

# Geotekniska förhållanden m. m. kvarteret Kaminen och Anoden, Trollhättan (Fastigheten Stallbacka 4:2 och del av 4:5)

Komplettering med anledning av SGI yttrande 5.2-3707-0891, 2023-08-24

## 1. Bakgrund

I syfte att utreda de geotekniska planförutsättningarna enligt PBL, har Rejlers Sverige AB, På uppdrag av Katoen Natie Sverige AB, utfört en geoteknisk undersökning på fastigheten Stallbacka 4:5, Trollhättan. Den geotekniska undersökningen och efterföljande värderingar ska, i samband med ändring av gällande detaljplan, utgöra ett planeringsunderlag med syfte att påvisa att marken är lämplig att belasta i den omfattning, som detaljplanens ändringar medger. Den geotekniska utredningen har därefter vidarebefordrats till Statens Geotekniska Institut (SGI) för yttrande. I sitt yttrande har SGI ställt upp vissa frågeställningar och efterfrågar kompletterande information. Syftet med denna PM är att redovisa denna kompletterande information.

## 2. Omgivningsbeskrivning

Fastigheten Stallbacka 4:5 är belägen intill fastigheten Stallbacka 4:2 inom ett större verksamhetsområde längs med Stallbackakanalen i Trollhättan, Figur 2.1a. I Figur 2.1b har ändringsområdet i detaljplanen markerats med vit streckad linje.



Figur 2.1a.

De två fastigheterna Stallbacka 4:5 och Stallbacka 4:2 är belägna i södra delen av ett större verksamhetsområde i anslutning till Stallbacka Hamn.

(Bildkälla: myCart, Trollhättans kommun)

Figur 2.1b.

Ändringsområdet i detaljplanen visas med vit streckad linje.

(Bildkälla: myCart, Trollhättans kommun)



En av orsakerna till ändringen av detaljplanen är en planerad tillbyggnad till den byggnad, som idag inrymmer verksamheten Trollhättans terminal AB, Figur 2.2.



Figur 2.2 Bild mot syd av aktuellt utredningsområde. En tillbyggnad är planerad att utföras på dessa sidor av befintlig byggnad, där Trollhättans Terminal AB idag bedriver verksamhet. (Bildkälla: Google Earth)

### 3. Svar på frågor och påpekanden i SGI:s yttrande

I detta avsnitt besvaras och bemöts de frågor och påpekanden som SGI avgivit i sitt yttrande som anges i denna PM:s rubrik. De undersökningar och värderingar som har gjorts redovisas i efterföljande avsnitt.

**3.1. I [2]<sup>1</sup> redovisas undersökningsområdet som utredningen avser. Detta område omfattar marken norr och nordöst om befintlig byggnad. Ändringsområdet omfattar dock ett större område. SGI anser att det behöver påvisas, att hela ändringsområdet uppnår tillfredsställande stabilitet för den nya bebyggelsen och den utökade verksamheten som ändringsbestämmelserna tillåter. Detta omfattar därför också området mellan befintlig byggnad och Stallbackakanalen. Finns det även angränsande områden (till ändringsområdet) där stabilitetsrisker inte klart och entydigt kan uteslutas, behöver det klarläggas om ett ras eller skred inom dessa områden kan ha påverkan på ändringsområdets stabilitet.**

*Den allra största delen av det aktuella utredningsområdet täcks av kajkonstruktioner mot Stallbacka kanal/Stallbackaströmmen och som också utgör del av Stallbacka Hamn. Det är endast en mindre del, längst i norr, där det inte finns någon kajkonstruktion. Det är också där den valda beräkningssektionen har förlagts. Fortsatt norr om utredningsområdet finns också någon form av strandskoning/spontkonstruktion, om inte konventionella kajkonstruktioner. Bedömningen har gjorts baserat på flygfoton.*

*Stabiliteten av och status på kajkonstruktionerna har inte värderats i denna utredning. Det bedrivs fortfarande hamnverksamhet med angräning och parkering av båtar i hamnen.*

*Stabilitetsanalyser har inte utförts inom områden som täcks av kaj mot Stallbacka kanal/Stallbackaströmmen. Dels har det inte varit möjligt att medelst geotekniska undersökningar skapa beräkningssektioner, dels får förutsättas att Stallbacka hamn eller verksamhetsutövare själva, underhåller och reparerar kajkonstruktionerna i den omfattning som erfordras. Den ökade belastningen (trafik och upplag) som förs fram i SGI:s yttrande bedöms inte påverka kajkonstruktionerna nämnvärt i negativt avseende, eftersom det tillgängliga utrymmet för detta för det första inte kommer att utökas, möjligtvis snarare minskas något och för det andra kan utökad trafik förväntas utgöras av liknande fordon som trafikerar området redan nu.*

