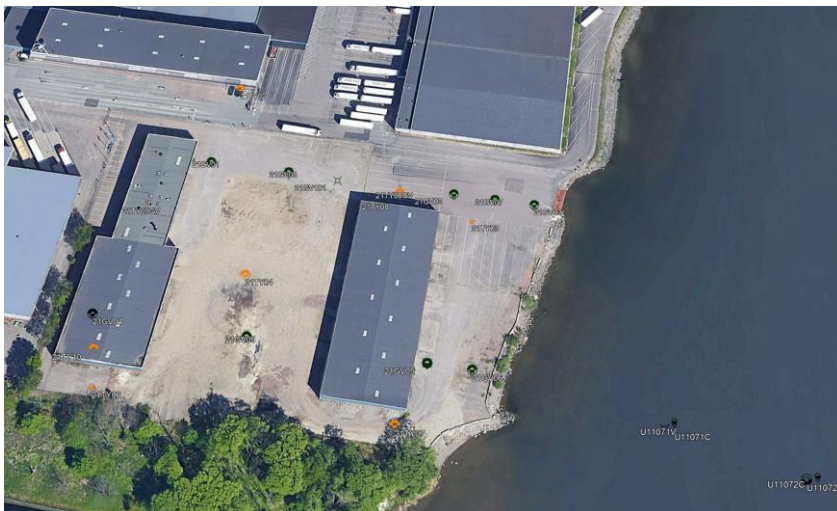


Teknisk PM – Stabilitetsutredning – Underlag till detaljplan

Backa 22:2 m.fl, Göteborg

G-PM-21-1354-01



Håkan Garin

Håkan Garin, handläggare

Gunilla Franzén

Gunilla Franzén, granskare

GeoVerkstan
Hällingsjövägen 322
434 97 KUNGSBACKA

Tfn: 0300-68 68 20
e-post: info@geoverkstan.se
web: www.geoverkstan.se

GeoVerkstan Sverige AB
Org. nr. 556756-8992

Innehållsförteckning

1	Syfte	1
2	Område	1
3	Sammanfattning – resultat	2
4	Tidigare utredningar	2
4.1	Göta älvutredning	2
4.2	Stabilitetskartering Göteborgs stad	3
5	Geotekniska och övriga marktekniska förhållanden	3
5.1	Topografiskt underlag	5
5.2	Geotekniskt underlag	6
5.3	Hållfasthetsegenskaper	7
5.4	Portrycksnivåer och vattenståndsvariationer	7
6	Beräkningsförutsättningar för tillståndsbedömning	7
6.1	Markanvändning	7
6.2	Utredningsnivå	8
6.3	Faktorer som påverkar	8
6.4	Erforderlig totalsäkerhetsfaktor	10
7	Analysverktyg och karakteristiska indata	10
7.1	Beräkningsprogram	10
7.2	Karakteristiska jordparametrar - hållfasthet och tunghet	10
7.3	Grundvattentryck	12
7.4	Karakteristiska vattennivåer i Göta älv	12
7.5	Karakteristiska samt dimensionerande laster	12
8	Beräkningsresultat	13
8.1	Analyserade sektioner	13
8.2	Resultat	13
9	Analys av resultatet	14
10	Åtgärder	14

G-PM-21-1354-01

Bilagor

Bilaga 1	Plan – Utredningsområdet
Bilaga 2	Härledda egenskaper – sammanställning till valda värden
Bilaga 3	Stabilitetsberäkningar – enligt IEG Tillståndsbedömning/Klassificering
Bilaga 4	Stabilitetsberäkningar – enligt IEG EKS/Eurokod
Bilaga 5	Utdrag ur Slutrapport Göta älvutredning del 3 - kartor
Bilaga 6	Utdrag ur Stabilitetsutredning GBG, Backadalens industriområde H096

Referenser

- [1] IEG Tillämpningsdokument Rapport 4:2010, Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, Implementeringskommissionen för europastandarder inom geoteknik, Stockholm 2010
- [2] Markteknisk undersökningsrapport, MUR-21-1354-01, GeoVerkstan 2022-02-11
- [3] Göta älvutredningen 2009-2011, Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat. SGI 2012.
- [4] Göta älvutredningen 2009-2011, Klimateffekt på vattennivåer, erosion och grundvattenförhållanden i Göta älv. Underlag till styrdokument 99ST003, SGI Varia 624:1, Linköping 2012.
- [5] IEG Tillämpningsdokument Rapport 6:2008, revidering 1, EN 1997-1 kapitel 11 och 12, Slänter och bankar, Implementeringskommissionen för europastandarder inom geoteknik, Stockholm 2008

GeoVerkstan
Hällingsjövägen 322
434 97 KUNGSBACKA

Tfn: 0300-68 68 20
e-post: info@geoverkstan.se
web: www.geoverkstan.se

GeoVerkstan Sverige AB
Org. nr. 556756-8992

1 Syfte

Syftet med denna PM är att utgöra underlag för detaljplan inom Backa 22:2, Göteborg avseende skredsäkerhet mot Göta älv. Utredningen har gjorts med beräkningar i enlighet med IEG Tillämpningsdokument Rapport 4:2010, Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar [1]. Analyserna har utförts för att verifiera att planerad byggnation ger tillfredställande säkerhet samt förslå begränsningar för ett säkert genomförande.

Kompletterande beräkningar har utförts i enlighet med IEG Tillämpningsdokument Rapport 6:2008, revidering 1, EN 1997-1 kapitel 11 och 12, Slänter och bankar [5] för att verifiera beräkningsmetodiken inför en bygglovsprocess och säkerhetsklass 2.

2 Område

Aktuellt område utgörs av älvnära område, mellan Exportgatan och Göta älv, se Figur 1.



Figur 1. Översikt över fastigheten Backa 22:2, Göteborg.

Denna PM redovisar de stabilitetsmässiga förhållandena i 4 sektioner, se Figur 6. Sammanställning av geotekniska undersökningar redovisas i separat Markteknisk undersökningsrapport [2]. Översikt av underlaget i närheten av utredningsområdet samt nu utförda undersökningar visas i Bilaga 1.

Plansystem i denna utredning är SWEREF 99 12 00 samt höjdsystemet är RH 2000.

3 Sammanfattning – resultat

Resultatet av beräkningar, vilka redovisas i denna stabilitetsutredning för detaljplanen, visar att lokalstabiliteten är tillfredsställande för både befintliga och blivande förhållanden med föreslagna geometriska begränsningar och en marklast på 10 kPa. Planerad verksamhet och grundläggningsmetod av fastighet skapar tillskottslaster på marken inte kommer att orsaka totalstabilitetsproblem. Med föreslagna begränsningar uppfylls rekommendationerna i IEG Tillämpningsdokument Rapport 4:2010, Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar [1].

Ett erosionsskydd av bergkrossmaterial finns enligt uppgift utmed Göta älvs strand och bör verifieras.

Ett antal risker har identifierats i utlåtandet. Följande saker bör beaktas i projekterings och utförandeskede:

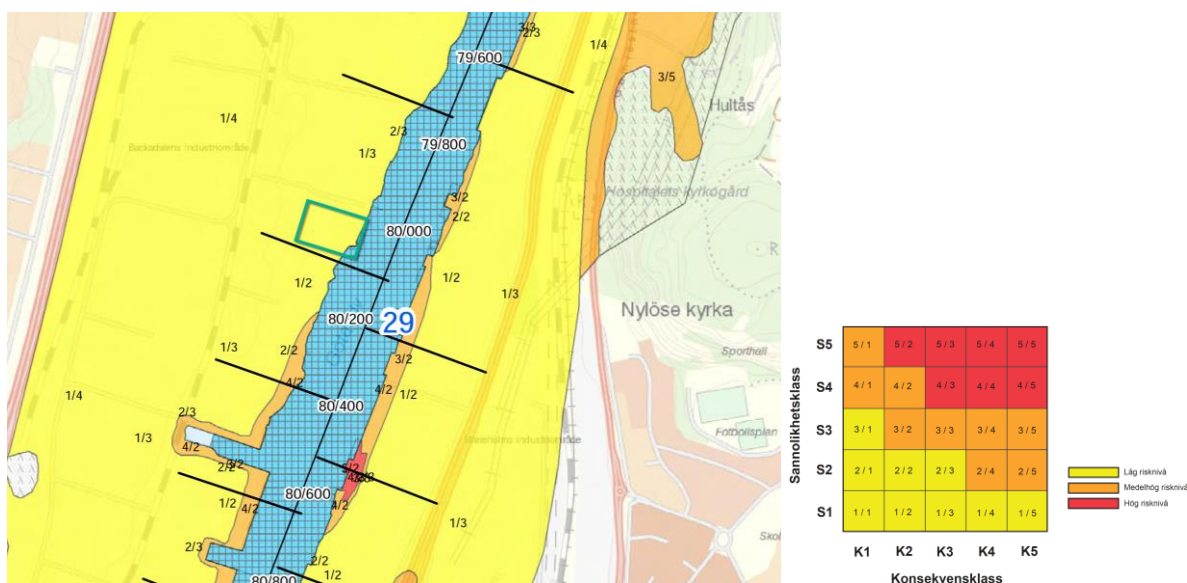
- Högsta nivå för markytan i släntrönn med +1,6 kring sektion A-A samt +1,8 söder om.
- Markytan de närmaste 25 m bakom släntrönn ges en lutning mot älven på högst 1:50
- 3 meter bakom släntrönn förutsätts vara obelastade efter nivåjustering enligt ovan.
- Vid tunga transporter, schakt, pålning mm skall det beaktas hur omgivningen kommer att påverkas avseende markrörelser.

Sammantaget bedöms marken inom planområdet som lämplig för planerad exploatering. I samband med projekteringen ska i samband med byggnationen lokalstabiliteten för eventuella djupare schakter beaktas.

4 Tidigare utredningar

4.1 Göta älvtredning

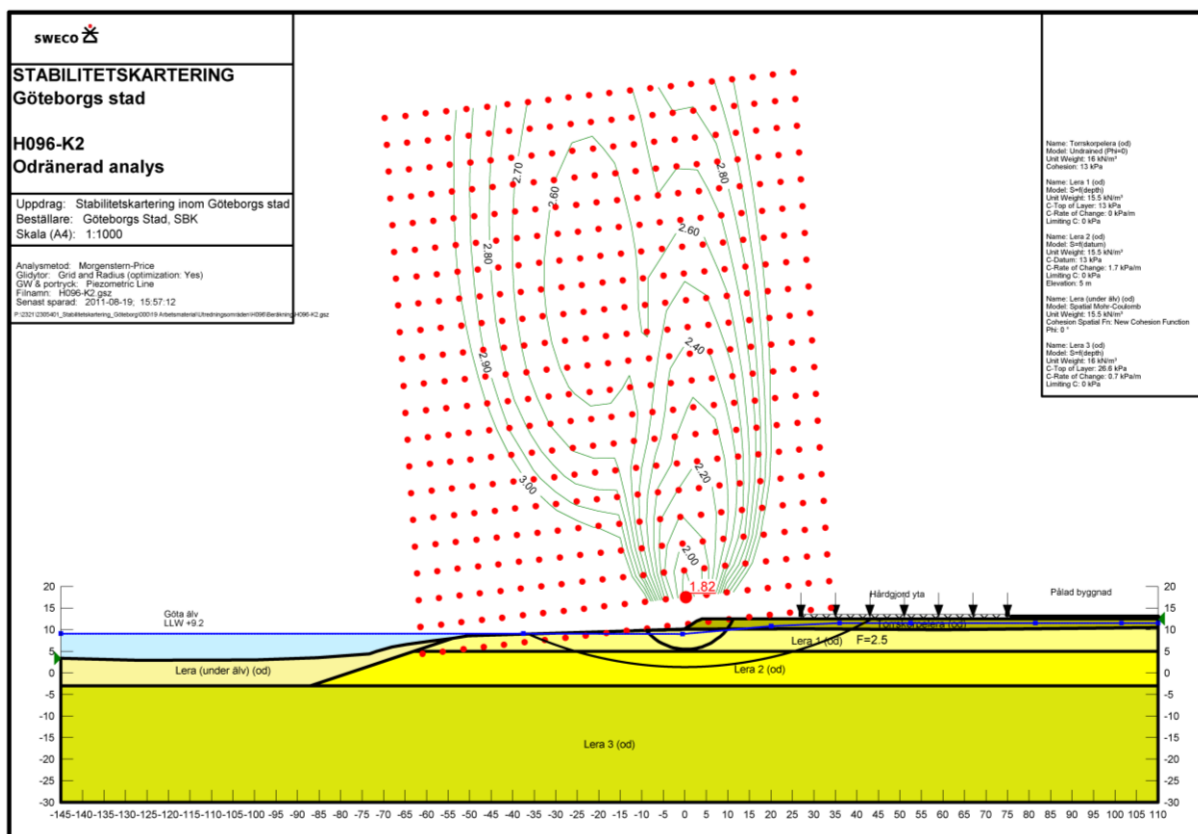
Området ingår även i SGI's Göta älvtredning 2009-2011 [3]. I utredningen ingick bl.a. geotekniska undersökningar samt skredriskbedömning längs Göta älv, från Vänersborg i norr till Göteborg och Kungälv i syd. I slutrapporten redovisas bl.a. kartor i del 3, se Figur 2, vilka även ingår i denna PM, se Bilaga 5.



Figur 2. Utdrag ur skredriskartering [3] i SGI's Göta älvtredning med grundkarta, se även Bilaga 5. Aktuellt område återfinns mellan sektionerna 79/900 och 80/100 i Göta älvs längdmätning.

4.2 Stabilitetskartering Göteborgs stad

Backadalens industriområde har tidigare studerats i Göteborgs stads stabilitetsutredning och ingår i delområde H096. I utredningen redovisas bl.a. sektion H096-K2 vilken återfinns strax söder om aktuellt område, se Bilaga 6 och sammanfaller geografiskt med den sektion som studerats i SGI's Göta älv utredning. Stabilitetskarteringen utfördes under 2011.



Figur 3. Utdrag ur stabilitetskartering Bilaga 6. Resultat visar odränerad analys i sektion H096-K2 kring sektion 80/110 i Göta älvs längdmätning. Observera att sektionen är redovisad i äldre höjdsystem.

5 Geotekniska och övriga marktekniska förhållanden

Området utgörs av låglänta tidigare strandängar längs Göta älvs västra strand. Inom större delen av området överlagras den låghållfasta lera av torrskorpelera samt sentida fyllning.

Den övre delen av lerlagret består av grå högplastisk lera med inslag av skal och växtrester. Denna del är ca 15 m tjock. Därunder övergår lera till grå sulfidfläckig högplastisk lera ned till provtaget djup om 30 m. Lera i området har avsatts i en marin miljö.

Lerans sensitivitet har undersökts i två undersökningspunkter på land samt tidigare i en undersökningspunkt i Göta älv. Sensitiviteten varierar mellan 15 och 25 och klassas som mellansensitiv.

En sammanställning av lerans odränerade skjuvhållfasthet med korrigerade värden avseende konflytgräns redovisas i Bilaga 2. Lägen för de borrhäls punkter där skjuvhållfasthet har uppmätts redovisas i Bilaga 1.

Lera har en korrigerad skjuvhållfasthet mellan 15 - 75 kPa inom undersökt djup om cirka 50 m, konflytgränsen är uppmätt till 60 - 80 %, mot djupet ökande. Lerans uppmätta densitet varierar mellan 1,55 och 1,65 ton/m³ ned till cirka 30 m djup, se Figur 5.

Underkant lera har ej kartlagts men lermäktigheten överstiger 70 m enligt samtliga utförda trycksonderingar inom området.

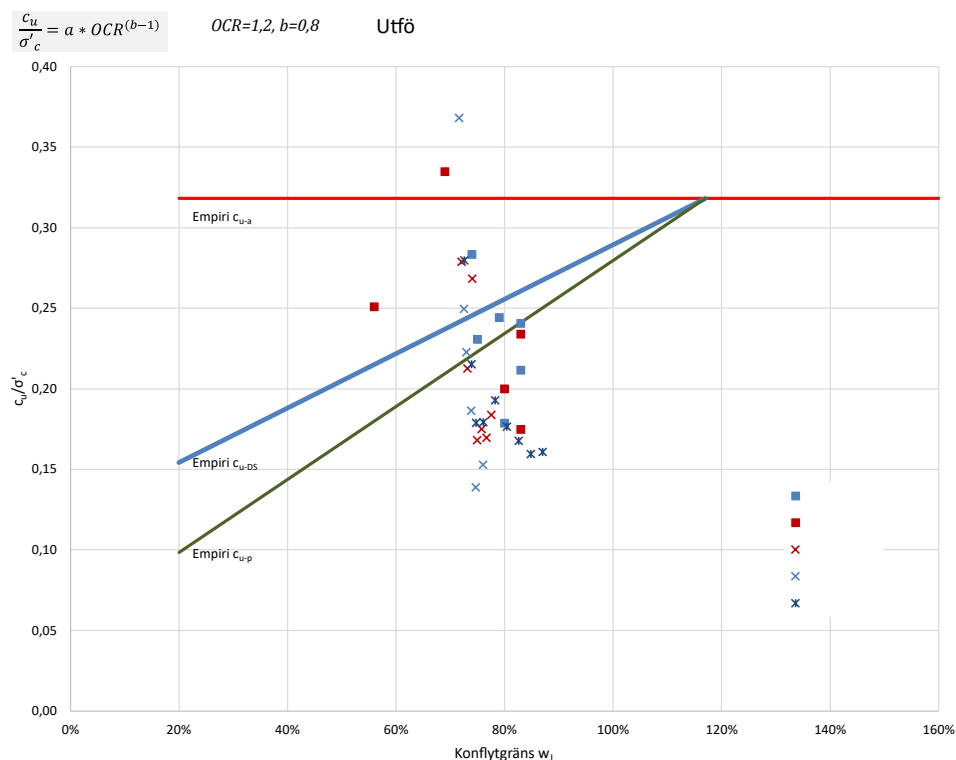
Konsolideringsförhållandena har utvärderats från utförda CRS provningar och tolkats från CPT-sonderingar. Leran är normal till svagt överkonsoliderad i förhållande till rådande effektivspänningar med OCR kring 1,2.

Den odränerade skjuvhållfastheten har bestämts med vingprovning, CPT-sonderingar samt direkta skjuvförsök och konprovning på ostörda prover.

Värdering av provningsresultatet har utförts mot empiri baserad på:

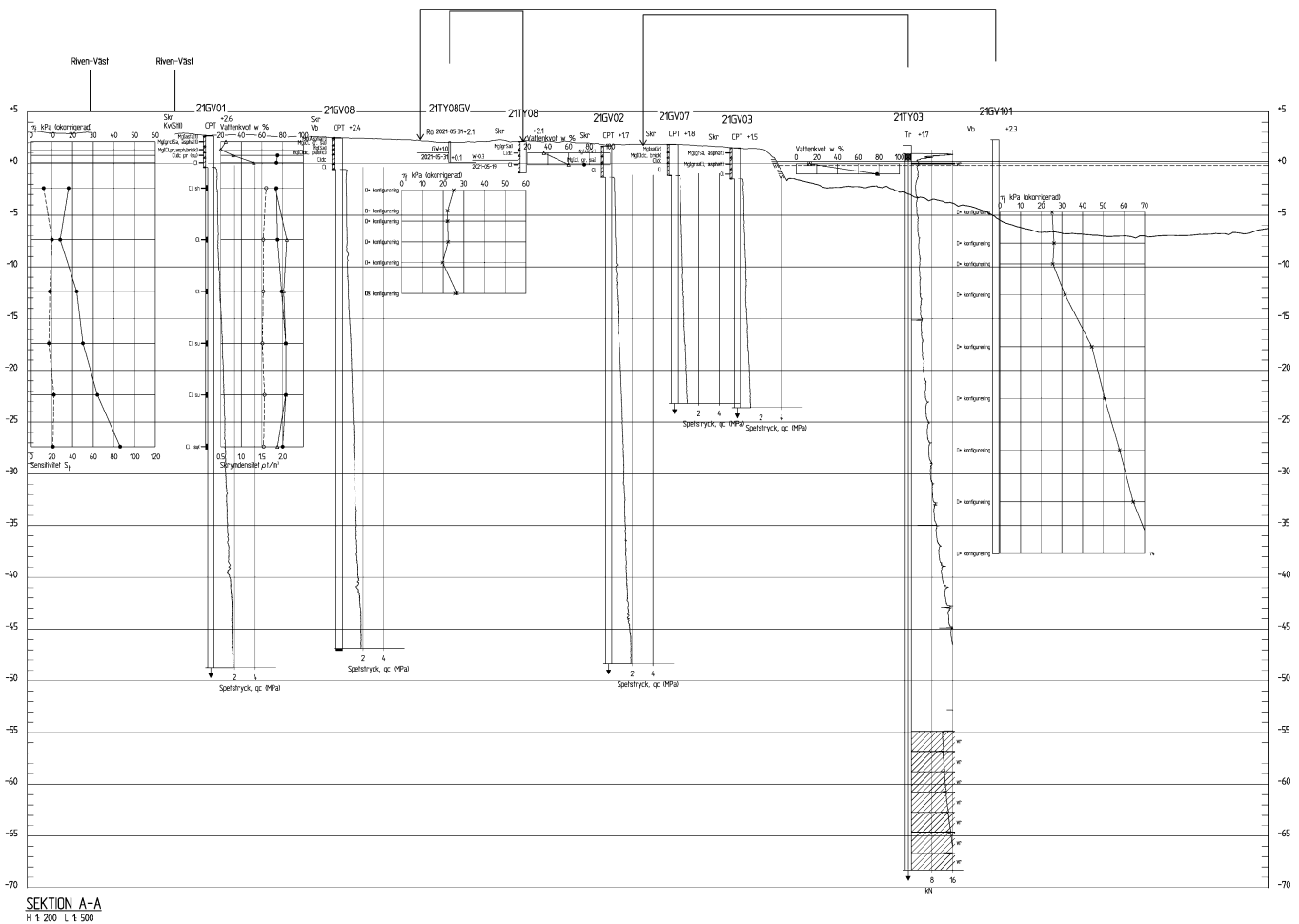
$$\frac{c_u}{\sigma'_c} = a * OCR^{(b-1)}$$

, där
 $a \approx 0,33$ för aktiv skjuvning
 $a \approx 0,125 + 0,205 \cdot w_L / 1,17$ för direkt skjuvning
 $a \approx 0,055 + 0,275 \cdot w_L / 1,17$ för passiv skjuvning



Figur 4. Utförd provning jämfört med empiri.

