

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



TK PROJEKT AB / HSB AB

DETALJPLAN NYA KULAN

Fördjupad stabilitetsutredning, framtida förhållanden

TEKNISK PM, GEOTEKNIK

Göteborg 2016-03-18 rev A 2016-05-27, rev B 2017-04-26

WSP Samhällsbyggnad
Avd. Geoteknik, Göteborg

Ulrika Isacson

Uppdragsansvarig:	Ulrika Isacson
Handläggare, geoteknik:	Ulrika Isacson
Granskning:	Per Friberg
Uppdragsnummer:	10215305
Dokumentbeteckning:	PM-003
Revidering:	B

WSP Samhällsbyggnad

Box 13033
402 51 Göteborg
Besök: Rullagergatan 4
Tel: +46 31 727 25 00
Fax: +46 31 727 25 01
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
www.wspgroup.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida nr
1 ORIENTERING	4
2 PLANERAD BEBYGGELSE OCH VERKSAMHET	4
3 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR	5
4 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN	5
4.1 Topografi.....	5
4.2 Jordlagerföljd	6
4.3 Geohydrologiska förhållanden.....	7
4.4 Stabilitetsförhållanden.....	8
4.5 Sättningsförhållanden	8
5 GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER.....	8
5.1 Allmänt	8
5.2 Mark.....	8
5.3 Grundläggning av byggnader	11
5.4 Grundläggning av ny bro över Sävån.....	11
5.5 Grundläggning av vägar	11
5.6 Schaktningsarbeten	12
5.7 Pålningarbeten	12
5.8 Omgivningspåverkan.....	12
5.9 Arbetsordning.....	13
6 PRELIMINÄRT UNDERLAG FÖR DIMENSIONERING	13
6.1 Allmänt	13
6.2 Dimensionerade jordmodell	13
7 REFERENSER	14

FÖRTECKNING ÖVER BILAGOR

Bilaga

Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter.....	A1
Stabilitetsutredning	B1
Planläge stabilitetsberäkningar	B2
Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)....	B3:1
Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)	B3:2
Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)	B3:3
Val och utvärdering av lerans egenskaper, område norr (H)	B3:4
Valda egenskaper för övrig jord	B3:5
Stabilitetsberäkningar, framtida förhållanden.....	B4
Förstärkningsåtgärder, plan	B5

FÖRTECKNING ÖVER TILLHÖRANDE PM

PM-001 Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning. WSP, Uppdragsnummer 10138615 Rev D daterad 2016-05-27

PM-002 Geoteknik, Detaljplan Nya Kulan, Göteborg Stad. WSP, Uppdragsnummer 10215305 Rev A daterad 2016-05-27.

PM-004 Teknisk PM geoteknik, Detaljplan Ryttmästaregatan söder om Säveån. WSP, Uppdragsnr 10215305, Rev A daterad 2016-05-27.

1 ORIENTERING

TK Projekt AB och HSB AB planerar utveckling av SKF:s fabriksområde "Nya Kulan" i stadsdelen Gamlestaden i Göteborg. Planerna omfattar den östra delen av kvarteret Gösen i vilket ett handelscentrum planeras i SKF:s gamla fabrikslokaler och nya flerbostadshus som planeras längs Sävveån. Lokalgatan Ryttnästaregatan skall förlängas genom en bro över Sävveån och anslutas till Munkebäcksmotet. Planerad exploatering innebär en förändring av den idag fastställda detaljplanen.

På uppdrag av TK Projekt AB och HSB AB har WSP Samhällsbyggnad, inför detaljplanearbete, utfört en geoteknisk utredning för att bedöma förutsättningarna för en förändrad verksamhet och anläggning av ny bebyggelse i området. Utredningen omfattar en fördjupad släntstabilitetsutredning med kontroll av, i skrivande stund, kända framtida förhållanden, och en sammanställning av det geotekniska underlaget i området inför den fortsatta projekteringen.

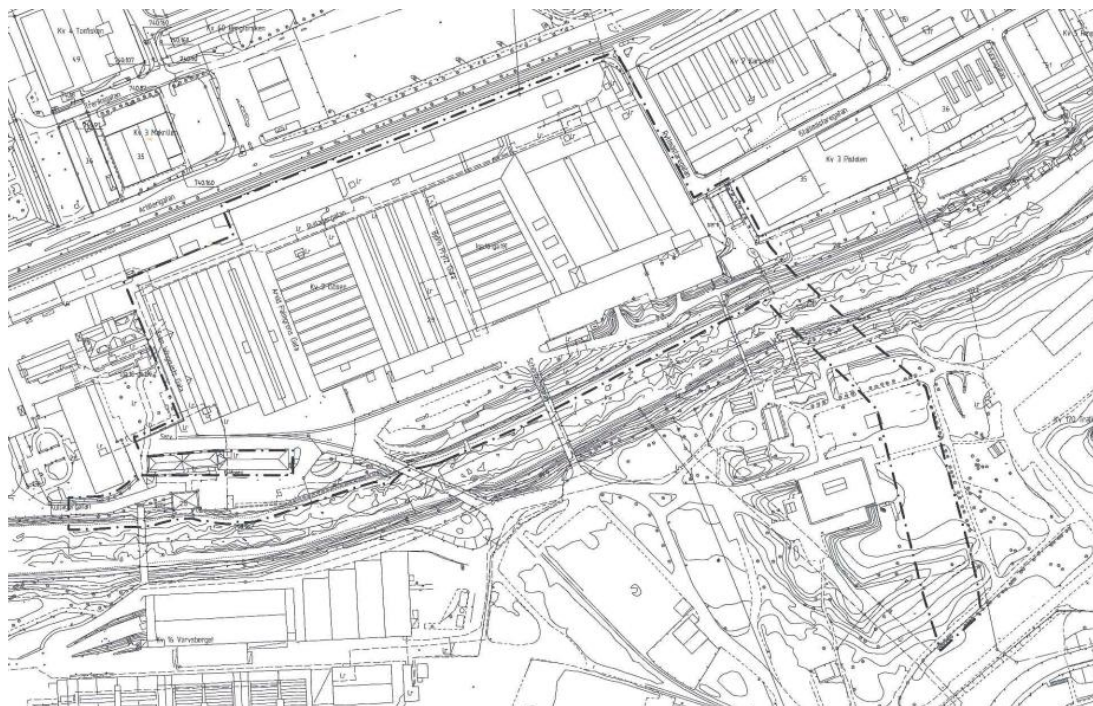
Områdets befintliga förhållanden finns utredda i PM-001 Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning. Uppdragsnummer 10138615 Rev C daterad 2016-03-18.

Som svar på SGI:s yttrande i samrådet och förtydligande till PM-001, skall läsas PM-002 Geoteknik, Detaljplan Nya Kulan, Göteborg Stad. Uppdragsnummer 10215305 daterad 2016-03-18.

Utredning av geotekniska förhållanden och förutsättningar för ny Ryttnästaregata på södra sidan av Sävveån finns redovisad i PM-004 Teknisk PM geoteknik, Detaljplan Ryttnästaregatan söder om Sävveån. WSP, uppdragsnr 10215305, daterad 2016-03-18.

2 PLANERAD BEBYGGELSE OCH VERKSAMHET

Detaljplanen omfattar kvarteret Gösen på södra sidan av Artillerigatan. En bro över Sävveån planeras även i förlängningen av Ryttnästaregatan i planområdets östra del. Av denna anledning ingår även del av SKF industriområde på södra sidan av Sävveån i utredningsområdet. Denna del av området kallas allmänt för Herrgården.



Figur 1 Detaljplaneområde

Innehåll av detaljplanen är idag främst känt för den östra delen av kvarteret Gösen. Här planeras flerbostadshus längs Säveåns norra sida mellan Järnvägsbron och Ryttmästarebron. Vidare planeras ett handelscentrum i de gamla industribyggnaderna bakom (norr om) planerade bostäder i området mellan Sven Winquists gata, Artillerigatan och Ryttmästaregatan. Under större delen av planerade byggnader för bostäder och handelscentrum avses ett större garage att byggas. En ny vägbro över Säveån planeras också, som nämnts, i förlängningen av Ryttmästaregatan för att kunna leda in trafik från E20 genom Munkebacksmotet.

Aktuellt område och kända förutsättningar inom området redovisas i *Bilaga A1*. De geotekniska förhållandena för detaljplanedelen ny Ryttmästaregata söder om Säveån utreds dock ytterligare i PM-004 Teknisk PM geoteknik, Detaljplan Ryttmästaregatan söder om Säveån.

3 GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR

I området tidigare och i uppdraget utförda geotekniska undersökningar redovisas i rapport:

- ”Rapport över geotekniska undersökningar (R/Geo), Fördjupad stabilitetsutredning, Detaljplan Nya Kulan”, Dokumentbeteckning RAP-001 rev B, Uppdragsnummer 10138615, Datum 2016-03-18. Utförd av WSP Samhällsbyggnad på uppdrag av TK Projekt AB och JM AB.

4 GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN

4.1 Topografi

Området utgör en del av Säveåns dalgång och ligger i stadsdelen Gamlestaden i östra Göteborg. Dalgången sträcker sig i öst-västlig riktning och omgärdas av bergsområ-

den både i norr och söder. Däremellan finns låglänt mark som sluttar svagt ned mot åravinen för Sävån. Åravinen har relativt branta erosionsslänter.

Marknivån längs Artillerigatan ligger kring +5 i väst vid korsningen med Hornsgatan och stiger till ca +10 i öst vid korsningen med Ryttmästaregatan. Från Artillerigatan sluttar marken med svag lutning ned mot Sävån och ligger kring nivån +4 i Hornsgatans södra ända respektive nivån ca +6 vid Ryttmästaregatans södra ända. Markytan ned till åbrinken är på många ställen uppfylld för transportvägar, parkeringar och dylikt med marknivåer som varierar mellan +2 och +7. Marken är i dessa delar av områden i huvudsak hårdjord av asfalt.

Från åbrinken, vars krön ligger på nivåer mellan +2 och +7, sluttar markytan ned med släntlutning ca 1:3 till åbotten. Åbotten ligger vid en nivå kring -3 à -2 på sträckan, vilket motsvarar ca 4 – 10 m under omgivande mark. Medelvattenytan (MW) i Sävån ligger på nivån +0,25 (SMHI). Åbrinken är bevuxen med gräs, buskar och stora lövträd och är längs större delen av sträckan försedd med erosionskydd.

Angivna höjder i höjdsystem RH2000.

4.2 Jordlagerföljd

4.2.1 Allmänt

Jordlagren längs Sävån utgörs huvudsakligen av lera följt av friktionsjord på berg. Berget går i dagen dels i områdets nordöstra hörn och dels ca 200 m sydöst om Ryttmästarebron. Inom exploaterade markområden överlagras leran av fyllning. Inom grönytor, så som åbrinken, saknas dock fyllningen och jorden består istället överst av ett tunt lager vegetationsjord.

Området har delats in i delområden vars utbredning framgår av *Bilaga B2*. Nedan beskrivs jordlagerföljden översiktligt för respektive delområde.

Jordlagerförhållanden för respektive delområde beskrivs mer detaljerat i *PM-001 rev C Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning*.

4.2.2 Norra sidan av Sävån, väster om Järnvägsbron (Delområde A och B)

Fyllningen är i allmänhet 0,5 à 1,0 m tjock men uppgår lokalt vid korsningen Hornsgatan och Kullagergatan till ca 3 m. Sammansättningen är varierande och består av lera, sand och grus, samt av mulljordsinnehåll och växtrester.

Leran benämns som brun till brungrå lera med enstaka siltskikt och dess odränerade skjuvhållfasthet klassificeras som mycket låg till låg. Lerans övre del har ställvis en utbildad torrskorpa. Lerlagrets mäktighet är i allmänhet 10 - 20 m.

Friktionsjorden har en mäktighet som kan uppgå till mellan 50 och 100 m. Friktionsjorden utgörs överst av sand som sannolikt övergår i fastare lagrad morän mot djupet. Friktionsjordens överkant (lerans underkant) sluttar svagt nedåt mot norr från ca 10 - 15 m djup närmast Sävån till ca 20 m djup vid Rullagergatan.

Någon bestämning av **djup till berggrunden** finns inte inom dessa delområden. Erfarenheter från pålningen av hus HK3 (byggt 1963), är att de flesta pålarna slogs till 40 - 60 m djup, men att pålar ner till 100 m förekommer.

4.2.3 Norra sidan av Sävån, öster om Järnvägsbron (Delområde C, D och E)

Fyllningen uppgår i allmänhet 1,0 à 2,0 m men är lokalt något tunnare. Sammansättningen är varierande och består av lera, sand och grus, samt med mulljordsinnehåll och växtrester. Ställvis förekommer byggnadsavfall i fyllningen, såsom tegelrester och dylikt.

Leran benämns som grå lera och är mycket homogen. Lerans odränerade skjuvhållfasthet klassificeras som mycket låg till låg. Lerans övre del har ställvis en utbildad torrskorpa. Lerlagrets mäktighet är i allmänhet 30 à 45 m.

Friktionsjorden har en mäktighet varierande mellan 10 och 20 m ökande mot söder. Friktionsjorden utgörs överst av sand som sannolikt övergår i fast lagrad morän mot djupet. Friktionsjordens överkant (lerans underkant) sluttar ned mot syd från att ligga på ca 30 m djup i vid Rullagergatan till ca 45 m djup vid Sävån.

Djup till berggrunden har endast bestämts i två punkter inom de aktuella delområdena. Bergytan ligger enligt dessa på ca 40 m djup vid korsning Rullagergatan och Ryttmästaregatan och på 65 m djup vid Stallmästarebron.

4.2.4 Södra sidan av Sävån, öster om Stallmästarebron (Delområde F och G)

Vegetationsjorden består av sandig mulljord och kan lokalt uppgå till ca 1,0 m.

Torrskorpeleran uppgår i allmänhet till 1 m och benämns som grå med enstaka sandkörtlar.

Leran benämns som grå lera och innehåller både växt- och skalrester. Lerans odränerade skjuvhållfasthet klassificeras som mycket låg. Lerlagrets mäktighet uppgår till som mest, närmast Sävån, ca 45 m.

Friktionsjorden utgörs överst av sand som sannolikt övergår i fast lagrad morän mot djupet. Friktionsjordens överkant (lerans underkant) sluttar upp mot sydöst från att ligga på som mest 45 m djup i förlängningen av Ryttmästaregatan. Längre österut vid åkant nordost om byggnad 506 ligger friktionsjordens överkant på endast 10 m djup.

Djupet till berg har inte bestämts inom dessa delområden. Ungefär 50 m syd om byggnad 507 går berget i dagen i form av en mindre bergsknalle.

4.3 Geohydrologiska förhållanden

Den övre grundvattenytan – fria vattenytan i fyllningen och torrskorpeleran – ligger i allmänhet i överkant av den lösa leran, dvs. i allmänhet på mellan 1 och 2 m djup under markytan. Från den fria vattenytan är portrycksfördelningen i leran mestadels hydrostatisk ned till 3 à 6 m djup. Därifrån bedöms portrycksökningen öka konstant med djupet ned till rådande grundvattentryck i friktionsjorden undre leran (dvs. den undre akvifären). Grundvattentrycken i denna akvifär varierar över tid och styrs bl.a. av nederbörd och tillrinning från omgivande bergspartier.