*Stabilitetsberäkningar för en beräkningssektion i den nordligaste delen av området, där kajkonstruktion inte finns, visar att tillfredsställande stabilitetsförhållanden föreligger förutom i ett beräkningsfall, Bilaga 2 och Tabell 6.4. Skredriskkartorna som ingår i Göta älvutredningen, ref. 11, kapitel 4, indikerar liten skredrisk längs hela sträckan, förutom vid en kajkonstruktion, där medel skredrisk anges.*

---

<sup>1</sup> Referens [2] i SGI:s yttrande avser referens 2, kapitel 4 i denna PM.

*SGU:s jordartskartor anger litet jorddjup och flera områden med berg i dagen. Söder om Stallbacka hamn anger SGI:s kartor fastmark och SGU:s kartor frekvent berg i dagen.*

*Söder om det aktuella utredningsområdet, ungefär mitt emellan Stallbackaön och Konvaljeön, är en beräkningssektion förlagd i SGI:s Göta älv-utredning. Denna sektion överensstämmer i stort med den beräkningssektion som har använts och redovisas i denna PM. Det är därför troligt att kanalens tvärsnitt längs med det aktuella utredningsområdet uppvisar små variationer.*

*Mot bakgrund av den batymetri, som SGI har tillhandahållit för det aktuella området, och överensstämmelsen med sektionen från Göta älv-utredningen, kan det vara så, att kanalen är grävd ned till berg, åtminstone längs slänterna, alternativ är sprängd. De slänlutningar som finns i bägge sektionerna är för höga för att kunna vara jord. Detta skulle också överensstämma väl med det djup under befintlig markyta som berg har konstaterats vid de utförda fältundersökningarna ett kort stycke in på fastigheten från kanalen.*

*Terrängen närmast kanalen var alltför oländig för att medge geotekniska borrhningar. Det har också framkommit att det ska finnas en dämningvall längs med Stallbacka för att förhindra att området översvämmas. Vidare undersökningar i området närmast kanalen har därför stoppats för att inte riskera att en eventuell dämningvall ska skadas.*

*Mot bakgrund av detta bedöms det inte föreligga någon risk för att ras eller skred som utbildas på grannfastigheterna, vilket kan påverka ändringsområdet i detaljplanen eller vice versa.*

*Antagandet att kanalen är grävd till berg längs slänterna (kanske sprängd) är förvisso behäftat med en viss osäkerhet tills det har verifierats. Men de verifieringar som har gjorts ger en klar indikation på att så bör vara fallet, i och med den branta slänlutningen och att det inte är tillräckligt att lägga ut en standardmässig fyllning med sprängsten för att erhålla tillfredsställande stabilitetsförhållanden. Det faktum att den höjdprofil som SGI redovisar i Göta älv-utredningen, ref. 11, kapitel 4, och som ligger strax söder om utredningsområdet, visar på liknande slänlutningar stärker antagandet, att kanalen är grävd till berg åtminstone längs slänterna. Möjligtvis sprängd – det förefaller i någon mån osannolikt, att berget i sig skulle ha en kanalformad försänkning.*

*Det finns inga indikationer idag på att stabilitetsförhållandena skulle vara icke tillfredsställande. Sådana indikationer är t ex mindre utglidningar från slänten, rörelser i slänten i stort, träd som lutar, etc.*

*I den norra delen av utredningsområdet, där det finns naturmark, uppfyller inte en av åtta utförda beräkningsfall kraven på tillfredsställande stabilitetsförhållanden. Detta bedöms kunna åtgärdas*

med hjälp av enklare stabilitetshöjande åtgärder, såsom t ex genom att justera släntgeometri och släntlutning. Utläggning av erosions-skydd är också stabilitetshöjande.