Bedömningen är att övervägande andel utförda provningar ligger inom rimligt förhållande till empiriska data eller på säkra sidan. Hänsyn till de provningar som ger en relation på osäkra sidan har medtagits vid utvärdering av valt värde.

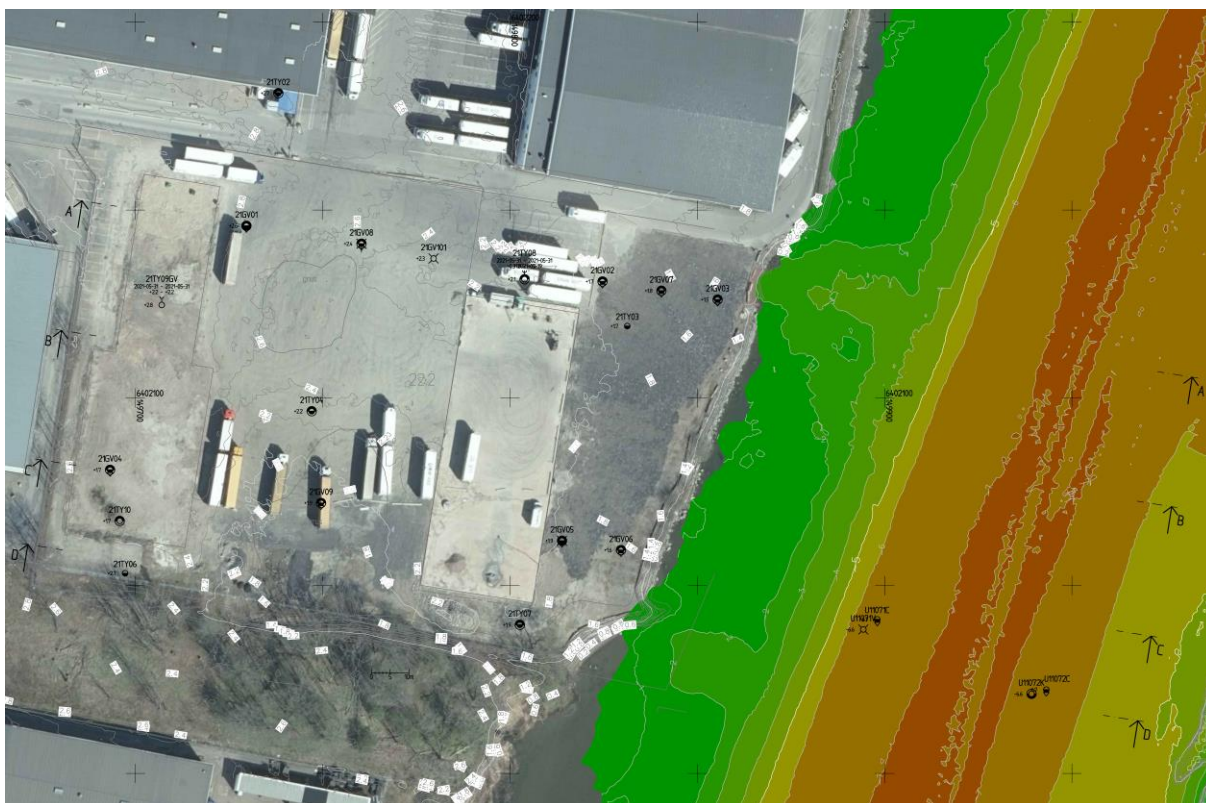


Figur 5. Exempel på geoteknisk tvärsnitt inom utredningsområdet, tvärsnitt A-A.

5.1 Topografiskt underlag

Topografiska förhållanden på land utgår från laserskanning utförd av Lantmäteriet i den nationella höjddatabasen GSD – Höjddata, grid 2+.

Topografiska höjdförhållanden i Göta älv utgår från batymetrisk sjömätning, redovisad inom SGI's Göta älvutredning som multibeam ekolodning, och har överförts till utredningen som digital höjdmödel.



Figur 6. Topografiska data över älv och land [2] med beräkningssektioner samt utförda marktekniska undersökningar.

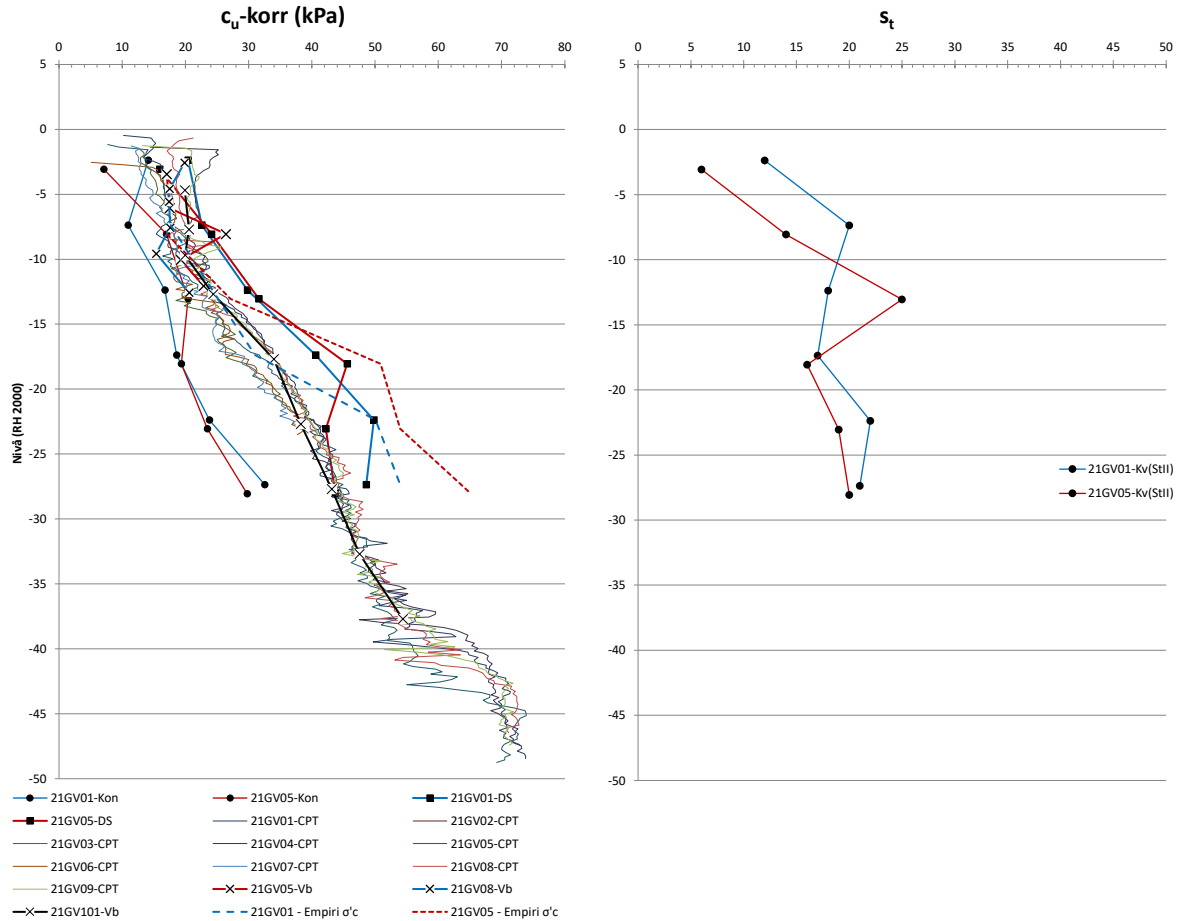
5.2 Geotekniskt underlag

Utförda sonderingar och provtagningar inom fastigheten samt Göta älv har använts som underlag, inklusive data från Tyréns samt SGI. Utvärderade egenskaper har kvalitetskritiskt granskats och en gruppering/uppdelning har skett i såväl älv- som landområde samt östra respektive västra delområden på land.

Samtliga insamlade och utförda geotekniska undersökningar redovisas i Markteknisk undersökningsrapport [2], MUR-21-1354-01, GeoVerkstan 2022-02-11.

5.3 Hållfasthetsegenskaper

Basparametrar såsom densitet, vattenkvot och konflytgräns har sammanställts, tillsammans med korrigerad hållfasthet och sensitivitet, se Bilaga 2 samt Figur 7 och Figur 8.



Figur 7. Sammanställning av hållfasthetsegenskaper

5.4 Portrycksnivåer och vattenståndsvariationer

Det övre grundvattenmagasinet har en grundvattenyta som följer markytan och /eller vattennivåerna i Göta älv. De geologiska och topografiska förhållandena, med höga bergspartier i anslutning till låglänta lerområden längs älven påverkar det djupare magasinet i övergången mellan lera och berg. Inom området ligger detta magasin mycket djupt, djupare än 70 m u my. Tillika har ingen kvicklera påträffats inom området varför portrycket i leran har antagits vara hydrostatiskt.

6 Beräkningsförutsättningar för tillståndsbedömning

6.1 Markanvändning

Området utgörs av en befintlig anläggning med planerad nyexploatering. Av denna anledning ansätts markanvändningen till *Planläggning för nyexploatering*.

Definitionen för detta är:

- Planerade områden där konsekvenser av ett skred eller ras är betydande eller mycket stora med avseende på ekonomiska, sociala eller miljömässiga konsekvenser t ex allmänna byggnader, bostads- och kontorsbyggnader, parkeringar, idrottsanläggningar, vägar och järnvägar.

6.2 Utredningsnivå

Utifrån underlag och belastningshistorik bedöms utredningsnivån till *Detaljerad utredning*.

6.3 Faktorer som påverkar

Värdering av ogynnsamma och gynnsamma förhållanden enligt tabell 4.1 a-i i [1] som inverkar på erforderlig säkerhetsfaktor i den aktuella slänten presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Värdering av ogynnsamma och gynnsamma faktorer enligt IEG Rapport 4:2010. (+ Gynnsamt, - Ogynnsamt samt 0 Varken eller)

Tabell 4.1a Konsekvenser av skred

<i>Gynnsamma förhållanden</i>	<i>Ogynnsamma förhållanden</i>	<i>Värdering</i>
Ingen risk för människoliv och ringa ekonomisk skada	Risk för människoliv eller stor ekonomisk skada	-
Begränsad utbredning av skred	Risk för bakåt- eller framåtgripande skred	+
Ingen risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan	Risk för omgivningspåverkan eller sekundär påverkan	-
Ej kvicklera	Kvicklereområde enligt kap 4.4.3	0

Tabell 4.1b Släntens beständighet

<i>Gynnsamma förhållanden</i>	<i>Ogynnsamma förhållanden</i>	<i>Värdering</i>
Inga tecken på rörelser i slänten	Observerade rörelser i slänten, sprickbildning m m	+
Ingen risk för ytvatten- och/eller yterrosion	Risk för erosion/pågående ytvatten- och/eller yterrosion	0
Intakt gräs-, busk- eller trädvegetation	Vegetationsfria eller avverkade områden alt. lutande och/eller nedfallna träd	+

Tabell 4.1c Tidigare förändringar i slänten

<i>Gynnsamma förhållanden</i>	<i>Ogynnsamma förhållanden</i>	<i>Värdering</i>
Utlagda fungerande erosionsskydd	Pågående erosion	+
Utförda stabilitetsförbättrande åtgärder	Ingrepp som försämrat stabiliteten	+
Belastningsminskningar	Belastningsökningar	+
Ogynnsam reglering av vattendrag	Gynnsam reglering av vattendrag	+
	Avverkning	+

Tabell 4.1d Jordens egenskaper

<i>Gynnsamma förhållanden</i>	<i>Ogynnsamma förhållanden</i>	<i>Värdering</i>
Frikationsjordar	Kohesionsjordar	-
Låg sensitivitet	Hög sensitivitet, kvicklera	0
Liten spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper	Stor spridning i bestämda hållfasthetsegenskaper	+
Homogen jord	Skiktade jordar	+

Tabell 4.1e Analys- och beräkningsarbetets tillförlitlighet

<i>Gynnsamma förhållanden</i>	<i>Ogynnsamma förhållanden</i>	<i>Värdering</i>
Stort antal beräknade glidytor	Litet antal beräknade glidytor	+
Känslighetsanalys utförd på valda parametrar	Ingen känslighetsanalys utförd på valda parametrar	0
Samtidigt valda ogynnsammaste extremvärden för last, porttryck och vattenstånd. Ringa sannolikhet för att vald kombination inträffar samtidigt	Vald kombination för last, porttryck och vattenstånd motsvarar normaltillståndet för slänten	+
Utförd känslighetsanalys av svårtolkade förutsättningar ger endast ringa förändring på beräkningsresultatet	Utförd känslighetsanalys av svårtolkade förutsättningar ger betydelsefull förändring av beräkningsresultat	0
Kritiska glidyten omfattar mycket stor jordvolym med ett stort antal hållfasthetsbestämningar och mindre glidytor har god beräkningsmässig säkerhet	Kritiska glidyten omfattar mindre jordvolym med ett fåtal hållfasthetsbestämningar	+
Förhållandena är enkla med små variationer i yta, jordlagerföljd eller hållfasthet	Förhållandena är komplicerade med stora variationer i yta, jordlagerföljd eller hållfasthet	+
Glidyten läge i plan vald i farligaste delen av slänten ur stabilitetssynpunkt.	Glidyten läge i plan representerar släntens genomsnittliga geometri.	0
Tvådimensionell analys (som regel något på säkra sidan)	Tredimensionell analys (begränsad erfarenhet för stora slänter)	+

Tabell 4.1f Fält- och laboratorieundersökningens innehåll och omfattning

<i>Gynnsamma förhållanden</i>	<i>Ogynnsamma förhållanden</i>	<i>Värdering</i>
Tätt undersökt, d.v.s undersökningarna ger bra geotekniskt underlag av hela utredningsområdet	Glest undersökt vilket kräver antaganden som påverkar stabilitetsberäkningen	+
CPT-sonderingar är utförda	Endast sonderingar typ Tr, Vim är utförda	+
Stort antal undersökta prover i lab	Litet antal undersökta prover i lab	+
Kompressionsförsök utförda	Kompressionsförsök saknas	+
Direkta skjuvförsök är utförda	Direkta skjuvförsök saknas	+
Triaxialförsök är utförda	Triaxialförsök saknas	-
In situ-provning är utförd med vingförsök och/eller dilatometerförsök	Ingen eller ringa provning i fält (vingförsök och/eller dilatometerförsök)	+

Tabell 4.1g Släntens geometri

<i>Gynnsamma förhållanden</i>	<i>Ogynnsamma förhållanden</i>	<i>Värdering</i>
Välkänd geometri (bra grundkarta, utförda avvägningar, lodningar etc.)	Glest avvägt och/eller lodat	+
Flack slänt	Brant slänt	+
Lokala branta partier finns ej i slänten	Lokala branta partier finns i slänten	+

Tabell 4.1h Grundvatten- och portrycksförhållanden

<i>Gynnsamma förhållanden</i>	<i>Ogynnsamma förhållanden</i>	<i>Värdering</i>
Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena utförd	Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena inte utförd	0
Långtidsobservationer finns	Långtidsobservationer saknas	-
Begränsade förväntade tryckvariationer	Risk för stora tryckvariationer	0
God kännedom om portrycksfördelning såväl med djupet som i slänten som helhet	Ringa kännedom om portrycksfördelningen i slänten	-

Tabell 4.1i Ytvattenförhållanden

<i>Gynnsamma förhållanden</i>	<i>Ogynnsamma förhållanden</i>	<i>Värdering</i>
Karaktäristiska vattenstånd är kända	Karaktäristiska vattenstånd är okända	+
Små vattenståndsvariationer	Stora vattenståndsvariationer	0
Långsam förändring i vattenstånd	Hastiga förändringar i vattenstånd	0
Väldränerat och dikat område	Stor risk för lokala vattensamlingar	+

6.4 Erforderlig totalsäkerhetsfaktor

Med utgångspunkt från markanvändning, utredningsnivå och påverkande faktorer har ansatts:

- $F_c \geq 1,55$ Intervall enligt [1] (1,7–1,5)
- $F_{komb} \geq 1,45$ Intervall enligt [1] (1,5–1,4)

för att kunna klassificeras som acceptabel utan åtgärder eller kontrollprogram.

För kombinerad analys har valts mitten av intervallet, då känslighetsanalyser ej utförts avseende portrycksprofilen i leran.

7 Analysverktyg och karaktäristiska indata

7.1 Beräkningsprogram

Stabilitetsanalysen är utförd för 2D-cirkulärcylindriska glidytor, Morgenstern-Price, med programmet SLOPE/W Geostudio 2021, ver. 11.3.1.23726.

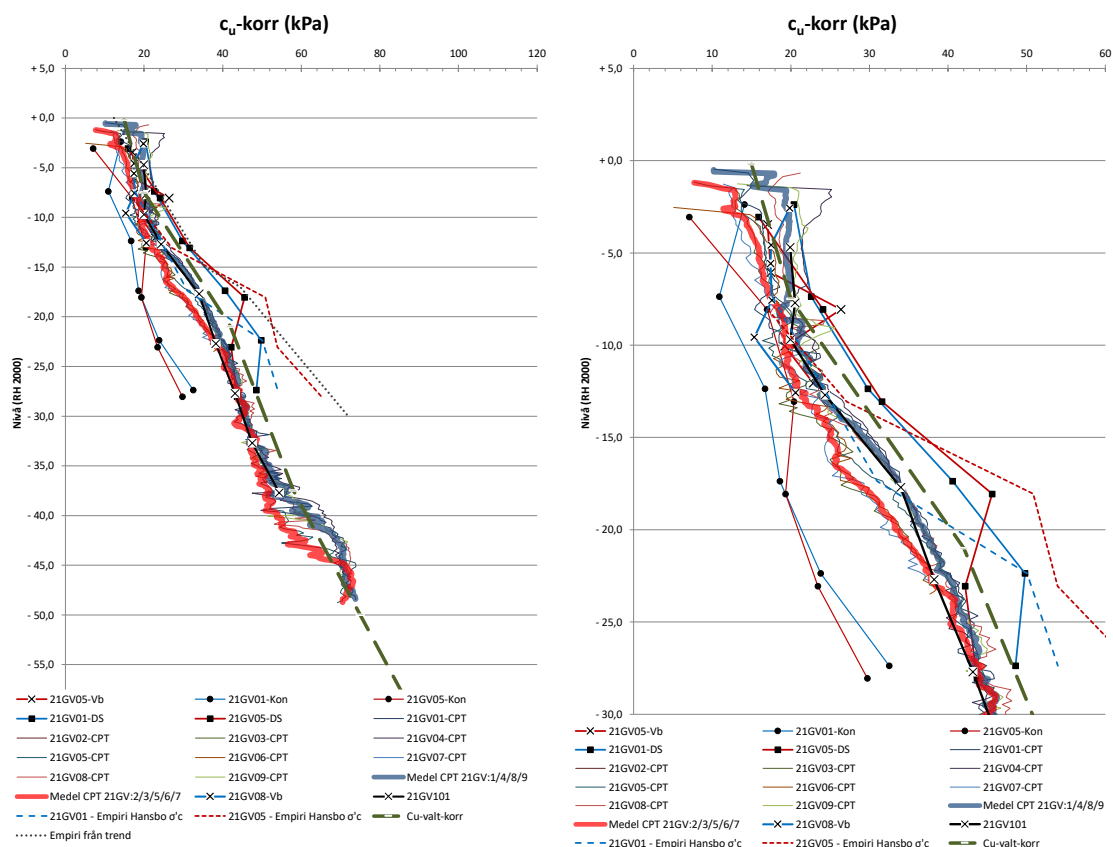
Positiv hänsyn till 3D-effekter respektive anisotropi har ej medtagits vid beräkning.