Uppmätta grundvattentrycksnivåer i friktionsjorden under leran inom detaljplaneområdet varierade under mätperioden mellan +1 och +6. Grundvattentrycket är i stort sett hydrostatiskt, men artesiskt vid de lägre marknivåerna närmare Sävån.

Genom området rinner Sävån i östvästlig riktning. Sävån är reglerad uppström i Jonsered vid sjön Aspens utlopp och de karakteristiska vattenstånden (50-årsvärden)

varierar mellan nivåerna -0,9 och +1,90. De flesta högflöden inträffar under januari – februari och de flesta lågflöden under augusti – september. Söder om ån finns ett nu torrlagt biflöde.

Med hänsyn till klimatpåverkan och framtida översvämningrisk ska dimensionerande nivå för högsta högvatten (HHW) vara +2,7 samt högsta flöde (HQ200) +3,3, i enlighet med Göteborg Stads nya riktvärden för vattennivåer.

4.4 Stabilitetsförhållanden

Områdets nuvarande stabilitetsförhållanden, befintliga stabilitetshöjande åtgärder, erosionsskydd m.m. beskrivs i *PM-001 rev C Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning*.

4.5 Sättningsförhållanden

Områdets sättningsförhållanden beskrivs i *PM-001 rev C Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning*.

5 GEOTEKNISKA REKOMMENDATIONER

5.1 Allmänt

I detta avsnitt ges generella geotekniska rekommendationer och krav för markplanering och grundläggning av byggnader. Rekommendationerna avser främst de generella frågeställningar som hanteras i detaljplaneskedet. I det fortsatta arbetet med detaljutformning av grundläggning, tillfälliga schakter, nivåsättning av mark, dräneringssystem, etc., krävs detaljerad projektering till minst systemhandlingsnivå.

5.2 Mark

5.2.1 Sättningar

Sättningar pågår inom detaljplaneområdet och ytterligare markbelastningar utan förstärkningsåtgärder bör därför undvikas i möjligaste mån. Bland annat bör nuvarande höjdsättning av mark bibehållas. Vid entréer och dylikt bör länkplattor läggas för att undvika sättningskillnader mellan pågrundlagda byggnader och oförstärkt mark. Dock bör marknivåer, med hänsyn till risk för översvämningar p.g.a. framtida klimatförändringar, inte anläggas till nivåer är lägre än +3,3. Någon större risk för att tillfälliga schakter och att planerade permanenta källarvåningar kommer att orsaka grundvattensänkningar, som i sin tur orsakar ytterligare sättningar i området, bedöms dock som mycket liten m.h.t. jordprofilen i området med ett relativt tunt lager permeabla massor (< 2 m) ovan en tät lera.

5.2.2 Stabilitet

Stabiliteten har, för nuvarande förhållanden, befunnits vara otillfredsställande lokalt närmast Säveån för dess norra sida och förstärkningsåtgärder krävs här för att uppfylla kraven för tillfredsställande stabilitet enligt gällande regelverk. För östra delen på norra sidan om Säveån ger dock planerade byggnader och konstruktioner en positiv effekt på stabiliteten. Under samtliga byggnader närmast åkant planeras ett stort

garage, vilket avlastar slänten och därmed förbättrar stabiliteten i området. Denna förbättring i kombination av åtgärder närmast Sävån enligt nedan, säkerställer stabiliteten i området. (se *Bilaga A1*)

Den planerade bron över Sävån i Ryttnästaregatans förlängning förmodas ha på grundlagda brostöd i åfåran samt 2 – 3 m höga tillfartsbankar (se *Bilaga A1*), vilka kommer kräva förstärkningsåtgärder i form av exempelvis pålägg i kombination med lättfyllning.

Några hinder för nybyggnation med hänsyn till stabiliteten ses inte då planerad bebyggelse kommer att verka positiv på totalstabiliteten i området. Dock bör lokalstabiliteten närmast ån (<10 m från åbrink) åtgärdas för vissa delområden. Byggtekniskt bör stabilitetshöjande åtgärder utföras innan övriga byggnadsarbeten påbörjas, se avsnitt 5.8.

Översiktlig dimensionering av förstärkningsåtgärder har utförts för att uppfylla stabilitetskraven för planförslaget enligt gällande regelverk, se *Bilaga B4*. Resultaten från denna dimensionering redovisas översiktligt i plan i *Bilaga B5*. Förstärkningsåtgärderna består främst av lättfyllning i form av skumglas och upprustning av befintliga erosionsskydd. Stabilitetshöjande åtgärder kan dock även utföras med andra förstärkningsåtgärder, t.ex. genom avschaktning, kalkcementpelare eller bankpålning eller andra typer av lättfyllning (cellplast eller lättklinker). Slutlig utbredning och omfattning av förstärkningsåtgärder bör lösas i detaljprojekteringen när utformningen av byggnader, vägar, broar etc. är helt fastställd.

För nedan rubricerade delsträckor längs Sävån sammanfattas resultaten från den översiktliga dimensioneringen av förstärkningsåtgärder för att säkra upp området ur stabilitetshänseende.

Norra sidan av Sävån, väster om Sjukstugebron (Delområde A och Ö)

Befintlig stabilitet är för dessa områden tillfredsställande förutsatt viss komplettering av befintliga erosionsskydd. De delar av områdena som ej ingår i aktuell detaljplan hanteras i ”Detaljplan för förlängning av Hornsgatan”.

Inom detaljplaneområdet bör befintligt erosionsskydd av samkrossmaterial göras i ordning. Då flödet i Sävån är långsamt kan erosionsskyddet, för att skona naturmiljön, utformas så att krossmaterial läggs upp till nivån +2 samt ned till nivå minst 1 m under lägsta lågvattenyta. Erosionsskyddet av krossmaterial ha en tjocklek på minst 0,5 m. På norra sidan av Sävån kommer befintligt erosionsskydd kompletteras upp till +2,0 (RH2000). (Gäller, om aktuellt även nya erosionsskydd.) Erosionsskydden skall kontinuerligt ses över och vid behov underhållas. Ytterligare komplettering av skydden kan bli aktuellt vid framtida högre vattenstånd och ökade flöden. (Planeringsnivå HHW2100 +2,7).

Behovet av erosionsskydd styrs förutom av vattenstånden i första hand av aktuella vattenhastigheter.

Inom studerat område längs Sävån följer vattenståndet i huvudsak havsnivåerna, vilket kommer att vara fallet även vid framtida högre vattenstånd. Höga havsnivåer har en dämpande effekt på flödet i Sävån. Vid dagens högsta högvatten HHW lik-

som sannolikt även vid framtida högre nivåer är vattenhastigheterna i ån relativt låga och som följd därav kommer också erosionen att vara mycket begränsad (och under korta tidsperioder) inom framtida nya exponerade ytor (ovan +2,0).

Norra sidan av Sävån, mellan Sjukstugebron och Järnvägsbron (Delområde B)

För att klara lokalstabiliteten krävs ca 1 m skumglas på en 5 – 6 m bred sträcka närmast ån.

Vidare bör befintligt **erosionsskydd av samkrossmaterial** här göras i ordning på motsvarande sätt som tidigare beskrivet för *Delområde A och Ö*.

Vägen som går här, Kullagergatan, ligger kring nivå +3 och behöver inte åtgärdas ytterligare om ovanstående åtgärder utförs.

Norra sidan av Sävån, mellan Järnvägsbron och Stallmästarebron (Delområde C)

För detta delområde krävs för att klara lokalstabiliteten ca 2,5 m skumglas invid bostäderna tillsammans med 0,5 m skumglas samt KC-pelare på en 7 m bred sträcka närmast ån.

Befintligt erosionsskydd är på delsträckan i gott skick, men kan behöva kompletteras upp till nivån för högsta högvatten på motsvarande sätt som beskrivet för *Delområde A och Ö*.

Norra sidan av Sävån, mellan Stallmästarebron och Ryttmästarebron (Delområde D)

För detta delområde krävs för att klara lokalstabiliteten ca 2,5 m skumglas som uppfyllnad under bostäderna, samt ca 1 m skumglas ca 7 m framför bostäderna.

Befintligt erosionsskydd är på delsträckan i gott skick, men kan behöva kompletteras upp till nivån för högsta högvatten på motsvarande sätt som beskrivet för *Delområde A och Ö*.

Ny Ryttmästarebron (Delområde E och F)

Blivande Ryttmästarbro förmodas ha fyra brostöd i Sävån. Dessa brostöd skall på grundläggas och erosionsskyddas. Tillfartsbankar på bägge sidor om Sävån bör, för att uppfylla gällande stabilitetskrav, grundförstärkas genom exempelvis pådäck i kombination med lättfyllning.

Befintligt erosionsskydd är på delsträckan i gott skick, men kan behöva kompletteras upp till nivån för högsta högvatten på motsvarande sätt som beskrivet för *Delområde A och Ö*.

Södra sidan av Sävån, öster om befintlig Ryttmästarebron (Delområde F och G)

Öster om Stallmästarebron så utgörs befintligt erosionsskydd av träskoning i dåligt skick och bör inom område F (närmast detaljplaneområdet) rustas upp på en sträcka om 20 m öster om brons tillfartsbank från väggkanten. **Erosionsskyddet bör anordnas av samkrossmaterial** för att förhindra att framtida erosion kan påverka stabilite-

ten i området negativt. Erosionsskyddet bör i övrigt utföras som tidigare beskrivet för *Delområde A och Ö*.

5.3 Grundläggning av byggnader

Byggnader bör med hänsyn till sin storlek och pågående sättningar i området på grundläggas. Huruvida **pålgrundläggning** utförs med stödpålar eller kohesionspålar/friktionspålar får lösas för respektive byggnad utifrån djup fast botten och lasters storlek. Speciellt i västra delen av Kv. Gösen (hus HK) har pålstopp för enstaka pålar erhållits först vid mycket stora djup (upp till 100 m).

Uppfyllning under bör uppfylla kravet på lägst materialtyp 2 i AMA Anläggning. Vid samtliga fyllnings- och packningsarbeten bör skiktjocklek och packningsredskap väljas så att terrassen inte blir uppluckrad och lös på grund av vibrationer vid packningen

Kompletterande geotekniska undersökningar rekommenderas för en noggrannare bedömning av pålstoppsnivåer och eventuella påhängslaster. Även den positiva effekt som en avlastning av jorden får genom källare i byggnaderna, med resulterande minskade sättningar och därmed mindre påhängslaster, bör studeras i den vidare projekteringen.

Inga undersökningar för bestämning av **markgasförhållanden** har utförts på befintliga fyllnadsmassor och övrig friktionsjord. Undersökningar för bestämning av markradon bör utföras detaljprojekteringen för bestämning om radonsäker, radonskyddande eller traditionell grundläggning krävs för bostadshusen. Tills resultatet från dessa undersökningar medger annat gäller att planerad bebyggelse, där människor stadigvarande kommer att vistas, skall utföras med radonsäker grundläggning.

Källarkonstruktioner behöver, m.h.t. **risken för översvämningar**, göras tät upp till en nivå ej lägre än +3,3.

5.4 Grundläggning av ny bro över Sävån

Bron kommer troligen att grundläggas med stödpålar. Om djupet till fast botten är stort kan dock kohesionspålar bli aktuellt

Kompletterande geotekniska undersökningar rekommenderas för en noggrannare bedömning av pålstoppsnivåer och eventuella påhängslaster.

5.5 Grundläggning av vägar

Kullagergatan som går längs Sävån kommer inom delområdena A och B behöver inte åtgärdas m.h.t. stabiliteten (se avsnitt 5.2). Inom delområdena C och D så kommer Kullageragatan att höjas med ca 1 à 1,5 m. Detta innebär att vägen måste förstärkas m.h.t. stabilitet och sättningar. Detta kan antingen ske genom avlastning med lättfyllning eller genom bankpålning.

För **Ryttmästaregatans** anslutning till den planerad pålgrundlagda bro kommer bankpålning/påldäck i kombination med lättfyllning krävas närmast bron (< 10 m) för att dels att få en mjuk övergång mellan pålgrundlagd bro och oförstärkt vägbank och dels för att klara stabiliteten. Även för brons landfäste på andra sidan ån kommer

bankpålning/påldäck i kombination med lättfyllning krävas för att få en mjuk övergång mellan pålgrundlagd bro och oförstärkt vägbank.

För **överbyggnadsdimensionering** av vägar kan materialtyp 2 (AMA Anläggning) förutsättas för undergrunden av fyllning av friktionsjord mäktigare än 0,5 m, samt material 4B (AMA Anläggning) för undergrund med lera.

5.6 Schaktningsarbeten

Organisk jord bör schaktas bort under såväl byggnader som hårdgjorda ytor. I den befintliga fyllningen ovan leran kan schakt utföras med släntlutning 1:1,5.

Mindre temporära schakter i lera (<3 m) kan utföras med släntlutning 1:1 med obelastat släntkrön och plan markyta. För djupare temporära schakter (>3 m) krävs dock i regel särskilda åtgärder så som spont, avlastningsschakt eller dylikt. Hänsyn till befintlig grundläggning bör tas vid schaktarbetena.

I östra delen av detaljplaneområdet (delområde B) där lerdjupen är mindre (<10 m) finns risk för **hydraulisk bottenuppträckning** vid schakter djupare än 2 m. För sådana schakter krävs ett kontrollprogram för mätning av grundvattentryck i friktionsjorden under leran och eventuellt även åtgärder (t.ex. en längre spont och wellpoints) för att hålla nere grundvattentrycket. Inför schaktarbeten rekommenderas det att **kompletterande geotekniska undersökningar** utförs för lokalisering av ev. vattenförande silt- och sandskikt i leran, samt noggrannare bestämning av djup till friktionsjord i områden där lerdjupen är mindre.

Inför schaktningsarbetena rekommenderas det att **markmiljöundersökning** utförs för att klassificera befintliga fyllnadsmassor och ge rekommendationer för hur eventuella **förorenade fyllnadsmassor** skall hanteras. På grund av ev. förorenade fyllnadsmassorna kan **länsvattnet i schakterna** komma att vara kontaminerat. Länsvattnet kräver därför provtagning och ev. rening innan det kan infiltreras i omgivande mark eller släppas ut i Säveån.

5.7 Pålningsarbeten

Det rekommenderas att förstärkningsåtgärder, för de delsträckor där stabiliteten befunnits otillfredsställande utförs, innan **pålningsarbeten** påbörjas. I annat fall bör man tillse att dessa arbeten bara utförs vid vattenstånd överstigande medellågvattenstånd. Där pålningsarbeten utförs närmare Säveån än 50 m rekommenderas att pålningsarbetena bedrivs i riktning från ån. Här bör även ett kontrollprogram upprättas och med mätning av markrörelser och vattennivåer för kontroll att inte ett skred initieras pga pålningsarbetena.

