse för naturvård. Bäckarna har en pågående erosion som innebär att det i planering och ny centrumutveckling behöver

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

tas hänsyn till avståndet till bäckarna. Planområdet gränsar till och påverkas av infrastrukturstråket i väst med E45, NorgeVänerbanan och Nödingevägen vilka påverkar området ur buller, luft och riskhänseende och skär av centrumskontakt med Göta älv. E45 och NorgeVänerbanan är av riksintresse för väg och järnväg. I öst gränsar området till Kulturrum.

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 +0 enligt utförd laserscanning.

4.3 Befintliga konstruktioner

Inom området ligger ett flertal byggnader i ett till två plan.

I södra delen av området finns två broar, en äldre vid Nödingevägen samt en nyare vid avfartsrampen från E45 som byggdes i samband med att vägen byggdes ut. I samband med att E45 byggdes om i området utfördes geotekniska förstärkningsåtgärder under framför allt E45 och NorgeVänerbanan, men även under några lokalvägar inom planområdet. Förstärkningarna redovisas i bilaga 4.3-1 till 4.3-2.



Figur 4.3-1, -2 Äldre bro vid Nödingevägen och Hålldammsbäcken strax öster om planområdet

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
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.

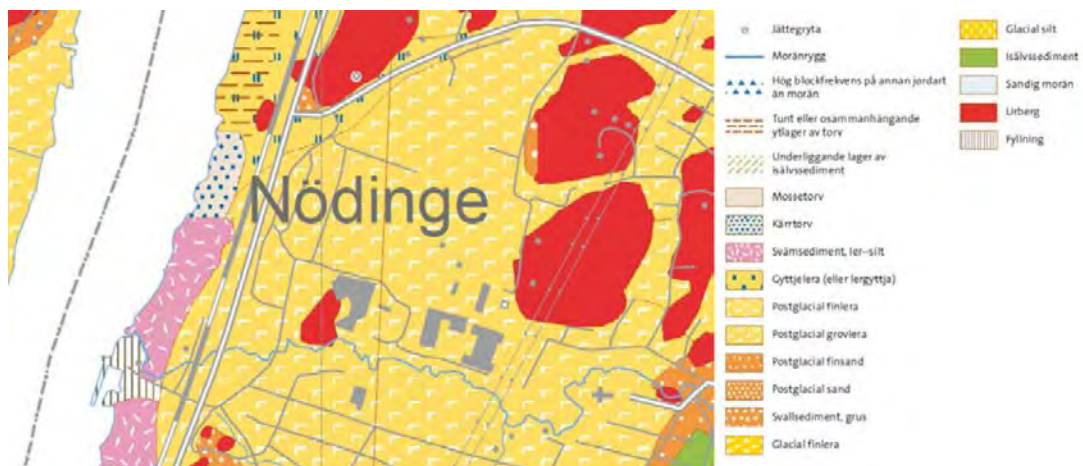
Jordlagerföljden i området består generellt av ett lager fyllning (bestående av överbyggnad) ovan ett lager lera följt av en friktionsjord som vilar på berg.

Fyllningens tjocklek varierar generellt mellan ca 0,5 och 1,5 m.

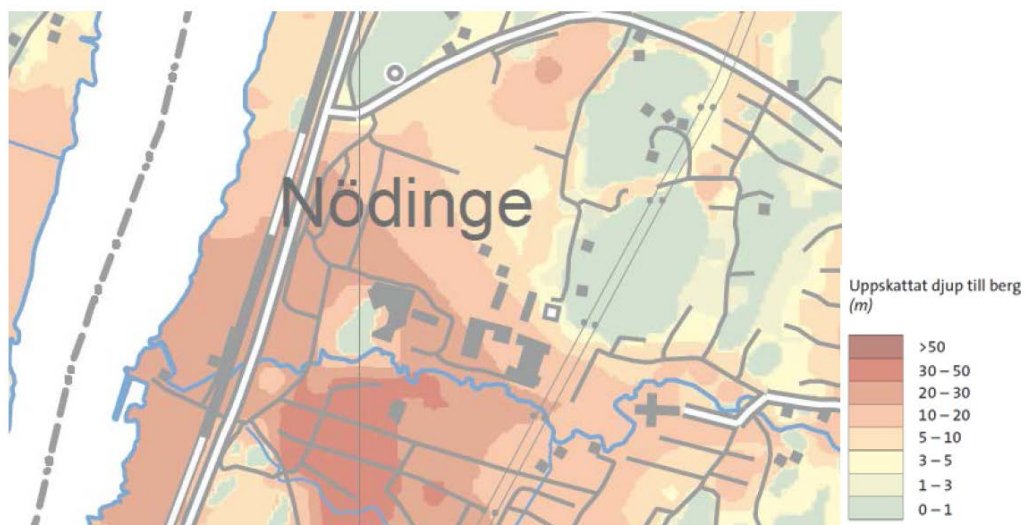
Lerlagrets tjocklek varierar stort inom området från 0 i sydöstra delen av området till ca 35 m i västra delen av området. Leran kategoriseras som mycket höglplastisk, plasticiteten avtar något mot djupet. Leran är i huvudsak mellansensitiv.

Lerans skjuvhållfasthet varierar mellan att vara extremt låg till låg och ökar mot djupet.

Sammanställning av lerans geotekniska parametrar redovisas i 5.1-1 till bilaga 5.1-8.



Figur 6.3-1 Utsnitt ur SGU:s jordartskarta



Figur 6.3-2 Utsnitt ur SGU:s jorddjupskarta

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
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.

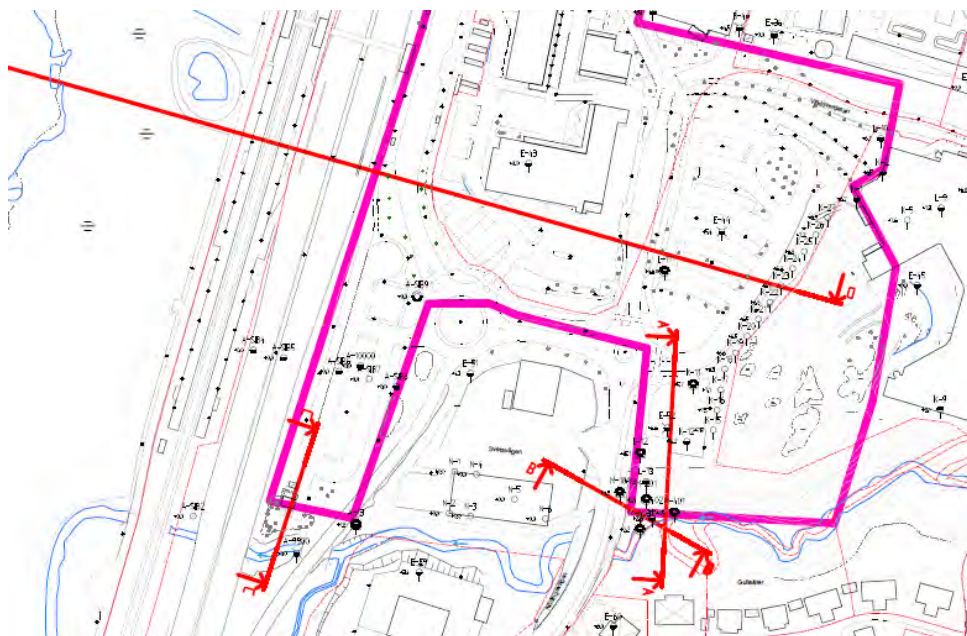
5.3 Erosion

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. 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 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status



Figur 6-2 Beräkningssektioners lägen i plan.

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.

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.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

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	Risk för människoliv och ekonomisk skada Risk för bakåt- och framåtgripande skred Lutande och nedfallna träd
Släntens beständighet	Erosionskydd finns vid broar i sydvästra delen av området	Risk för yterrosion där erosionskydd saknas
Tidigare förändringar i slänten	Utlagda fungerande erosionskydd	Pågående erosion där erosionskydd saknas
	Utförda stabilitetshöjande åtgärder (tryckbank utlagd i sydöstra delen av området)	
Jordens egenskaper		Kohesionsjord
Analys- och beräkningsarbetets tillförlitlighet	Känslighetsanalys utförd på portryck i kritisk sektion	Kritiska glidytor omfattar mindre jordvolym med ett fåtal hållfasthetsbestämningar
Fält- och laboratorieundersökningar	Relativt tätt undersökt i förhållande till områdets storlek, undersökningarna ger bra geotekniskt underlag av hela utredningsområdet Kompressionsförsök är utförda In situ-provning är utförd med vingförsök	Direkta skjuvförsök saknas Triaxialförsök saknas
Släntens geometri	Laserscannat område	Inga inmätningar i kritiska sektioner
Grundvatten- och portrycksförhållanden	Begränsade förväntade tryckvariationer Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena utförd	
Ytvattenförhållanden	Karakteristiska vattenstånd är kända	

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

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	1,60	1,45	1,35

6.2 Beräkningsförutsättningar

6.2.1 Geometri och lagergränser

Släntgeometri har genererats från digital terrängmodell. Göta Älvs bottenprofil har genererats utifrån den botten scanning som utfördes inom ramen för Göta älvutredningen.

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

6.2.2 Materialparametrar

Materialegenskaper har utvärderats utifrån utförda geotekniska fält- och laboratorieundersökningar. Vid beräkning av totalstabilitet i sektion D har geotekniska parametrar i Göta älv och dess strandzon valts utifrån en närliggande beräkning som utförts inom ramen för SGI:s Göta älvutredning (sektion 62/261 E). 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 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. Vattennivå i Göta Älv har ansatts till lägsta lågvatten (-0,5 m).

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.

6.2.4 Marklaster

Marklaster har ansatts där de verkar ogynnsamt. Trafiklast härledd till fordonstrafik har tillskrivits 13 kN/m² över hela körfältets bredd medan gång- och cykeltrafik har tillskrivits 5 kN/m². Laster från järnväg har valts enligt TK Geo (53 respektive 42,4 kPa). Variabla laster har enbart beaktats i odränerad analys (kortidsförhållanden).

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

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 sånär erforderlig säkerhetsnivå, se bilaga 6.3-9

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.

I sektion D har ingen hänsyn tagits till de stabilitetshöjande åtgärder som utförts under väg E45 och Norge/Vänerbanan, se bilaga 4.3 för utförda förstärkningar.

Tabell 6.3-1 Resultat från utförda stabilitetsberäkningar avseende befintliga förhållanden

Sektion	Lägsta beräknade säkerhetsfaktor F		Bilaga/Figur
	F _C	F _{KOMB}	
A	2,17	2,03	6.3-1, 6.3-2
B	1,50 /1,59 ¹⁾ 1,48 ²⁾	1,73/1,68 ³⁾	6.3-3, 6.3-4, 6.3-5, 6.3-9 ³⁾ ,
C	3,18	1,86	6.3-6, 6.3-7
D	1,35³⁾ /1,77	-	6.3-8

1) Vid tredimensionell-analys

2) Avser glidyta med endast dränerade materialparametrar

3) Beräknad säkerhetsfaktor vid känslighetsanalys av portrycket i leran.

4) Avser glidyta i Göta Älvs strandzon, vilken inte kommer att påverka planområdet

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 vilket håll fåran kommer att erodera och hur snabbt. En möjlig metodik är att försöka förutsäga ett initialskred (glidyta med beräknad lägsta säkerhetsfaktorn i slänten) och utifrån detta förutsäga bakåtgripande skreds utbredning genom Per-Evert Bengtssons metodik (se Göta älvutredningens rapport GÄU-32). 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. I slänten vid sektion A och B saknas bestämmningar av lerans sensitivitetskvot vilket gör en sekundärskredsbedömning mycket osäker. Dessutom bör slänten mätas in för att få säkrare geometriska förutsättningar. Det bör dock poängteras att för att säkra stabiliteten långsiktigt bör erosionen förhindras, nedan följer ett utdrag ur IEG rapport 4:2010.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

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.