Analyser har skett som odränerad respektive kombinerad analys i studerade lastfall för Tillståndsbedömning. För att verifiera att stabiliteten även är verifieringsbar i byggskedet har beräkningar även utförts i enlighet med IEG Tillämpningsdokument 6:2008 Slänter och bankar [5].

7.2 Karakteristiska jordparametrar - hållfasthet och tunghet

Redovisning av karaktäristiska värden redovisas i Figur 8 samt Tabell 2. Skjuvhållfastheten har valts utifrån sammanställning av resultat från fält och laboratorieundersökningar som insamlats inom uppdraget – se [2] samt Bilaga 2.

Geologiskt återfinns utförda undersökningar inom två något olika geologiska formationer avseende övre delen av jordprofilen på land. Därför har härledda hållfasthetsegenskaper som använts i beräkningarna baserats på de undersökningar som återfinns i det mer älvnära området, med de bakomliggande undersökningarna som verifierat på utbredningen.



Figur 8. Redovisning av karakteristiska hållfasthetsegenskaper för beräkning med valt/karakteristiskt värde redovisat.

Tabell 2. Tabulering av karakteristiska hållfasthetsegenskaper för beräkning inom norra delen av utredningsområdet.

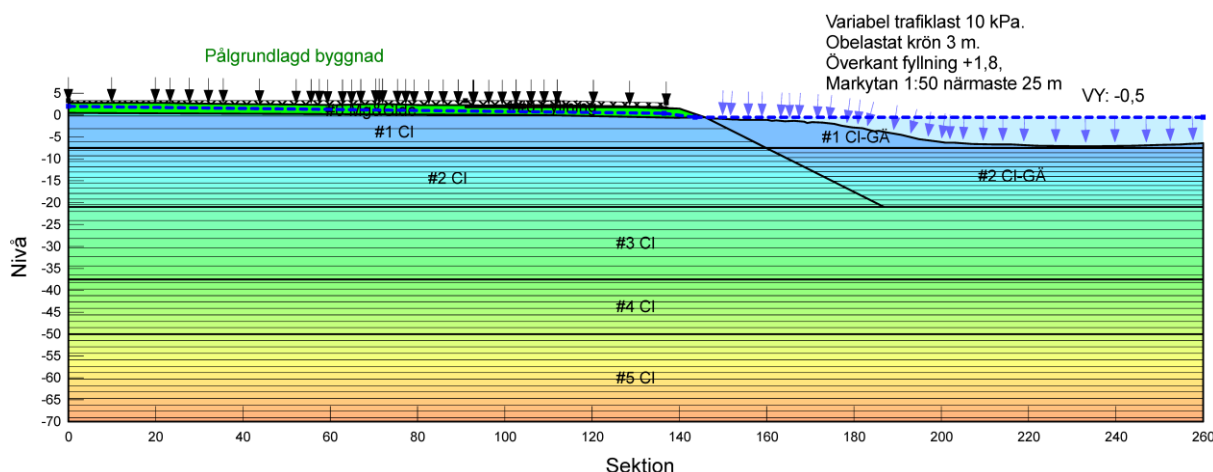
Strandnära

	z-ref	c_u (kPa)	Δc_u (kPa/m)	γ (kN/m ³)
#1 CI	-0,2	15	0,68	16,0
#2 CI	-7,5	20	1,63	15,8
#3 CI	-21,0	42	0,97	15,6
#4 CI	-37,5	58	1,36	16,0
#5 CI	-50,0	75	1,36	16,5

Älvspecifikt

	z-ref	c_u (kPa)	Δc_u (kPa/m)	γ (kN/m ³)
#1 CI-GÄ	-0,2	15	0	15,0
#2 CI-GÄ	-7,5	15	1,85	15,8

Dränerade karakteristiska egenskaper i kohesionsjord för klassisk kombinerad analys har ansatts till $\phi' = 30^\circ$ samt $c' = 0,1 \cdot c_u$.



Figur 9. Jord- och beräkningsmodell med odränerad skjuvhållfasthet vid odränerad analys.

7.3 Grundvattentryck

I odränerad analys är lerans hållfasthet ej beroende av portrycket. Lasteffekt från vattenmättad fyllning har medtagits, då grundvattennivån, d.v.s. 0-trycksnivå för portrycket/grundvattentrycket, på land ligger högre än vattennivån i Göta älv.

7.4 Karakteristiska vattennivåer i Göta älv

Av Göta älvutredningen föreslagna lägsta vattennivåer

Inom Göta älvutredningen 2009-2011 togs fram underlag till styrdokument 99ST003 avseende Klimateffekt på vattennivåer, erosion och grundvattenförhållanden i Göta älv, vilket är publicerat i SGI Varia 624:1, Linköping 2012 [4].

I underlaget till styrdokumentet redovisas karakteristiska vattennivåer, i dagens klimat, i höjdsystemet RH 2000 som underlag för erosions- och stabilitetsberäkningar, se Tabell 3.

Tabell 3. I Göta älvutredning föreslagna lägsta och högsta vattennivåer.

Sträcka/Plats	Vattennivåer (RH 2000)	
	Högsta	Lägsta
Vänersborg – Trollhättan	+39,8	+38,7
Trollhättan – Lilla Edet	+8,5	+6,6
Lilla Edet (nedströms)	+2,4	-0,2
Bohus	+1,6	-0,4
Havet	+0,9	-0,6

Fastigheten Backa 22:2, ligger längs Göta älv mellan Bohus och havet, varför en rimlig karakteristisk lägsta vattennivå i älven längs fastigheten kan ansättas till -0,5 (RH 2000).

I analyserna ansatta vattennivåer

Karakteristiska vattennivåer i Göta älv har i denna utredning ansatts till:

- Lägsta lågvattennivå enligt Göta älvutredningen (LLW), -0,5 (RH 2000) för odränerad analys
- Medellågvattennivå (MLW), -0,2 (RH 2000) för kombinerad analys

7.5 Karakteristiska samt dimensionerande laster

I analyserna har karakteristiska ytlaster om 10 kPa applicerats. Detta har modellerats med ytlaster med intensiteten 10 kN/m³ och höjden 1 m för att motsvara korrekt lasteffekt.

I beräkningar enligt partialkoefficientsmetoden [5] har ytlasten ansatts som en variabel last.

På de närmaste tre metrarna bakom släntrönet till Göta älv har ingen ytlast applicerats på modellerad marknivå då dessa rekommenderas vara obelastade.

8 Beräkningsresultat

8.1 Analyserade sektioner

Analys har utförts i totalt 4 sektioner, se Figur 6.

8.2 Resultat

Analys har utförts som odränerad respektive kombinerad analys för lägsta lågvattenytan på nivå W -0,5 samt känslighetsanalys vid lägsta lågvattenytan W -0,9 för de 17 sektionerna, se Tabell 4. Analyserna har utförts för glidytor som bryter markytan inom verksamhetsområdet.

Tabell 4. Beräknad totalstabilitet enligt [1] - Tillståndsbedömning.

	Odränerad analys Befintligt - obelastat	Odränerad analys Detaljplan	Kombinerad analys Detaljplan
Sektion	W -0,5	W -0,5	W -0,2
A-A	1,87	1,56	1,55
B-B	2,07	1,64	1,65
C-C	2,02	1,66	1,65
D-D	2,10	1,79	1,82

Tabell 5. Beräknad stabilitet enligt [5] – EKS/Slänter och bankar.

	Odränerad analys Befintligt - obelastat	Odränerad analys Detaljplan	Kombinerad analys Detaljplan
Sektion	W -0,5	W -0,5	W -0,2
A-A	1,26	1,01	1,03
B-B	1,38	1,06	1,08
C-C	1,35	1,07	1,08
D-D	1,40	1,16	1,18

9 Analys av resultatet

Samtliga 4 analyserade sektioner uppfyller kravet på $F_{c,LLW-0,5} \geq 1,55$ samt kravet på $F_{komb,MLW-0,2} \geq 1,5$.

Kritiska glidytor är tämligen grunda och känsliga för ytlastens intensitet/markytans nivå. Därför har i denna analys ansatts:

- nivå för markytan i släntkrön
- markytan de närmaste 25 m bakom släntkrön har en lutning mot älven på högst 1:50
- tre meter bakom släntkrön förutsätts vara obelastade efter nivåjustering enligt ovan.

10 Åtgärder

Ifall annan geometri eller andra lastförutsättningar avses genomföras erfordras lastkompenserande åtgärder eller förstärkningsåtgärder för genomförandet.

Inför bygglovshantering ska stabilitetsberäkningar och analyser utföras för att verifiera att totalstabiliteten enligt EKS-beräkningar [5] ej överstiger gällande krav för säkerhetsklass 2.

Bilaga 1 Plan – Utredningsområdet

1 sida



BET	ANT	ÄNDRINGEN AVISER	SIGN	DATUM
MARKTEKNIKSK UNDERSÖKNINGSRAPPORT				
LOGICENTERS				
GeoVerkstan HÄLLINGSJÖVÄGEN 322 434 97 KUNESBACKA 0300-68 68 20 info@geoverkstan.se www.geoverkstan.se		 TANKE-TEKNIK-TILLÄMPNING		
UPPDRAG NR 21-1354	RITAD AV H. GARIN	HANDLAGGARE H. GARIN		
DATUM 2022-02-11	ANSVARIG HÅKAN GARIN			
BACKA 22:2 - DAGAB EXPORTGATAN 51, HISINGS BACKA, GÖTEBORG PLAN UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR				
SKALA 1:500 (A1) 1:1000 (A3)	NUMMER G-211354-001			BET -

Bilaga 2 Härladda egenskaper – sammanställning till valda värden

4 sidor



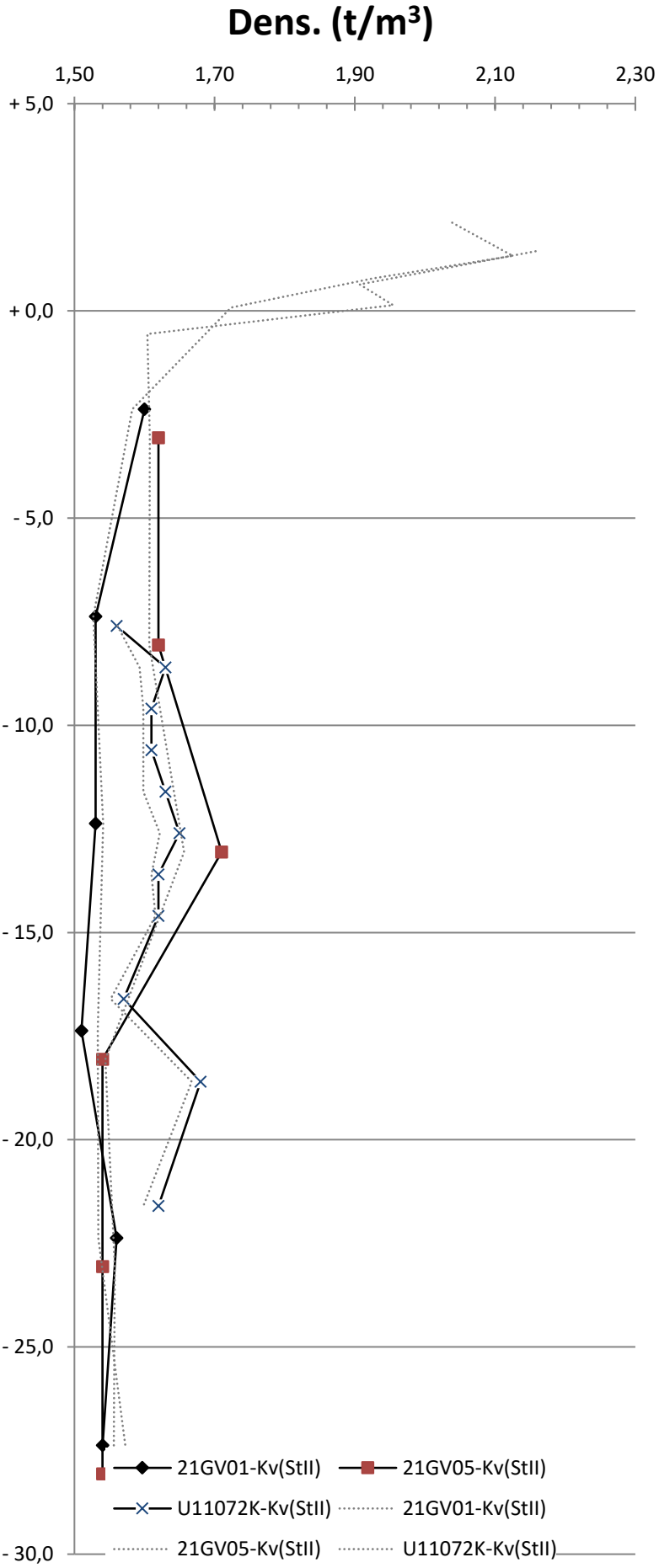
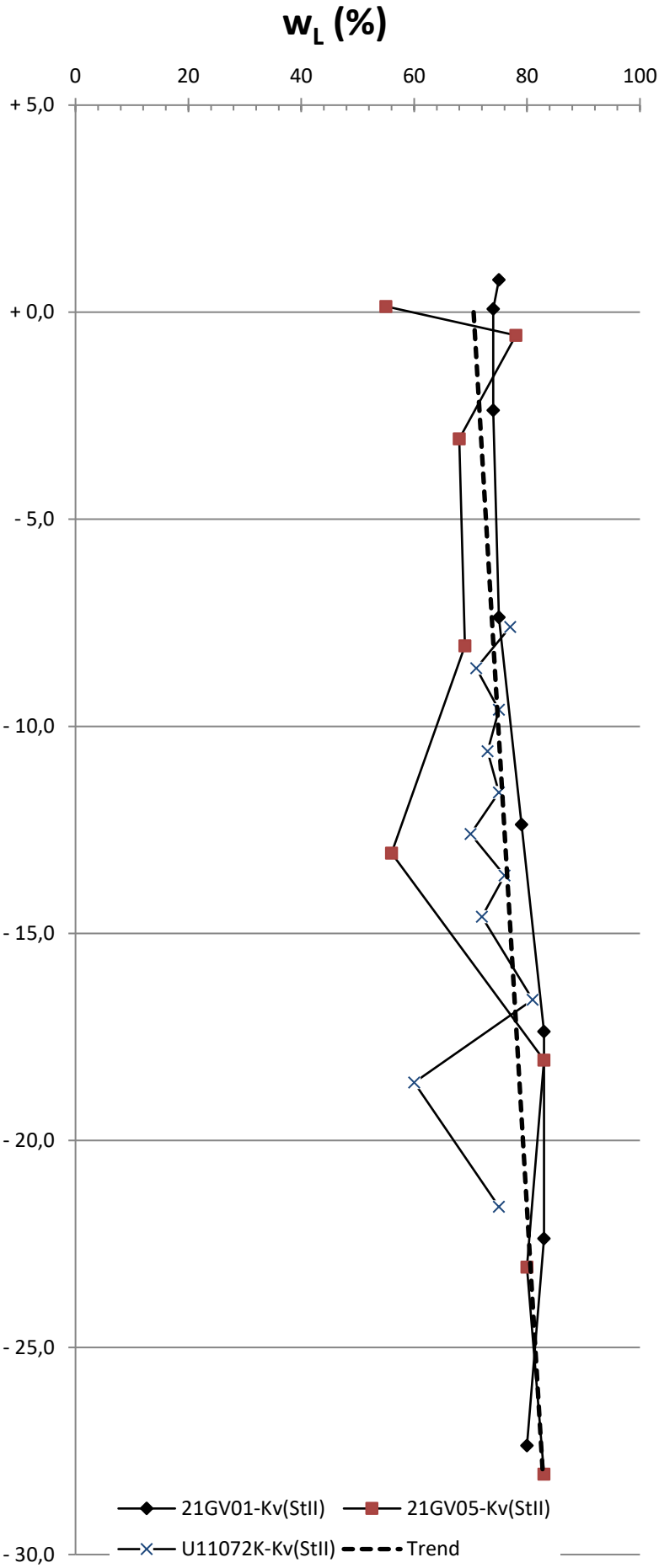
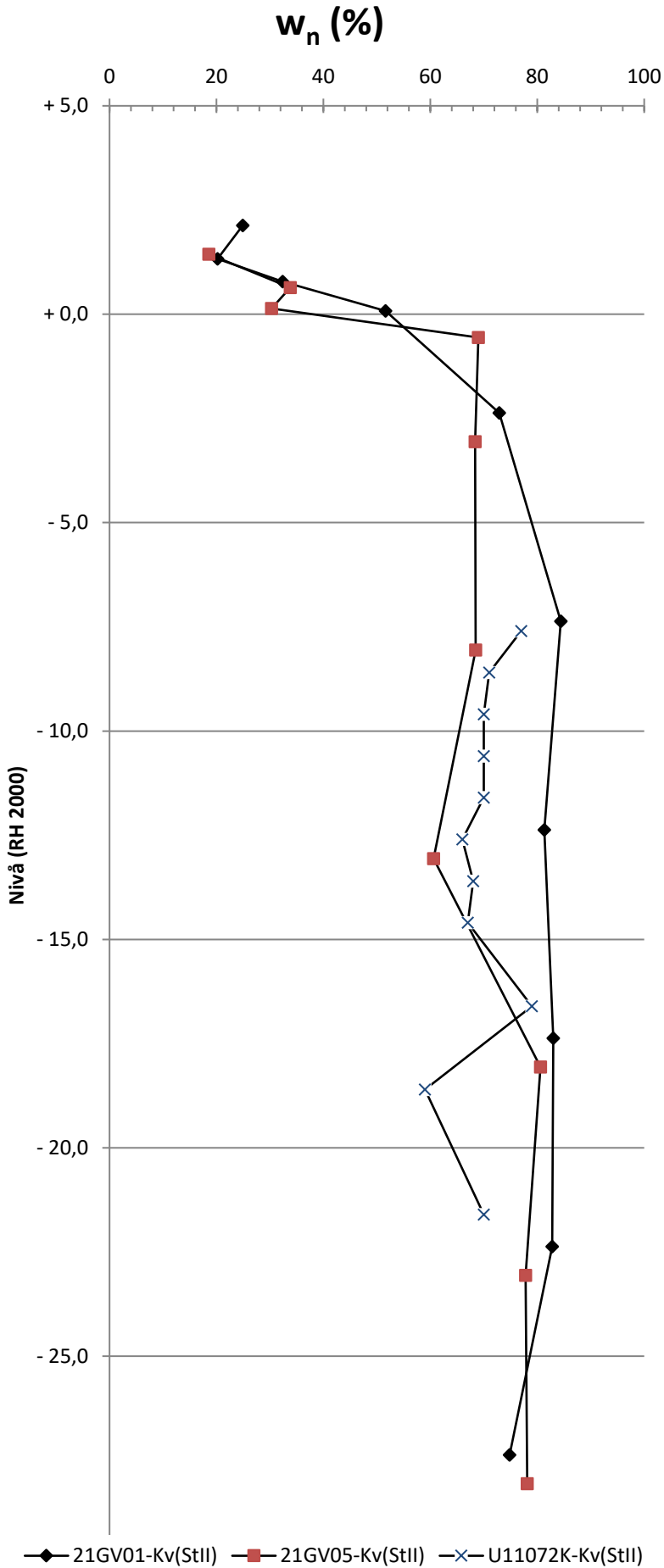
Utvärdering av härledda värden

Ippdragsnummer: 21-1354
Rapportdatum: 2022-02-11

Redovisning av härledda värden som funktion av nivå.

Samtliga utförda undersökningar redovisade i ett diagram.