**3.2. I [2]<sup>2</sup> och [3]<sup>3</sup> saknas sammanställningar av uppmätta värden för odränerad och dränerad skjuvhållfasthet ( $c_u$  och  $\phi'$ ). SGI anser att sådan redovisning behöver finnas.**

*Redovisningen kompletteras med detta.*

**Vald indata i CPT-utvärderingarna (Klassificering jordlagerföljd i [3] bör kompletteras så, att skjuvhållfasthetsvärden kan utvärderas med högre säkerhet. Bedömning av sonderingsklass bör göras.**

*Det finns många tankar och idéer om hur stabilitetsberäkningar ska gå till. I grund och botten beror det med största sannolikhet på, att en beräkningsmetod som baseras på gränslastteorin (limit equilibrium) och karakteristiska värden som ingångsdata inte med automatik kan användas för beräkningar enligt partialsäkerhetsmetoden.*

*Vi gör nya beräkningar med karakteristiska värden som överensstämmer med IEG Rapport 4:2010. Vi anser att det mest korrekta resultatet, både till numerärt beräknat värde och utseende på glidytan, erhålls med totalsäkerhetsmetoden. Övriga synpunkter beaktas i samband med de nya beräkningarna. Vi kommer också att göra uppdaterade beräkningar med partialsäkerhetsmetoden, allt för att utredningen ska vara så komplett som möjligt.*

**I [2]<sup>4</sup> saknas bedömning av gränsvärden för tillfredsställande stabilitet. Om stabilitetsutredningen utförs med totalsäkerhetsmetoden, ska enligt IEG rapport 4:2010, avsnitt 4.5.2 gränsvärden väljas i odränerad och dränerad analys m.h.t. till platsspecifika förhållanden, de osäkerheter som finns i analysen och de konsekvenser ett ras eller skred kan medföra. Om stabilitetsberäkningen i stället utförs med partialkoefficientmetoden enligt IEG rapport. I [2]<sup>5</sup> saknas bedömning av gränsvärden för tillfredsställande stabilitet. Om stabilitetsutredningen utförs med totalsäkerhetsmetoden, ska enligt IEG rapport 4:2010, avsnitt 4.5.2 gränsvärden väljas i odränerad och dränerad analys m.h.t. till platsspecifika förhållanden, de osäkerheter som finns i analysen och de konsekvenser ett ras eller skred kan medföra.**

---

<sup>2</sup> Referens [2] i SGI:s yttrande avser referens 2, kapitel 4 i denna PM.

<sup>3</sup> Referens [3] i SGI:s yttrande avser referens 1, kapitel 4 i denna PM.

<sup>4</sup> Referens [2] i SGI:s yttrande avser referens 2, kapitel 4 i denna PM.

<sup>5</sup> Referens [2] i SGI:s yttrande avser referens 2, kapitel 4 i denna PM.

värden väljas i odränerad och dränerad analys m.h.t. till platsspecifika förhållanden, de osäkerheter som finns i analysen och de konsekvenser ett ras eller skred kan medföra. Om stabilitetsberäkningen i stället utförs med partialkoefficientmetoden enligt IEG rapport 6:2008, Rev 1, ska redovisning och motiveringar till val av geoteknisk kategori, säkerhetsklass och eta-faktorer framgå i handlingen.

*Vi kompletterar rapporten med denna information.*

**SGI anser att stabilitetsförhållandena behöver vara utredda för en tidsperiod motsvarande bebyggelsens förväntade livslängd. Detta innebär, att erosionsförhållandena behöver utredas samt hur detta påverkar den långsiktiga stabiliteten för planändringsområdet. Rekommendationer finns i SGI:s rapport *Vägledning för erosionsutredning i vattendrag. Förstudie*. SGI har batymetri i Stallbacken från olika årtal, vilket möjliggör differensanalys för utvärdering av erosionsförhållanden.**

*Den bedömning som har gjorts med ledning av erhållen batymetri från SGI samt redovisad beräkningssektion i Göta älv-utredningen visar att släntlutningen är mycket stor, runt 45° ett par meter ner från befintlig markyta. Detta är en alltför brant släntlutning för jord under vatten, varför kanalen troligtvis är grävd ned till berg, åtminstone på slänterna, men inte nödvändigtvis på botten. De översta massorna, vid släntkrön skulle kunna vara den dämningvall som ska ha lagts ut.*

*Därutöver täcks alla slänter, utom en liten del längst i norr av området av kajkonstruktioner, vilka i sig ska vara dimensionerade med erosion taget i beaktande.*

*Därför görs bedömningen att erosionsprocesser, som i huvudsak kommer att beröra botten i kanalen, inte kommer att påverka stabilitetsförhållandena.*

**Noteringar om redovisade stabilitetsberäkningar i [2]<sup>6</sup>:**

- **Geometrierna för slänten mot Stallbackakanalen behöver verifieras med inmätningar såväl över som under vattenytan. SGI (avdelning Sekretariatet för Göta älv) har batymetri i Stallbackakanalen som kan översändas vid förfrågan.**

---

<sup>6</sup> Referens [2] i SGI:s yttrande avser referens 2, kapitel 4 i denna PM.