6.4 Beräkningsresultat ökad markbelastning

Beräkningssektionerna har kontrollerats mot en ökad markbelastning inom planområdet för att utreda vilken som kan belasta släntröner innan säkerhetsfaktorn blir för låg. Markbelastningen har maximalt ansatts till 40 kPa, vilket innebär ca 2 m fyllning. Större belastning än 40 kPa anses vara orimlig med hänsyn till att vid en sådan belastning kommer mycket stora sättningar att utvecklas, se kapitel 7. Sektion B ligger utanför planområdet varför en lastökning inte har studerats i denna sektion. 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, 30 kPa 10 m närmast släntröner därefter 40 kPa	1,59	1,53	6.3-1, 6.3-2
C, 40 kPa hela planområdet	1,73	1,67	6.3-6, 6.3-7
D, 40 kPa hela planområdet	2,70	-	6.3-8

¹⁾ Beräknad säkerhetsfaktor för glidyta som påverkar planområdet

Stabilitetsberäkningarna visar att ytterligare last kan appliceras inom planområdet utan risk för skred föreligger, förutsatt att ingen erosion sker i närliggande vattendrag.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

7 SÄTTNINGSFÖRHÅLLANDEN

Spänningsdiagram för befintliga förhållanden redovisas i bilaga 5.1-5. Diagrammet är baserat på CRS-försök som är utförda 1994 och det bör poängteras att leran kan ha konsoliderat för befintliga spänningar något, dvs beräknade sättningar ger ett något högre resultat.

Diagrammet visar att leran endast är överkonsoliderad med ca 5-10 kPa vilket innebär att det pågår krypsättningar genom så gott som hela lerprofilen. Då leran har en högvattenkvot är krypsättningarnas storlek relativt stora. Sättningsprognoser har utförts för 5, 10 och 20 kPa tillskottsbelastning, motsvarande en fyllnadstjocklek på ca 0,25 m, 0,5 m och 1,0 m. Då jorddjupet varierar inom området har beräkningar utförts för ett lerdjup på 15 respektive 30 m, resultat redovisas i tabeller nedan.

Tabell 7-2 Prognosticerade sättningar vid 15 m lerdjup

Tid / Tillskotts-belastning	5 kPa	10 kPa	20 kPa
20 år	4 - 7 cm	11 - 19 cm	28 - 47 cm
50 år	7 - 12 cm	19 - 32 cm	47 - 80 cm
100 år	9 - 15 cm	23 - 39 cm	60 - 102 cm

Tabell 7-2 Prognosticerade sättningar vid 30 m lerdjup

Tid / Tillskotts-belastning	5 kPa	10 kPa	20 kPa
20 år	5 - 7 cm	12 - 20 cm	29 - 47 cm
50 år	9 - 15 cm	21 - 35 cm	50 - 80 cm
100 år	12 - 20 cm	30 - 51 cm	71 - 102 cm

Beräkningarna visar att även vid små tillskottsbelastningar kommer betydande sättningar att utvecklas, dock utvecklas sättningarna under lång tid. Med hänsyn till sättningar bör eventuella uppfyllnader begränsas alternativt kompenseras med lättfyllning. I områden där jorddjupet understiger 25 m är även en tänkbar åtgärd att jorden förstärks med kalk-cementpelare.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum
Uppdragsnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Status

8 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Släntgeometrier är genererade utifrån en laserscanning vilket ibland kan ge något osäkra marknivåer, särskilt vid vattendrag. Därför rekommenderas att slänterna vid sektion A och B mäts in och kontrollerats mot utförda stabilitetsberäkningar.

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. Därför föreslås att kompletterande undersökningar för bestämning av lerans sensitivetsknot, därefter kan områden där risk för sekundärskred som följd av erosion tas fram. Slänterna rekommenderas även att mätas in. Kompletteringen bör utföras under detaljplaneskedet.

Stabilitetsberäkningarna visar att det inte föreligger några stabilitetsproblem vid befintliga förhållanden och att markbelastningar på mellan 30 och 40 kPa kan utföras utan att risk för stabilitetsbrott föreligger vid oförändrade släntgeometrier.

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

Byggnader som grundläggs ovan lera rekommenderas att grundläggas med spetsburna pålar. Mindre byggnader som inte är känsliga för differenssättningar kan grundläggas med kompensationsgrundläggning.

Vid detaljprojektering av området bör ytterligare undersökningar utföras i synnerhet för bestämning av lerans sättningsegenskaper samt för pållängdsbestämning.

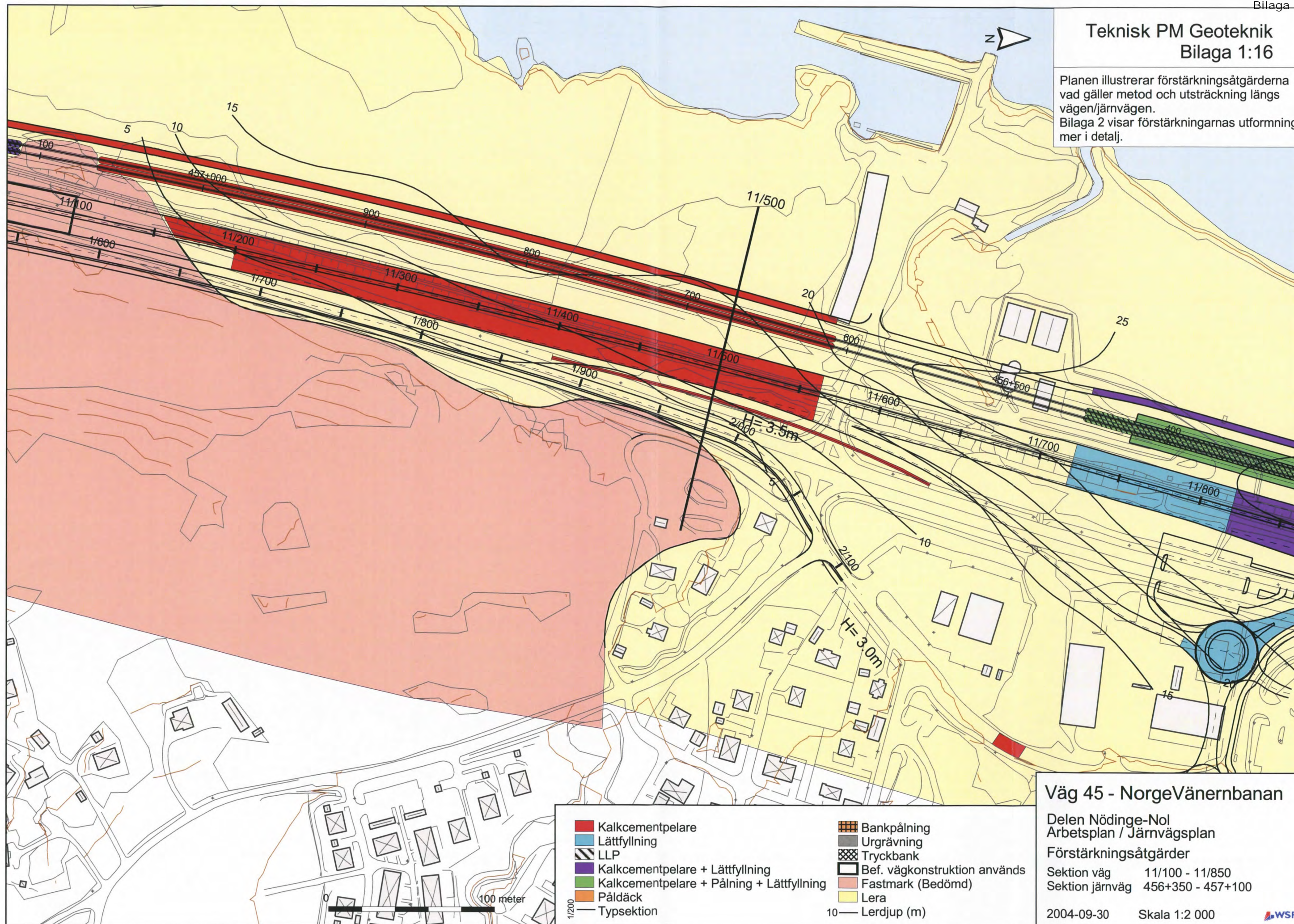
Göteborg 2018-12-14



NollTre Konsult AB
Johan Boström

Teknisk PM Geoteknik Bilaga 1:16

Planen illustrerar förstärkningsåtgärderna vad gäller metod och utsträckning längs vägen/järnvägen.
Bilaga 2 visar förstärkningarnas utformning mer i detalj.



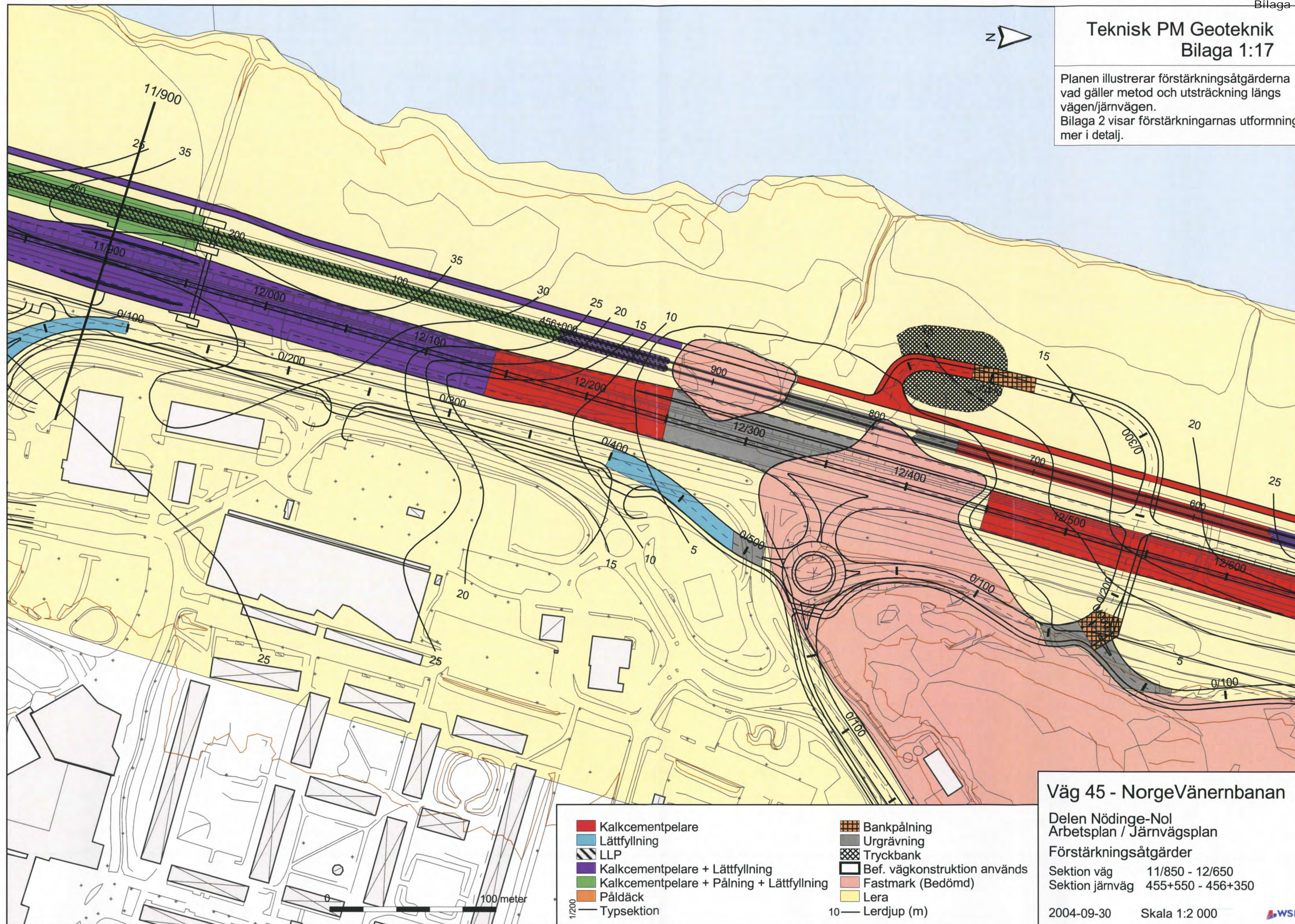
- | | |
|--|---|
| ■ Kalkcementpelare | Bankpålning |
| Lättfyllning | Urgrävning |
| LLP | Tryckbank |
| Kalkcementpelare + Lättfyllning | Bef. vägkonstruktion används |
| Kalkcementpelare + Pålning + Lättfyllning | Fastmark (Bedömd) |
| Påldäck | Lera |
| Typsektion | 10 — Lerdjup (m) |