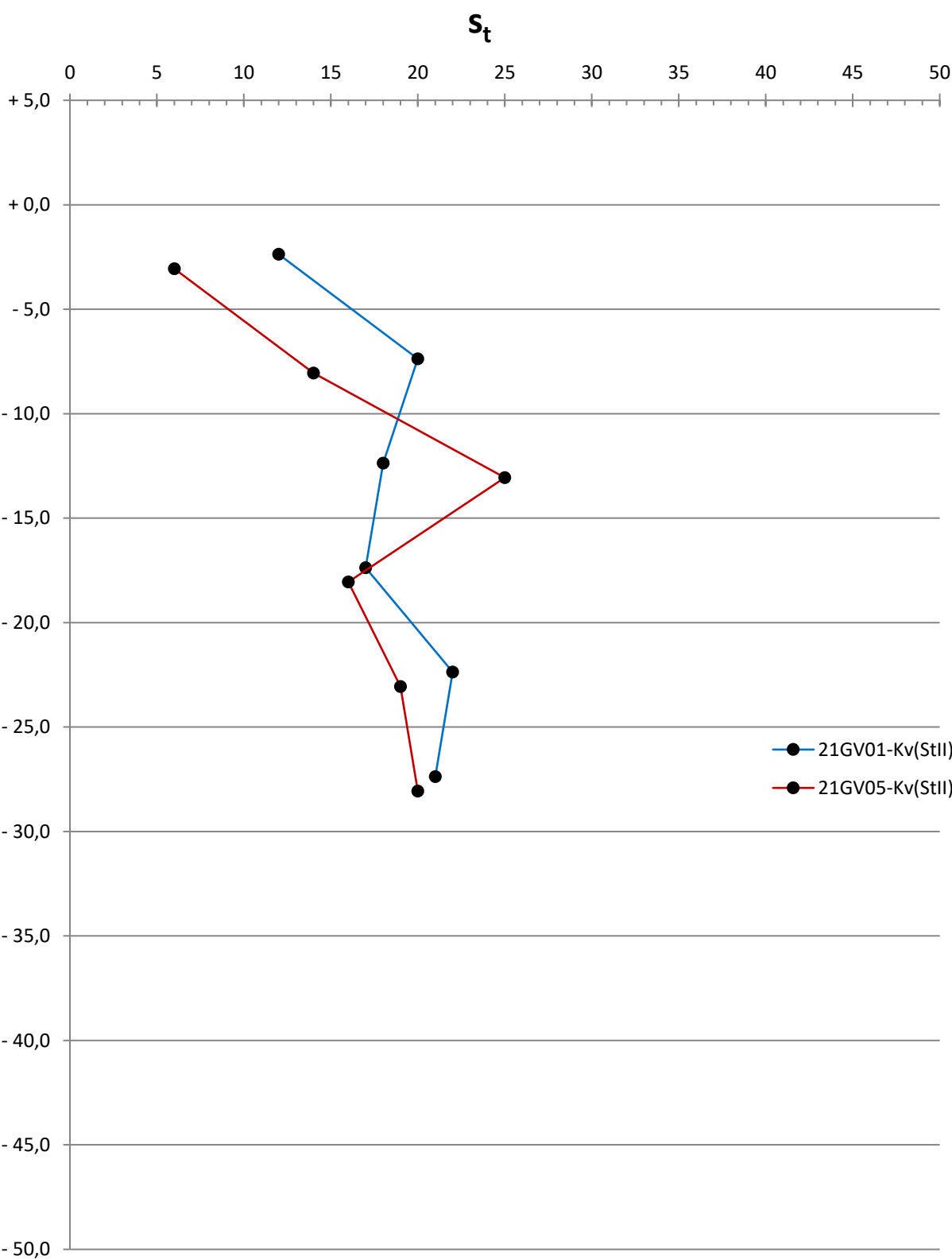
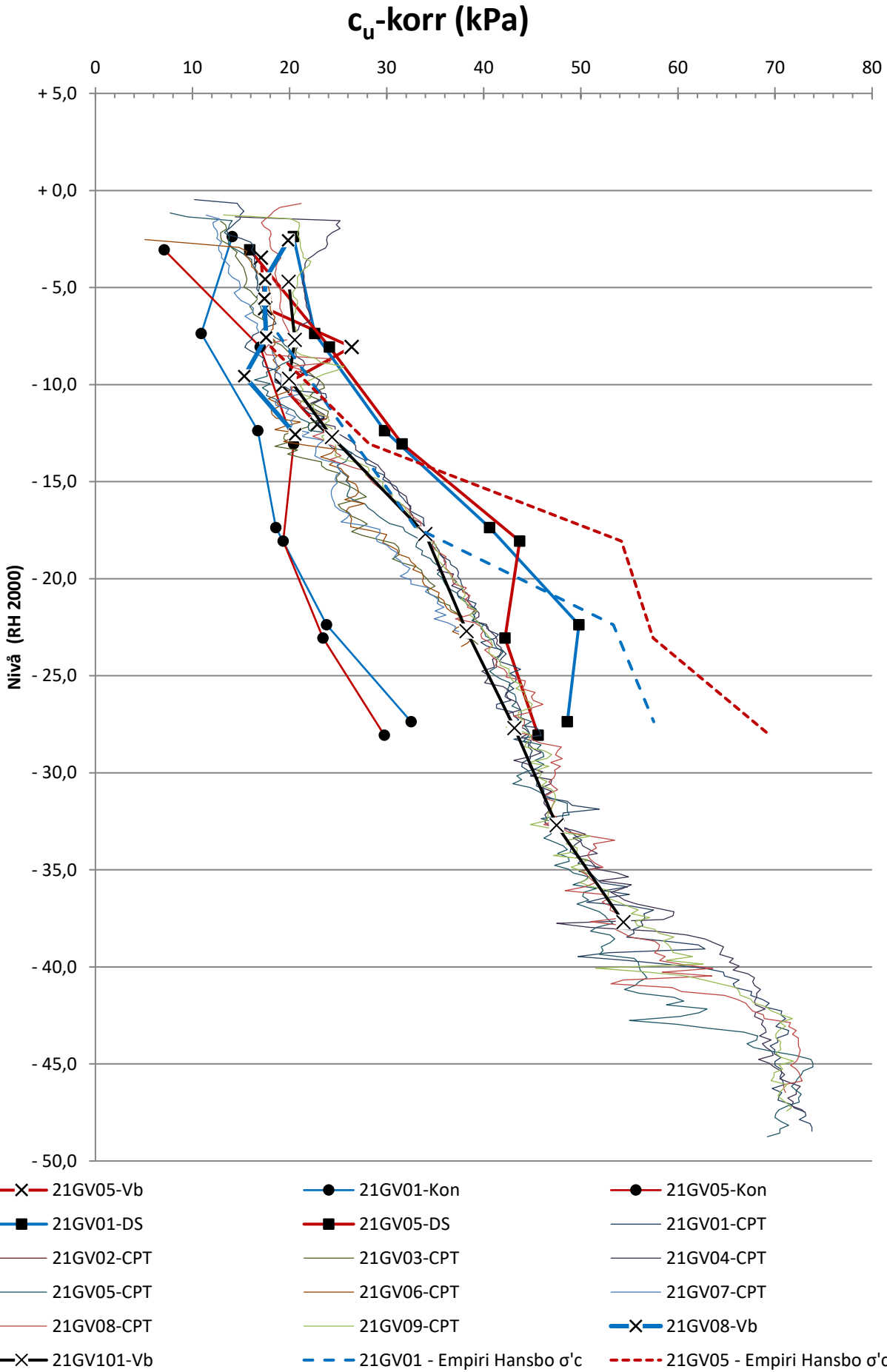
Redovisning av:
Vattenkvot
Konflytgräns
Densitet
Utifrån laboratorieanalyser





Utvärdering av härledda värden

Ippdragsnummer: 21-1354
Rapportdatum: 2022-02-11



Redovisning av härledda värden som funktion av nivå.

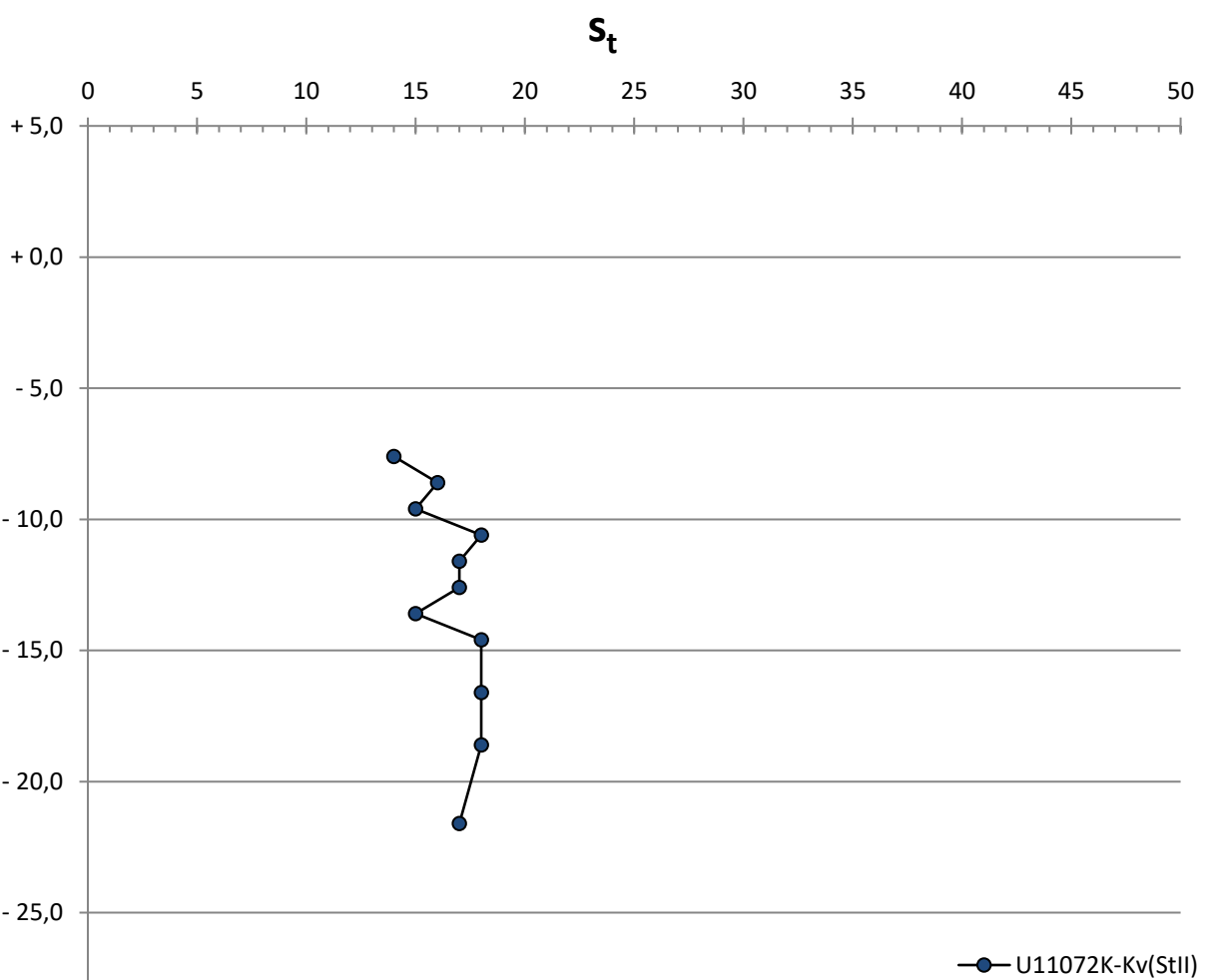
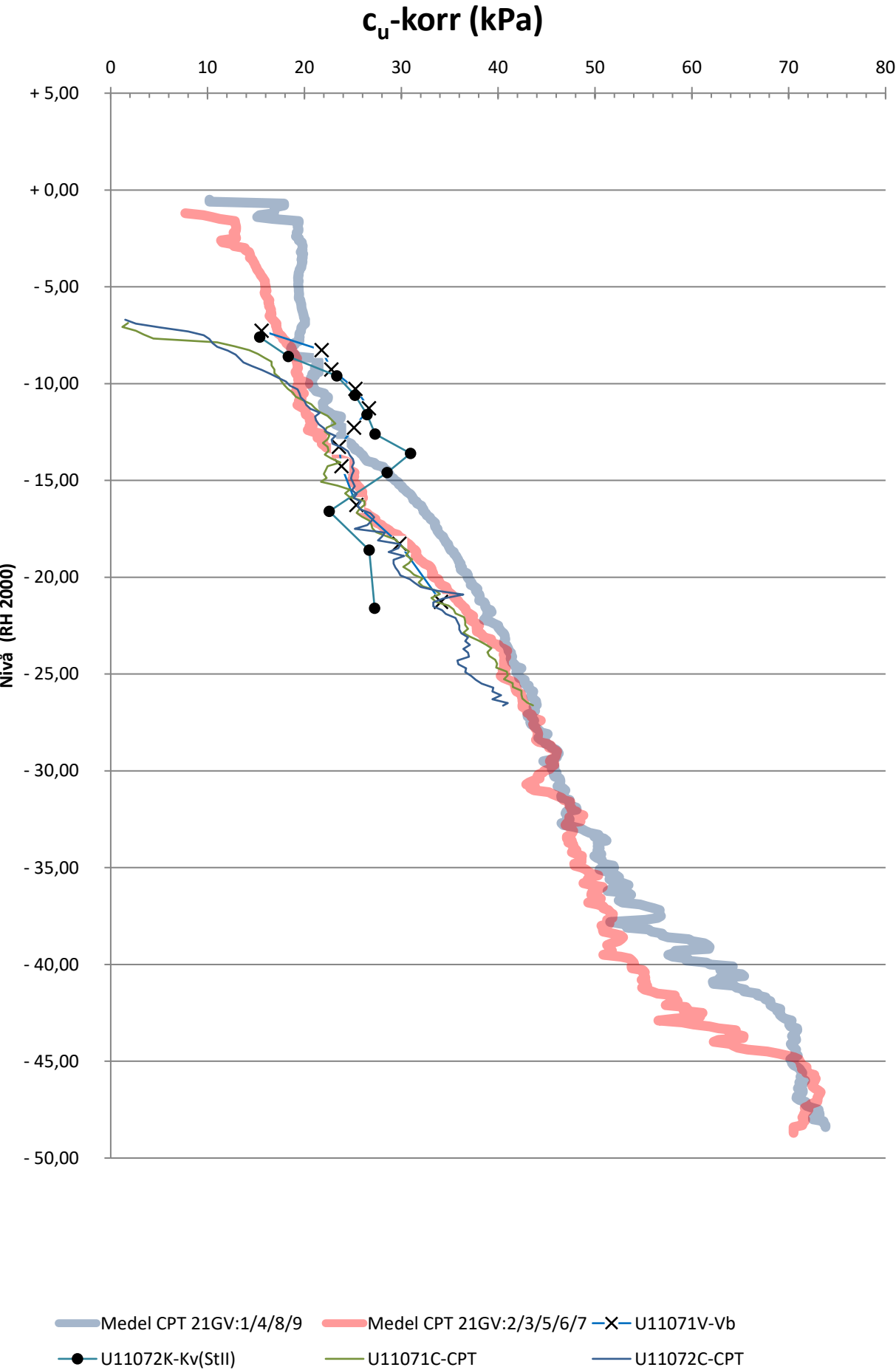
Samtliga utförda undersökningar redovisade i ett diagram.

Redovisning av:
Korrigerad skjuvhållfasthet
Sensitivitet



Utvärdering av härledda värden

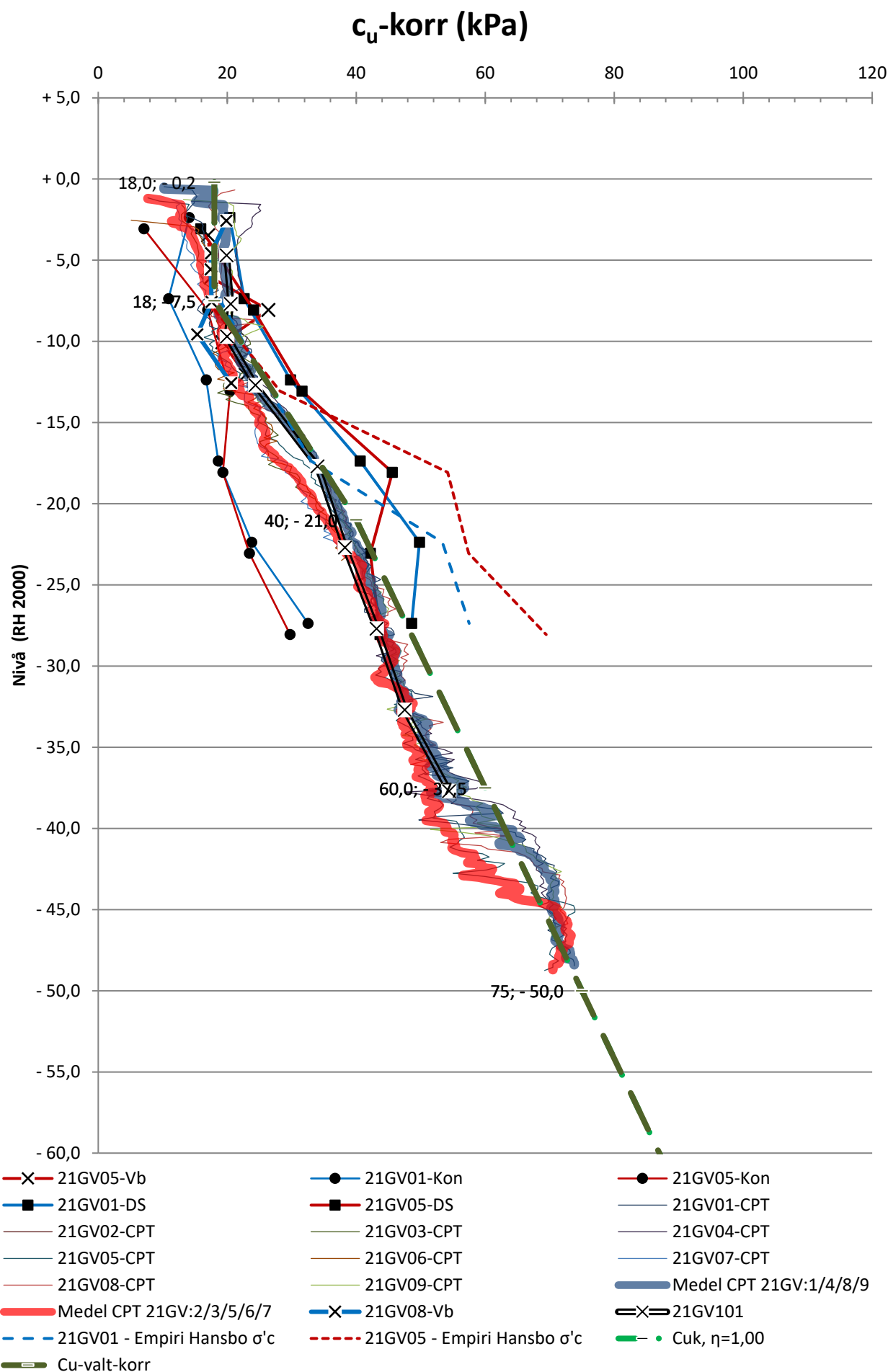
Ippdragsnummer: 21-1354
Rapportdatum: 2022-02-11



Redovisning av härledda värden som funktion av nivå.

Samtliga utförda undersökningar redovisade i ett diagram.