*Batymetri har beställts och använts för de nu redovisade beräkningarna. Därutöver har en inmätt tvärsektion från Göta älv-utredningen använts som kalibrering, belägen strax söder om utredningsområdet.*

*Leveranstiden för batymetrin var drygt 2 månader.*

- **Kritiska grund- och ytvattennivåer med återkomsttid 100 år behöver inhämtas och användas i beräkningarna**

*Det har utförts en dagvatten- och skyfallsutredning, ref. 12, kapitel 4. Den anger att det inte föreligger någon risk vid inträffandet av ett 100-årsregn, vare sig vad gäller framkomlighet, människors liv eller hälsa. Det konstateras att när vatten ansamlas i lågpunkterna i området, kommer detta vid ett djup av 0,6 m att börja avbördas mot Göta älv (Stallbacka kanal/Stallbackaströmmen [kommentar tillagd av författaren till denna PM]). Detta görs huvudsakligen inom ändringsområdet över kajplan ned mot Stallbacka kanal / Stallbackaströmmen.*

*Grundvattenytorna hinner inte påverkas i någon större utsträckning, dels för att som rapporten anger, ett skyfall pågår under en kort tid, i storleksordningen några timmar, dels för att det sker en avbördning mot kanalen, dels för att förekommande jordar har låg permeabilitet.*

*När det gäller vattennivån i kanalen, ska den enligt uppgift från Vattenfalls driftscentral hållas så konstant som möjligt med en variation på någon meter eller så. Huvudsyftet för detta är att upprätthålla ett vattendjup som innebär, att båttrafiken inte berörs.*

*En beräkning har utförts, där vattennivån i beräkningssektionen har ansatts till släntrösk och därefter fått följa markytan bort från kanalen, vilket innebär en höjning från den eftersträvade medelnivån +36,3 till nivån +40,64, dvs. 4,34 m, en förändring som sannolikt är orimlig ur många olika aspekter. Om denna förändring verkligen skulle kunna inträffa, skulle det också innebära att vatten kommer att strömma från kanalen och in över fastigheten, och inte som anges i dag- och skyfallsutredningen, ref. 12, kapitel 4, i motsatt riktning. Detta borde rimligtvis ha hanterats i den utredningen, om det hade förelegat en verklig risk för att denna situation skulle kunna uppstå.*

*I denna verifiering har också jordlagren fått följa en grundvattenyta i markytan, och hydrostatiskt vattentryck. Detta är förvisso ett mycket konservativt antagande, och det räcker inte med ett kortvarigt skyfall för att åstadkomma det. Vi har valt det enklaste sättet att verifiera inverkan av 100-årsregnet, och då är det också rimligt att antagandena är konservativa. Tillfredsställande stabilitetsförhållanden uppnås dock såväl för odränerad som dränerad analys.*

- **Marklaster saknas på markytan bakom släntkrönet. Beräkningarna be-  
höver beakta de marklaster som verksamheten och plankartan tillåter  
i form av trafiklaster, byggnadslaster, upplag etc.**

*Detta har gjorts i de beräkningar som nu redovisas genom att lägga en jämnt utbredd last på marken. Belastningen har valts till 50 kPa (karaktäristiskt värde). Även om lasten dras ut så långt det går, dvs. till släntkrön, uppfylls tillfredsställande stabilitetsförhållanden för fal-  
let 100-årsregn. 50 kPa är dessutom en stor last. Vägar, där tunga fordon också förs fram har standardmässigt en dimensionerande trafiklast på 20 kPa.*

*Däremot kan det ju vara nödvändigt för att kunna cleara denna last, att även bärighets-, och i förekommande fall sättningsverifieringar utförs. Det ligger utanför denna utredning.*

*Det föreligger en viss risk att kajkonstruktionerna inte klarar en ökad last på kajplanet. Detta bedöms dock som mindre troligt, eftersom tunga fordon och tung utrustning regelmässigt används i hamnarbetet. En verifiering av kajkonstruktionernas status rekommenderas, men ligger utanför detta uppdrag.*

- **Avstånden mellan söknoderna för glidytor på aktivsidan är stort (Entry-sidan). Noderna bör förtätas.**