Väg 45 - NorgeVänerbanan
 Delen Nödinge-Nol
 Arbetsplan / Järnvägsplan
 Förstärkningsåtgärder
 Sektion väg 11/100 - 11/850
 Sektion järnväg 456+350 - 457+100
 2004-09-30 Skala 1:2 000



Teknisk PM Geoteknik Bilaga 1:17

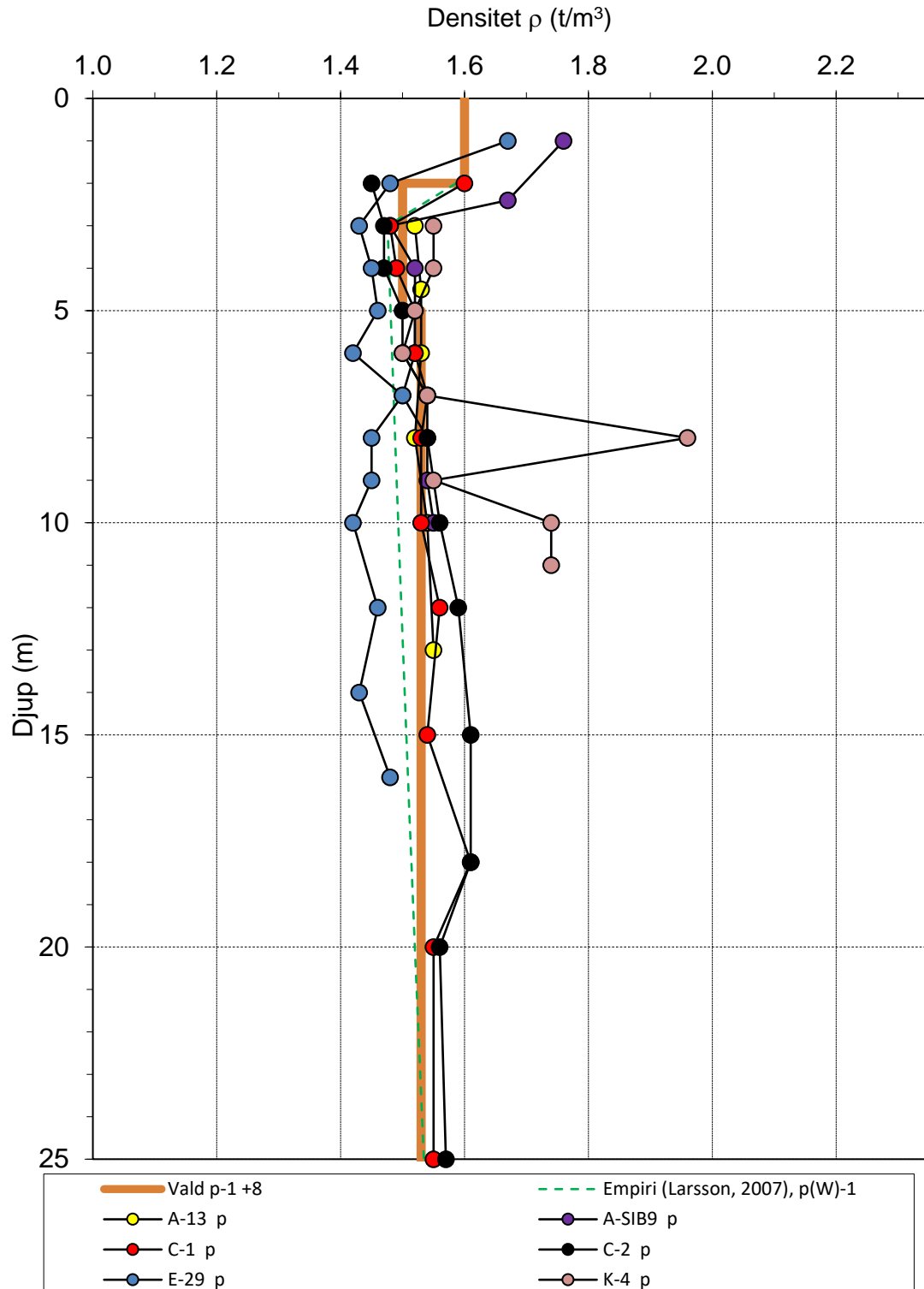
Planen illustrerar förstärkningsåtgärderna vad gäller metod och utsträckning längs vägen/järnvägen.
Bilaga 2 visar förstärkningarnas utformning mer i detalj.



- | | |
|--|--|
| ■ Kalkcementpelare | Bankpålning |
| ■ Lättfyllning | Urgrävning |
| LLP | Tryckbank |
| ■ Kalkcementpelare + Lättfyllning | Bef. vägkonstruktion används |
| ■ Kalkcementpelare + Pålning + Lättfyllning | ■ Fastmark (Bedömd) |
| ■ Påldeck | ■ Lera |
| — Typsektion | 10 — Lerdjup (m) |

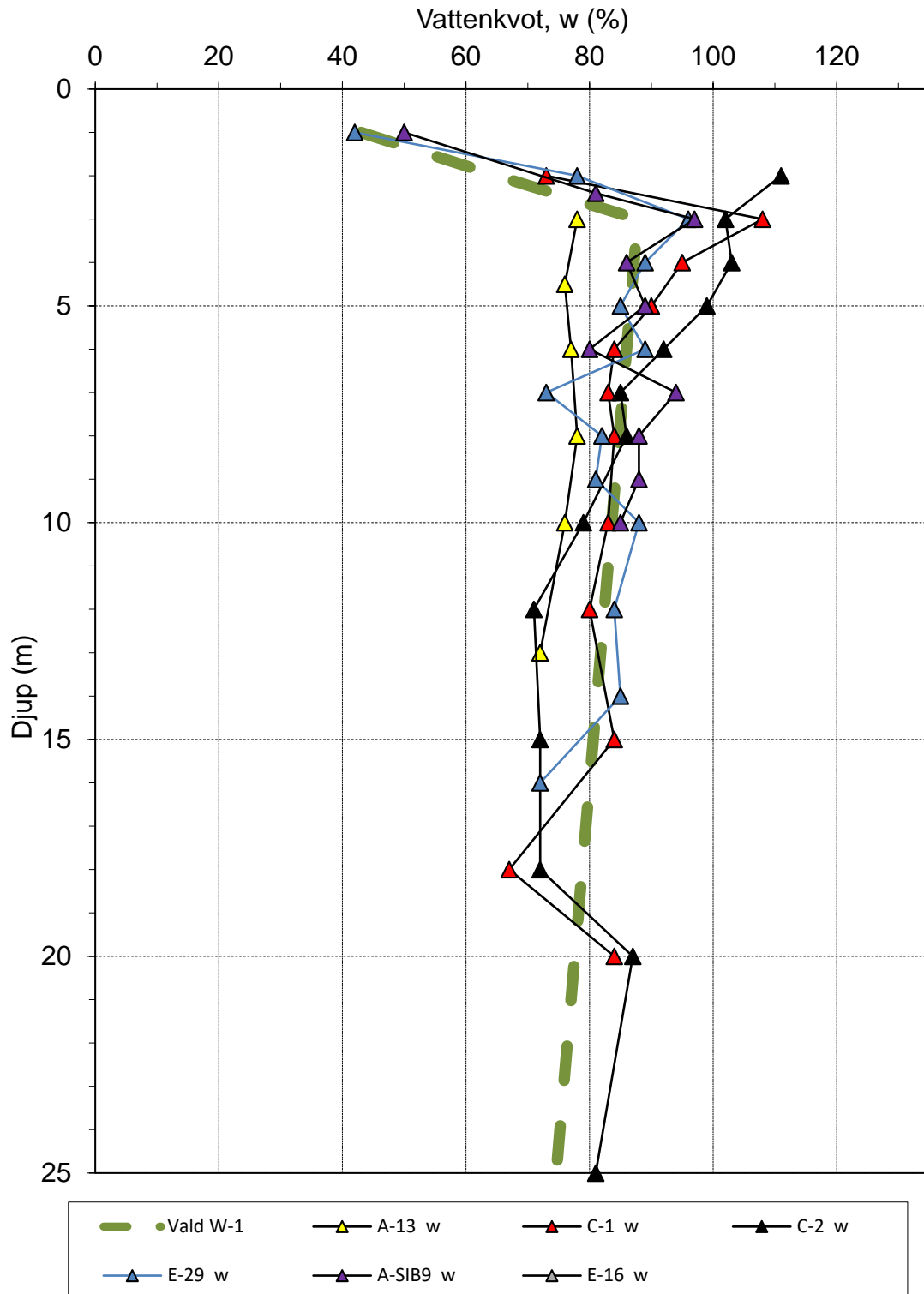
Väg 45 - NorgeVänerbanan
 Delen Nödinge-Nol
 Arbetsplan / Järnvägsplan
 Förstärkningsåtgärder
 Sektion väg 11/850 - 12/650
 Sektion järnväg 455+550 - 456+350
 2004-09-30 Skala 1:2 000

Titel	Dokumentdatum	Rev datum	
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14		
Projektnummer	Handläggare	Bilaga	Sidnr.
6011-1801	J Boström	Bilaga 5.1-1	1 (8)