Redovisning av:
Korrigerad skjuvhållfasthet
Sensitivitet

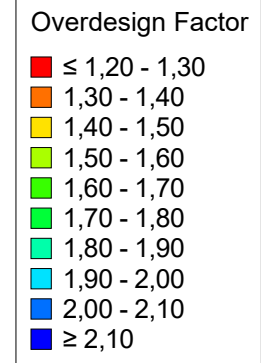


Bilaga 3 Stabilitetsberäkningar – enligt IEG Tillståndsbedömning/Klassificering

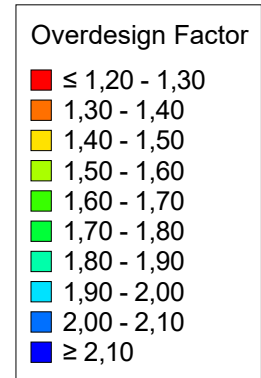
12 sidor

IEG Tillståndsbedömning

Permanenta yt- och punktlaster
 γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Variabla yt- och punktlaster
 γ_A : Favorable = 0, Unfavorable = 1
 Egenvikt av jord
 γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Dränerad hållfasthet
 $\gamma_M=1$
 Odränerad hållfasthet
 $\gamma_M=1$



$F=1,56$	2022-03-26
<i>IEG Tillståndsbedömning</i>	
Partialkoefficienter:	
Permanenta yt- och punktlaster	
γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1	
Variabla yt- och punktlaster	
γ_A : Favorable = 0, Unfavorable = 1	
Egenvikt av jord	
γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1	
Dränerad hållfasthet	
$\gamma_M=1$	
Odränerad hållfasthet	
$\gamma_M=1$	



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)	Phi-B (°)	Piezometric Line
	##0 Fylling	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	#0 Mg&Cldc	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	£1 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	1,5	0,068	15	0,68	0,1	0		1
	£1 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15		30	1,5	0	15	0	0,1	3		1
	£2 Cl	Combined, S=f(datum)	15,8		30	2	0,163	20	1,63	0,1	-7,5		1
	£2 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15,8		30	1,5	0,185	15	1,85	0,1	-7,5		1
	£3 Cl	Combined, S=f(datum)	15,6		30	4,2	0,097	42	0,97	0,1	-21		1
	£4 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	5,8	0,136	58	1,36	0,1	-37,5		1
	£5 Cl	Combined, S=f(datum)	16,5		30	7,5	0,136	75	1,36	0,1	-50		1

Partielloeffisienter:

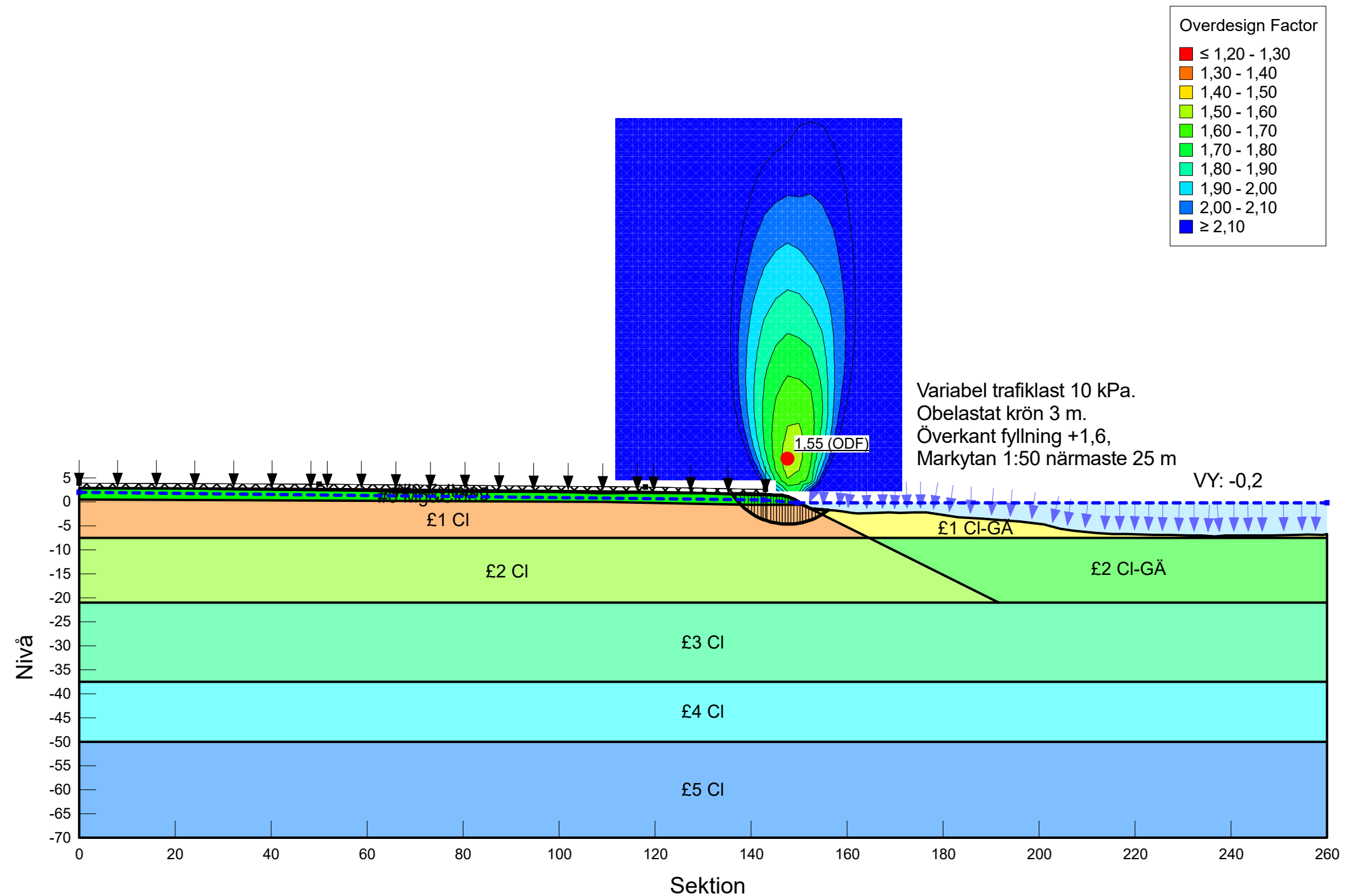
Permanent yt- og punktlastar
yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variabel yt- og punktlastar
yA: Favorable = 0, Unfavorable = 1

Egenvikt av jord
yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1

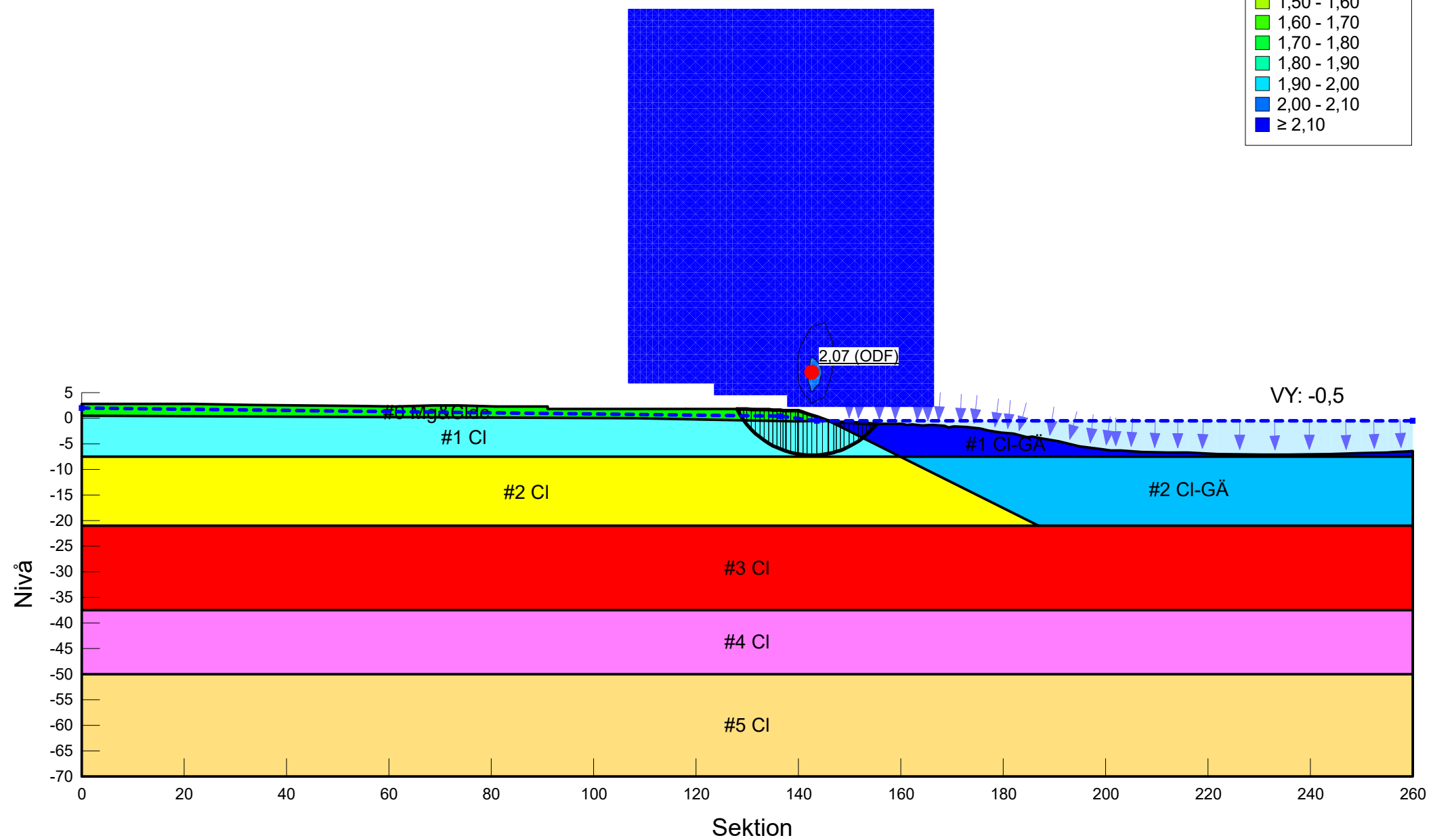
Dränerad hållfasthet
yM=1

O dr nerad hållfasthet
yM=1



IEG Tillståndsbedömning

Overdesign Factor



F=1,64 2022-03-22

IEG Tillståndsbedömning

Partialkoefficienter:

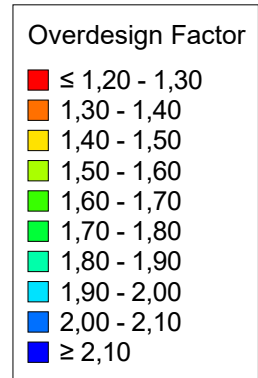
Permanenta yt- och punktlaster
 γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variabla yt- och punktlaster
 γ_A : Favorable = 0, Unfavorable = 1

Egenvikt av jord
 γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1

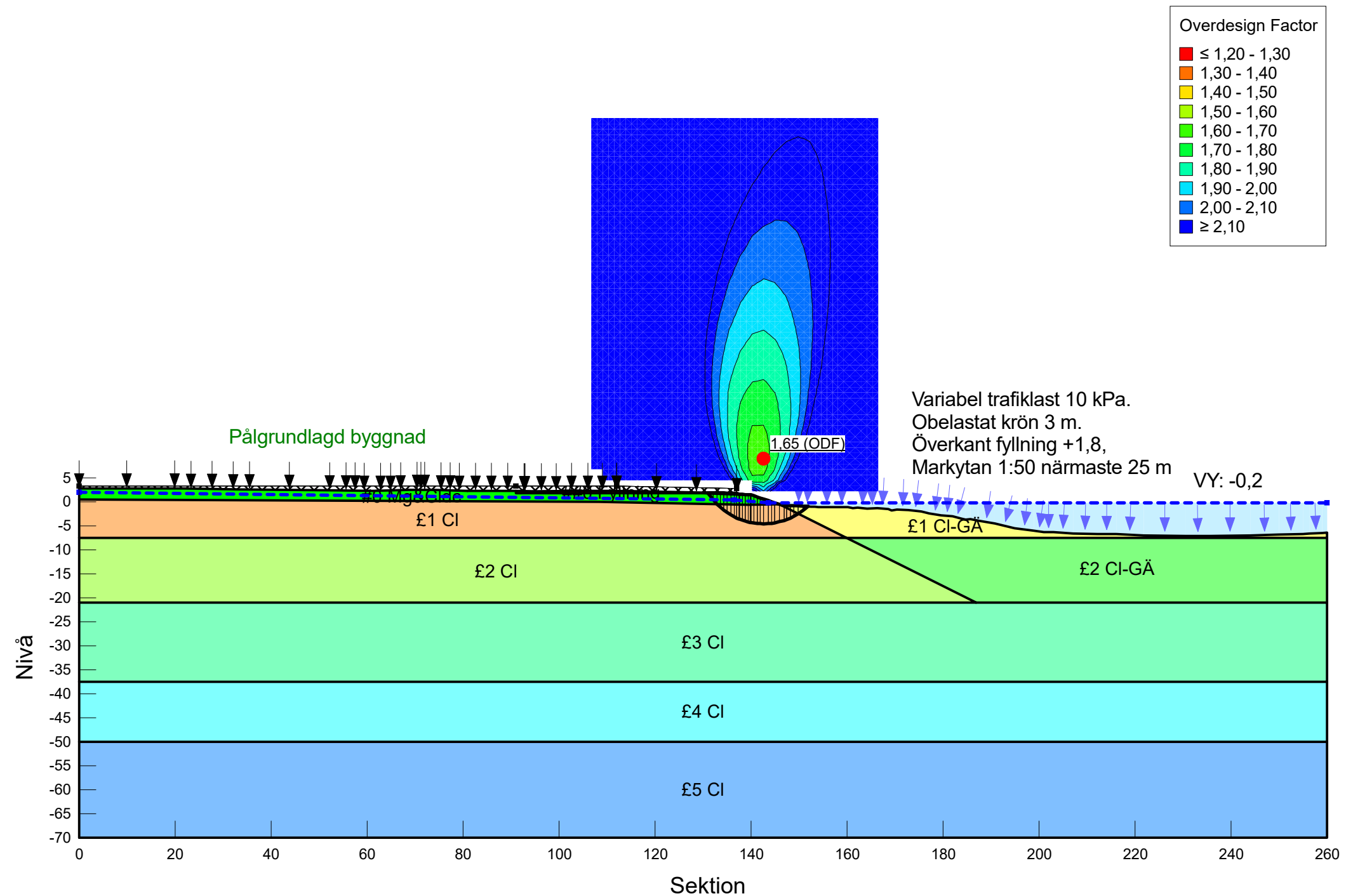
Dränerad hållfasthet
 $\gamma_M=1$

Odränerad hållfasthet
 $\gamma_M=1$



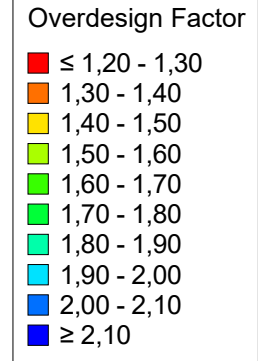
Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)	Phi-B (°)	Piezometric Line
	##0 Fylling	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	#0 Mg&Cldc	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	£1 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	1,5	0,068	15	0,68	0,1	0		1
	£1 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15		30	1,5	0	15	0	0,1	3		1
	£2 Cl	Combined, S=f(datum)	15,8		30	2	0,163	20	1,63	0,1	-7,5		1
	£2 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15,8		30	1,5	0,185	15	1,85	0,1	-7,5		1
	£3 Cl	Combined, S=f(datum)	15,6		30	4,2	0,097	42	0,97	0,1	-21		1
	£4 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	5,8	0,136	58	1,36	0,1	-37,5		1
	£5 Cl	Combined, S=f(datum)	16,5		30	7,5	0,136	75	1,36	0,1	-50		1

Permanenta yt- och punktlaster
 γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Variabla yt- och punktlaster
 γ_A : Favorable = 0, Unfavorable = 1
 Egenvikt av jord
 γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Dränerad hållfasthet
 $\gamma_M=1$
 Odränerad hållfasthet
 $\gamma_M=1$



IEG Tillståndsbedömning

Permanenta yt- och punktlaster
 γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Variabla yt- och punktlaster
 γ_A : Favorable = 0, Unfavorable = 1
 Egenvikt av jord
 γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Dränerad hållfasthet
 $\gamma_M=1$
 Odränerad hållfasthet
 $\gamma_M=1$



IEG Tillståndsbedömning

Permanent yt- och punktlaster

γ_A : Favorable = 0, Unfavorable = 1

γA: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Dränerad hållfasthet

 $\gamma_M=1$

Odränerna

 $\gamma_M=1$ 

1,30 - 1,40

■ 1,30 - 1,40
■ 1,40 - 1,50

■ 1,40 - 1,50
■ 1,50 - 1,60

■ 1,50 - 1,60
■ 1,60 - 1,70

■ 1,60 - 1,70
■ 1,70 - 1,80

■ 1,70 - 1,80

■ 1,80 - 1,90

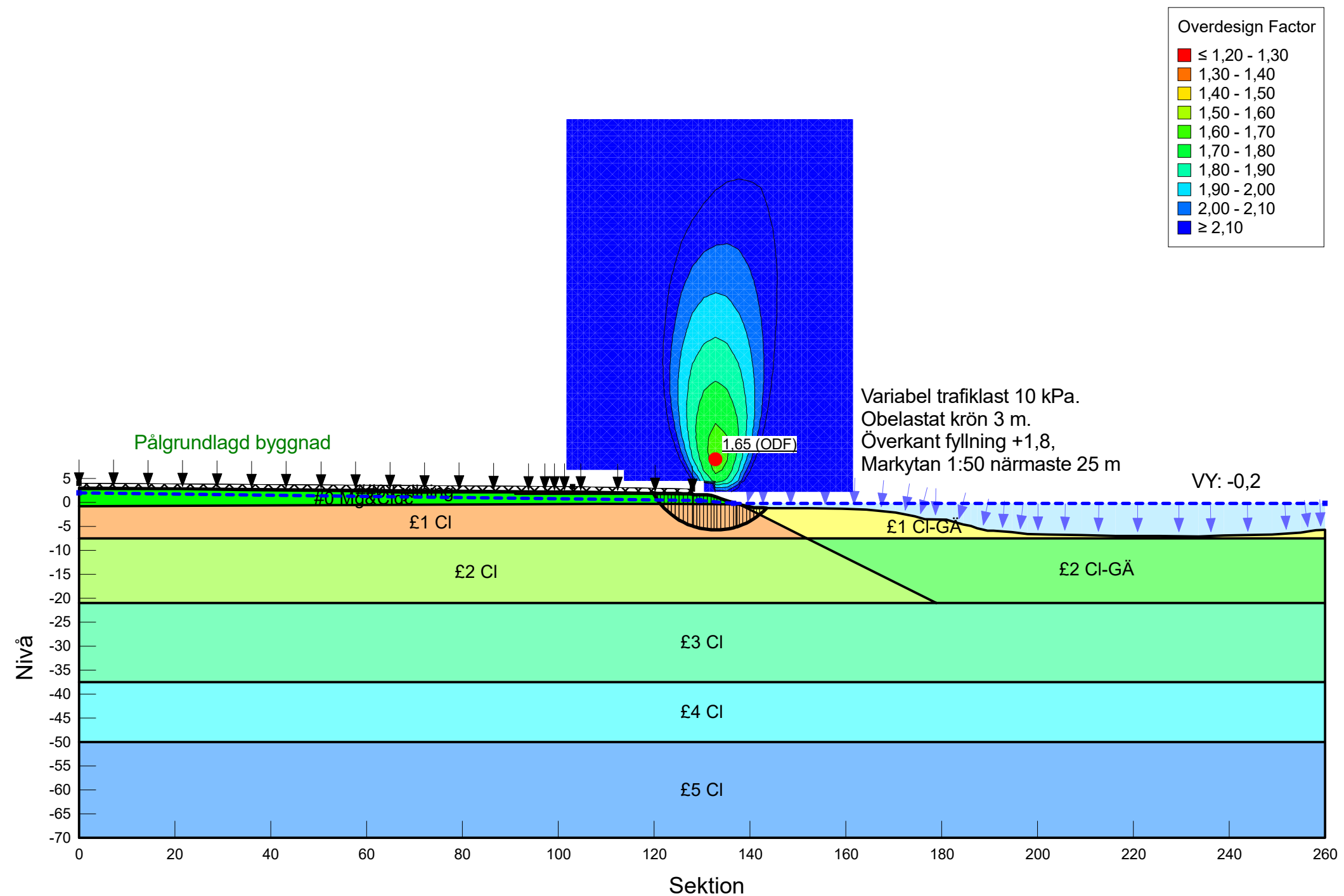
1,90 - 2,00

■ 2,00 - 2,10

■ $\geq 2,10$

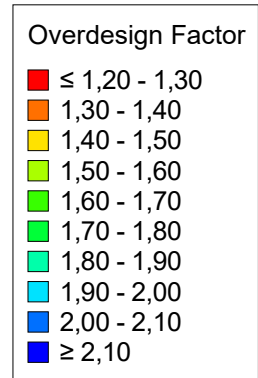
Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)	Phi-B (°)	Piezometric Line
	##0 Fylling	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	#0 Mg&Cldc	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	£1 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	1,5	0,068	15	0,68	0,1	0		1
	£1 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15		30	1,5	0	15	0	0,1	3		1
	£2 Cl	Combined, S=f(datum)	15,8		30	2	0,163	20	1,63	0,1	-7,5		1
	£2 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15,8		30	1,5	0,185	15	1,85	0,1	-7,5		1
	£3 Cl	Combined, S=f(datum)	15,6		30	4,2	0,097	42	0,97	0,1	-21		1
	£4 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	5,8	0,136	58	1,36	0,1	-37,5		1
	£5 Cl	Combined, S=f(datum)	16,5		30	7,5	0,136	75	1,36	0,1	-50		1

Odränerad hållfasthet
 $\gamma_M=1$



IEG Tillståndsbedömning

Permanenta yt- och punktlaster
 y_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Variabla yt- och punktlaster
 y_A : Favorable = 0, Unfavorable = 1
 Egenvikt av jord
 y_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1
 Dränerad hållfasthet
 $y_M=1$
 Odränerad hållfasthet
 $y_M=1$