*Söknoderna har generellt setts över och korrigerats.*

#### 4. Underlag

Underlag vid upprättandet av denna PM har utgjorts av

1. Markteknisk Undersökningsrapport Rapport Geoteknik (MUR/Geo), Stallbacka 4:5, Trollhättan, upprättad av Rejlers AB, uppdragsnummer 179551, daterad 2023-02-25.
2. Teknisk PM Geoteknik (TPM/Geo), Stallbacka 4:5, Trollhättan, upprättad av Rejlers AB, uppdragsnummer 179551, daterad, 2023-02-25.
3. Trollhättans kommun (2023): Ändring av detaljplan för kvarteret Anoden och Kaminen med mera, Utbyggnad av verksamheten inom Stallbacka 4:2 och del av 4:5, Samråds-handling.
4. Trollhättans Stad (2007): Detaljplan för verksamheter inom Kv Anoden och Kaminen mm, Stallbacka, 04J Antagandehandling, Planbeskrivning.
5. Tidigare utförda geotekniska undersökningar och utredningar som omnämns och sammanfattas i ref.5.
6. Översiktsritningar (plan).
7. SGU jordartskarta (nedladdad från SGU Kartvisaren)
8. SGU jorddjupskarta (nedladdad från SGU Kartvisaren).
9. Fotodokumentation tillhandahållen av beställaren (avser främst området närmast Stallbackaströmmen).

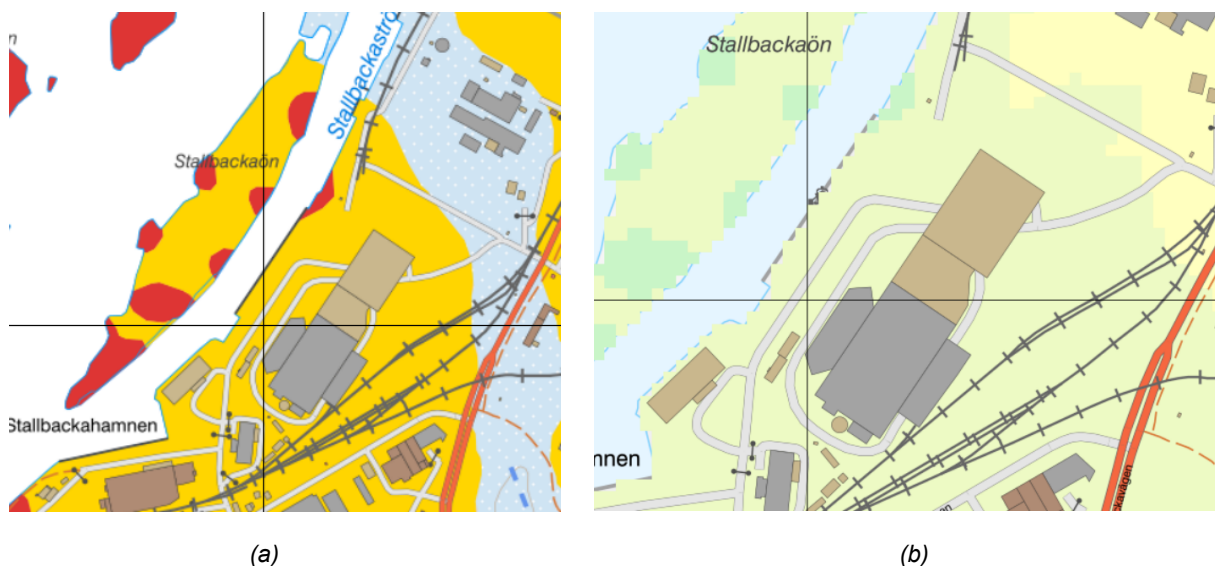


10. Batymetri tillhandahållen av SGI.
11. Göta älv-utredningen, SGI (2012). Kan laddas ned från <https://www.sgi.se/sv/om-sgi/vart-samhallsuppdrag/regeringsuppdrag/gota-alvutredningen/>
12. Dagvatten- och skyfallsutredning kv. Anoden & kaminen i Stallbacka, upprättad av Rejlers AB, uppdragsnummer 179553, daterad 2023-05-31.

## 5. Övergripande geoteknisk beskrivning.

Enligt SGU:s jordartskartor utgörs jordlagerföljden i ytan (de översta ca 0,5 m å 1 m) främst av glacial lera (gul färg) med sporadiskt förekommande mindre områden med berg i dagen (röd färg), Figur 2.3a. I den nordöstra delen av området som kommer att omfattas planerad tillbyggnad förekommer sandig morän (ljusblå färg med vita prickar).

Enligt SGU:s jorddjupskartor indikeras ett jorddjup på i huvudsak mellan 0 m och 3 m i hela området (ljusgrön respektive blekgrön färg). I den nordöstra delen förekommer lokalt ett område med djupet 3 m – 5 m (ljusgul färg), Figur 2.3b.