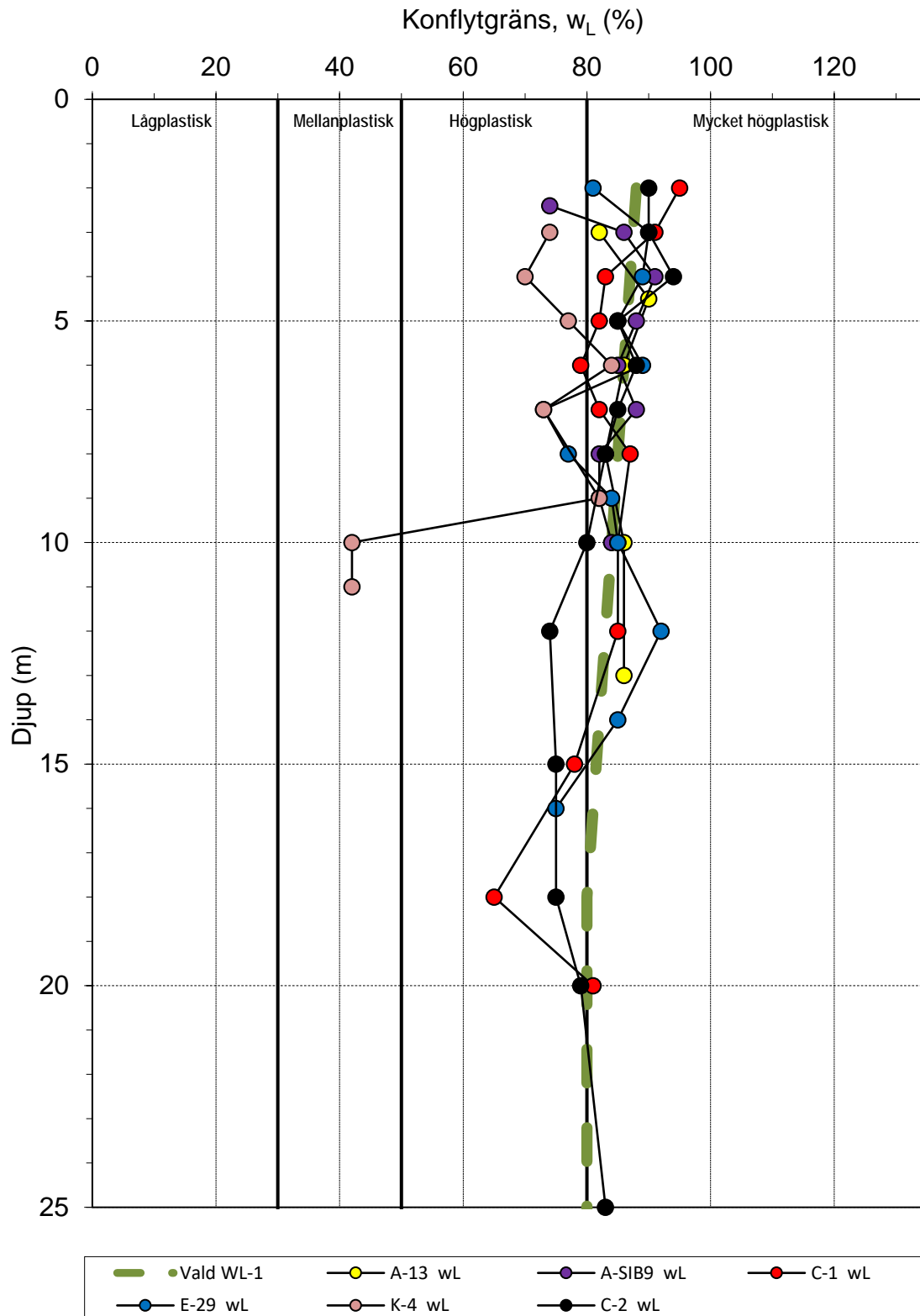
Figur 5.1-1 Sammanställning av jordens uppmätta densitet.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga Bilaga 5.1-2	Sidnr. 2 (8)



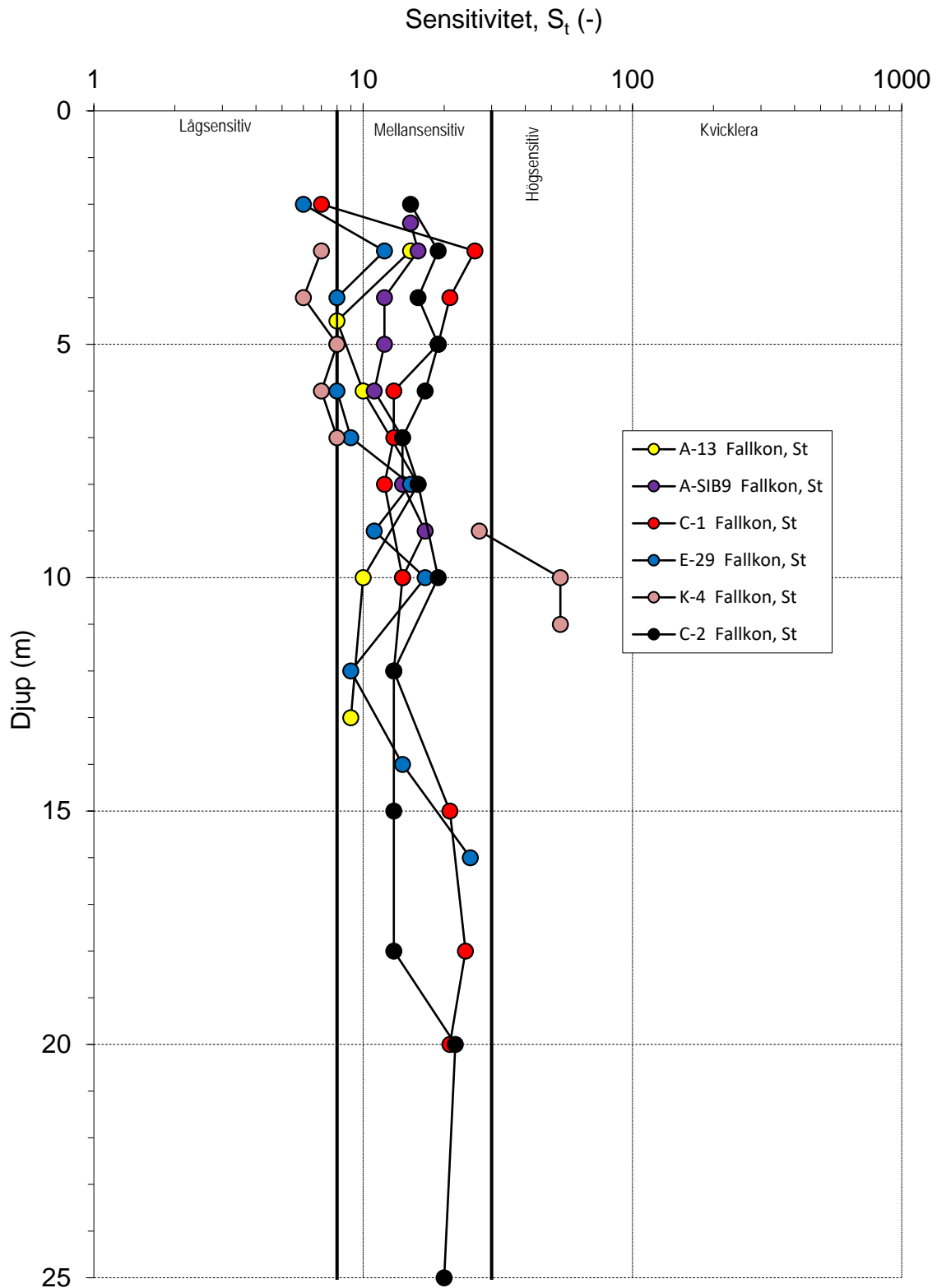
Figur 5.1-2 Sammanställning av jordens naturliga vattenkvot.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga Bilaga 5.1-3	Sidnr. 3 (8)



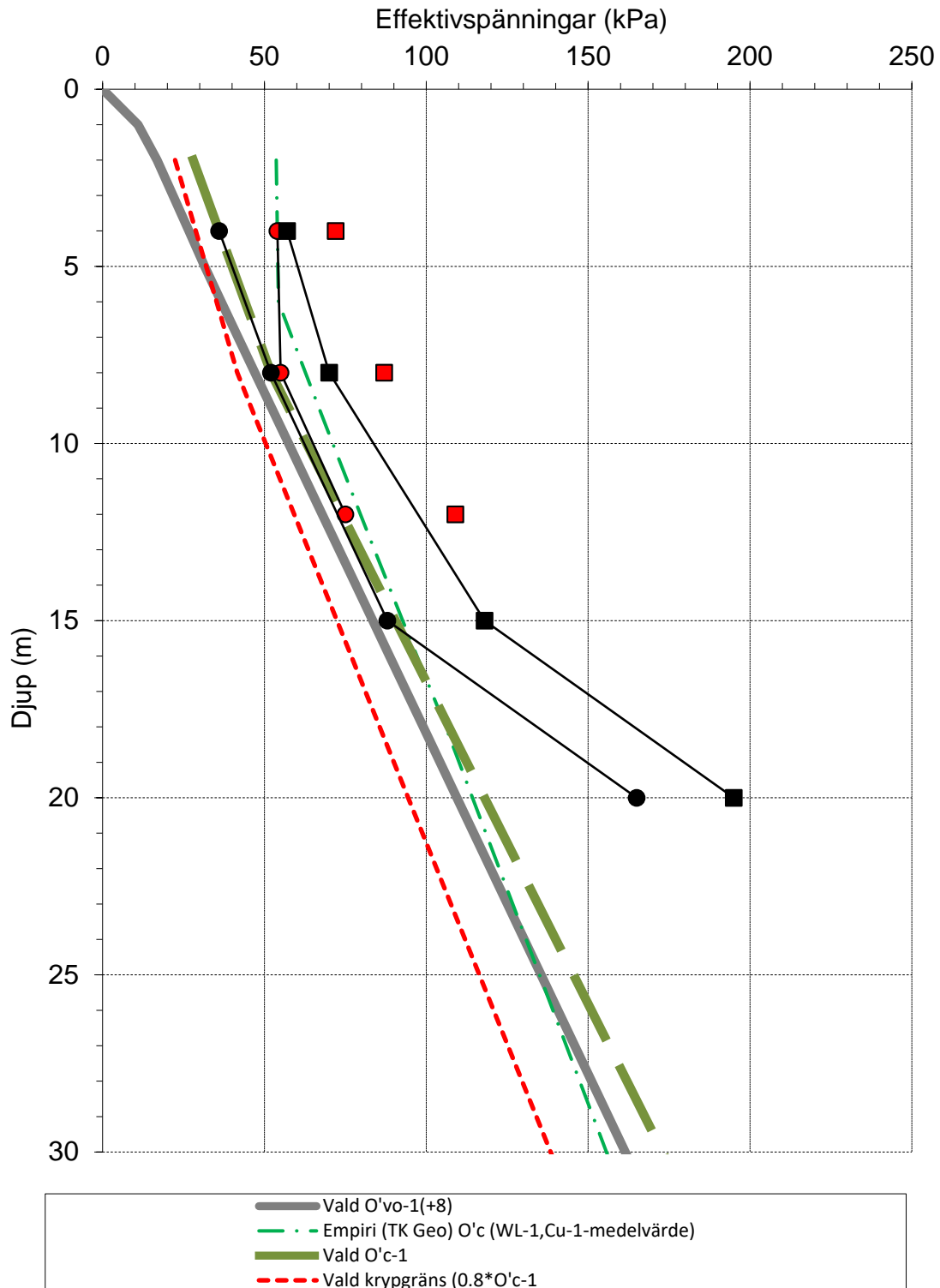
Figur 5.1-3 Sammanställning av jordens konflytgräns.