Där pålningsarbeten, med standardpålar av betong, utförs i närheten (<15 m) av befintlig grundläggning bör pålningsarbete bedrivs med start från befintliga byggnader och utåt. Vidare bör **lerproppar** tas ned till ca 8 m djup för pålar närmare än 5 m från befintliga byggnader.

5.8 Omgivningspåverkan

Geoteknisk omgivningspåverkan för nybyggnationen bedöms endast finnas under byggskedet. För att minimera påverkan på omgivning och minimera riskerna för

skred under byggskedet bör dels en riskanalys upprättas för att identifiera känsliga objekt och dels kontrollprogram upprättas vid främst pålningsarbeten närmare än än 50 m. Under driftskede bedöms dock nybyggnationen inte ge någon geoteknisk omgivningspåverkan.

Vid samtliga pålnings-, packnings- och schaktningsarbeten finns risk för skador p.g.a. markvibrationer och markrörelse för närbelägna byggnader, samt risk för störning av känsliga utrustningar och verksamheter. En **riskanalys** med tillhörande föreskrifter **angående tillåtna markvibrationer och rörelser** vid markarbeten bör därför tas fram. Det bör noteras att en del av de befintliga byggnaderna i områdets närhet kan ha mindre sättningsskador. Noggranna besiktningar och, i vissa fall, vibrationsmätningar bör utföras inför och under pålnings- och schaktningsarbetena.

Vid pålnings-, packnings- och schaktarbeten inom 50 m från ån, bör **kontrollprogram** upprättas för att dels ha kontroll på de markrörelser som uppstår och dels ha kontroll på de yttre förhållanden (t.ex. vattenstånd och grundvattentryck) som kan ge påverkan på släntstabiliteten. I kontrollprogrammen bör det finnas dels ett rapporteringsgränsvärde och produktionsgränsvärde. Vid överstigande av ett rapporteringsgränsvärde skall beställarens geotekniker omedelbart kontaktas för konsultation. Motsvarande skall vid överstigande av ett produktionsgränsvärde, samtliga markarbeten inom riskområdet för ev. skred omedelbart stoppas och ej återupptas förrän förändrat arbetsförfarande eller felaktig mätresultat utretts och förankrats hos beställaren.

Riskanalysen kan vara övergripande för hela planområdet, medan kontrollprogram kan tas fram i projekteringen för respektive objekt.

Efter byggnationens färdigställande, inklusive åtgärder för stabilitet, erosion och översvämning, bedöms yttre förhållanden (t.ex. vattenstånd) ha mycket liten negativ påverkan för planområdet.

5.9 Arbetsordning

Utifrån att totalstabilitet ej helt är tillfredställande inom detaljplaneområdet krävs att stabilitetshöjande åtgärder vid åbrinken utförs innan övriga byggnadsarbeten påbörjas.

6 PRELIMINÄRT UNDERLAG FÖR DIMENSIONERING

6.1 Allmänt

Dimensionering, utförande och kontroll av permanenta och temporära grundkonstruktioner skall utföras i som lägst geoteknisk kategori GK 2. Grundkonstruktioner hänförs till säkerhetsklass SK 2.

6.2 Dimensionerade jordmodell

Jordlagerföljder utvärderas ur det geotekniska underlaget. Vid dimensionering av grundläggningen för byggnaden kan de geotekniska materialegenskaperna angivna i *Bilaga B2* användas.

7 REFERENSER

- J&W, 1998 ”Förstärkningsarbeten längs Sävveån utmed SKF:s industriområde, Bygghandling”. Uppdragsnummer 82500014. Datum 1998-05-08. Utförd av AB Jacobson & Widmark på uppdrag av SKF Sverige AB.
- Hedar AB, 1977 ”Besiktning av SKF:s industriområde med hänsyn till eventuell akut skredrisk”. Uppdragsnummer 501.20. Datum 1977. Utförd av PA på uppdrag av SKF Sverige AB.
- Hedar AB, 1980 ”Stabilitetsförhållanden för planerad keramikverkstad vid S-fabriken i Ryttmästaregatan förlängning vid Stallmästaregatan”. Uppdragsnummer 501.24. Datum 1980. Utförd av PA på uppdrag av SKF Sverige AB
- SIB, 1970 ”Erosionsskydd utefter Sävveåns norra strand (etapp I) mellan Stallmästarebron och Järnvägsbron, Anbudshandlingar”. Uppdragsnummer 594.6. Datum 1970-02-20. Utförd av Sydsvenska Ingenjörbyrå AB på uppdrag av SKF Sverige AB.
- SIB, 1972 ”Erosionsskydd utefter Sävveåns norra strand (etapp III) mellan Verkstadsklubben och Stallmästarebron, Anbudshandlingar”. Uppdragsnummer 594.9. Datum 1972-08-29. Utförd av Sydsvenska Ingenjörbyrå AB på uppdrag av SKF Sverige AB.
- SKF, 1966 ”Stödmur längs Sävveån, Hus HK3, Bygghandlingar”. Datum 1966-06-09. Utförd av SKF Sverige AB.
- Sweco, 2001 ”Förstärkningsarbeten vid Herrgården, Förfrågningsunderlag”. Uppdragsnummer 1310380. Datum 2001-07-06. Utförd av Sweco AB på uppdrag av SKF Sverige AB.
- Sweco, 2009 ”PM Geoteknik, Fördjupad stabilitetsutredning, Bellevue industriområde”. Uppdragsnummer 2305-356. Datum 2009-07-06. Utförd av Sweco AB på uppdrag av Stadsbyggnadskontoret Göteborgs stad.
- WSP, 2005a ”Teknisk beskrivning av vattenverksamhet och arbete inom Natura 2000-område, Väg 45/E20, Partihallsförbindelsen,”, Uppdragsnummer 10054333. Datum 2005-12-22. Utförd av WSP Samhällsbyggnad på uppdrag av Vägverket – Region Väst.
- WSP, 2005b ”En översiktlig sammanfattning av byggnaders grundläggning och konstruktioner, Fastigheter norr om Sävveån, Gamlestaden 2:9”. Uppdragsnummer 10067555, Datum 2005-11-30. Utförd av WSP Byggprojektering på uppdrag av SKF Sverige AB.

Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter

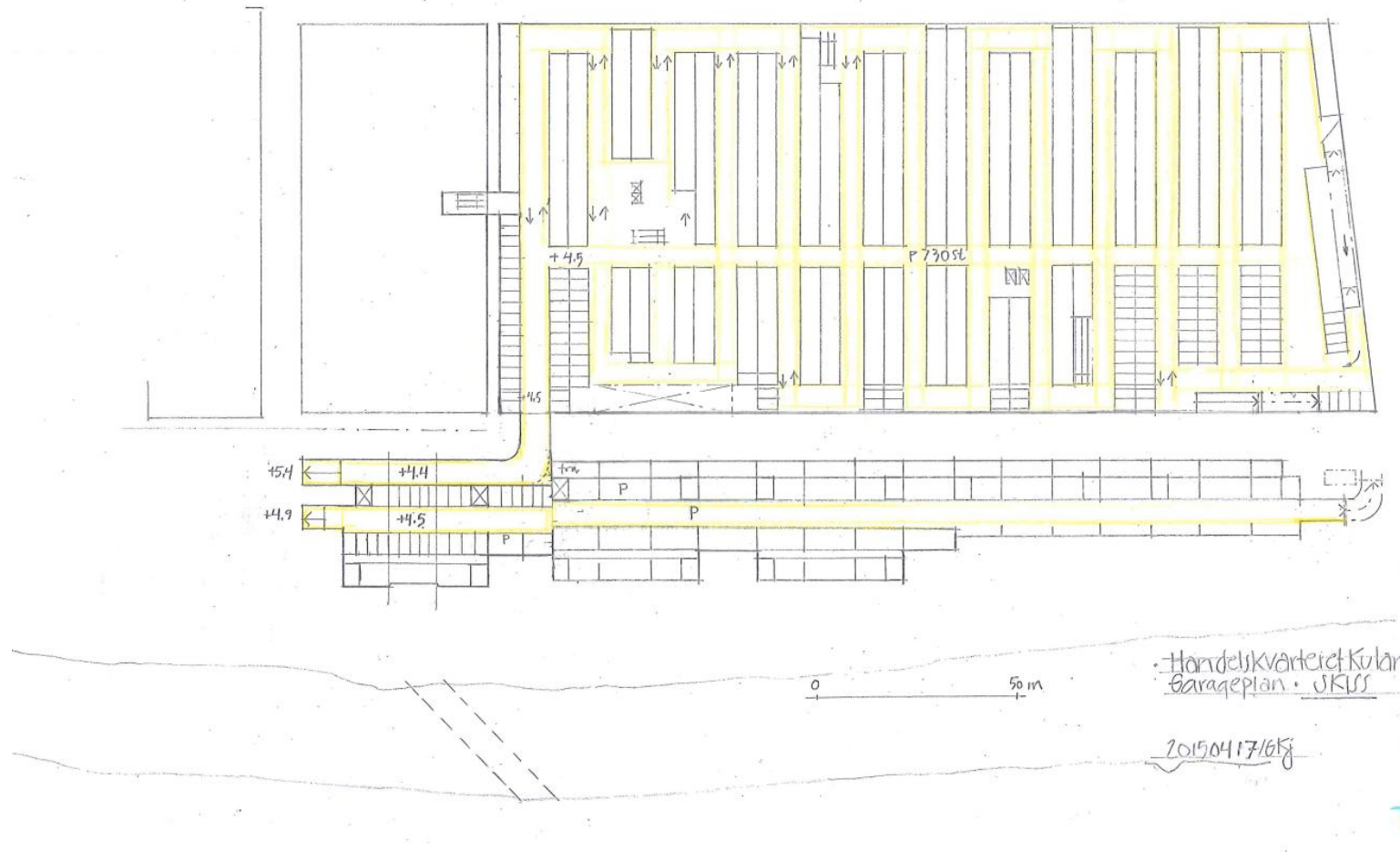
NYA KULAN

ÖVERSIKTSVY



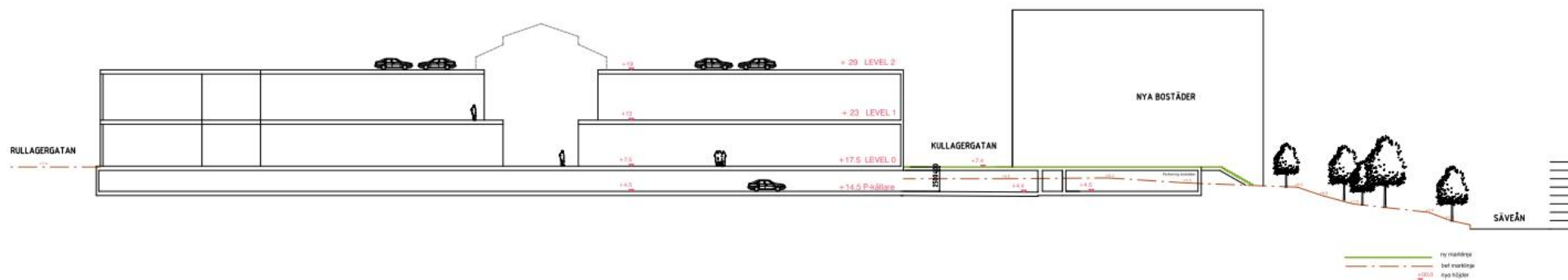
Figur A.1.1 Översiktsvy över Kv Gösen med framtida utformning av området.

Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter



Figur A.1.3 Principskiss i plan för garage under byggnader inom fastigheten Kv. Gösen.

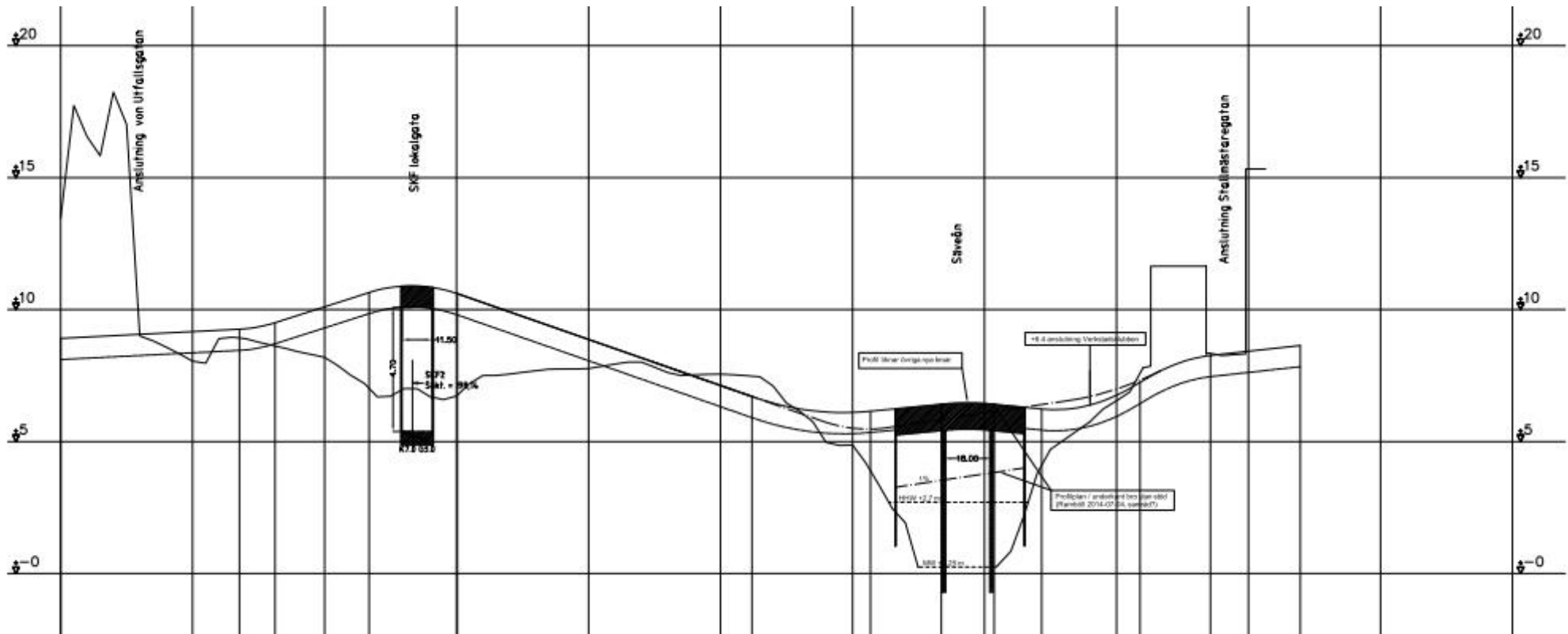
Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter



SEKTION AA TAGEN GENOM INFART TILL GARAGE TILL HANDELN PÅ LEVEL -1
20151124 Skala 1:500 (A3)

Figur A.1.4 Principskiss i sektion för garage under byggnader inom fastigheten Kv. Gösen.