IEG Tillståndsbedömning

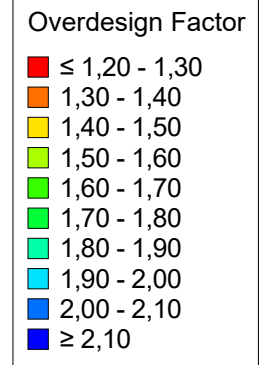
Permanenta yt- och punktlaster

γ_A : Favorable = 0, Unfavorable = 1

γA: Favorable = 1, Unfavorable = 1

 $\gamma_M=1$

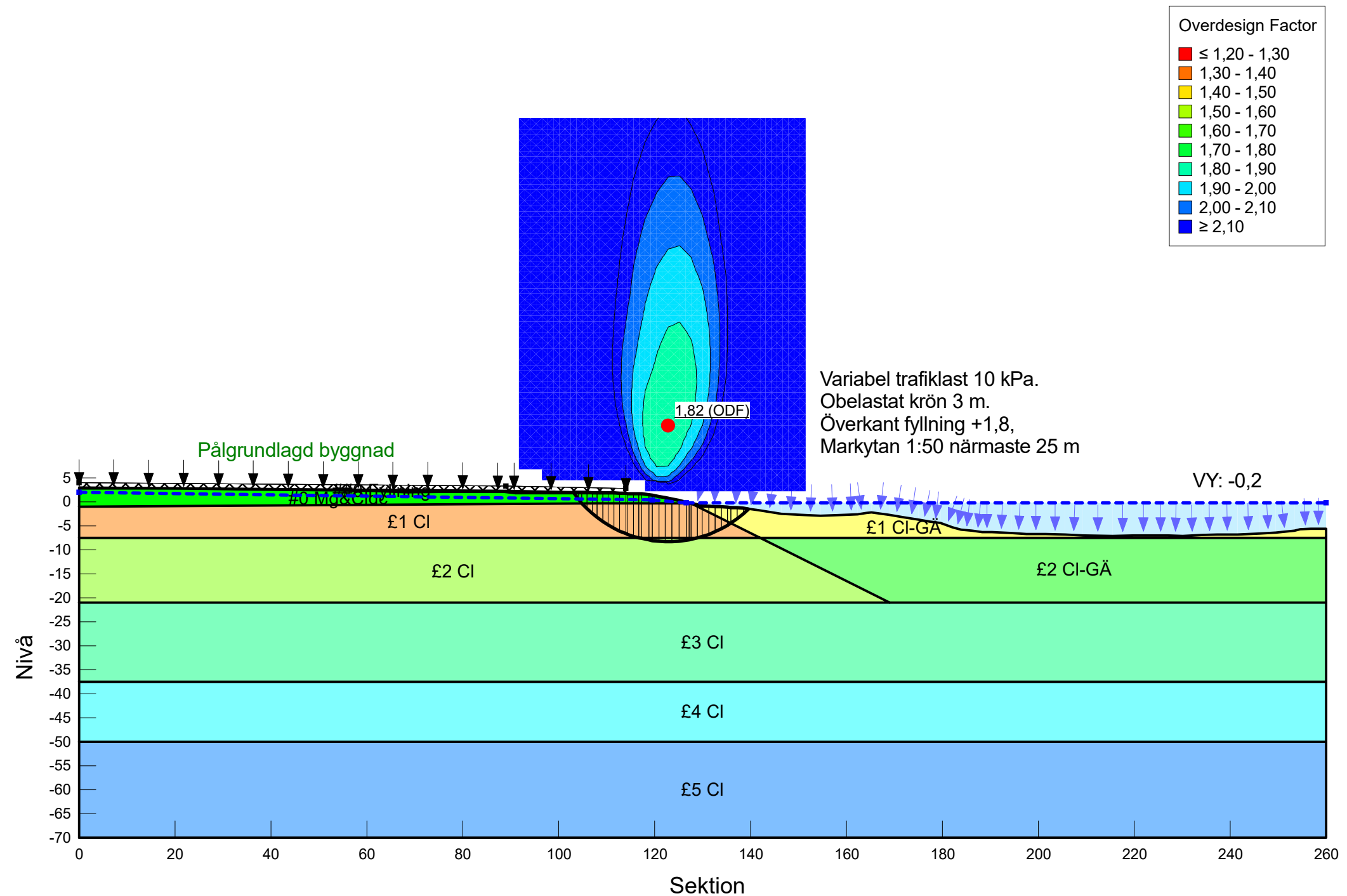
Odränerad hållfasthet

 $\gamma_M = 1$ 

Variabel trafiklast 10 kPa.
Obelastat krön 3 m.
Överkant fyllning +1,8,
Markytan 1:50 närmaste 25 m

VY: -0,5

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)	Phi-B (°)	Piezometric Line
	##0 Fylling	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	#0 Mg&Cldc	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	£1 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	1,5	0,068	15	0,68	0,1	0		1
	£1 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15		30	1,5	0	15	0	0,1	3		1
	£2 Cl	Combined, S=f(datum)	15,8		30	2	0,163	20	1,63	0,1	-7,5		1
	£2 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15,8		30	1,5	0,185	15	1,85	0,1	-7,5		1
	£3 Cl	Combined, S=f(datum)	15,6		30	4,2	0,097	42	0,97	0,1	-21		1
	£4 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	5,8	0,136	58	1,36	0,1	-37,5		1
	£5 Cl	Combined, S=f(datum)	16,5		30	7,5	0,136	75	1,36	0,1	-50		1

 $\gamma_M = 1$ 

Bilaga 4 Stabilitetsberäkningar – enligt IEG EKS/Eurokod

12 sidor

Permanent yt- och punktlaster

yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variabla yt- och punktlaster

γ_A : Favorable = 0, Unfavorable = 1.27

Egenvekt av jord

γA: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Dränerad hållfasthet

 $\gamma_M = 1,3$

Odränerad hållfasthet

Overdesign Factor

- ≤ 0,70 - 0,80
- 0,80 - 0,90
- 0,90 - 1,00
- 1,00 - 1,10
- 1,10 - 1,20
- 1,20 - 1,30
- 1,30 - 1,40
- 1,40 - 1,50
- 1,50 - 1,60
- ≥ 1,60



F=1,01 2022-03-22

Eurocode 7 - DA3, IEG/EKS

Partialkoefficienter:

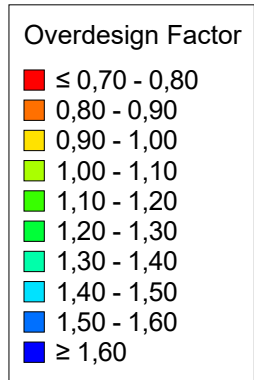
Permanenta yt- och punktlaster
yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variabla yt- och punktlaster
yA: Favorable = 0, Unfavorable = 1.27

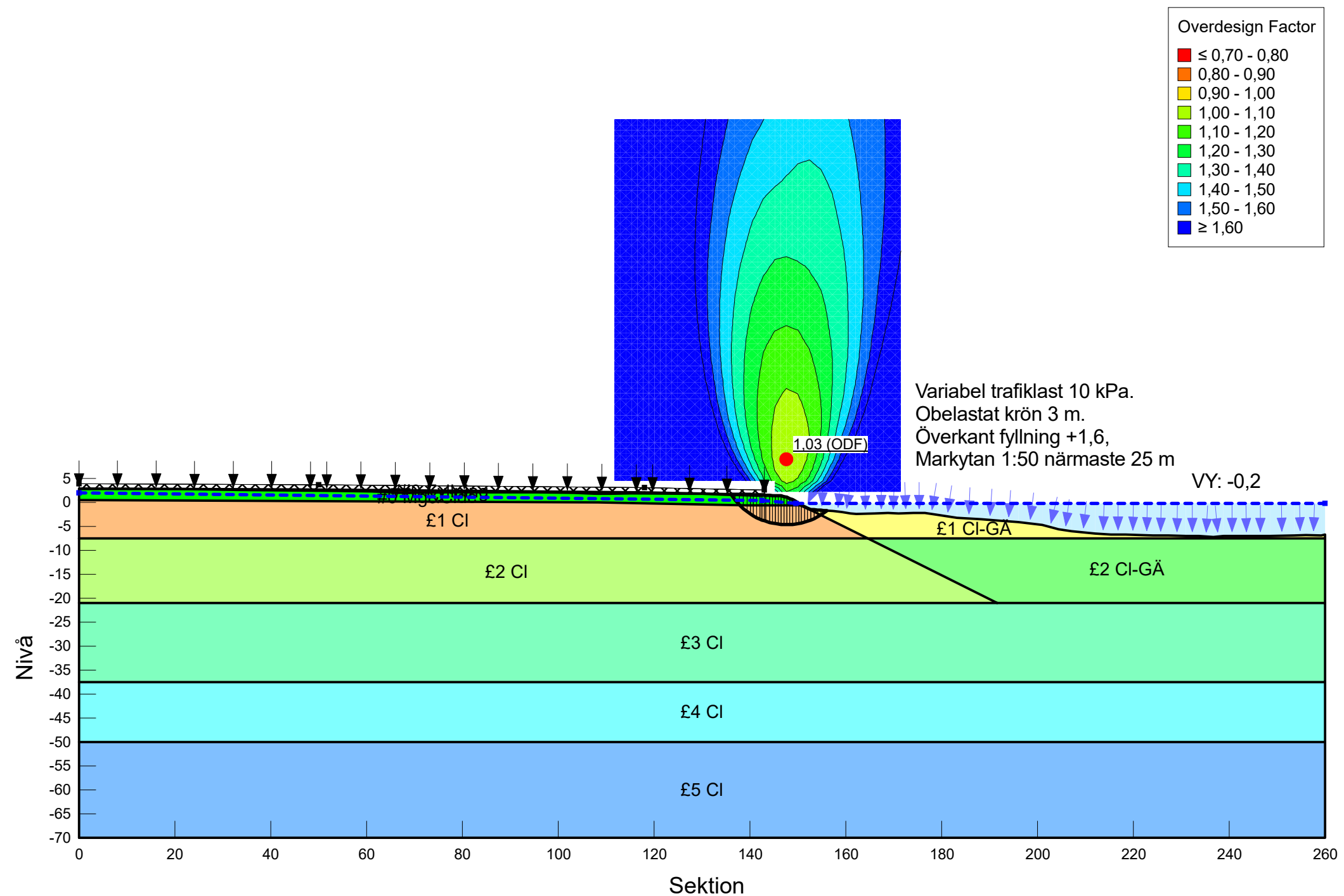
Egenvikt av jord
yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Dränerad hållfasthet
yM=1,3

Odränerad hållfasthet
yM=1,5

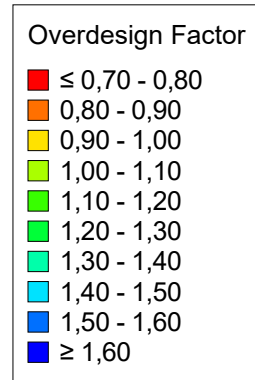


Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)	Phi-B (°)	Piezometric Line
	##0 Fylling	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	#0 Mg&Cldc	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	£1 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	1,5	0,068	15	0,68	0,1	0		1
	£1 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15		30	1,5	0	15	0	0,1	3		1
	£2 Cl	Combined, S=f(datum)	15,8		30	2	0,163	20	1,63	0,1	-7,5		1
	£2 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15,8		30	1,5	0,185	15	1,85	0,1	-7,5		1
	£3 Cl	Combined, S=f(datum)	15,6		30	4,2	0,097	42	0,97	0,1	-21		1
	£4 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	5,8	0,136	58	1,36	0,1	-37,5		1
	£5 Cl	Combined, S=f(datum)	16,5		30	7,5	0,136	75	1,36	0,1	-50		1



Eurocode 7 - DA3, IEG/EKS

Permanenta yt- och punktlaster
yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Variabla yt- och punktlaster
yA: Favorable = 0, Unfavorable = 1.27
Egenvikt av jord
yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Dränerad hållfasthet
yM=1,3
Odränerad hållfasthet
yM=1,5

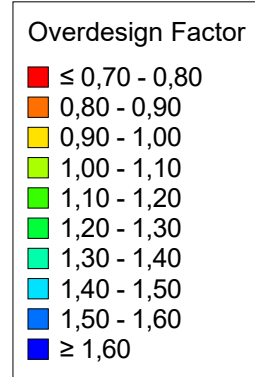


Overdesign Factor

- ≤ 0,70 - 0,80
- 0,80 - 0,90
- 0,90 - 1,00
- 1,00 - 1,10
- 1,10 - 1,20
- 1,20 - 1,30
- 1,30 - 1,40
- 1,40 - 1,50
- 1,50 - 1,60
- ≥ 1,60

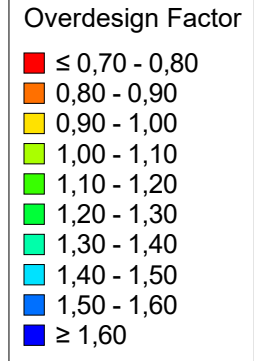


F=1,08 Eurocode 7 - DA3, IEG/EKS Partialkoefficienter: Permanenta yt- och punktlaster γA: Favorable = 1, Unfavorable = 1 Variabla yt- och punktlaster γA: Favorable = 0, Unfavorable = 1.27 Egenvikt av jord γA: Favorable = 1, Unfavorable = 1 Dränerad hållfasthet γM=1,3 Odränerad hållfasthet γM=1,5	C:\M:\21-1551-07_Eurocode 7 2022-03-22
---	--



Eurocode 7 - DA3, IEG/EKS

Permanenta yt- och punktlaster
yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Variabla yt- och punktlaster
yA: Favorable = 0, Unfavorable = 1.27
Egenvikt av jord
yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1
Dränerad hållfasthet
yM=1,3
Odränerad hållfasthet
yM=1,5



F=1,07 2022-03-22

Eurocode 7 - DA3, IEG/EKS

Partialkoefficienter:

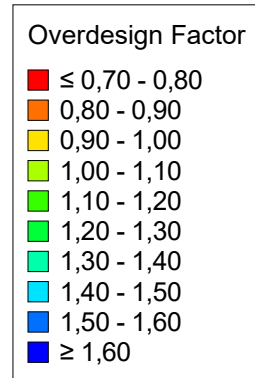
Permanenta yt- och punktlaster
yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variabla yt- och punktlaster
yA: Favorable = 0, Unfavorable = 1.27

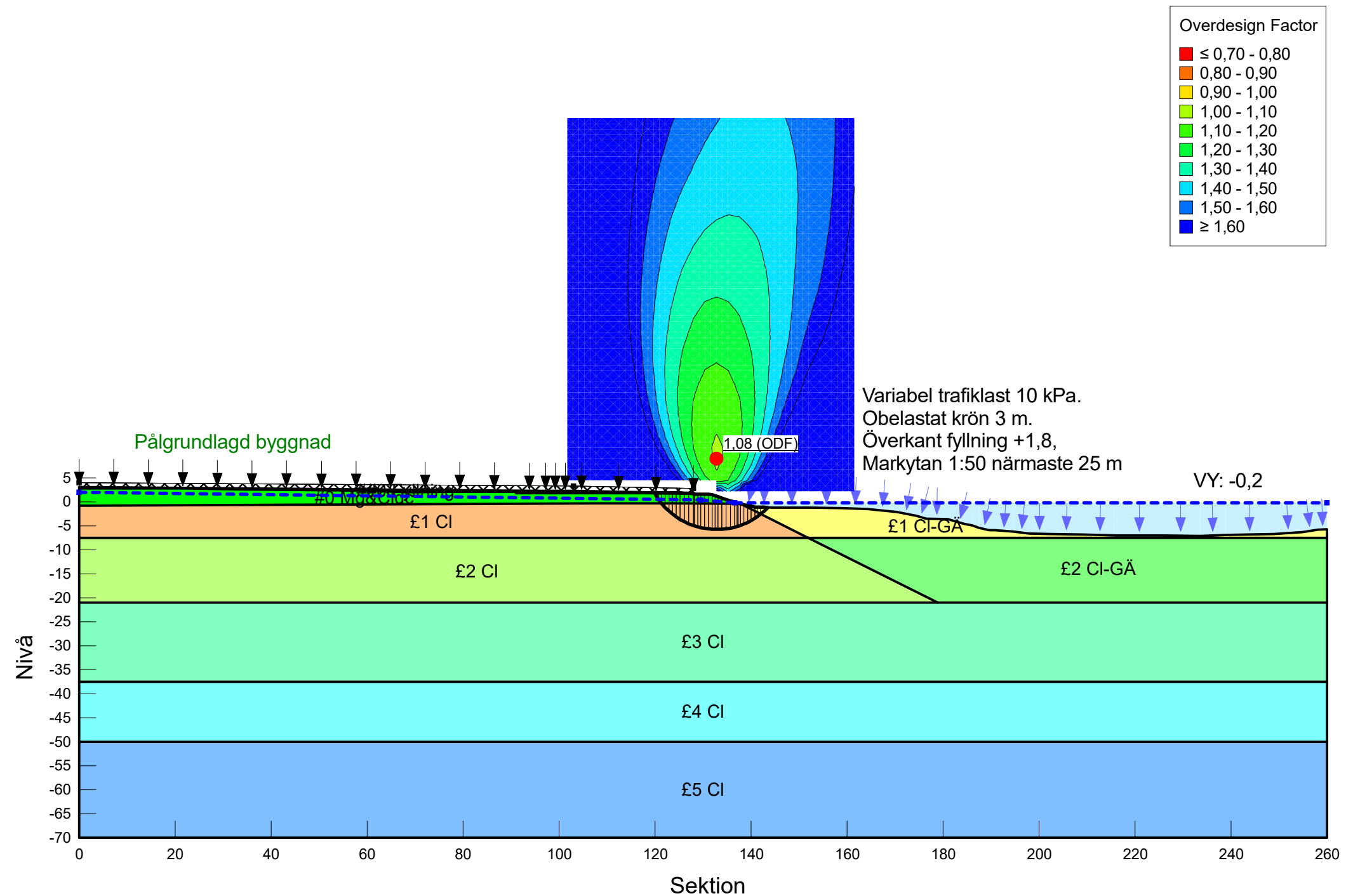
Egenvikt av jord
yA: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Dränerad hållfasthet
yM=1,3

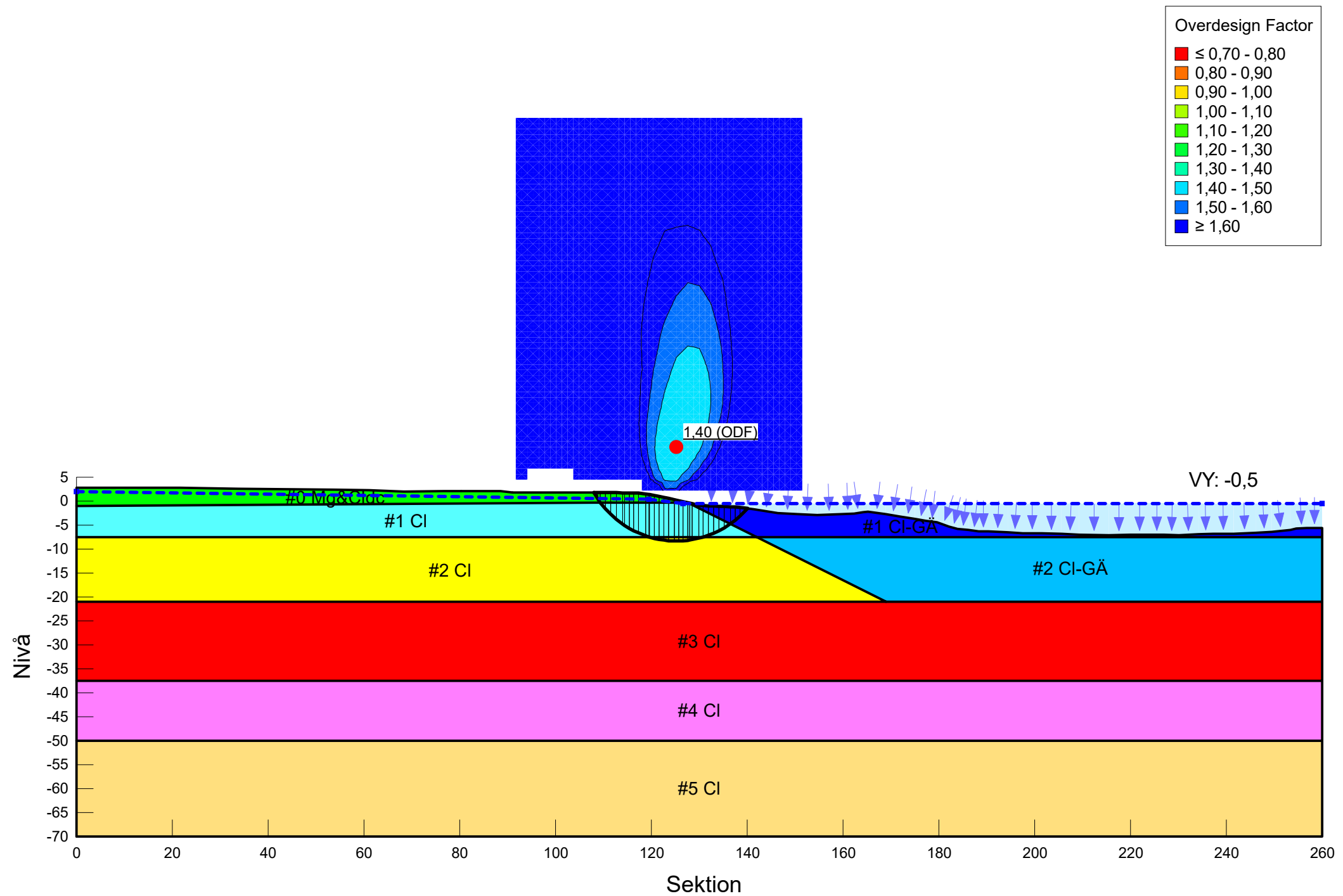
Odränerad hållfasthet
yM=1,5



Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Datum (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m²)/m)	Cu-Datum (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m²)/m)	C/Cu Ratio	Datum (Elevation) (m)	Phi-B (°)	Piezometric Line
	##0 Fylling	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	#0 Mg&Cldc	Mohr-Coulomb	20	0	34							0	1
	£1 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	1,5	0,068	15	0,68	0,1	0		1
	£1 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15		30	1,5	0	15	0	0,1	3		1
	£2 Cl	Combined, S=f(datum)	15,8		30	2	0,163	20	1,63	0,1	-7,5		1
	£2 Cl-GÄ	Combined, S=f(datum)	15,8		30	1,5	0,185	15	1,85	0,1	-7,5		1
	£3 Cl	Combined, S=f(datum)	15,6		30	4,2	0,097	42	0,97	0,1	-21		1
	£4 Cl	Combined, S=f(datum)	16		30	5,8	0,136	58	1,36	0,1	-37,5		1
	£5 Cl	Combined, S=f(datum)	16,5		30	7,5	0,136	75	1,36	0,1	-50		1