Titel	Dokumentdatum	Rev datum	
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14		
Projektnummer	Handläggare	Bilaga	Sidnr.
6011-1801	J Boström	Bilaga 5.1-4	4 (8)



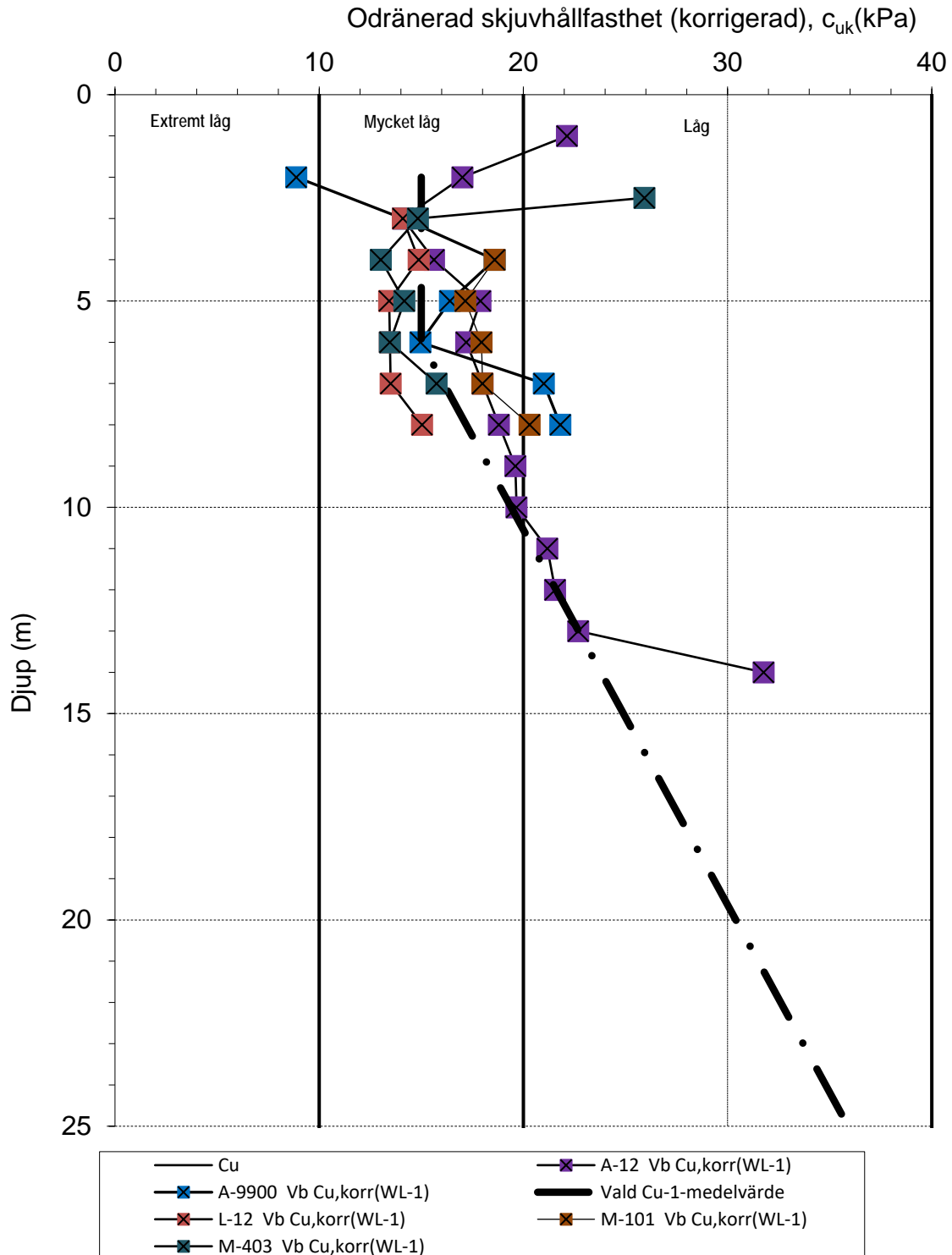
Figur 5.1-4 Sammanställning av jordens sensitivitetkvot.

Titel	Dokumentdatum	Rev datum	
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14		
Projektnummer	Handläggare	Bilaga	Sidnr.
6011-1801	J Boström	Bilaga 5.1-5	5 (8)



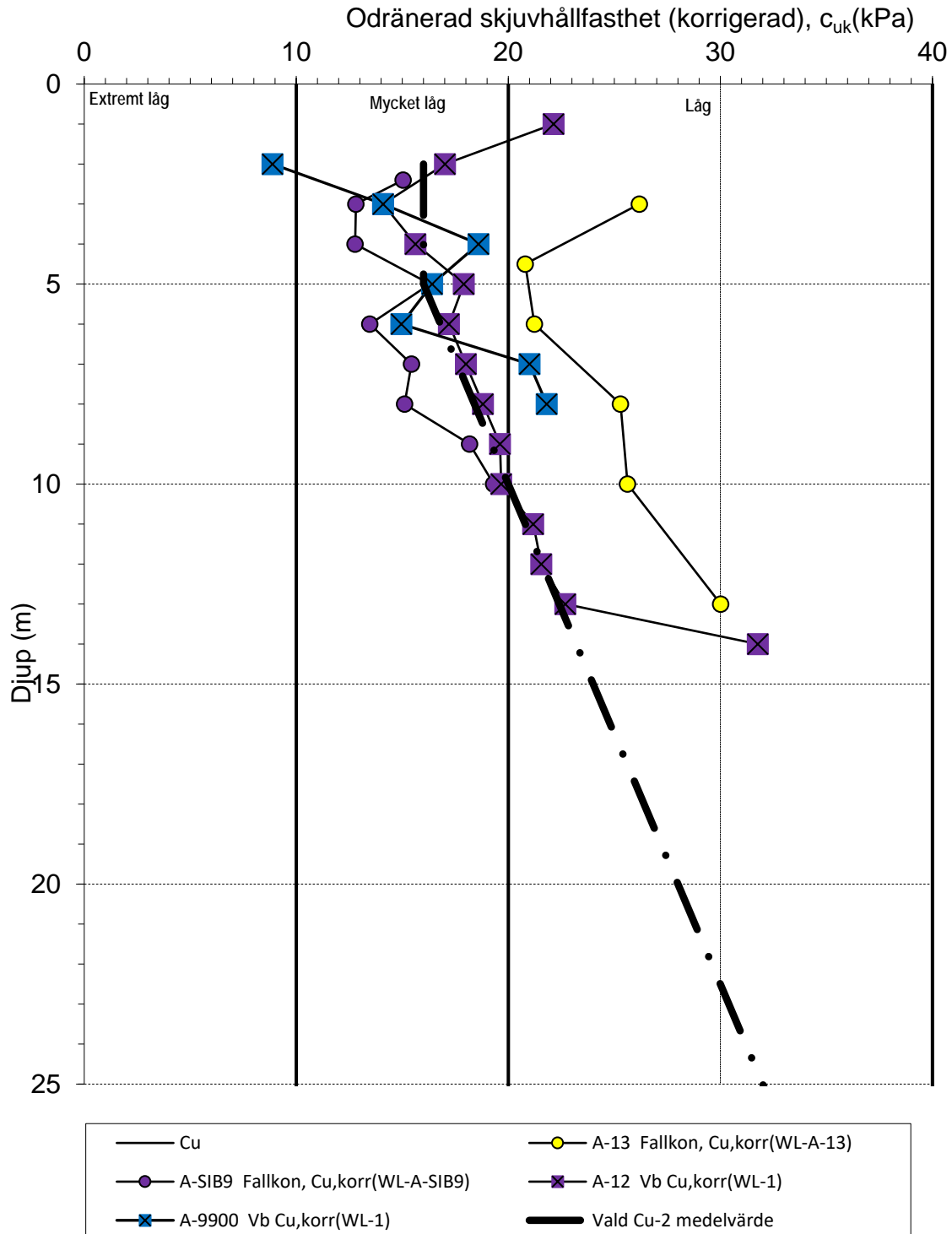
Figur 5.1-5 Sammanställning jordens effektivspänningar.

Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga Bilaga 5.1-6	Sidnr. 6 (8)



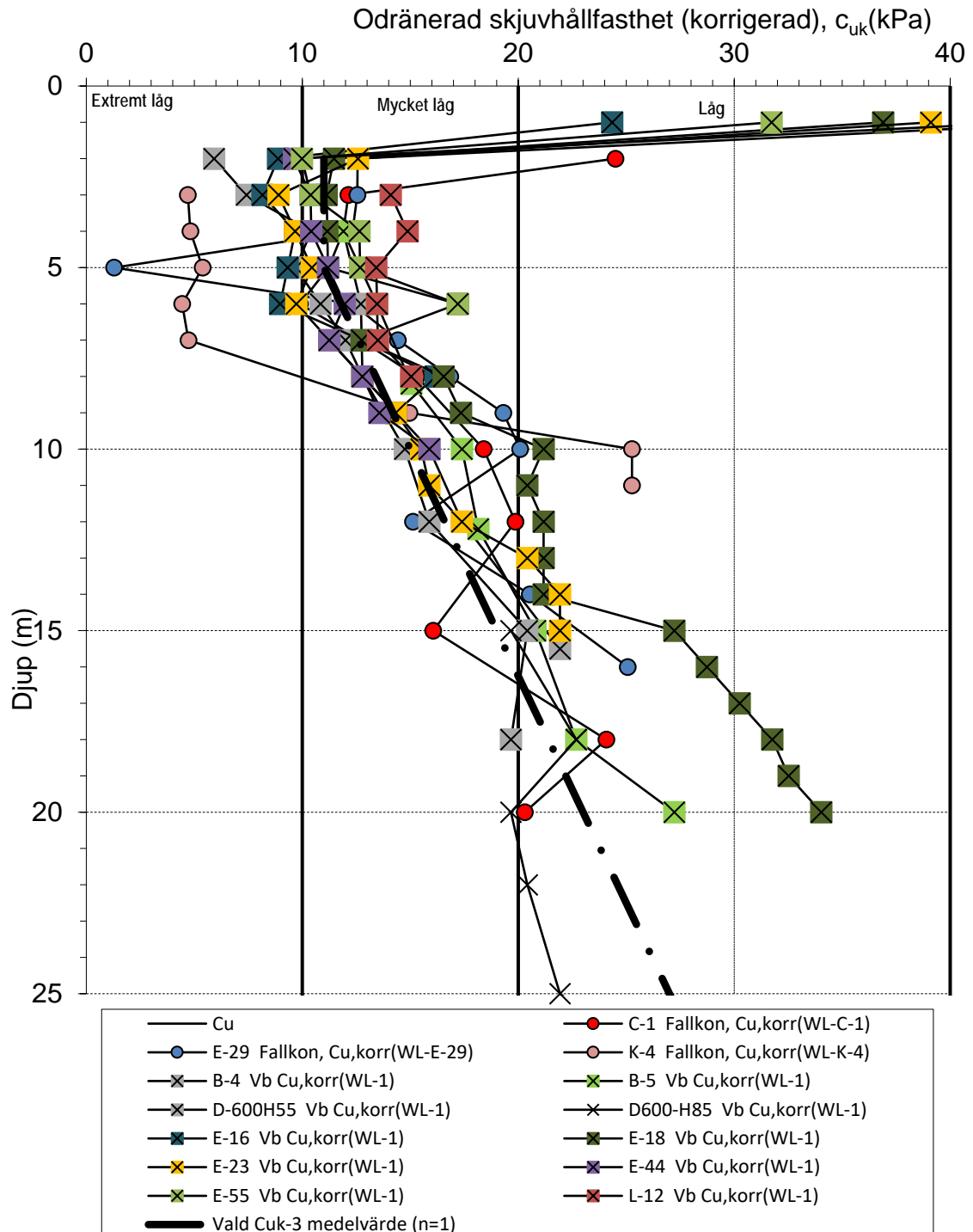
Figur 5.1-6 Sammanställning av jordens **korrigerade** odränerade skjuvhållfasthet i sydöstra delen av området (beräkningssektion A och B).

Titel	Dokumentdatum	Rev datum	
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14		
Projektnummer	Handläggare	Bilaga	Sidnr.
6011-1801	J Boström	Bilaga 5.1-7	7 (8)



Figur 5.1-7 Sammanställning av jordens *korrigerade* odränerade skjuvhållfasthet i sydvästra delen av området (beräkningssektion C).