Utredningsområdet och planerade anläggningar med verksamheter



Figur A.1.5 Profil över Ryttmästaregatans förlängning till von Utfallsgatan, samt ny bro över Säveån (skiss från ÅF daterad 2016-03-03).

Fördjupad släntstabilitetsutredning, framtida förhållanden

1 ALLMÄNT

I denna bilaga redovisas underlag till släntstabilitetsberäkningarna, valda erforderliga säkerhetsfaktorer för att klassa en slänt att ha tillfredställande stabilitet, samt översiktlig dimensionering av förstärkningsåtgärder för att uppfylla kraven för tillfredsställande stabilitet.

Beräkning av släntstabilitet under befintliga förhållanden redovisas i *PM-001 Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning, Bilaga C1*.

Läget för analyserade sektioner redovisas i *Bilaga B2*. Släntstabilitetsberäkningar har utförts i såväl odränerade som kombinerade analyser. Stabilitetsberäkningarna har utförts med hjälp av datorprogrammet Slope/W version 7.15 i Geo-Studio 2007. I Slope/W beräknas säkerhetsfaktorer mot skred och ras i jordslänter med jämviktsteorier i vertikallplanet. I de aktuella analyserna har cirkulärcylindriska och sammansatta glidytor beräknats med Morgenstern-Price's lamellmetod. Denna beräkningsmetod tar hänsyn till både moment och kraftjämvikt i beräkning av säkerhetsfaktorer mot brott

2 VAL AV MATERIALEGENSKAPER, GEOMETRI OCH LASTER

2.1 Materialegenskaper

Materialegenskaper har utvärderats utifrån i områdena utförda geotekniska fält- och laboratorieundersökningar. För **kohesionsjord** har odränerad skjuvhållfasthet (c_u) och densitet (ρ) utvärderats direkt från sammanställningen av bestämda jordegenskaper. Den dränerade skjuvhållfastheten för kohesionsjord har valts enligt praxis (Skredkommissionens riktlinjer) med hjälp av en friktionsvinkel på $\phi' = 30^\circ$, samt med ett kohesionsintercept som är 10 % av den utvärderade odränerade skjuvhållfastheten ($c' = 0.1 \cdot c_u$). För **frikationsjord** har materialegenskaperna (hållfasthet och densitet) valts främst utifrån resultaten från CPT-sonderingar, men även enligt praxis (TK Geo, Vägverket) utifrån jordartsbedömning från övriga geotekniska undersökningar.

Anisotropieffekter har beaktats enligt Skredkommissionens riktlinjer och utifrån utförda aktiva odränerade triaxialförsök på lerprover upptagna i området. Triaxialförsöken har utförts på lerprover tagna från djup där de anisotropiska effekterna bedöms ha störst inverkan på beräknad stabilitet. Ur försöken har hållfastheten i det aktiva skjuvplanet utvärderats. Det aktiva skjuvplanet har lutningen $45^\circ + \phi'/2 = 60^\circ$ mot horisontalplanet (direkt skjuvning). Därefter har kvoten mellan hållfastheten i övriga skjuvplan och hållfastheten i horisontalplanet beräknats för respektive jordmodell med ledning av beräknat $K_{0(NC)}$ för det aktiva skjuvplanet.

Valda jordegenskaper som har använts i beräkningarna redovisas i *Bilaga B3*. För en mer detaljerad redovisning av utvärdering av jordegenskaper, se *PM-001 Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning, Bilaga B2*.

2.2 Geohydrologiska förhållanden

I odränerad analys har den fria grundvattenytan antagits ligga i underkant av fyllning eller torrskorpelera och i Sävån har lägsta lågvattenyta, LLW, valts som dimensionerande vattennivå.

Fördjupad släntstabilitetsutredning, framtida förhållanden

I kombinerad analys har Sävås lägsta lågvattenyta, LLW, i kombination med prognostiserat högsta grundvattentryck med 50 års återkomsttid i friktionsjorden under leran ansatts som dimensionerande geohydrologiska förhållanden.

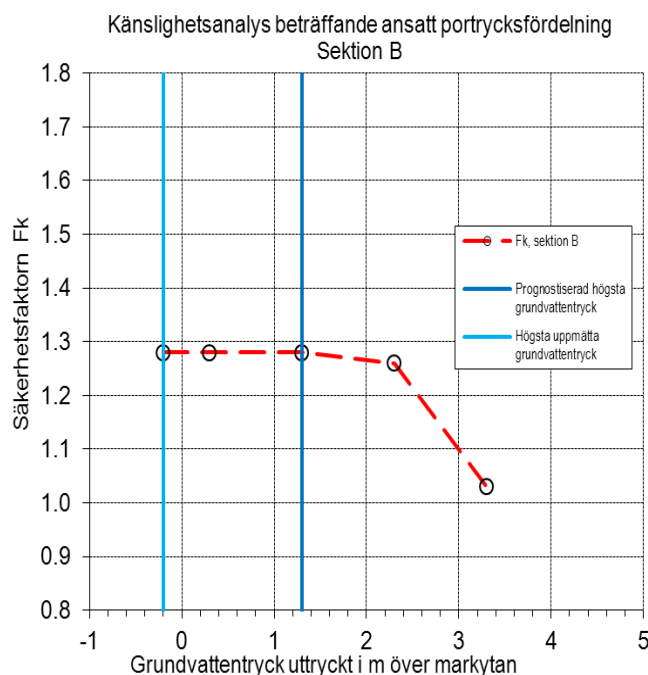
I en kohesionsjords övre del förekommer ofta rottrådar och mindre spricksystem ned till 3 - 6 m djup. Jorden har här relativt hög permeabilitet och portrycken har därför antagits öka hydrostatiskt i denna zon, från bedömd fri grundvattenyta. Från den hydrostatiska zonen underkant ökar sedan porvattentryck (konstant) med djupet upp till grundvattentrycket i friktionsjorden under kohesionsjorden (dvs. undre akvifären). Hänsyn till eventuellt porövertryck pga. pågående sättningar har inte beaktats i utförda stabilitetsberäkningar.

Som grundvattentryck i den undre akvifären har ett prognostiserat högsta grundvattentryck med 50 års återkomsttid använts. Prognostiseringen har utförts genom jämförelse av långtidsobservationer i närliggande referensrör, installerade av Gatubolaget, med mätserier från 1980-talet och korttidsmätningar i de för uppdraget installerade grundvattenrören (observationsrör). Referensrörens fluktuationsmönster har grafiskt anpassats till observationsrörens fluktuationsmönster. På så sätt har en förlängd mätserie erhållits för installerade observationsrör. Därefter har statistiska högstanivåer utvärderats för respektive observationsrör.

Prognostiserade högsta grundvattentryck med 50 års återkomsttid redovisas i *PM-001 rev C Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning, Bilaga B3*.

2.2.1 Känslighetsanalys beträffande höga grundvattentryck

I *PM-001 rev C Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning, Bilaga B3* har utförts en kontroll avseende förhöjda grundvattentryck. I kontrollberäkningar har säkerhetsfaktorn för kombinerat brott, F_{KOMB} , beräknats för högre grundvattentryck än prognostiserade högsta grundvattentryck.



Figur 1 Resultat av utförd känslighetsanalys för sektion B.

Fördjupad släntstabilitetsutredning, framtida förhållanden

Som framgår av Figur 1 erfordras ett grundvattentryck i friktionsjorden som motsvarar en trycknivå ca 3,5 m över markytan innan dränerat brott teoretiskt inträffar. Återkomsttiden för en grundvattentrycksnivå 2,5 m över markytan är ca 10 000 år enligt utförd prognostisering. Området bedöms därmed inte vara känsligt för förhöjda portryck ur stabilitetssynpunkt.

2.3 Geometri och materialgränser

Geometri och materialgränser har bestämts utifrån marknivåer, samt utvärderade jordarter, lagertjocklekar och egenskaper från de geotekniska undersökningarna. I respektive beräkningssektion har markytan mätts in och Säveåns bottenprofil har lodats med ekolod.

För bestämning av framtida marknivåer och markanvändning har detaljplan samt masterplan utgjort underlag, se *Bilaga A*.

2.4 Tidigare förstärkningsåtgärder

Inom utredningsområdet finns ett antal tidigare utförda förstärkningsåtgärder i form av erosionsskydd, avschaktningar och lastkompensationer. Erosionsskydden har besiktigats okulärt och dess kondition beskrivs i avsnitt 4.5.3 i *PM-001 rev C Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning*. Tidigare projekterade stabilitetsförhöjande åtgärder är dimensionerade med medellågvattnstånd, MLW, i Säveån och är således ej helt tillfredsställande med dagens betraktelsesätt. I vissa fall har förstärkningsåtgärder dimensionerats utifrån en 30 % förbättring av stabiliteten jämfört med tidigare rådande släntstabilitet utan att uppfylla dåtidens stabilitetskrav.

I korsningen Hornsgatan och Kullagergatan är marken uppfylld ca 3 m. Uppfyllningen begränsas av en stödmur i söder ned mot Säveån. Stödmuren är stödpålad och den bakomliggande fyllningen är grundlagd med bankpålar. Inom området finns även ett flertal kulvertar. Dessa har inte beaktats i stabilitetsberäkningarna men verkar gynnsamt då de bidrar med en viss avlastning av jorden. Befintliga byggnader är antingen grundlagda med stödpålar eller kompensationsgrundlagda.

2.5 Laster

Pålgrundlagda byggnader och byggnadsverk förutsätts ej ge något lasttillskott i stabilitetsberäkningarna. Övriga permanenta laster har beaktats i både odränerade och kombinerade stabilitetsberäkningar.

På parkeringsytor har vid stabilitetsberäkningar en utbredd last över parkeringsytan om 5 kPa antagits. Trafiklast har antagits enligt TK Geo, dvs trafikerade vägar bedöms belastas med 13 kPa för långa glidytor (>7 m) och med 20 kPa vid korta glidytor (<7 m). Trafiklast och last på parkeringsytor verkar temporärt (< 1 vecka) och beaktas därmed endast i odränerad analys.

För blivande park- och naturmark längs Säveån har en framtida belastning av 10 kPa resp. 5 kPa använts i stabilitetsberäkningar.

2.6 Höjdsystem i stabilitetsberäkningar

När utredningen som redovisas i *PM-001 rev C Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning* genomfördes, användes då gällande höjdsystem. Göteborgs Lokala höjdsystem. I nuläget använder Göteborg Stad sig av höjdsystem RH 2000. För att förenkla

Fördjupad släntstabilitetsutredning, framtida förhållanden

förståelsen av stabilitetsberäkningarna är alla utskrivna höjder angivna i RH 2000. Dessutom finns en extra nivåstapel till höger i beräkningen.

3 VAL AV ERFORDERLIGA SÄKERHETSFAKTORER

Analyserna och utförda undersökningar i utredningen har utförts enligt IEG Rapport 4:2010 och Skredkommissionens riktlinjer för en *fördjupad utredning*. Detaljplaneområdet klassas som "Nyexploatering/Planläggning" medan de angränsande områdena utanför detaljplaneområdet klassas som "Befintlig bebyggelse och anläggning".

Tabell 3.1 Bedömning av gynnsamma och ogynnsamma förutsättningar för slänt.

Förutsättning	Gynnsam	Ogynnsam
1. Fältundersökningens innehåll och omfattning	Tätt sonderat relativt områdets storlek. CPT-sonderingar är utförda. Tät provtagning relativt områdets storlek. In situ-provning med vingförsök har utförts i ett stort antal undersökningspunkter.	
2. Laboratorieundersökningens innehåll och omfattning	Kompressionsförsök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök har utförts i 5 undersökningspunkter.	
3. Släntens beständighet	Intakt busk- och trädvegetation. Inga tecken på rörelser har observerats.	
4. Släntens geometri	Mycket flack fram till åravin. Slänten är väl inmätt och Sävås bottenkontur har lodats	Brant åbrink
5. Grundvatten- och portrycksförhållanden	Långtidsmätningar och prognostisering av högsta grundvattenstryck.	
6. Ytvattenförhållanden	Karaktäristiska vattenstånd är kända.	Stora vattenståndsvariationer. Trummor och kulvertar finns i släntens övre delar.
7. Jordens egenskaper	Homogen jord. Jorden är i allmänhet mellansensitiv	Kohesionsjord. Kvicklera förekommer lokalt i delområde A och B, samt östra delen av område G.
8. Tidigare förändringar i slänten	Utlagda erosionsskydd. Avschaktningar i delområden C, F och G. Lättfyllning i delområde E. Träskoning finns i delområde B och E.	
9. Nuvarande och förväntade verksamheter i området	Byggnader med källare som verkar avlastande	Nyexploatering mycket nära åravin.
10. Konsekvens av ett skred	Liten risk för bakåtgripande skred.	Risk stor ekonomisk skada.
11. Analys- och beräkningsarbetets innehåll och omfattning	Tvådimensionell analys (resultat på säkra sidan).	

Slänt med kohesionsjord vid *nyexploatering* kan klassas som tillfredställande stabil om säkerhetsfaktorn mot skred i odränerad analys är större än 1,5-1,4 ($F \geq 1,5-1,4$), samtidigt som säkerhetsfaktorn mot skred i kombinerad analys är större än 1,4-1,3 ($F_{\text{Komb}} \geq 1,4-1,3$).

Fördjupad släntstabilitetsutredning, framtida förhållanden

Motsvarande för slänt med material som har dränerat uppträdande klassas slänt som tillfredställande stabil om säkerhetsfaktorn i dränerad analys är större än 1,3 ($F_{\phi} \geq 1,3$).

Slänt med kohesionsjord vid *befintlig bebyggelse och anläggning* kan klassas som tillfredställande stabil om säkerhetsfaktorn mot skred i odränerad analys är större än 1,4-1,3 ($F_{\phi} \geq 1,4-1,3$), samtidigt som säkerhetsfaktorn mot skred i kombinerad analys är större än 1,3-1,2 ($F_{\text{Komb}} \geq 1,3-1,2$). Motsvarande för slänt med material som har dränerat uppträdande klassas slänt som tillfredställande stabil om säkerhetsfaktorn i dränerad analys är större än 1,3 ($F_{\phi} \geq 1,3$).

Erforderlig säkerhetsfaktor inom spannen bedöms enligt aktuella försättningar med hänsyn till gynnsamma och ogynnsamma förhållanden, se Tabell 3.1. Resultat från utvärderade erforderliga säkerhetsfaktorer redovisas i Tabell 3.2.

Tabell 3.2 Valda erforderliga säkerhetsfaktorer för att aktuell slänt skall kunna bedömas som tillfredställande stabil.