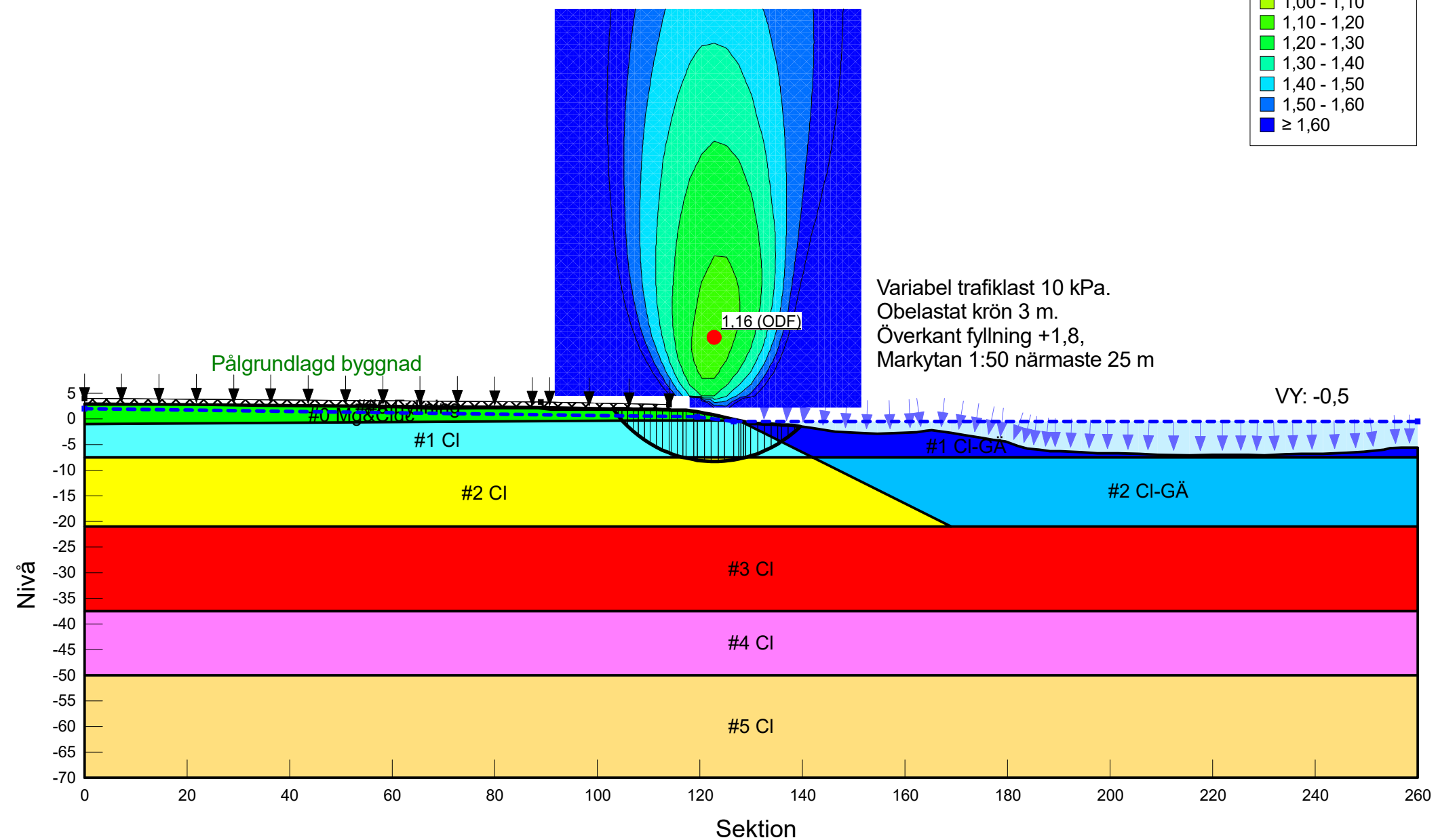


	#0	Mohr-Coulomb	20			0	34	0	1
	#1 Cl	S=f(datum)	16	15	0,68	0	-0,2		1
	#1 Cl-GÄ	S=f(datum)	15	15	0	0	3		1
	#2 Cl	S=f(datum)	15,8	20	1,63	0	-7,5		1
	#2 Cl-GÄ	S=f(datum)	15,8	15	1,85	0	-7,5		1
	#3 Cl	S=f(datum)	15,6	42	0,97	0	-21		1
	#4 Cl	S=f(datum)	16	58	1,36	0	-37,5		1
	#5 Cl	S=f(datum)	16,5	75	1,36	0	-50		1



Eurocode 7 - DA3, IEG/EKS

Overdesign Factor



Eurocode 7 - DA3, IEG/EKS

Partialkoefficienter:

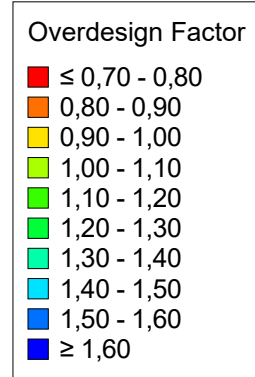
Permanentta yt- och punktlaster
 γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1

Variabla yt- och punktlaster
 γ_A : Favorable = 0, Unfavorable = 1.27

Egenvikt av jord
 γ_A : Favorable = 1, Unfavorable = 1

Dränerad hållfasthet
 $\gamma_M = 1,3$

Odränerad hållfasthet
 $\gamma_M = 1,5$



Bilaga 5 Utdrag ur Slutrapport Göta älvutredning del 3 - kartor

8 sidor

Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat

Slutrapport
Del 3 - Kartor



Göta älvutredningen 2009-2011

	Statens geotekniska institut (SGI) 581 93 Linköping
Beställning	SGI Informationstjänsten Tel: 013-20 18 04 Fax: 013-20 19 14 E-post: info@swedgeo.se Rapporten finns som PDF på vår webbplats: www.swedgeo.se
Dnr SGI	6.1-1203-0204
Uppdragsnr SGI	14534
Layout	Elin Sjöstedt
Tryckeri	AJ E-print AB

Innehållsförteckning

Förord	3
1 Uppdraget	4
1.1 Regeringsuppdrag	4
1.2 Uppdragets omfattning och avgränsning	4
2 Skredriskklasser och skredrisknivåer	4
2.1 Skredriskanalys	4
Beräkningar och bedömningar	4
Skredriskklasser	5
Skredrisknivåer	5
2.2 Risk för bakåtgripande skred och sekundära effekter	5
2.3 Klimatpåverkan	5
2.4 Redovisning – skredriskkartor	5
Bilaga 1 Förteckning GÄU-delrapporter	6
Bilaga 2 Skredriskkartor	7

Förord

Regeringen gav i ett särskilt regleringsbrev 2008 (M2008/4694/A) ett uppdrag till Statens geotekniska institut (SGI) att utföra en kartering av riskerna för skred längs hela Göta älv med anledning av ett förändrat klimat med ökade flöden i älven. Utredningen har utförts under åren 2009-2011. Tiden för slutredovisning har genom regeringsbeslut (2011-11-17) förlängts till den 30 mars 2012.

Uppdraget har inneburit en samlad riskanalys med beräkningar av sannolikheten för skred och värdering av de konsekvenser som skred kan ge upphov till. Genom att identifiera olika riskområden har en bedömning gjorts av var geotekniska förstärkningsåtgärder kan vara nödvändiga. En översiktlig kostnadsbedömning av de geotekniska delarna av förstärkningsåtgärderna har utförts för områden med höga skredrisker. Vidare presenteras en samlad bedömning av de geotekniska förutsättningarna för ökade flöden i Göta älv.

Utredningen har utförts i huvudsak av medarbetare på SGI. Arbetet har letts av SGI:s ledningsgrupp under ledning av generaldirektör Birgitta Boström. Arbetet har organiserats som ett huvuduppdrag för projektledning samt ett stort antal deluppdrag för metodutveckling och utredning.

Till sitt stöd har SGI nyttjat ett antal myndigheter och forskningsinstitutioner, bland annat Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Sveriges geologiska undersökning (SGU), Chalmers tekniska högskola, Lunds universitet, Universitetet i Stuttgart, Norges geotekniske institutt (NGI), Vattenfall, Sjöfartsverket och Trafikverket. Samtliga kommuner inom Göta älvdalen samt Länsstyrelsen i Västra Götalands län har också medverkat i arbetet i olika skeden. Slutligen har SGI nyttjat resurser från ett stort antal konsulter, främst från Göteborgsregionen, för genomförande av utredningsarbetet.

Utredningens resultat och slutsatser presenteras i en slutrapport, *Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat*. Rapporten består av tre delar:

Slutrapport Del 1 – Samhällskonsekvenser, som innefattar en sammanfattning av uppdraget, skredrisker och konsekvenser för samhället, kostnader för åtgärder samt utredningens förslag till fortsatta aktiviteter. Del 1 vänder sig främst till dem som behöver en samlad beskrivning av de skredrisker som finns i älvdalen, hur dessa kan påverka samhället och vilka åtgärder som behöver vidtas.

Slutrapport Del 2 – Kartläggning, som innefattar en beskrivning av utredningens metodik, inventeringar, undersökningar, beräkningar och analyser. Målgruppen för Del 2 är de som vill fördjupa sig i utredningens genomförande och få mer detaljerade fakta om olika förhållanden i älven som underlag för planering och anpassning till ett förändrat klimat.

Slutrapport Del 3 – Kartor, som innefattar en redovisning av skredriskerna i kartform för olika delar av Göta älv. Del 3 beskriver var skredriskerna förekommer längs älven och vilka områden som berörs. Kartorna innehåller även en klassning av klimatpåverkan längs älven.

Utöver slutrapporten har det detaljerade arbetet med inventering, metodutveckling och analyser redovisats i 34 delrapporter som överlämnades till regeringen 2011-12-21. Rapporterna finns förtecknade i Bilaga 1 och är tillgängliga på SGI:s webbplats: www.swedgeo.se

Redaktör för *Slutrapport Del 3* har varit Marius Tremblay. Kartframställning i ArcGIS har utförts av Mats Öberg. Vid kartsammanställning av utredningsresultatet har även Lars Andersson, Yvonne Andersson-Sköld, Åke Johansson, Karin Lundström, Victoria Svahn och Hanna Tobiasson-Blomén medverkat.

Linköping i mars 2012

Bo Lind
Tf. generaldirektör



Foto: Eka Chemicals



Figur 1-1 Utredningsområde - Göta älvdalen

1 Uppdraget

1.1 Regeringsuppdrag

Regeringen gav i ett särskilt regleringsbrev 2008 (M2008/4694/A) ett uppdrag till Statens geotekniska institut (SGI) att utföra en kartering av riskerna för skred längs hela Göta älv med anledning av ett förändrat klimat med ökade flöden i älven. Utredningen har utförts under åren 2009-2011. Tiden för slutredovisning har genom regeringsbeslut (2011-11-17) förlängts till den 30 mars 2012.

I regleringsbrevet gavs följande anvisningar för uppdraget:

För att kunna möta kommande klimatförändringar och hantera ökade flöden genom Göta älv krävs förbättrad kunskap om stabilitetsförhållandena längs hela Göta älv. Anslagsposten används för att förbättra och ta fram skredanalyser och stabilitetskarteringar längs Göta älv.

SGI har genomfört uppdraget genom att:

- Genomföra och presentera en samlad analys av skredriskerna längs Göta älv samt delar av Nordre älv. Analysen har innefattat insamling av data, beräkningar av sannolikheten för skred och värdering av de konsekvenser som skred kan ge upphov till. Riskerna omfattar förhållanden som gäller för dagens förhållanden och de som kan förväntas gälla år 2100.
- Utföra metodutveckling för att effektivisera och förbättra tidigare framtagna metoder för skredriskanalyser.
- Bedöma var geotekniska förstärkningsåtgärder kan vara nödvändiga samt översiktligt bedöma kostnaderna för dessa.

Nya och utvecklade metoder har tagits fram för att förbättra skredriskanalyser och stabilitetsberäkningar, förbättra kunskapen om erosionsprocesserna längs Göta älv, bedöma effekten av en ökad nederbörd på grundvattensituationen i området, utveckla metodiker för kartläggning och hantering av högsensitiv lera (kvicklera) samt utveckla strategi för konsekvensbedömning. Utredningen har genomförts i samverkan med andra myndigheter, forskningsinstitutioner samt nationella och internationella organisationer. Arbetet har inneburit den mest omfattande kartläggningen av skredrisker som utförts i Sverige.

1.2 Uppdragets omfattning och avgränsning

Utredningsområdet sträcker sig från kraftverket vid Vargön i Vänersborg till Marieholmsbron i Göteborg samt området längs Nordre älv fram till Kornhalls färjeläge i Kungälv kommun, se Figur 1-1. Totalt innebär detta en sträcka på ca 100 km motsvarande 200 km strandlinje. Utredningsområdets bredd avgränsas till de delar som kan beröras av primära

och sekundära skred i anslutning till Göta älv. Utredning av skredrisker i biflöden begränsas till sträckor i älvens närområde eller där skred kan påverka Göta älvs avbördningsförmåga.

2 Skredriskklasser och skredrisknivåer

2.1 Skredriskanalys

Skredrisk definieras som en kombination av sannolikheten för ett skred och konsekvenserna av skredet. Framtagna sannolikheter för skred och tillhörande konsekvenser kombineras i en riskmatris. Skredrisken klassas sedan i tre nivåer; låg, medelhög samt hög skredrisk, med motsvarande färger gul, orange respektive röd på skredriskkartorna.

Beräkningar och bedömningar

I ett första skede utfördes konventionella stabilitetsberäkningar där ingående parametrar analyserades med statistiska metoder för att beräkna sannolikheten för skred i aktuell sektion. En uppdelning av sannolikhet för skred i fem olika klasser har tagits fram. Denna tar hänsyn till osäkerheten i olika ingående parametrar och den beräknade säkerhetsfaktorn, se Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Klassning av skredsannolikheten

Sannolikhetsklass	Sannolikhet för skred	Relativ brottsannolikhet
S1	Försumbar	$P_f < 3 \cdot 10^{-6}$
S2	Låg	$3 \cdot 10^{-6} \leq P_f < 1 \cdot 10^{-4}$
S3	Viss	$1 \cdot 10^{-4} \leq P_f < 3 \cdot 10^{-3}$
S4	Tydlig	$3 \cdot 10^{-3} \leq P_f < 1 \cdot 10^{-1}$
S5	Påtaglig	$P_f \geq 1 \cdot 10^{-1}$

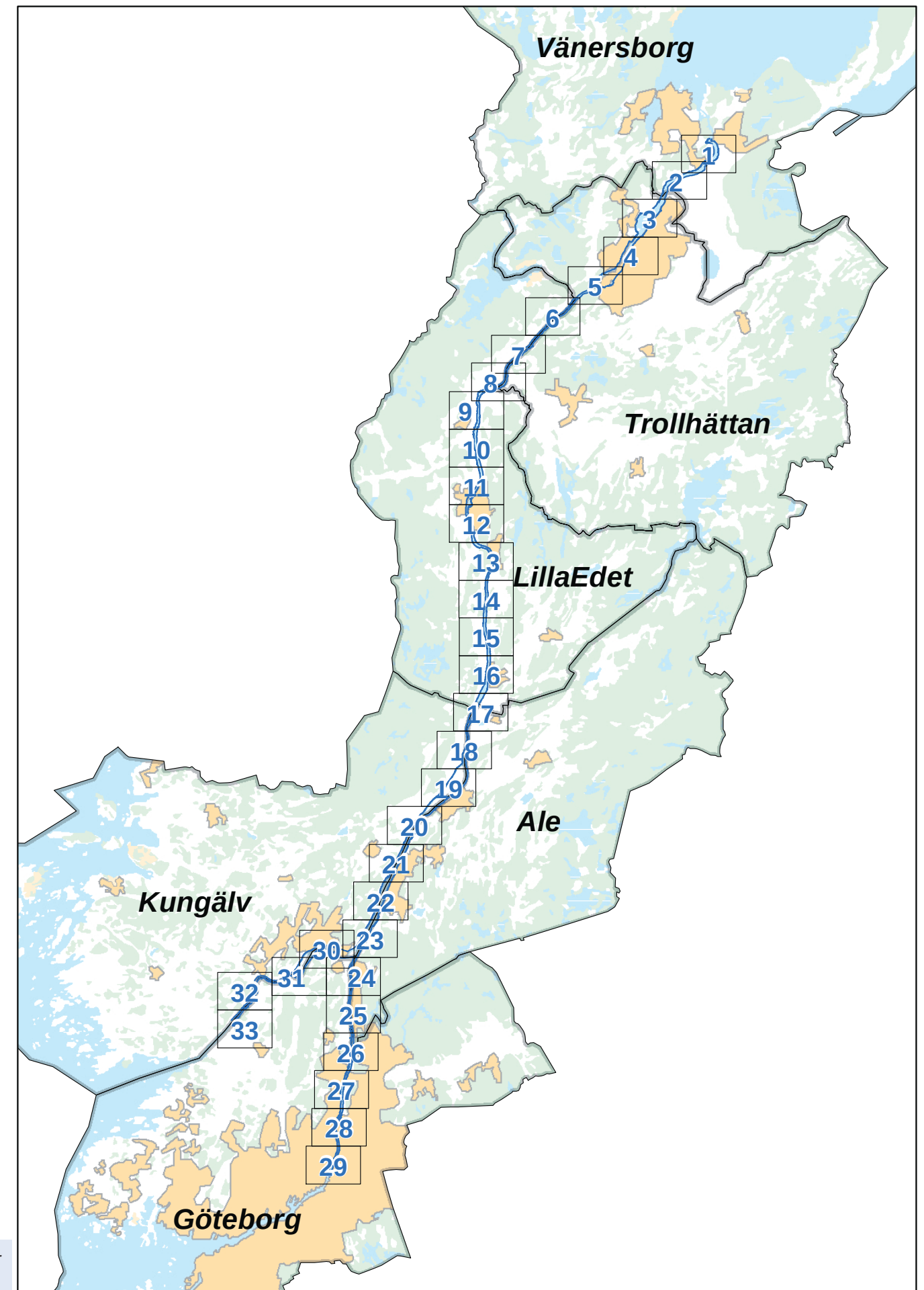
Parallellt med beräkningen av sannolikhet för skred, bedömdes konsekvenserna av ett skred inom olika områden längs älven. Konsekvenserna tar hänsyn till förlust av liv samt skador på egendom och infrastruktur inom aktuellt område och beräknades med uppskattat värde på skador och förluster. En uppdelning av konsekvenserna i fem klasser har tagits fram. Denna knyter an till klassningen från tidigare utredningar och motsvarar en stegvis ökning av konsekvenserna, se Tabell 2-2.