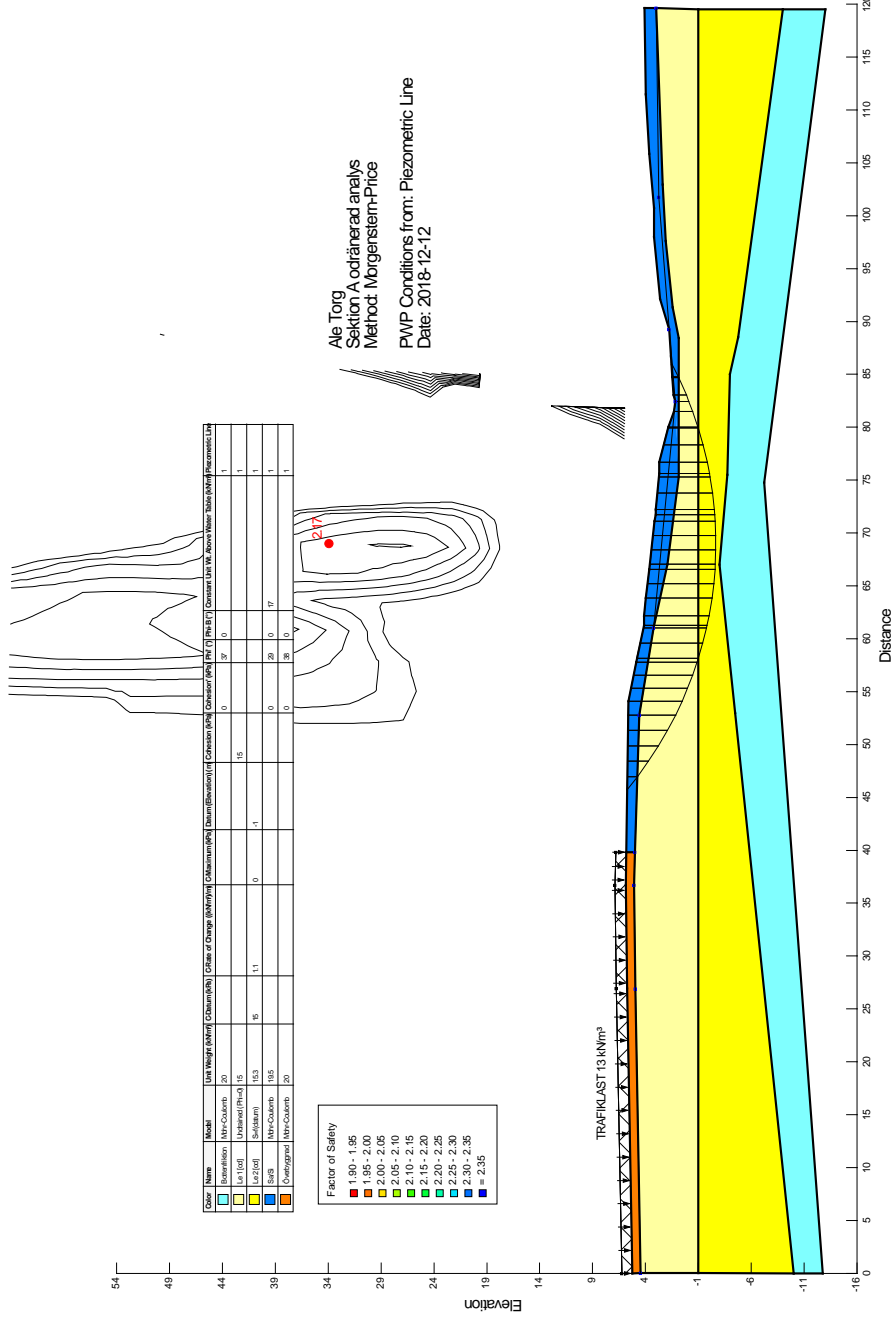
Titel Teknisk PM Geoteknik	Dokumentdatum 2018-12-14	Rev datum	
Projektnummer 6011-1801	Handläggare J Boström	Bilaga Bilaga 5.1-8	Sidnr. 8 (8)



Figur 5.1-8 Sammanställning av jordens *korrigerade* odränerade skjuvhållfasthet i centrala och norra delen av området (beräkningssektion D).

Titel	Dokumentdatum	Rev datum
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14	
Projektnummer	Handläggare	Bilaga
6011-1801	J Boström	Bilaga 6.3
		Sid.nr.
		1 (8)

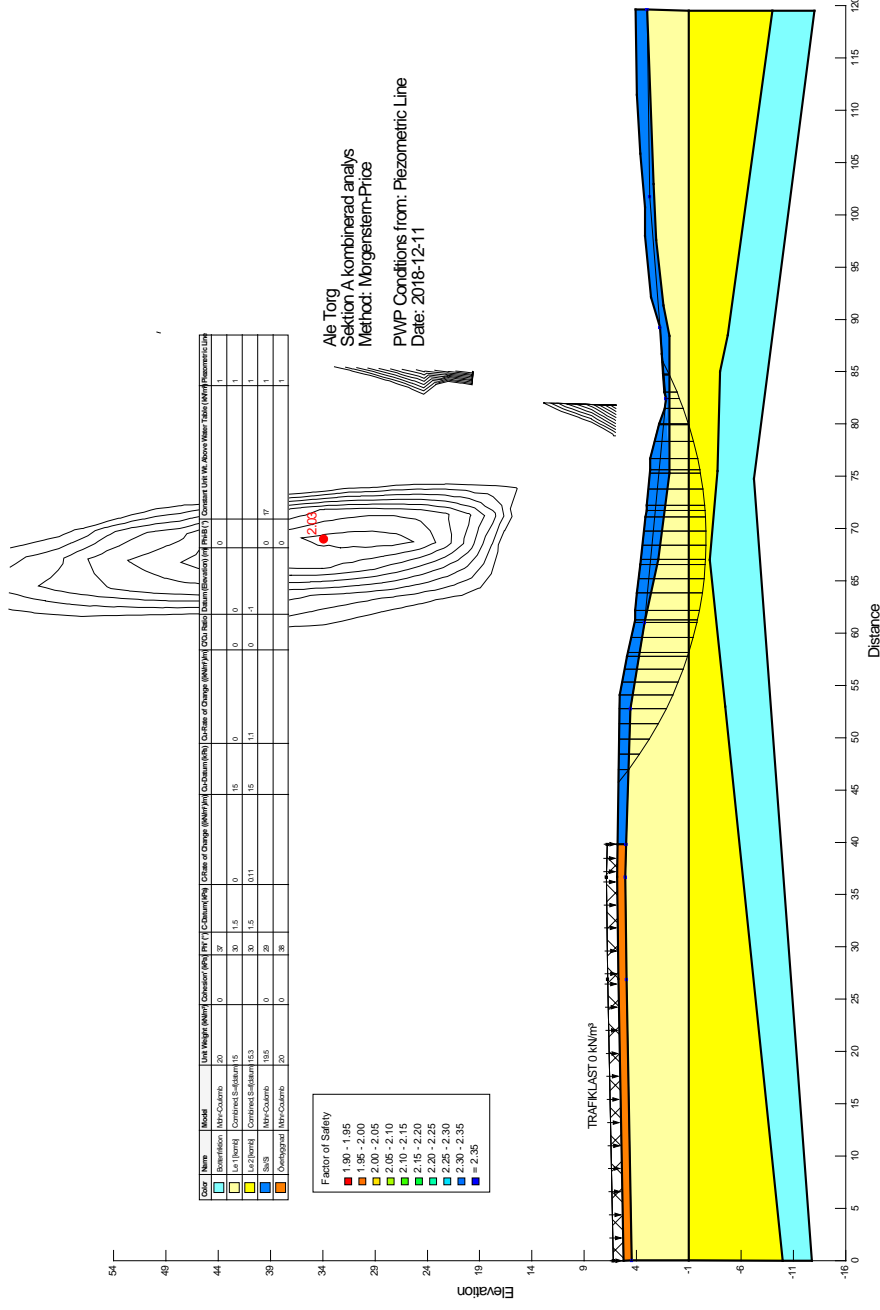
Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden



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

Titel	Dokumentdatum	Rev datum
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14	
Projektnummer	Handläggare	Bilaga
6011-1801	J Boström	Bilaga 6.3
		Sid.nr.
		2 (8)

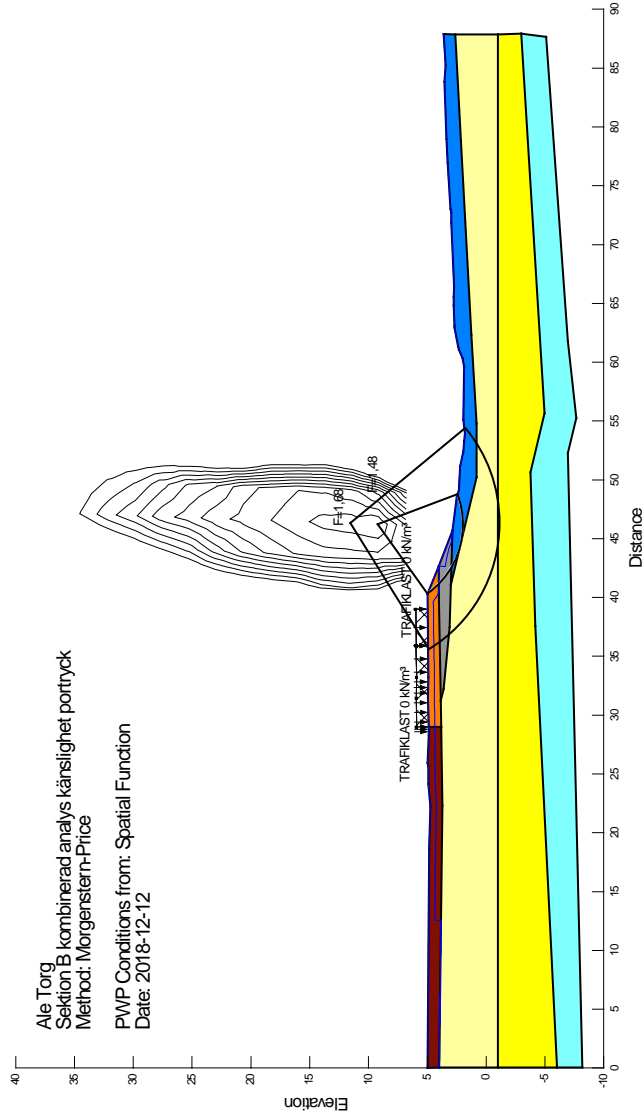
Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden



Figur 6.3-2 Stabilitetsberäkning Sektion A, befintliga förhållanden kombinerad analys

Titel	Dokumentdatum	Rev datum
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14	
Projektnummer	Handläggare	Bilaga.
6011-1801	J Boström	Bilaga 6.3
		Sid.nr.
		5 (8)

Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden

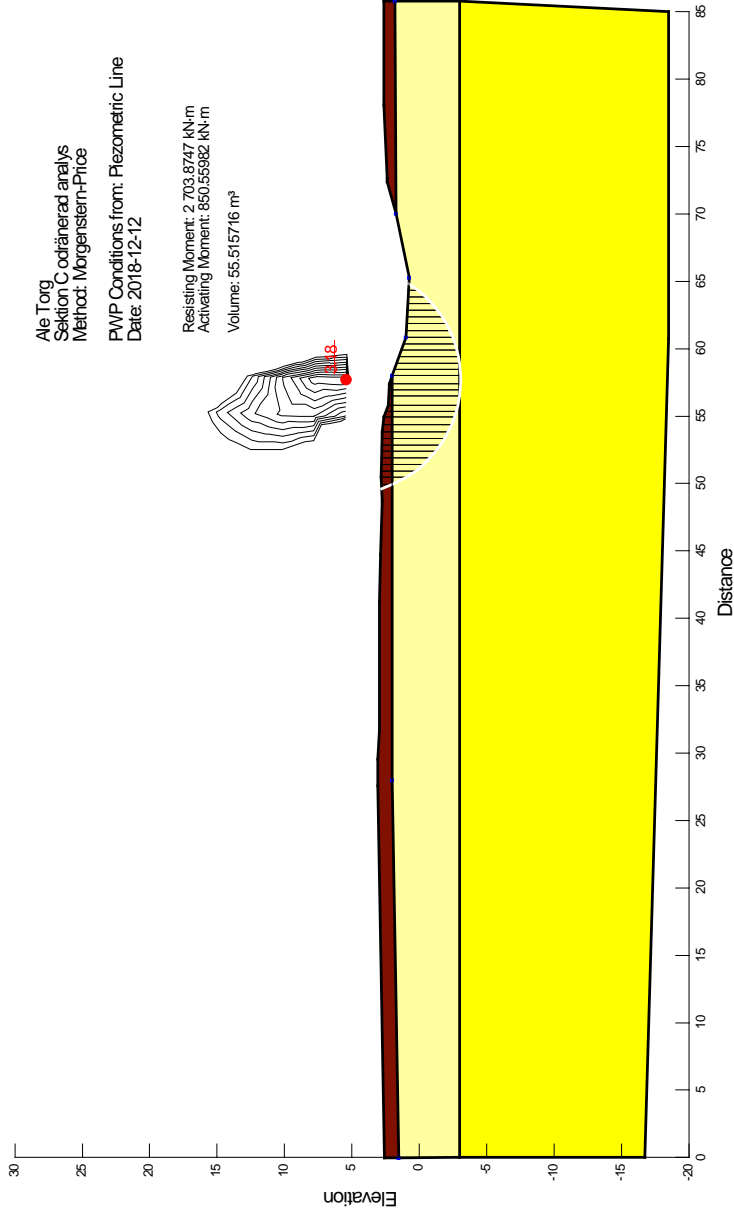


Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	cohesion (kPa)	friction (kPa)	Phi (°)	C/D Ratio	Cohesion (kN/m²)	Friction (kN/m²)	Cohesion (kPa)	Friction (kPa)	Cohesion (kN/m²)	Friction (kN/m²)	Cohesion (kPa)	Friction (kPa)	Cohesion (kN/m²)	Friction (kN/m²)	Cohesion (kPa)	Friction (kPa)	Cohesion (kN/m²)	Friction (kN/m²)				
Light Blue	Benyttning	MenColumns	20	0	37																				
Dark Blue	Grus	MenColumns	19	0	37																				
Light Green	Lu-1 (korr)	Combined: Skidstern	15	30	1.5	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Yellow	Lu-2 (korr)	Combined: Skidstern	15.3	30	1.5	0.11	15	1.1	0.1	1.1	0.1	1.1	0.1	1.1	0.1	1.1	0.1	1.1	0.1	1.1	0.1	1.1	0.1	1.1	
Light Yellow	Lu-3	Undrained Phi=0	18	25																					
Dark Green	SB3	MenColumns	19.5	0	28																				
Orange	Utslagsgård	MenColumns	20	0	38																				

Figur 6.3-5 Stabilitetsberäkning Sektion B, befintliga förhållanden kombinerad analys, känslighetsanalys porttryck.

Titel	Dokumentdatum	Rev datum
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14	
Projektnummer	Handläggare	Bilaga
6011-1801	J Boström	Bilaga 6.3
		Sid.nr.
		6 (8)

Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden

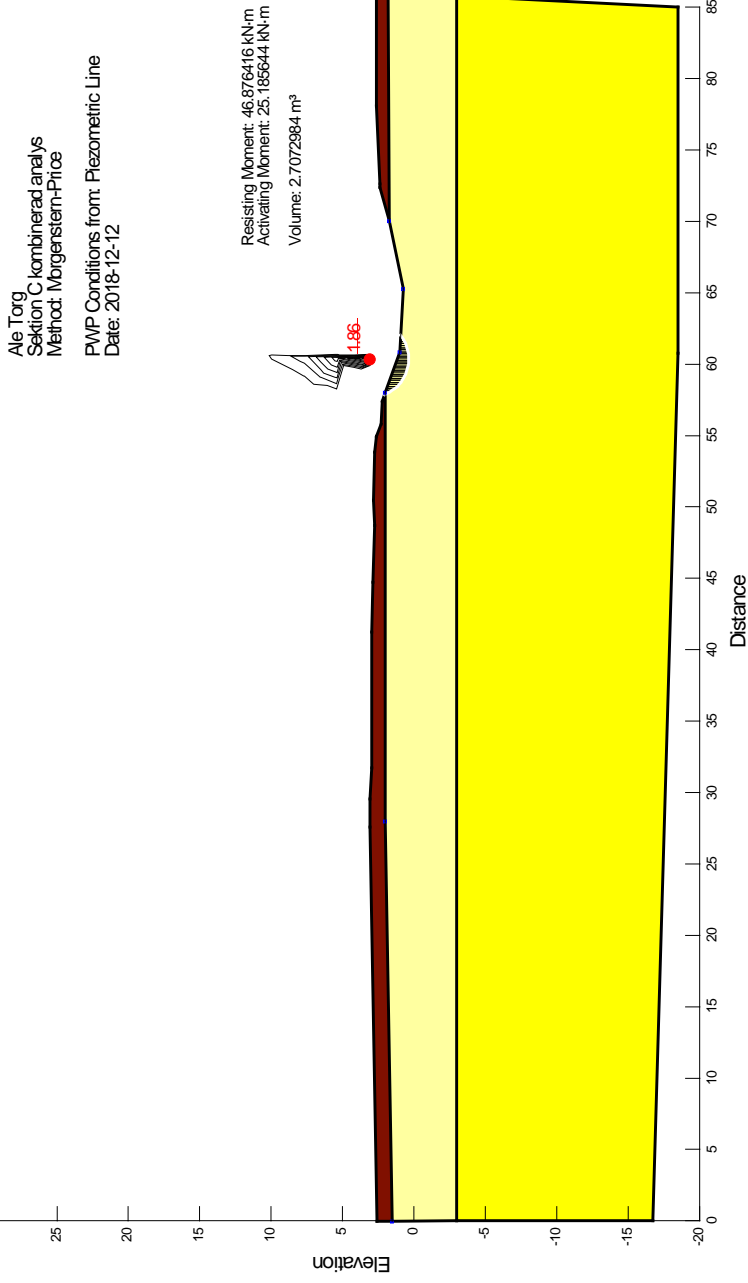


Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	C (kPa)	C-State of Change (kN/m³/m)	C-Maximum (kPa)	Datum (Elevation) (m)	Cohesion (kPa)	Piezometric Line
Yellow	Le 1 (soil)	Un drained (Phi=0)	15					16	1
Yellow	Le 2 (soil)	So (datum)	15,3	16	0,8	0	-1		1
Red	Le 3	Un drained (Phi=0)	18					25	1

Figur 6.3-6 *Stabilitetsberäkning Sektion C, befintliga förhållanden odränerad analys.*

Titel	Dokumentdatum	Rev datum
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14	
Projektnummer	Handläggare	Bilaga
6011-1801	J Boström	Bilaga 6.3
		Sid.nr.
		7 (8)

Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden



Ale Torg
 Sektion C kombinerad analys
 Method: Morgenstern-Price
 PWP Conditions from: Piezometric Line
 Date: 2018-12-12

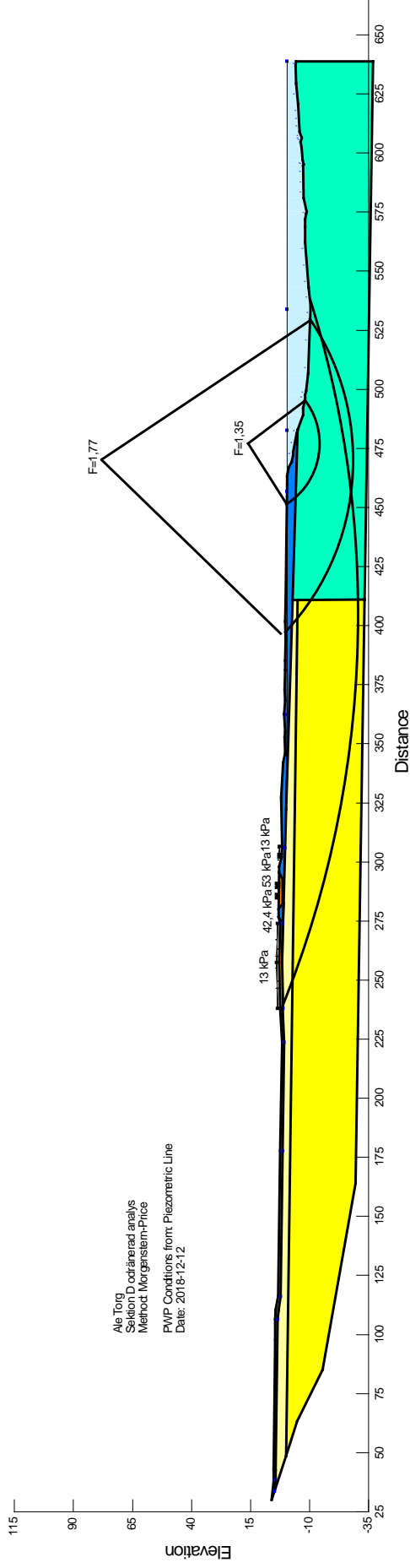
Resisting Moment: 46.876416 kN·m
 Activating Moment: 25.186644 kN·m
 Volume: 2.7072984 m³

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion (kPa)	Phi (°)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change (kN/m²/m)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change (kN/m²/m)	CCU Ratio	Datum (Elevation) (m)	Piezometric Line
Light Yellow	Le-1 (komb)	Combined, S-f(datum)	15		30	1.6	0	16	0	0	0	1
Yellow	Le-2 (komb)	Combined, S-f(datum)	15.3		30	1.6	0.08	16	0.8	0	-1	1
Dark Yellow	Le-3	Undrained (Phi=0)	18	25								1

Figur 6.3-7 Stabilitetsberäkning Sektion C, befintliga förhållanden kombinerad analys.

Titel	Dokumentdatum	Rev datum
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14	
Projektnummer	Handläggare	Bilaga
6011-1801	J Boström	Bilaga 6.3
		Sid.nr.
		8 (8)

Stabilitetsberäkningar, befintliga förhållanden



Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion (kPa)	Angle of Friction (kN/m ²)	Rate of Change (kN/m ²)	Water Content (%)	Shrinkage (%)	Water Content (kPa)	Water Content (kPa)	Water Content (kPa)	Water Content (kPa)	Water Content (kPa)
Grey	Fy	Mohr-Coulomb	19										
Yellow	Lu 1/Bd	Undrained (Phi-c)	15										
Yellow	Lu 2/Bd	Shearkey	15.3										
Green	Lu 3/Bd	Shearkey	15	8	0.6								
Blue	S/S	Mohr-Coulomb	18.5										
Orange	Overlymd	Mohr-Coulomb	20										

Figur 6.3-8 Stabilitetsberäkning Sektion D, befintliga förhållanden odränerad analys.