Förhållanden	Erforderlig säkerhetsfaktorer		
	Kohesionsjord		Friktionsjord
	F_c	F_{Komb}	F_{ϕ}
Befintlig bebyggelse och anläggning (sektioner Ö,G)	1,3	1,2	1,3
Nyexploatering (sektioner A,B,C,D,F)	1,4	1,3	1,3

4 SLÄNTSTABILITETSKONTROLL

Slänt med befintliga förhållanden med beräknade säkerhetsfaktorer som inte uppfyller erforderliga säkerhetsfaktorer, bedöms som *otillfredsställande stabil med befintliga förhållanden*. På motsvarande sätt bedöms slänt för befintliga förhållanden med beräknade säkerhetsfaktorer som uppfyller kraven, som *tillfredsställande stabil med befintliga förhållanden*.

Resultat från beräkningarna redovisas i *PM-001 rev C Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning, Bilaga C2:1* och sammanfattas nedan i Tabell 4.1. Enligt utförd stabilitetskontroll har utredningsområdet norra del otillfredsställande stabilitet med befintliga förhållanden, medan områdets södra del har tillfredsställande stabilitet med befintliga förhållanden.

Fördjupad släntstabilitetsutredning, framtida förhållanden

Tabell 4.1 Beräknade säkerhetsfaktorer mot skred för befintliga förhållanden (röda siffror anger beräknade säkerhetsfaktorer som ej uppfyller kraven på en tillfredställande stabilitet)

Sektion	Slänt	Beräknade lägsta säkerhetsfaktorer		
		F _C	F _{KOMB}	F _φ
Sektion Ö	Befintlig	1,32	1,39	-
Sektion A	Befintlig	1,48	1,39	-
Sektion B	Befintlig	1,19	1,28	-
Sektion C	Befintlig	1,11	1,08	-
Sektion D	Befintlig	1,29	1,22	-
Sektion E	Befintlig	1,10	1,05	-
Sektion S-D ¹⁾	Befintlig	1,17	1,12	-
Sektion S-C ¹⁾	Befintlig	1,31	1,27	-
Sektion F	Befintlig	1,44	1,40	-
Sektion G	Befintlig	1,36	1,31	-

¹⁾ Sektioner beräknade av Sweco. I dessa beräkningar har vattenståndet LLW=+9,0 (Göteborgs lokala höjdsystem) använts.

5 ÖVERSIKTLIG DIMENSIONERING AV FÖRSTÄRKNINGSÅTGÄRDER

För att slänter och markprofil enligt planförslaget skall uppnå tillfredsställande stabilitet, krävs för vissa delområden att förstärkningsåtgärder vidtas. Föreslagna förstärkningsåtgärder skiljer sig något utmed Sävåns strandlinje. Generellt gäller att erosionsskydd som är i dåligt skick bör anordnas. Stabilitetshöjande åtgärd, exempelvis i form av avlastning med lättfyllning, kommer att krävas för att erhålla tillfredsställande stabila slänter.

Som huvudsaklig åtgärd har i beräkningarna lättfyllning i form av skumglas använts. Stabilitetsberäkningarna följer anvisningar enligt *TK Geo 13 kap 10.3 Skumglas*. Med hänsyn till upplyftning i förhållande till HHW +2,7 har underkant skumglas beräknats till nivån +1,6 närmast Sävåån.

Resultat från beräkningarna redovisas i *Bilaga B4* och sammanfattas i Tabell 5.1. Översiktlig redovisning av förstärkningsåtgärder i plan ges i *Bilaga C4*.

Fördjupad släntstabilitetsutredning, framtida förhållanden

Tabell 5.1 Beräknade säkerhetsfaktorer mot skred efter föreslagna åtgärder

Sektion	Föreslagen åtgärd	Beräknade lägsta säkerhetsfaktorer		
		F_c	F_{KOMB}	F_ϕ
Sektion Ö*	Tillfredsställande stabilitetsförhållanden för befintliga förhållanden	-	-	-
Sektion A*	Tillfredsställande stabilitetsförhållanden för befintliga förhållanden	-	-	-
Sektion B	Erosionsskydd Lättfyllning	1,41	1,42	-
Sektion C	Lättfyllning	1,34	1,26	-
	Lättfyllning, KC-pelare	1,43	1,29	-
Sektion D	Lättfyllning.	1,52	1,30	-
Sektion E	Pålgrundläggning av ny bro, påldäck och lättfyllning för tillfartsbankar	1,40	1,38	-
Sektion F	Pålgrundläggning av ny bro, påldäck och lättfyllning för tillfartsbankar	1,40	1,51	-
Sektion G**	Erosionsskydd	1,39	1,35	-

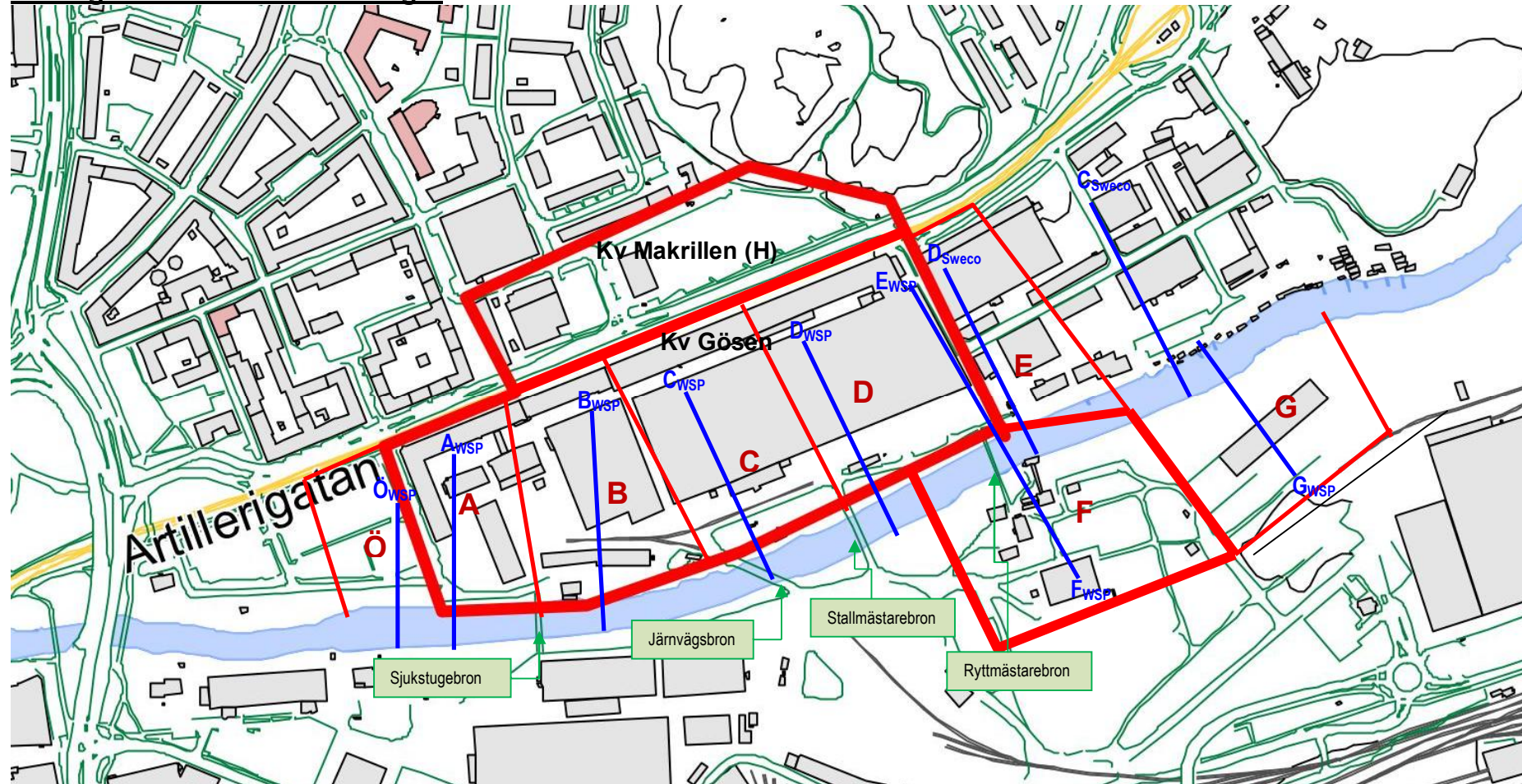
* Sektion Ö och A har tillfredsställande stabilitet utifrån befintliga förhållanden. Dessa områden behandlas ytterligare i utredning för "Detaljplan för förlängning av Hornsgatan".

** Beräkning för Sektion G redovisas i *PM-001 rev B Detaljplan Nya Kulan, Fördjupad stabilitetsutredning, Bilaga C2:2*.

6 SLUTSATSER OCH KOMMENTARER

Slutsatser över utförd stabilitetskontroll ges i huvuddokumentet.

Planläge för stabilitetsberäkningar



Figur B.2.1 Indelning av delområden (röda linjer) och sektioner (blå linjer) där släntstabilitet har beräknats. Kv Makrillen (område H) ingår ej längre i detaljplaneområdet.

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område väst (A, B och C)

Tabell B3.1.1 Härledda värden för leran använda i beräkningarna

Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
Le-A-1 (Ned till nivå +0.5)	Tunghet	$\gamma_k = 17.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 17.0 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet Där $d=0$ vid nivå +0.5	$c_{uk} = 11.1 + 0.7 \cdot d \text{ kPa}$ Anisotropi, $\max(C_\alpha/C_{ud})=1.4$
Le-A-2 (Från nivå -4)	Tunghet	$\gamma_k = 17.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 17.0 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet Där $d=0$ vid nivå -4	$c_{uk} = 19.0 + 1.0 \cdot d \text{ kPa}$ Anisotropi, $\max(C_\alpha/C_{ud})=1.4$
Le-B-C-1 (Ned nivå +0.5)	Tunghet	$\gamma_k = 15.1 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 15.1 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet Där $d=0$ vid nivå +0.5	$c_{uk} = 11.1 + 0.7 \cdot d \text{ kPa}$ Anisotropi, $\max(C_\alpha/C_{ud})=1.6$
Le-B-C-2 (Från nivå -4)	Tunghet	$\gamma_k = 15.1 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 15.1 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet Där $d=0$ vid nivå -4	$c_{uk} = 19.0 + 1.0 \cdot d \text{ kPa}$ Anisotropi, $\max(C_\alpha/C_{ud})=1.6$

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område öst (D och E)

Tabell B3.2.1 Härledda värden för materialegenskaper använda i beräkningarna utifrån utvärdering.

Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
Le-D-E-1 (Längre från åbrink > 20 m) (Ned till nivå +2)	Tunghet	$\gamma_k = 16.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16.0 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet	$c_{uk} = 14.5 \text{ kPa}$ Anisotropi, $\max(C_\alpha/C_{ud})=1.45$
Le-D-E-2 (Längre från åbrink > 20 m) (Från nivå +2)	Tunghet	$\gamma_k = 16.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16.0 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet Där $d=0$ vid nivå +2	$c_{uk} = 14.5 + 1.7 \cdot d \text{ kPa}$ Anisotropi, $\max(C_\alpha/C_{ud})=1.45$
Le-D-E-3 (Ånära, åbrink < 20 m)	Tunghet	$\gamma_k = 16.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16.0 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet Där $d=0$ vid nivå -1	$c_{uk} = 19.5 + 1.0 \cdot d \text{ kPa}$ Anisotropi, $\max(C_\alpha/C_{ud})=1.45$

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område syd (F och G)

Tabell B3.3.1 Härledda värden för materialegenskaper använda i beräkningarna utifrån utvärdering.

Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
Le-F-G-1 (Ned till nivå +2)	Tunghet	$\gamma_k = 15.3 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 15.3 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet	$c_{uk} = 13 \text{ kPa}$ Anisotropi, $\max(C_a/C_{ud})=1.8$
Le-F-G-2 (Mellan nivå +2 och -4)	Tunghet	$\gamma_k = 16.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16.0 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet Där $d=0$ vid nivå +2	$c_{uk} = 13.0 + 1.0 \cdot d \text{ kPa}$ Anisotropi, $\max(C_a/C_{ud})=1.8$
Le-F-G-3 (Från nivå -4)	Tunghet	$\gamma_k = 16.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16.0 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet Där $d=0$ vid nivå -4	$c_{uk} = 23.0 + 1.5 \cdot d \text{ kPa}$ Anisotropi, $\max(C_a/C_{ud})=1.45$

Val och utvärdering av lerans egenskaper, område norr (H)

Tabell B3.4.1 Härledda värden för materialegenskaper använda i beräkningarna utifrån utvärdering.

Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
Le-H-1	Tunghet	$\gamma_k = 16.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 16.0 \text{ kN/m}^3$
	Odränerad skjuvhållfasthet Där $d=0$ vid nivå +7	$c_{uk} = 15 + 0.7 \cdot d \text{ kPa}$

Valda materialegenskaper för friktionsjord, torrskorpelera och lättfyllning

Tabell B3.5.1 Härledda värden för friktionsjord och torrskorpelera använda i beräkningarna utifrån erfarenhet och praxis.

Jordlager	Egenskap	Karakteristiskt värde
Torrskorpelera	Tunghet	$\gamma_k = 18.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 18.0 \text{ kN/m}^3$
	Hållfasthet	$c' = 3.0 \text{ kPa}$, $\phi_k' = 30^\circ$, $\tau_{f,max} = 30 \text{ kPa}$
Bef. fyllning /gr Sa/	Tunghet	$\gamma_k = 18.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 21.0 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\phi_k' = 32^\circ$
Samkross	Tunghet	$\gamma_k = 18.0 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 21.0 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\phi_k' = 41^\circ$
Skumglas	Tunghet	$\gamma_k = 3.5 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{mk} = 11.0 \text{ kN/m}^3$
	Friktionsvinkel	$\phi_k' = 45^\circ$

Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: B
 Skede: Framtida förhållanden, lättfyllning.
 Hydrologisk modell: Piezometric Line
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Analys: Odränerad
 Jordmodell: Cu-B med anisotropi