Figur 2.3 Utsnitt från (a) SGU jordartskarta och (b) SGU jorddjupskarta.

Utförda undersökningar inom uppdraget visar, att jordlagerföljden utgörs av **Fyllning** på **Lera** på **Friktionsjord** på **Berg**.

Fyllningen består generellt av sten grus och sand, och har en mäktighet som varierar mellan ca 1 m och 3 m.

Leran, som underlagrar fyllningen, är generellt grusig, sandig, och har en mäktighet som varierar mellan 2 m och 8,2 m under befintlig markyta. Utförda undersökningar visar att leran uppvisar låg odränerad skjuvhållfasthet, och kan antas vara normalkonsoliderad.

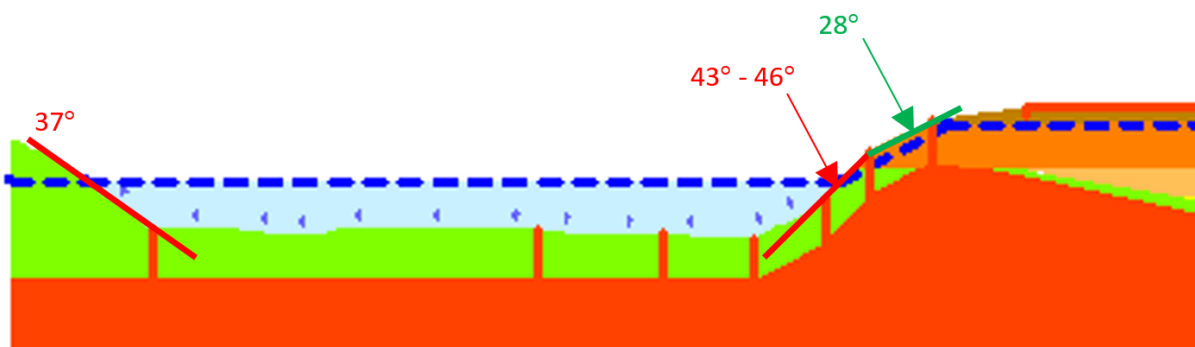
Friktionsjorden består generellt av sand och silt och påträffades under leran i de flesta undersökningspunkter ner till ett djup som varierar mellan ca 4,3 m och ca 9,8 m under befintlig markyta. Friktionsjorden uppvisar lös till medelfast lagringstäthet.

## 6. Stabilitetsförhållanden

### 6.1. Beräkningsmodell

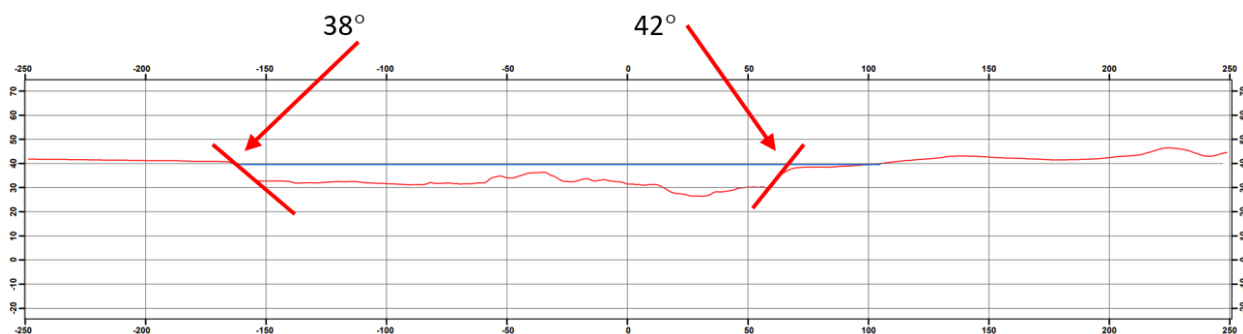
Stabilitetsförhållandena verifierades för en sektion i norra delen av utredningsområdet, i princip genom den planerade tillbyggnaden vid Trollhättans Terminal AB och ned mot Stallbacka kanal /Stallbackaströmmen i den tidigare utredningen, ref 2, kapitel 4. Vid tidpunkten för den undersökningen fanns inte tillgång till inmätningar/batymetri i Stallbackaströmmen, varför de geometriska förhållandena vid slänten antogs på basis av den information som då förelåg. Bottennivån, liksom den vattennivå som eftersträvas att upprätthållas erhöles från Vattenfalls driftscentral, som ansvarar för den dagliga driften så att säga av Göta älv med biflöden, dvs. tillser så, att vattennivån är korrekt för båttrafiken. Vid de verifieringarna konstaterades att tillfredsställande stabilitetsförhållanden råder.