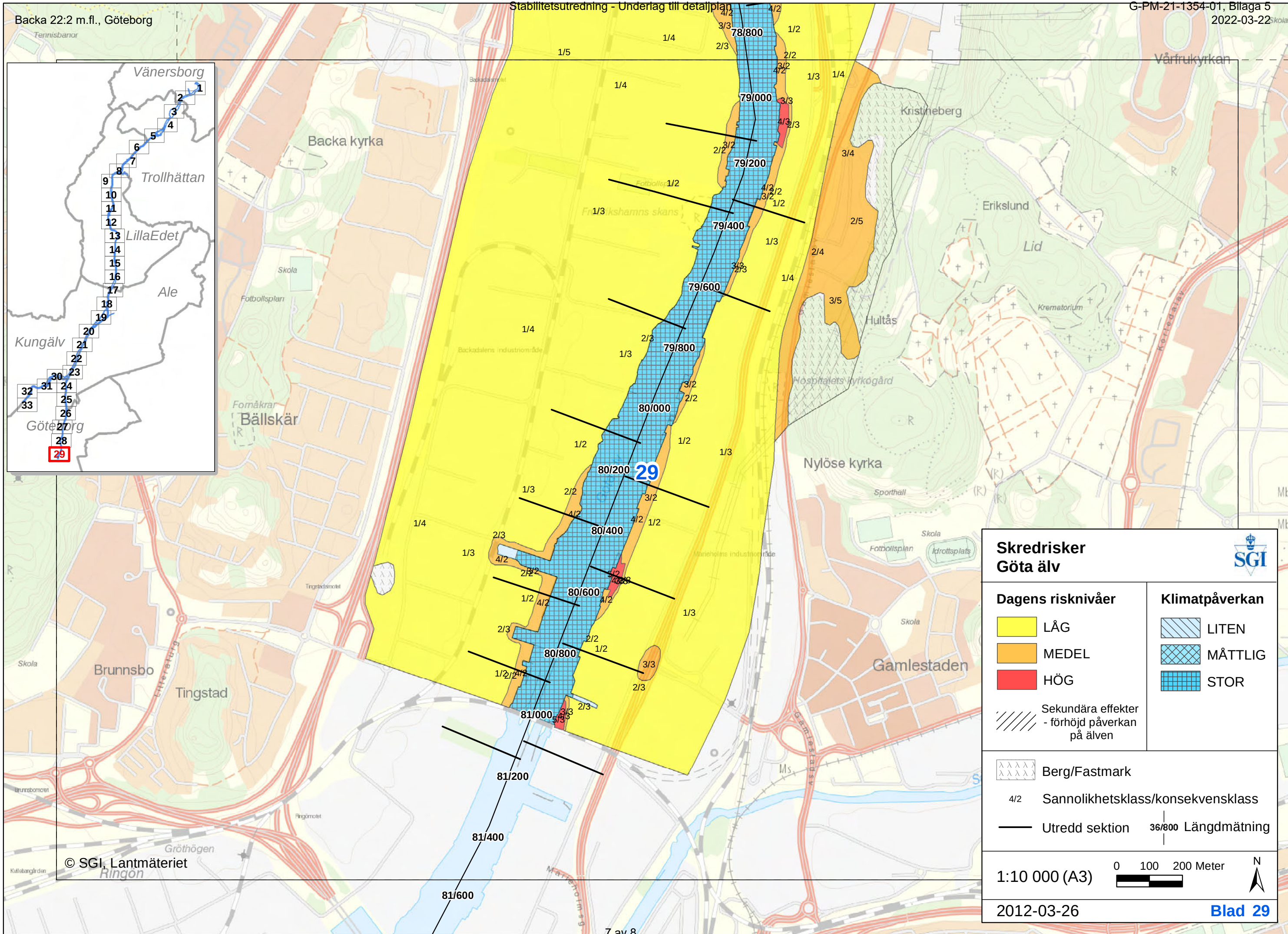
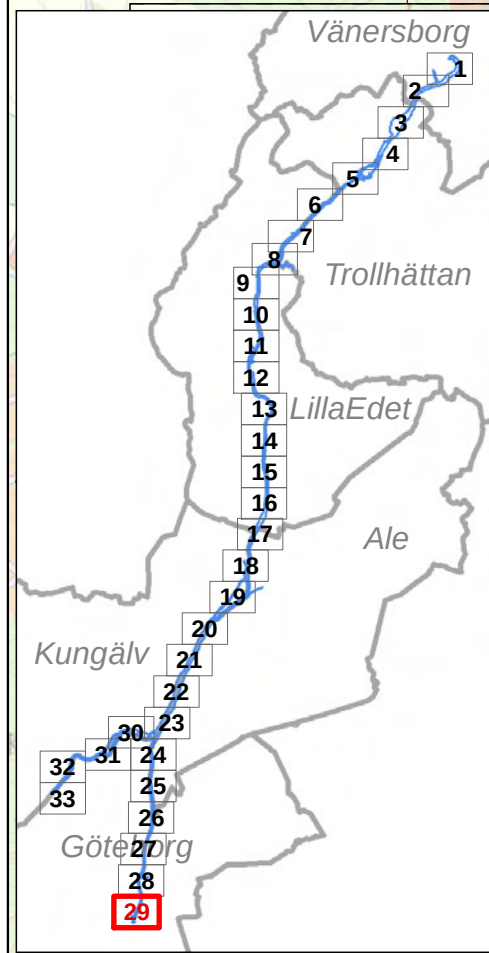
Tabell 2-2 Klassning av konsekvenser av skred

Konsekvensklass	Konsekvenser av skred	Skadevärde i MSEK
K1	Lindriga	< 6
K2	Stora	6 - 35
K3	Mycket stora	35 - 150
K4	Extremt stora	150 - 650
K5	Katastrofala	> 650

Bilaga 2 - Skredriskkartor

Figur över skredriskkartornas bladindelning





Skredrisker Göta älv

Dagens risknivåer	Klimatpåverkan
LÅG MEDEL HÖG	LITEN MÅTTLIG STOR

Sekundära effekter
- förhöjd påverkan
på älven

Berg/Fastmark

Sannolikhetsklass/konsekvensklass

Utredd sektion

36/800 Längdmätning

1:10 000 (A3)

2012-03-26

Blad 29



Statens geotekniska institut

Besöksadress: Olaus Magnus väg 35 Postadress: SGI, 581 93 Linköping
Tel: 013-20 18 00 E-post: sgi@swedgeo.se

Regionkontor Göteborg:
Hugo Grauers gata 5 B, 412 96 Göteborg Tel: 031-778 65 60

Regionkontor Malmö:
Adelgatan 19, 211 22 Malmö Tel 040-35 67 70

Regionkontor Stockholm:
Kornhamnstorg 61, 111 27 Stockholm Tel 08-578 45 500

www.swedgeo.se

Bilaga 6 Utdrag ur Stabilitetsutredning GBG, Backadalens industriområde H096

5 sidor

Koordinatsystem

Plan: SWEREF 99 12 00
Höjd: GH88

Beteckningar

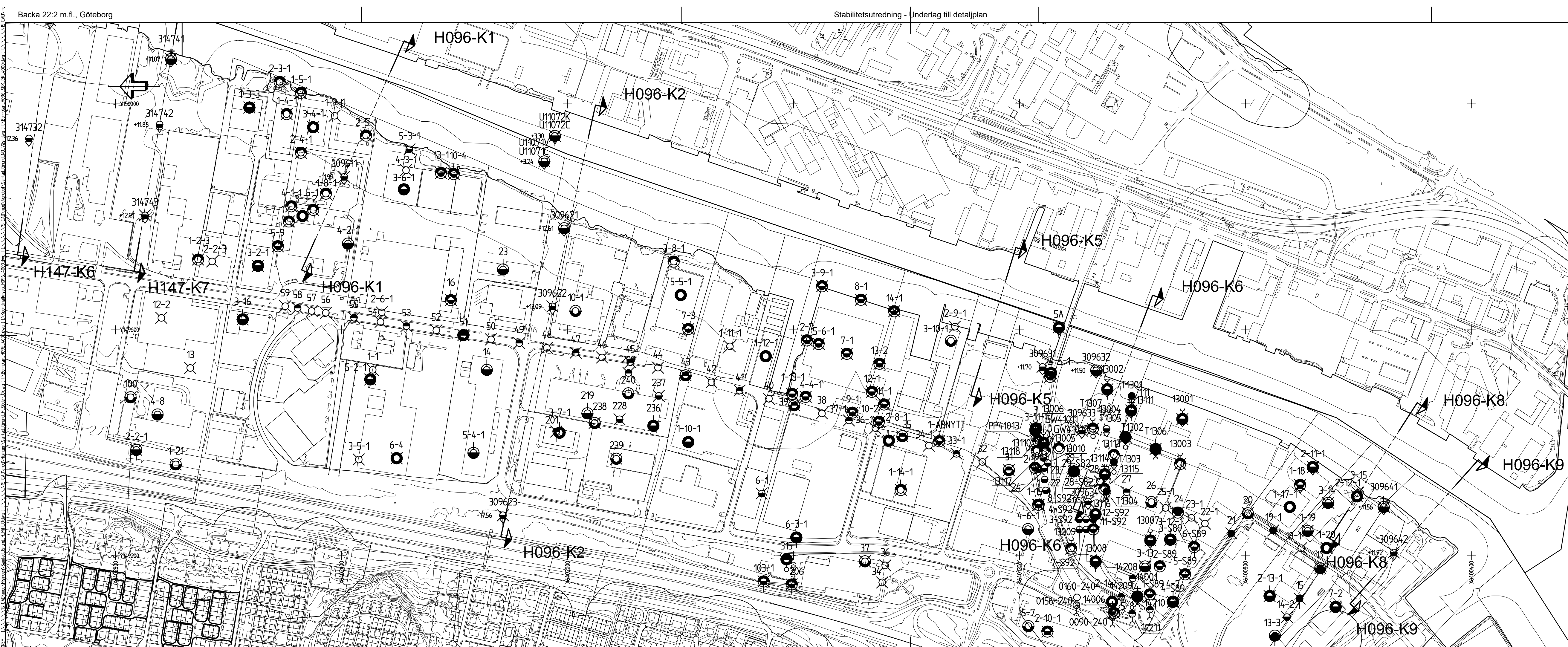
Geoteknisk redovisning enligt SGF beteckningssystem, version 2001:2
(för detaljerad beskrivning hänvisas till www.sgf.net)

Utförda undersökningar

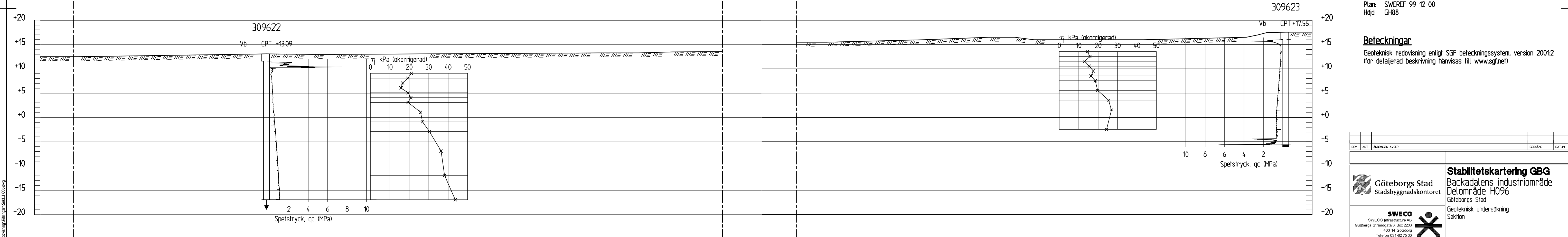
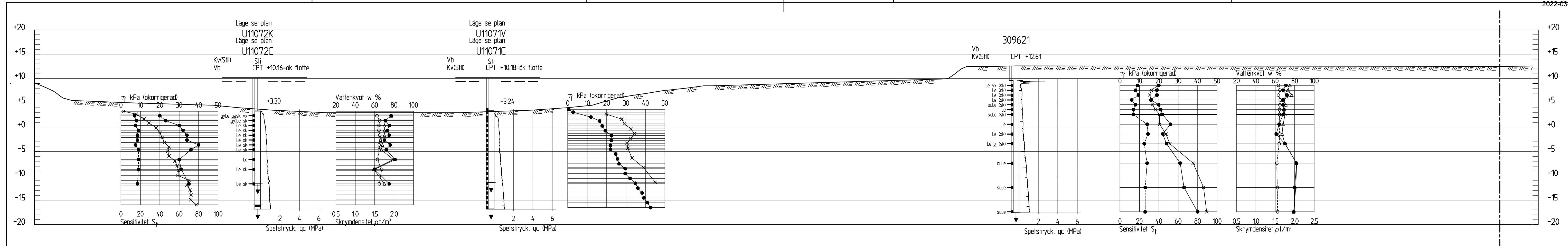
3096XX, 3147XX SWECO VBB. Uppdragsnr 2305 401. Daterad 2011-09-15.

Tidigare utförda undersökningar

U1107XX SGI. Uppdragsnr 14091. År 2010.
Övriga borrpunkter är hämtade ifrån SBK och Gatubolagets arkiv.



REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	GRÄNS	DATUM
		Göteborgs Stad Stadsbyggnadskontoret		
		Stabilitetskartering GBG Backadalen industriområde Delområde H096 Göteborgs Stad Geoteknisk undersökning Borrplan		
		Plan H096		
KONSTR Annika Andersson GÖTEBORG	GRANSK Urban Högsta 2011-09-15	UPPDRAGSNUM 2305 401 OBJEKT NR	FÖRSTÄ A3XL RITNINGEN	SKALA 1:4000
		H096-G101		



SEKTION H096-K2
1: 400

Koordinatsystem
Plan: SWEREF 99 12 00
Höjd: GH88

Beteckningar
Geoteknisk redovisning enligt SGF beteckningssystem, version 2001:2
(för detaljerad beskrivning hänvisas till www.sgf.net)

REV	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	GRÄNS	DATUM
		Stabilitetskartering GBG Backadalens industriområde Delområde H096 Göteborgs Stad Geoteknisk undersökning Sektion		
SWECO SWECO Infrastructure AB Gullbergs Strandgata 3, Box 2203 403 14 Göteborg Telefon 031-62 75 00 Fax 031-62 77 22				
KONSTR Annika Andersson GÖTEBORG		GRANSK Urban Högsta 2011-09-15		UPPRÄDDNING 2305 401 OBJEKT NR
		FÖRBJUD A3XL RITNINGAR		SKALA H=1:400 L=1:400 REV
				H096-G2

 samhällsbyggnad Geo Göteborg Rullagergatan 4 402 51 Göteborg Tfn: 031-727 25 00/ -27 84 Tfn: 031-727 28 41/ -28 91 Fax: 031-727 25 03					Sammanställning av Laboratorieundersökningar										Bilaga:	
Utrustning PG Skr Kv St I Kv St II X					Projekt		Stabilitetskarteringsprojekt i Göteborg stad									
					Uppdragsnummer					2305401-600						
					Borrhål					309621						
					Fältundersökning					2011-01-18						
					Labundersökning					2011-01-19						
					Granskning					2011-01-24 KS						
Sekt./BH Djup m	Grundvattenobservationer				Datum		Den- sitet t/m³	Vatten- kvot w_N %	Konfl. gräns w_L %	Sensi- tivet S_t	Skjuvhållfasth (okorrig.) (korrig.)		Anm.			
	Benämning				τ_{fu} kPa	τ_{fu} kPa										
					Kon	Kon										
4,0	grå LERA, växtdelar, enstaka skalrester						1,58 1,58 1,58	75 75	 71	 18	 20	 16				
5,0	grå LERA, enstaka skalrester						1,64 1,59 1,61	75 73	 68	 16	 19	 16	lättbetongrest i övertuben			
6,0	grå LERA, enstaka skalrester						1,59 1,57 1,58	75 77	 72	 19	 19	 15				
7,0	grå LERA, enstaka skalrester						1,64 1,63 1,61	59 68	 68	 12	 16	 13				
8,0	grå sulfidfläckig LERA, enstaka skalrester						1,61 1,62 1,61	69 71	 68	 16	 20	 16				
9,0	grå LERA						1,61 1,62 1,61	71 69	 69	 14	 21	 17				
10,0	grå sulfidfläckig LERA, enstaka skalrester						1,61 1,61 1,62	68 70	 68	 14	 22	 18				
12,0	grå LERA						1,62 1,60 1,59	70 68	 64	 28	 26	 22				
14,0	grå LERA, enstaka skalrester						1,59 1,63 1,61	67 67	 61	 29	 22	 19				
16,0	grå LERA, siltkörtlar, enstaka skalrester						1,60 1,61 1,59	69 70	 70	 25	 24	 19				
20,0	mörkgrå sulfidhaltig LERA						1,54 1,53 1,55	86 82	 82	 28	 31	 24				
25,0	mörkgrå sulfidhaltig LERA						1,55 1,53 1,58	84 81	 80	 26	 33	 25				

2022-03-22

**STABILITETSKARTERING****Göteborgs stad****H096-K2****Odränerad analys**

Uppdrag: Stabilitetskartering inom Göteborgs stad

Beställare: Göteborgs Stad, SBK

Skala (A4): 1:1000

Analysmetod: Morgenstern-Price

Glidytor: Grid and Radius (optimization: Yes)

GW & portryck: Piezometric Line

Filnamn: H096-K2.gsz

Senast sparad: 2011-08-19; 15:57:12

P:\2321\2305401_Stabilitetskartering_Göteborg\000\19 Arbetsmaterial\Utredningsområden\H096\Beräkning\H096-K2.gsz

Name: Torrsorpelera (od)

Model: Undrained (Phi=0)

Unit Weight: 16 kN/m³

Cohesion: 13 kPa

Name: Lera 1 (od)

Model: S=f(depth)

Unit Weight: 15.5 kN/m³

C-Top of Layer: 13 kPa

C-Rate of Change: 0 kPa/m

Limiting C: 0 kPa

Name: Lera 2 (od)

Model: S=f(datum)

Unit Weight: 15.5 kN/m³

C-Datum: 13 kPa

C-Rate of Change: 1.7 kPa/m

Limiting C: 0 kPa

Elevation: 5 m

Name: Lera (under älv) (od)

Model: Spatial Mohr-Coulomb

Unit Weight: 15.5 kN/m³

Cohesion Spatial Fn: New Cohesion Function

Phi: 0 °

Name: Lera 3 (od)

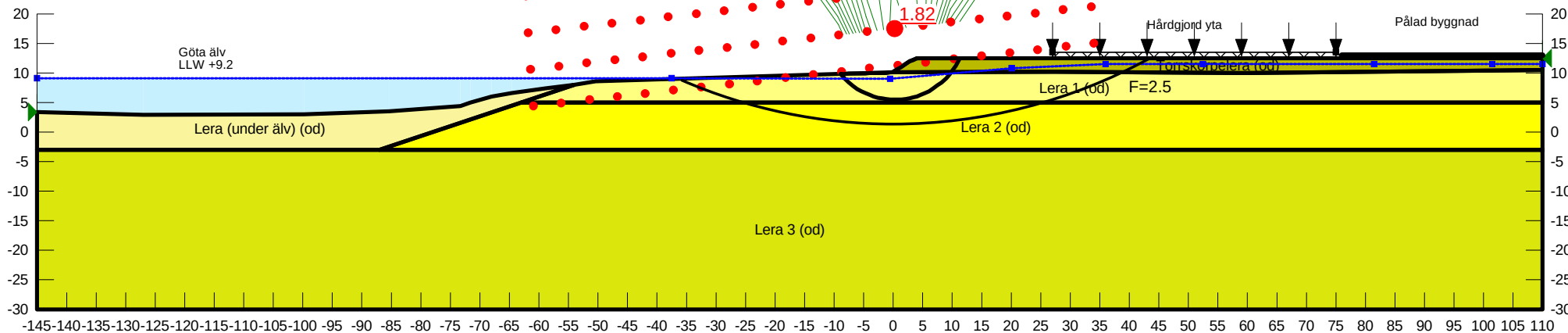
Model: S=f(depth)

Unit Weight: 16 kN/m³

C-Top of Layer: 26.6 kPa

C-Rate of Change: 0.7 kPa/m

Limiting C: 0 kPa



2022-03-22

**STABILITETSKARTERING****Göteborgs stad****H096-K2****Kombinerad analys (d)**

Uppdrag: Stabilitetskartering inom Göteborgs stad

Beställare: Göteborgs Stad, SBK

Skala (A4): 1:1000

Analysmetod: Morgenstern-Price
Glidytor: Grid and Radius (optimization: Yes)
GW & portryck: Piezometric Line
Filnamn: H096-K2.gsz
Senast sparad: 2011-08-19; 16:01:01

P:\2321\2305401_Stabilitetskartering_Göteborg\000\19 Arbetsmaterial\Utredningsområden\H096\Beräkning\H096-K2.gsz

Name: Torrkorpelera (k)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 16 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 1 (k)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 0 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

Name: Lera 2 (k)
Model: Combined, S=f(datum)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 30 °
C-Datum: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Datum: 13 kPa
Cu-Rate of Change: 1.7 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1
Elevation: 5 m

Name: Lera (under älv) (d)
Model: Spatial Mohr-Coulomb
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 30 °

Name: Lera 3 (k)
Model: Combined, S=f(depth)
Unit Weight: 15.5 kN/m³
Phi: 30 °
C-Top of Layer: 0 kPa
C-Rate of Change: 0 kPa/m
Cu-Top of Layer: 26.6 kPa
Cu-Rate of Change: 0.7 kPa/m
C/Cu Ratio: 0.1