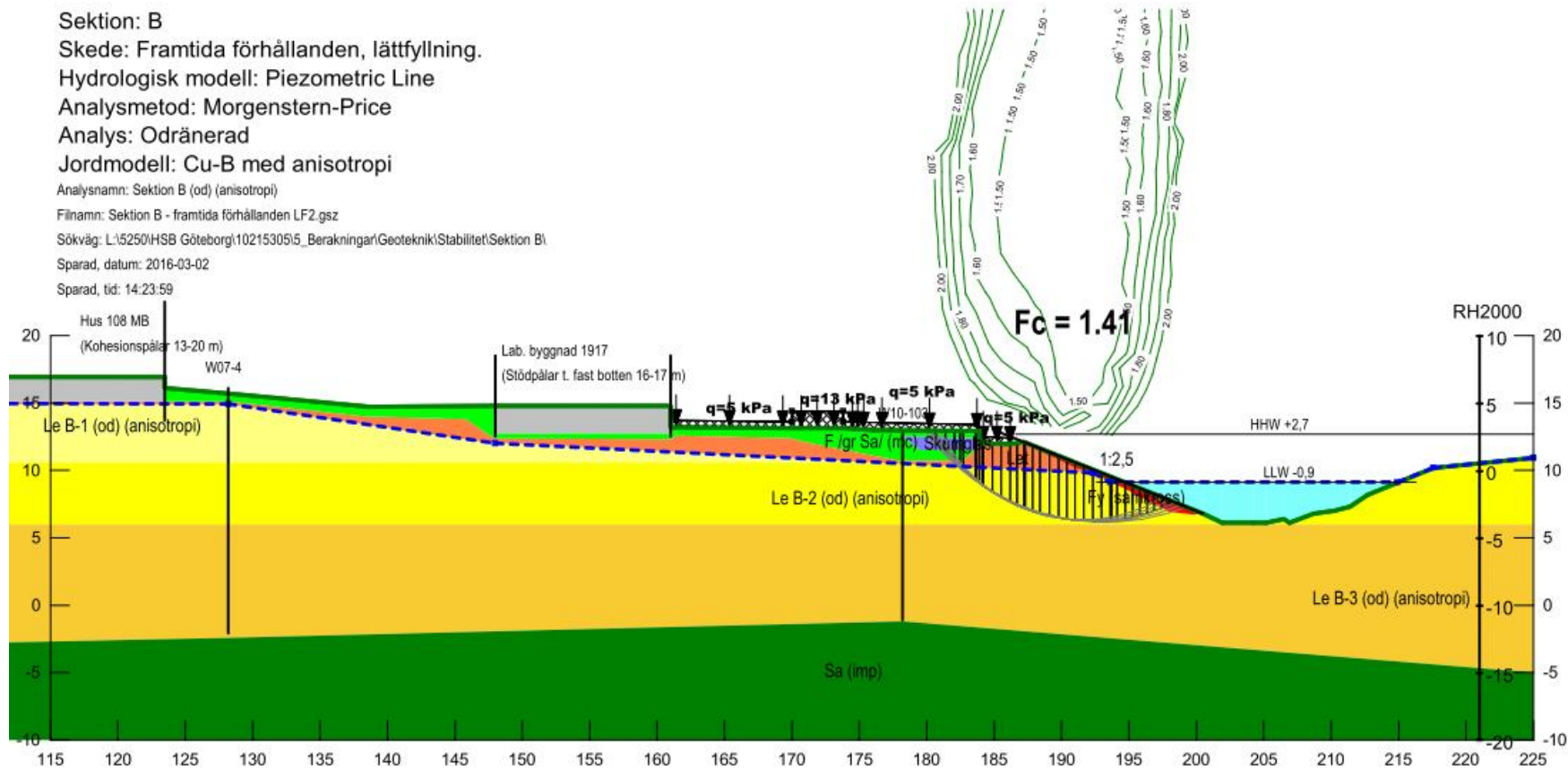
Analysnamn: Sektion B (od) (anisotropi)

Filnamn: Sektion B - framtida förhållanden LF2.gsz

Sökväg: L:\5250\HSB Göteborg\10215305\5_Beräkningar\Geoteknik\Stabilitet\Sektion B\

Sparad, datum: 2016-03-02

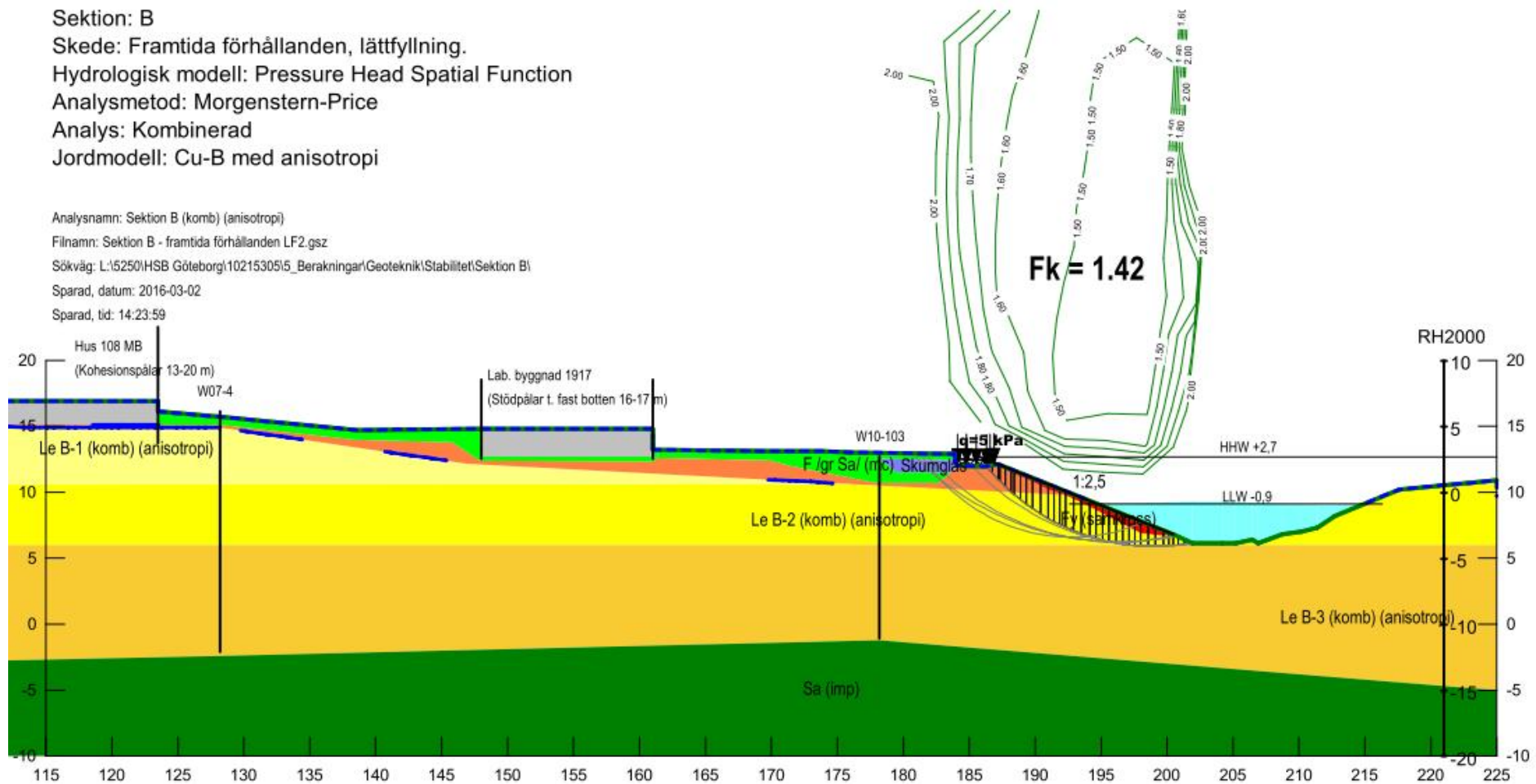
Sparad, tid: 14:23:59



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: B
 Skede: Framtida förhållanden, lättfyllning.
 Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Analys: Kombinerad
 Jordmodell: Cu-B med anisotropi

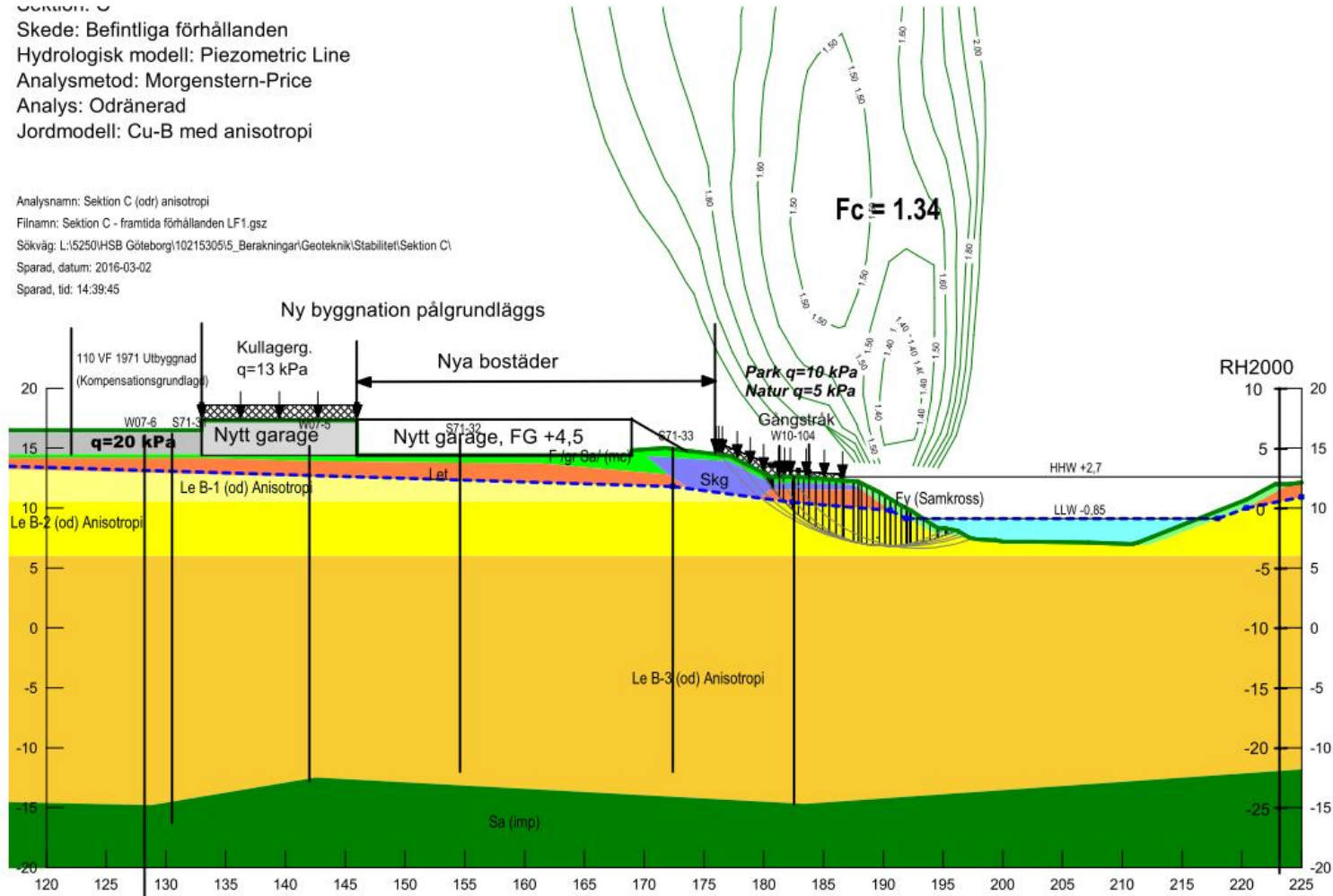
Analysnamn: Sektion B (komb) (anisotropi)
 Filnamn: Sektion B - framtida förhållanden LF2.gsz
 Sökväg: L:\5250\HSB Göteborg\10215305\5_Beräkningar\Geoteknik\Stabilitet\Sektion B\
 Sparad, datum: 2016-03-02
 Sparad, tid: 14:23:59



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Skede: Befintliga förhållanden
 Hydrologisk modell: Piezometric Line
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Analys: Odränerad
 Jordmodell: Cu-B med anisotropi

Analysnamn: Sektion C (odr) anisotropi
 Filnamn: Sektion C - framtida förhållanden LF1.gsz
 Sökväg: L:\5250\HSB Göteborg\10215305\5_Beräkningar\Geoteknik\Stabilitet\Sektion C\
 Sparad, datum: 2016-03-02
 Sparad, tid: 14:39:45



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion C

Skede: Framtida förhållanden

Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function

Analysmetod: Morgenstern-Price

Analys: Kombinerad

Jordmodell: Cu-B med anisotropi

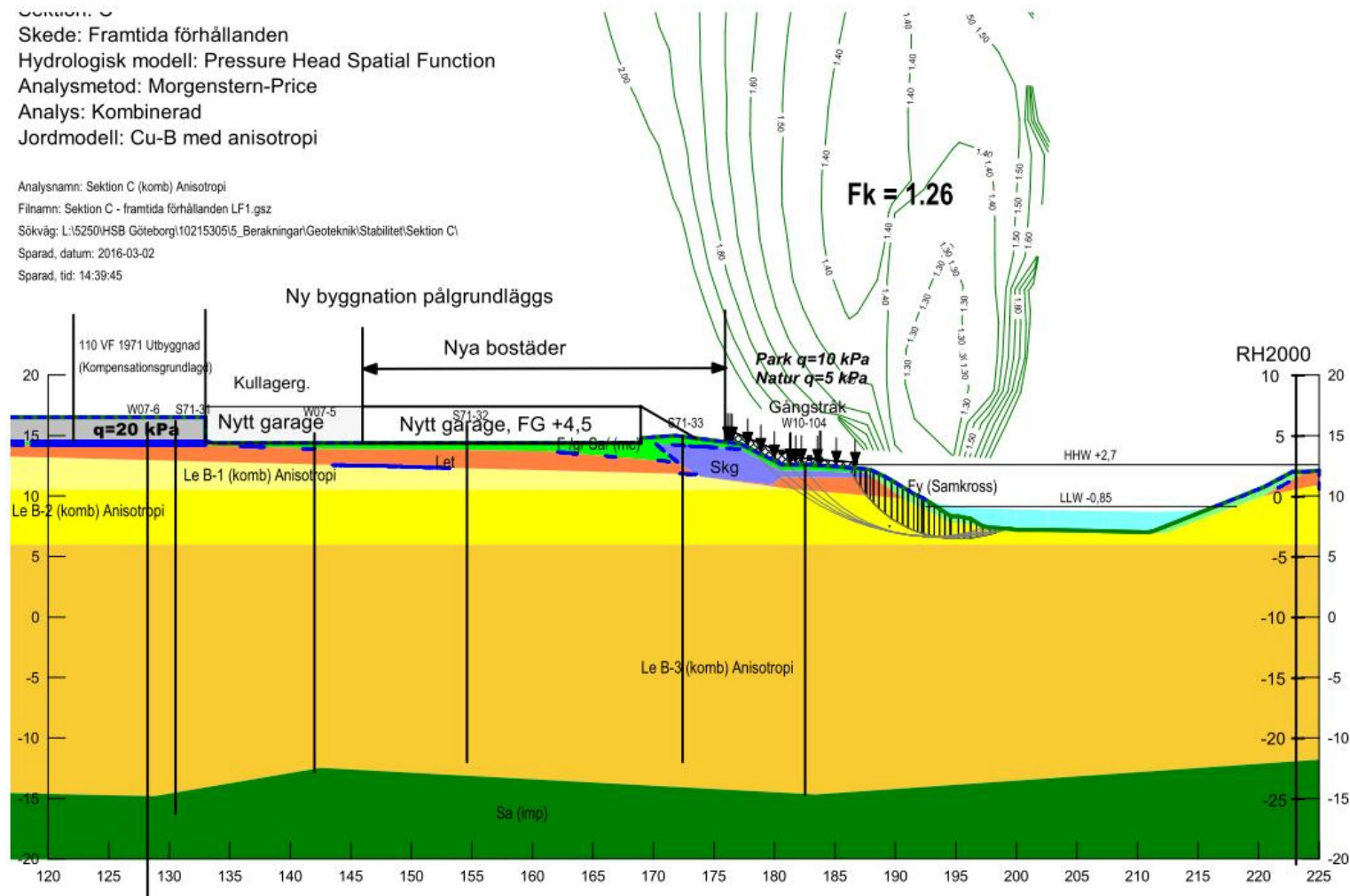
Analysnamn: Sektion C (komb) Anisotropi

Filnamn: Sektion C - framtida förhållanden LF1.gsz

Sökväg: L:\5250\HSB Göteborg\10215305\5_Beräkningar\Geoteknik\Stabilitet\Sektion C\