Efter att ha analyserat batymetrin visade det sig, att slänterna ned mot Stallbackaströmmen är mycket branta för att vara i jord, runt  $45^\circ$  som brantast, Figur 5.1. Den övre delen av slänterna är flackare, med en genomsnittlig lutning på runt  $28^\circ$ . I princip är det enbart sprängstensblock som kan stå med sådan hög slänthlutning i närheten av och under vatten, vilket är fallet här. Alltså måste det finnas någon annan orsak till resultatet från inmätningen – utgångspunkten måste vara att SGI:s mätningar har kvalitetssäkrats, och därför ska kunna betraktas som korrekta.



Figur 5.1 Beräkningssektion norr om befintlig byggnad, vid läget för planerad tillbyggnad. Geometrin baserad på batymetri tillhandahållen från SGI. Slänthlutningen på såväl västra sidan (Stallbackaön) som på östra sidan mot den aktuella fastigheten är stor. Grundvattenytan har ansatts på den nivå som Vattenfalls driftscentral anger som medelnivå, och som avses hållas konstant.

I sin Göta Älv-utredning, ref.11, kapitel 4, presenterar SGI höjdprofiler för älven på ett antal platser längs sträckan. Dock finns ingen höjdprofil inom det aktuella utredningsområdet, utan strax söder om detsamma, ungefär mitt emellan Stallbackaön och Konvaljeön, Figur 5.2. Slänthlutningen är  $38^\circ$  mot fritidsområdet Knorren på Konvaljeön respektive  $42^\circ$  mot Stallbacka, dvs i stort sett likartade förhållanden vad gäller slänthlutningarna som vid den beräkningssektion som har upprättats inom utredningsområdet. Slänthöjden är också densamma i SG:s tvärsnitt och i den upprättade beräkningssektionen, i storleksordningen 10 m.



Figur 5.2 Göta Älv-utredningen, höjdprofiler, Sektion 9/000, Statens geotekniska institut, 2010-06-23, ref. 11, kapitel 4). Sektionen är belägen strax söder om Stallbackaön, dvs. något utanför det aktuella utredningsområdet.

Vad som gör att slänterna kan stå med så branta släntlutningar har inte kunnat bekräftas, trots att frågor ställts till några av intressenterna kring kanalen; Vattenfalls driftskanal, Sjöfartsverket och Stallbacka hamn. Det skulle kunna vara så, att denna del av kanalen också är sprängd, som Bergkanalen längre söder ut. Det som dock talar mot att kanalen skulle vara sprängd är, att det i olika oberoende skrifter uppges att kanalen muddrades på sten och grus för att möjliggöra större och mer djupgående fartyg. Det skulle också kunna vara så, att det finns stödkonstruktioner (någon form av skoningar) längs med kanalens sidor. Det är åtminstone fallet där det finns kajkonstruktioner. Kanalen bör var grävd till berg, åtminstone längs slänterna.

Den största delen av älvstranden inom det aktuella utredningsområdet utgörs emellertid av kajkonstruktioner, från Stallbackahamnen i söder till något norr om befintliga byggnader, Figur 5.3a och Figur 5.4b. På fotona syns kajkonstruktionerna tydligt.



(a)



(b)

Figur 5.3. Foton tagna mot (a) öster och (b) norr. Ändringsområdet anges med röd markering. (Bildkälla: Katoen Natie, 2023-01-07)

Det är endast delen längst i norr av utredningsområdet som saknar kajkonstruktion – visas med röd streckad cirkel, Figur 5.4. Den planerade tillbyggnaden till Trollhällans Terminal AB visas schematiskt med gul streckad markering.



*Figur 5.4* Det aktuella utredningsområdet från Stallbackahamnen i söder till fastighetsgräns i norr. Området längst i norr, där det idag inte finns någon kajkonstruktion är markerat med röd, streckad cirkel. Planerad tillbyggnad är schematiskt markerad med gul färg. (Bildkälla: Lantmäteriet Min karta)

En kortare sträcka från kanalen och in mot fastigheten Stallbacka 4:5 förefaller utgöras av naturmark och uppfyllnad med sand/grus och block av olika storlek på ytan inom den yta som markeras med röd, streckad cirkel i Figur 5.4, Figur 5.5 och 5.6. Det skulle kunna vara någon form av erosionskydd, men troligtvis inte. Snarare kan det vara en del av den dämmningsvall som nämnts tidigare i rapporten.