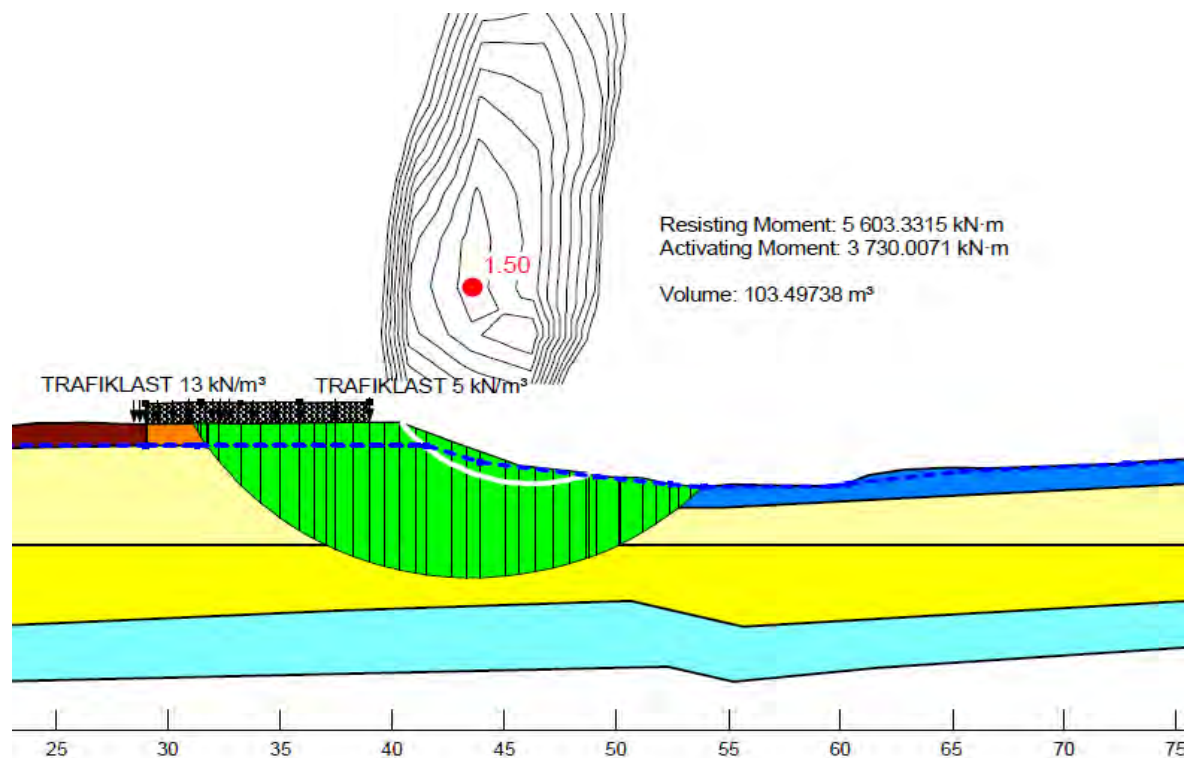
Hänsyn till 3D-effekter för schakt enligt Skredkommissionen

Sektion: **Sektion B Ale Torg**
 Bredd på område $\Delta L = 35.0$ m
 Motållande moment $M_{(\tau_f \cdot l \cdot r)} = 5603.3$ kNm/m
 Pådrivande moment $M_{(W \cdot a + Q \cdot b)} = 3730.0$ kNm/m

Kohesionsjord inom glidyta
 Odränerad skjuvhållfasthet $\tau_{fu} = 15.0$ kPa
 Area, kohesionsjord $A = 75.0$ m²
 Avstånd t. hållfasthetcent $c = 10.0$ m
 Moment i ändyta $M_{\tau_{fu} \cdot A \cdot c} = 11250$ kNm

Säkerhetsfaktorer mot skred

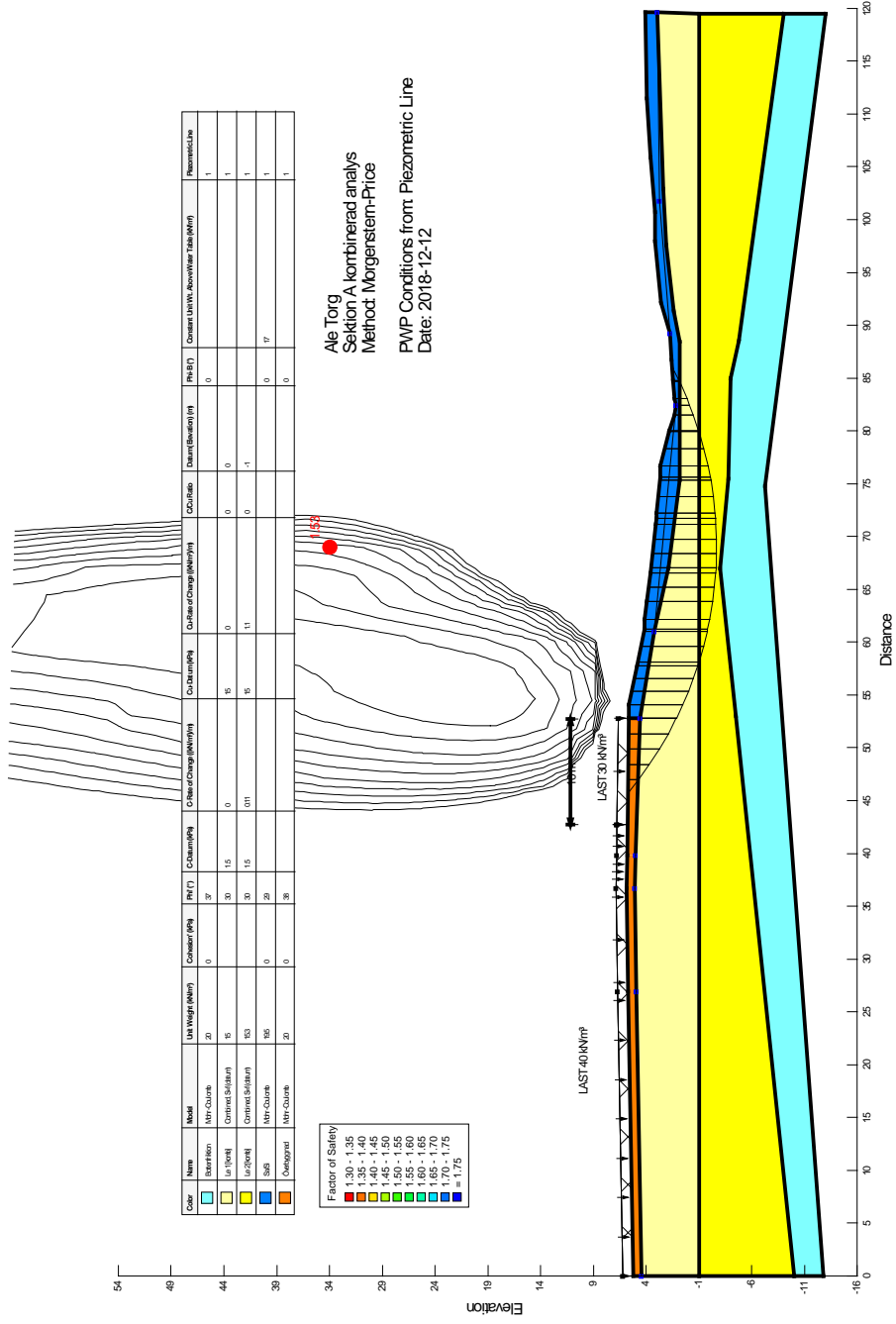
2D-sektion (Morgenstern-Pr $F_{2D-MP} = 1.50$
 2D-sektion (Ordinary) $F_{2D-O} = \frac{M_{(\tau_f \cdot l \cdot r)}}{M_{(W \cdot a + Q \cdot b)}} = 1.50$
 Plana ändytor $F_P = \frac{M_{(\tau_f \cdot l \cdot r)} \cdot \Delta L + 2 \cdot M_{\tau_{fu} \cdot A \cdot c}}{M_{(W \cdot a + Q \cdot b)} \cdot \Delta L} = 1.67$
 3D (Ordinary) $F_{3D-O} = F_{2D-O} + 0.75 \left(\frac{F_P}{F_{2D-O}} - 1 \right) = 1.59$



Figur Beräknad glidyta i 2D

Titel	Dokumentdatum	Rev datum
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14	
Projektnummer	Handläggare	Bilaga
6011-1801	J Boström	Bilaga 6.4
		Sid.nr.
		2 (5)

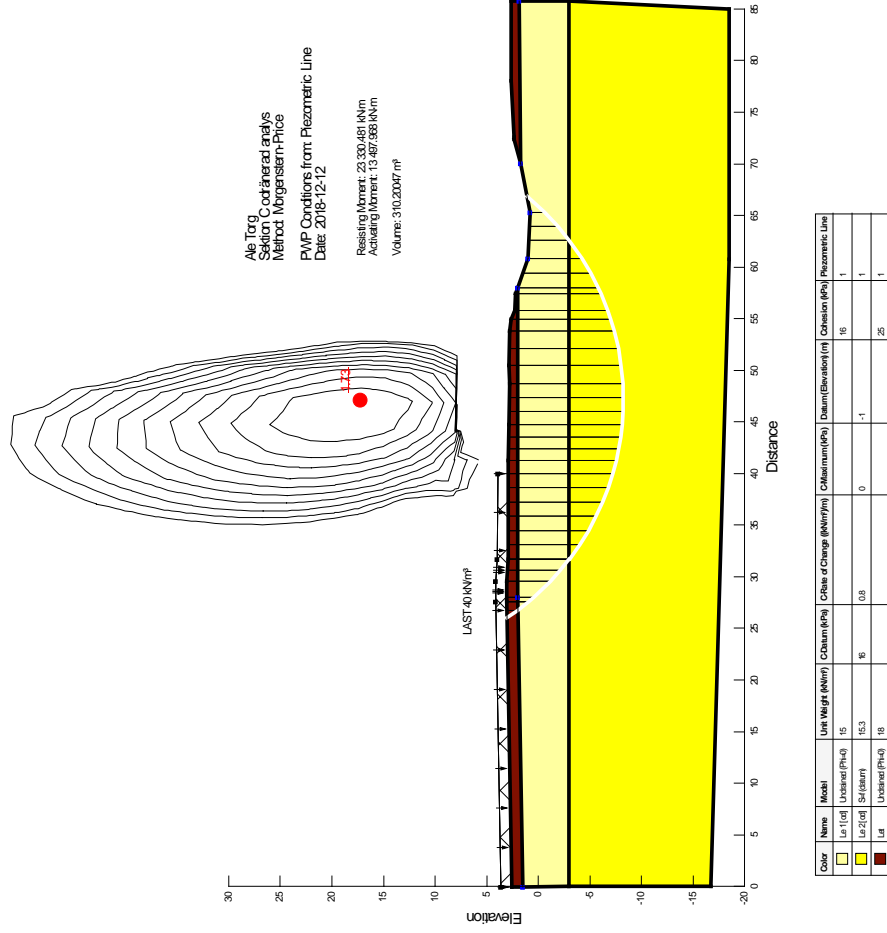
Stabilitetsberäkningar, ökad belastning



Figur 6.4-2 Stabilitetsberäkning Sektion A, marklast 30 kPa 10 m närmast slänten, resterande 40 kPa, kombinerad analys.

Titel	Dokumentdatum	Rev datum
Teknisk PM Geoteknik	2018-12-14	
Projektnummer	Handläggare	Bilaga
6011-1801	J Boström	Bilaga 6.4
		Sid.nr.
		3 (5)

Stabilitetsberäkningar, ökad belastning



Figur 6.4-3 Stabilitetsberäkning Sektion C, marklast 40 kPa inom planområde odränerad analys.