Sparad, datum: 2016-03-02

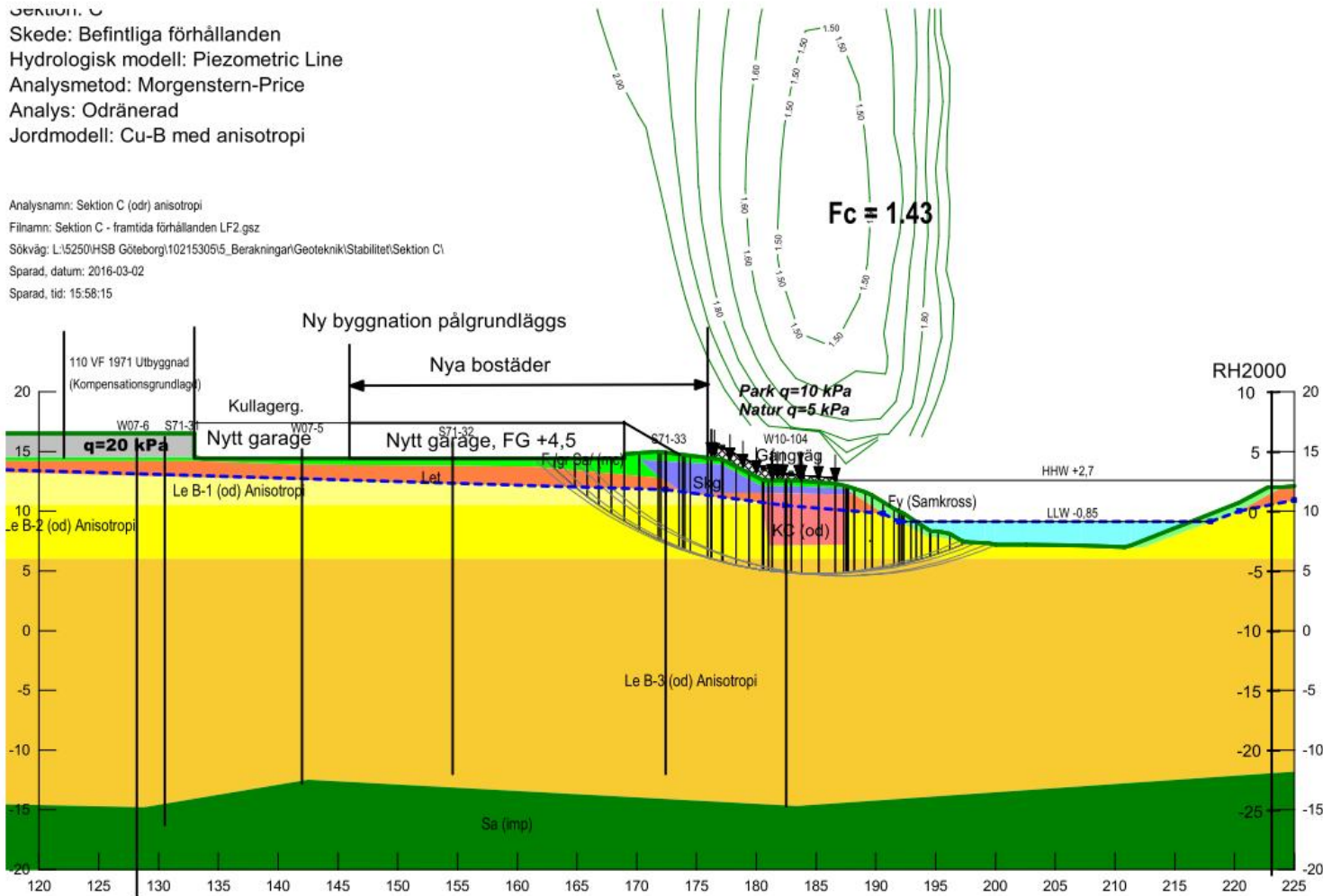
Sparad, tid: 14:39:45



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion C
 Skede: Befintliga förhållanden
 Hydrologisk modell: Piezometric Line
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Analys: Odränerad
 Jordmodell: Cu-B med anisotropi

Analysnamn: Sektion C (odr) anisotropi
 Filnamn: Sektion C - framtida förhållanden LF2.gsz
 Sökväg: L:\5250\HSB Göteborg\10215305\5_Beräkningar\Geoteknik\Stabilitet\Sektion C\
 Sparad, datum: 2016-03-02
 Sparad, tid: 15:58:15

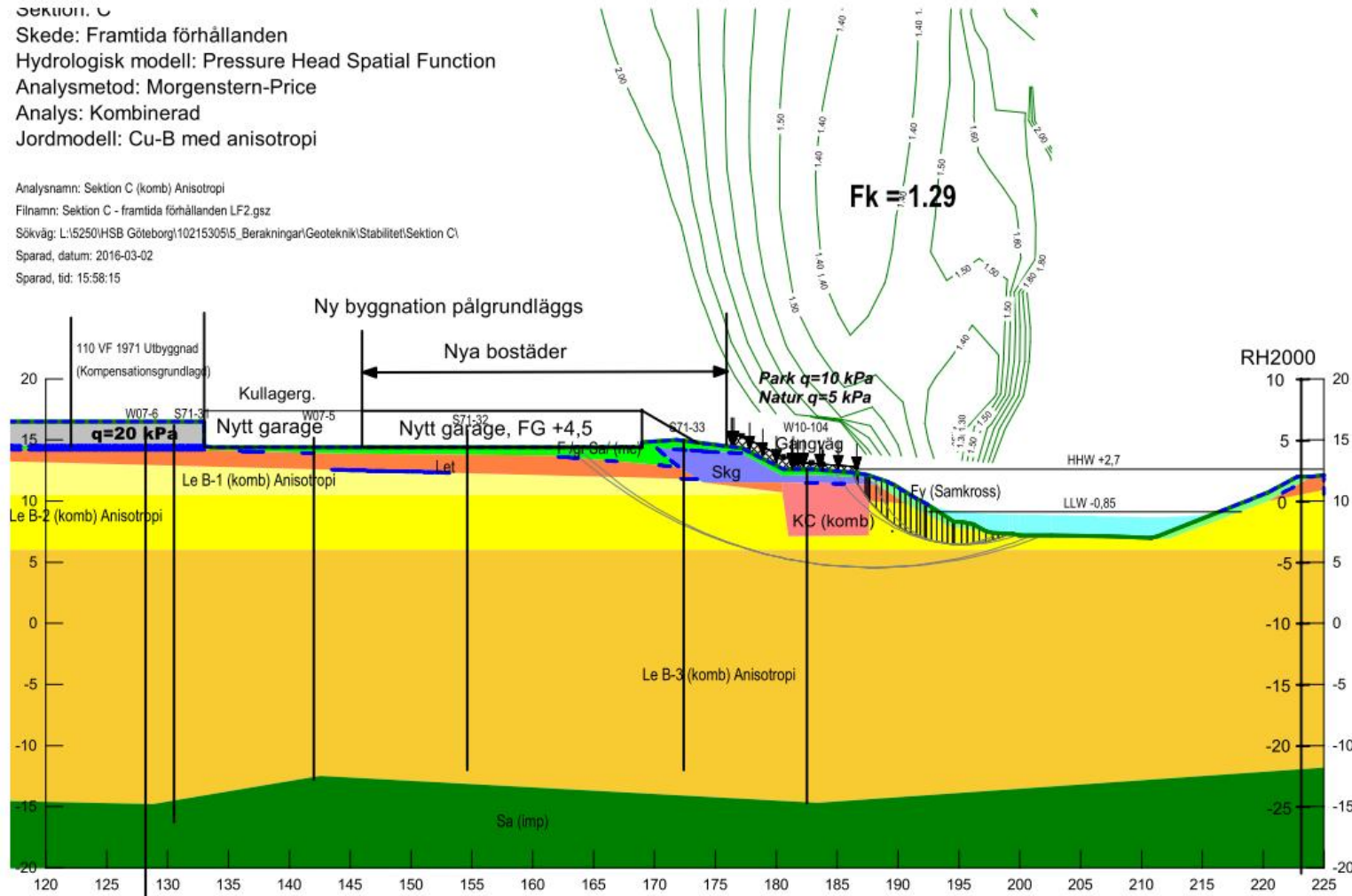


Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

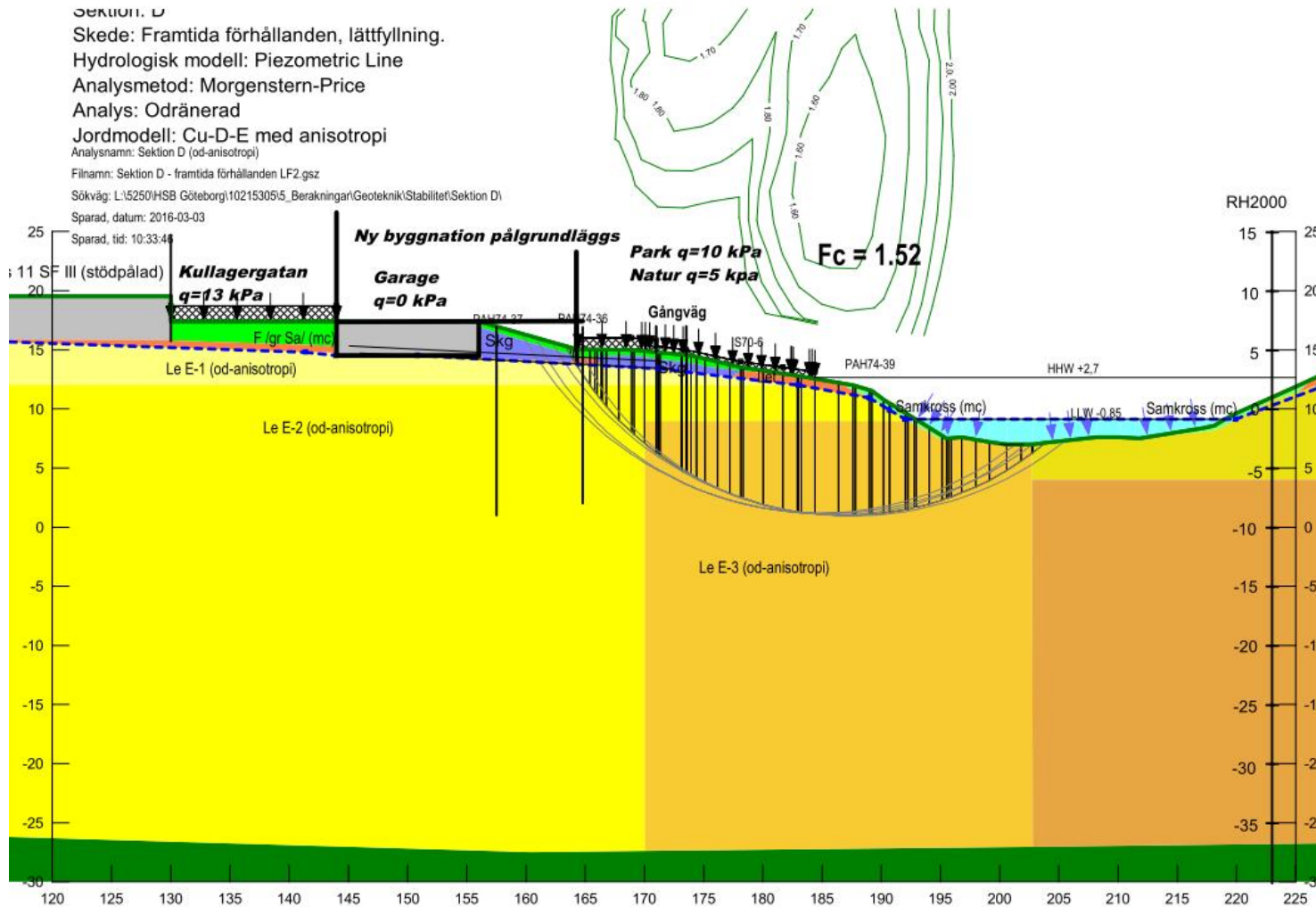
SEKTION C

Skede: Framtida förhållanden
 Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Analys: Kombinerad
 Jordmodell: Cu-B med anisotropi

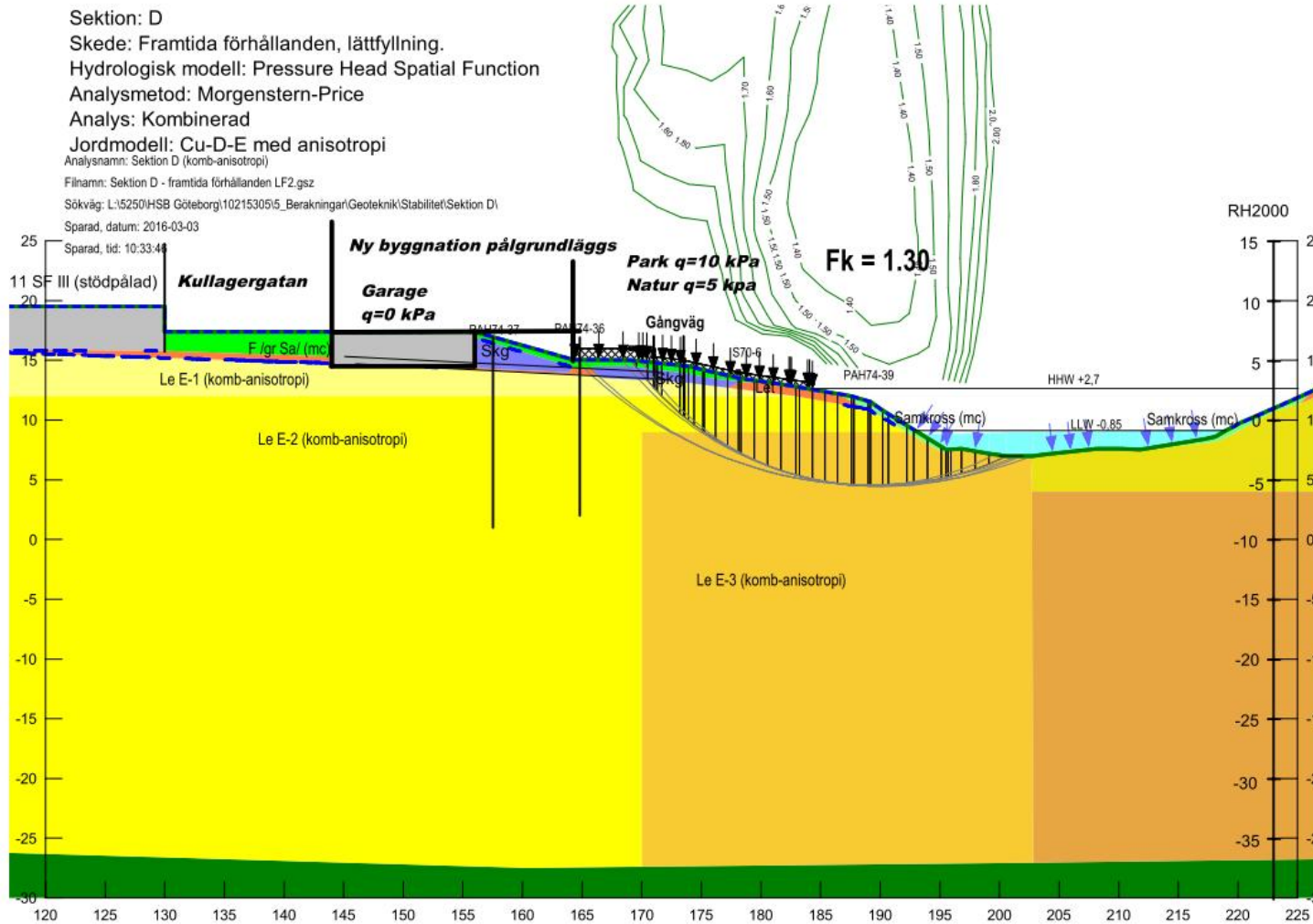
Analysnamn: Sektion C (komb) Anisotropi
 Filnamn: Sektion C - framtida förhållanden LF2.gsz
 Sökväg: L:\5250\HSB Göteborg\10215305\5_Beräkningar\Geoteknik\Stabilitet\Sektion C\
 Sparad, datum: 2016-03-02
 Sparad, tid: 15:58:15



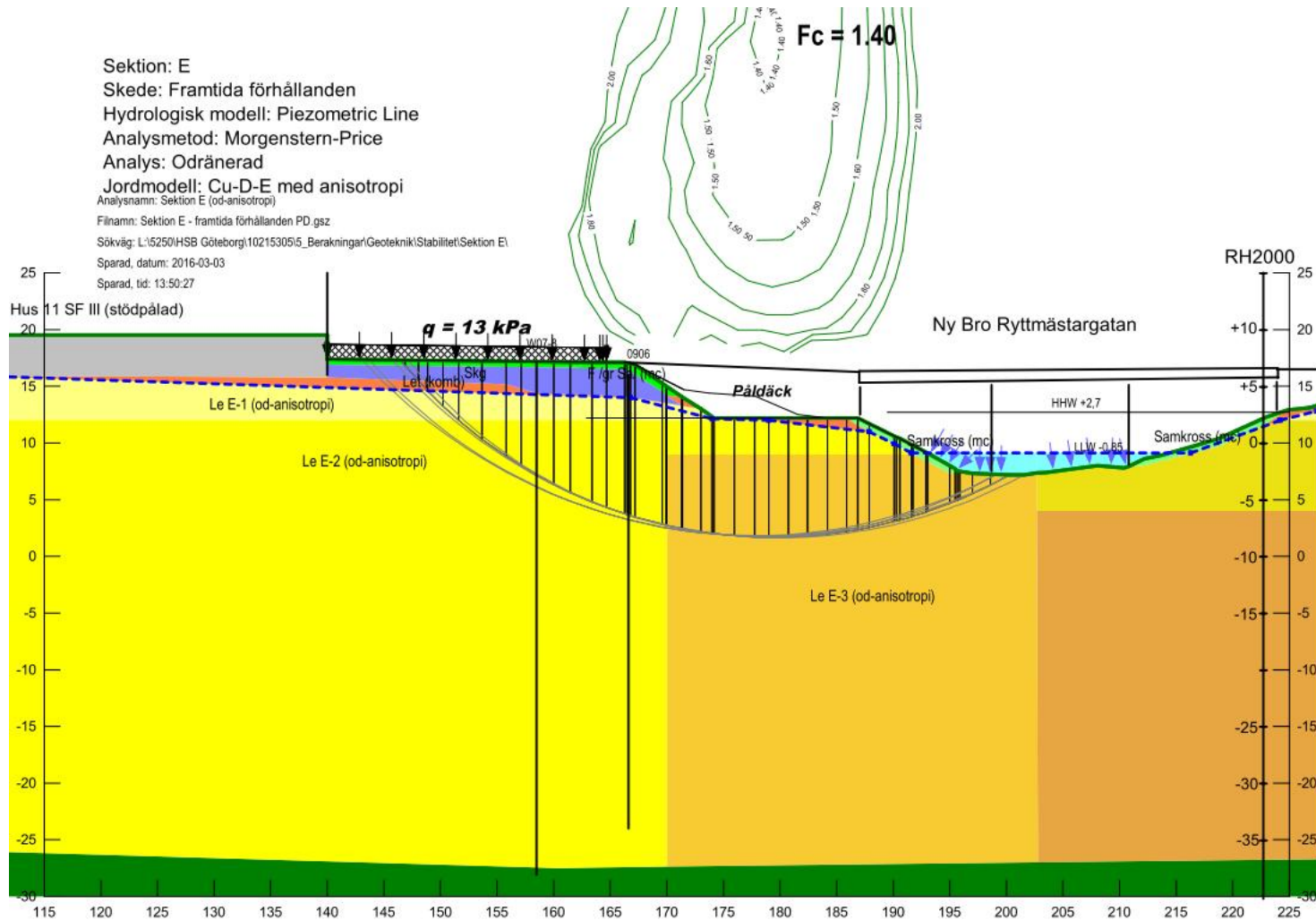
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



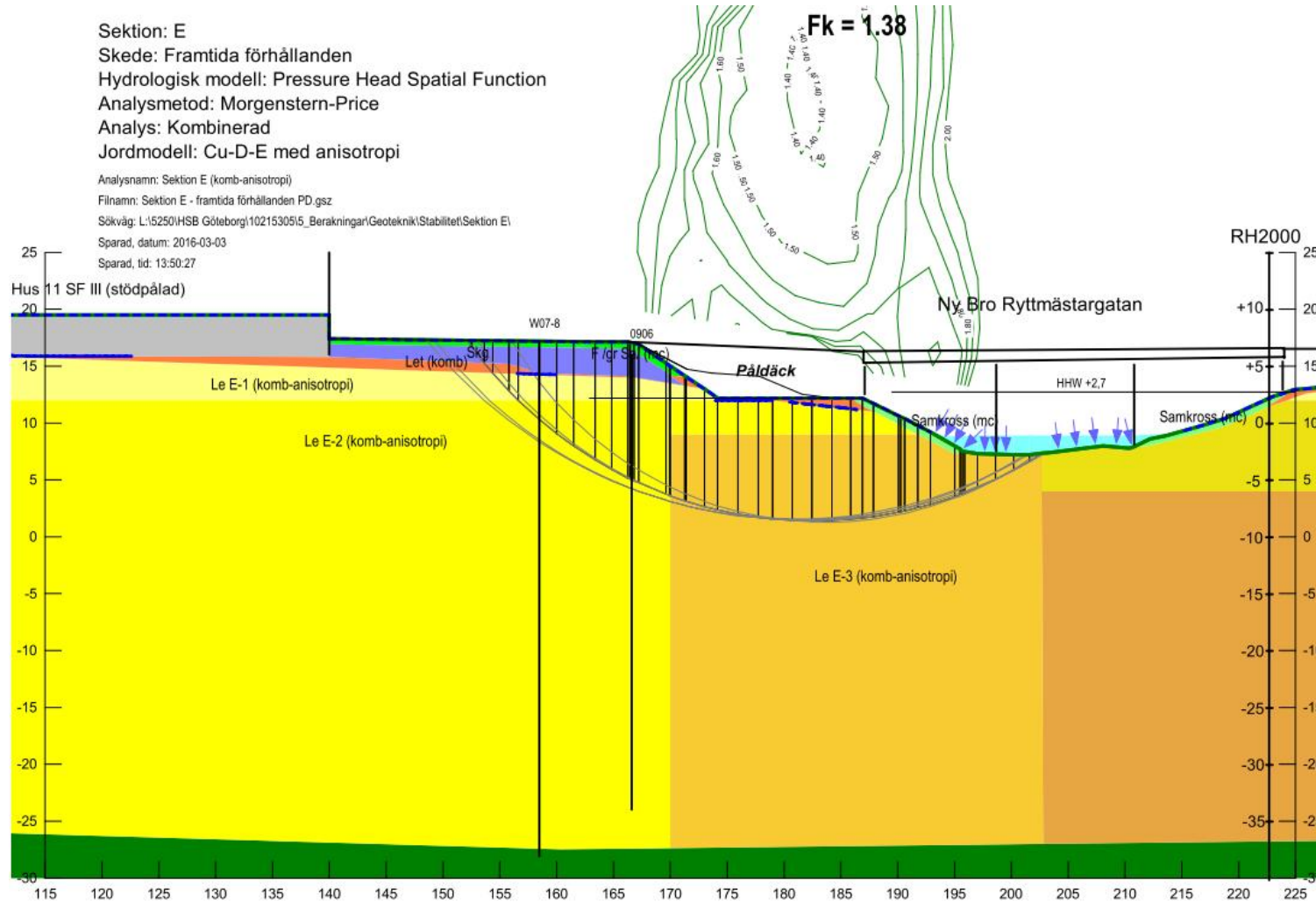
Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

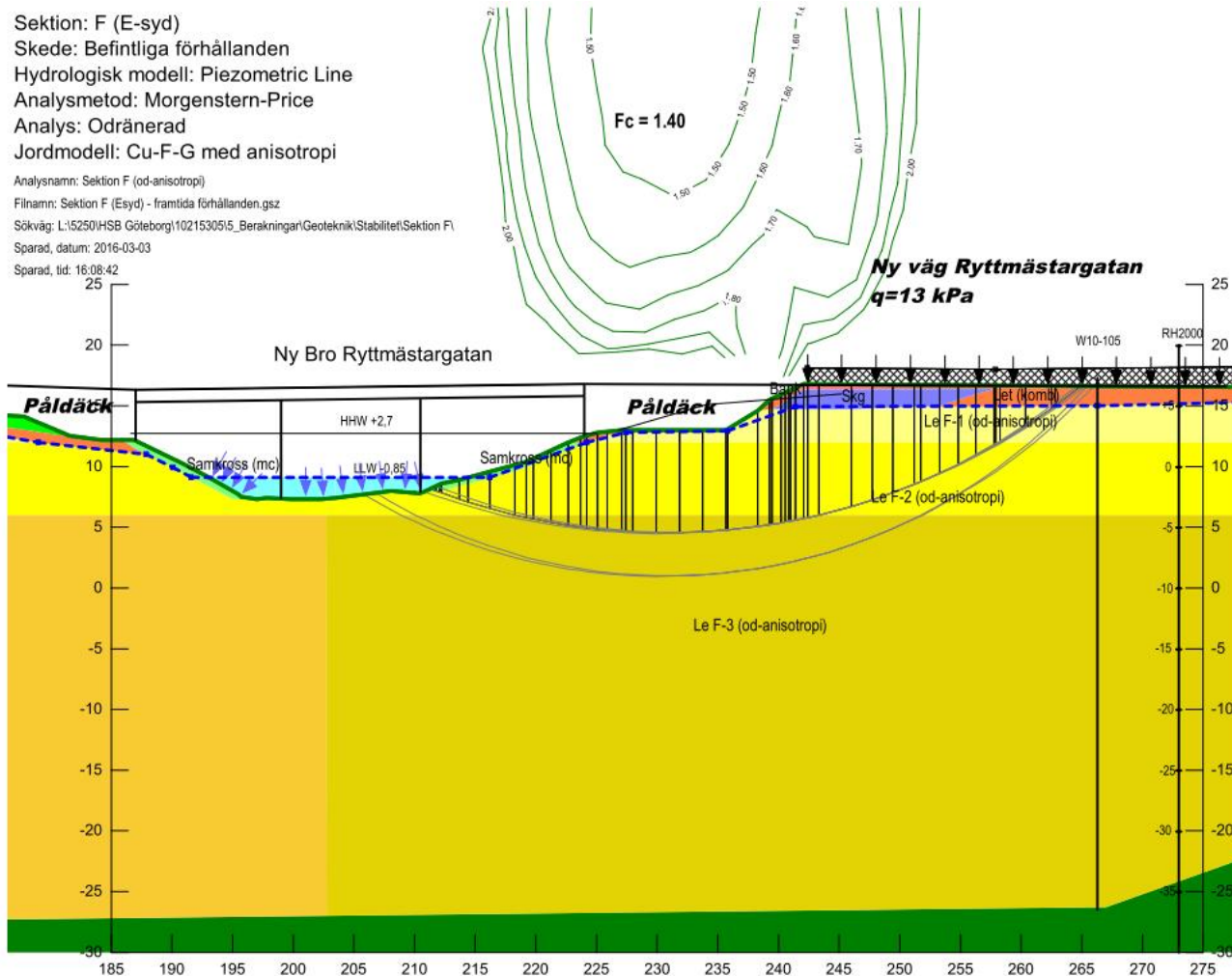
Sektion: E
 Skede: Framtida förhållanden
 Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Analys: Kombinerad
 Jordmodell: Cu-D-E med anisotropi

Analysnamn: Sektion E (komb-anisotropi)
 Filnamn: Sektion E - framtida förhållanden PD.gsz
 Sökväg: L:\5250\HSB Göteborg\10215305\5_Beräkningar\Geoteknik\Stabilitet\Sektion E\
 Sparad, datum: 2016-03-03
 Sparad, tid: 13:50:27



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: F (E-syd)
 Skede: Befintliga förhållanden
 Hydrologisk modell: Piezometric Line
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Analys: Odränerad
 Jordmodell: Cu-F-G med anisotropi
 Analysnamn: Sektion F (od-anisotropi)
 Filnamn: Sektion F (E-syd) - framtida förhållanden.gsz
 Sökväg: L:\5250\HSB Göteborg\10215305\5_Beräkningar\Geoteknik\Stabilitet\Sektion F
 Sparad, datum: 2016-03-03
 Sparad, tid: 16:08:42



Släntstabilitetsberäkningar: Framtida förhållanden

Sektion: F (E-syd)
 Skede: Befintliga förhållanden
 Hydrologisk modell: Pressure Head Spatial Function
 Analysmetod: Morgenstern-Price
 Analys: Kombinerad
 Jordmodell: Cu-F-G med anisotropi

Analysnamn: Sektion F (komb-anisotropi)
 Filnamn: Sektion F (E-syd) - framtida förhållanden.gsz
 Sökväg: L:\5250\HSB Göteborg\10215305\5_Beräkningar\Geoteknik\Stabilitet\Sektion F1
 Sparad, datum: 2016-03-03
 Sparad, tid: 16:09:59