*Figur 5.5* Foto från strandkanten fastigheten Stallbacka 4:5. En uppfyllnad som i alla fall toppas med block har lagts ut. (Foto: Katoen Natie Sverige AB, november 2023)



Figur 5.6 Foto från strandkanten fastigheten Stallbacka 4:5. En uppfyllnad som i alla fall toppas med block har lagts ut. (Foto: Katoen Natie Sverige AB, november 2023)

Ytterligare information om kanalen söktes i litteratur, på internet och genom att kontakta olika intressenter. Det framkom dock inget nytt mot den information som redan förelåg, annat än att en dämningvall kan ha lagts ut längs Stallbacka för att skydda området mot översvämningar. Exakt när detta i så fall skulle ha gjorts har inte kunnat fastställas, men sannolikt för åtminstone 10 – 20 år sedan. Det kan vara den fyllningen, eller möjligtvis resterna av den fyllningen, som kan ses i Figur 5.5 och 5.6. Att någon annan uppfyllnad skulle ha utförts i det aktuella området har inte kunnat verifieras.

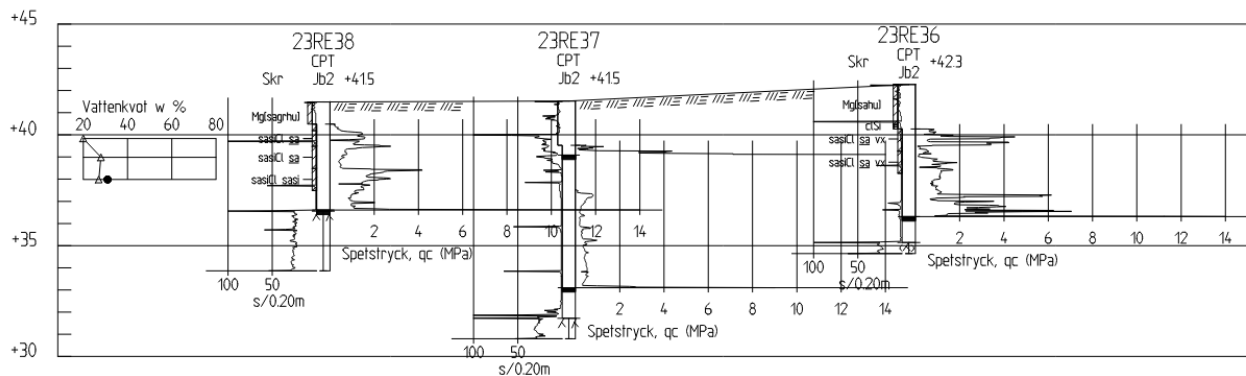
En jämförelse mellan de geotekniska undersökningarna och batymetrin skulle också kunna indikera detta, men det har, som tidigare nämnts dock inte varit möjligt att verifiera.

Vid de geotekniska undersökningarna var det, på grund av den blockiga terrängen, inte heller möjligt att gå ut i det förmodligen uppfyllda området mer än en kort bit. Endast en undersökningspunkt kunde utföras i det området. Om detta då är en skyddsvall, är det samtidigt direkt olämpligt att göra geotekniska undersökningar genom den.

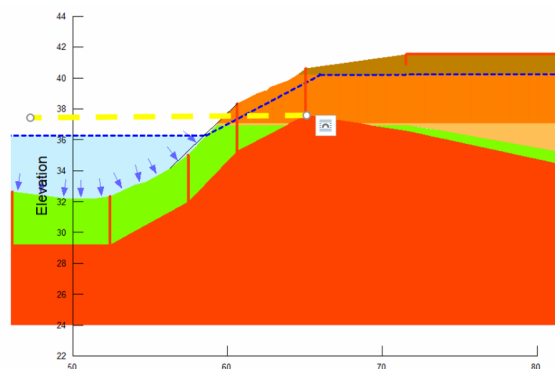
En jämförelse mellan de geotekniska undersökningspunkterna och batymetrin har gjorts med avseende på bergnivå. I Figur 5.7a visas i plan de undersökningspunkter som har använts för att etablera beräkningssektionen i den norra delen av utredningsområdet och i Figur 5.7b i sektion. I Figur 5.8 visas jämförelsen mot beräkningssektion, och då också batymetrin.



Figur 5.7a Undersökningspunkterna som har utförts för att kunna etablera en beräkningssektion för tillbyggnaden norr om befintlig byggnad visas med röd markering.



Figur 5.7b Sektionsrintning över undersökningspunkterna som har utförts för att kunna etablera en beräkningssektion för tillbyggnaden norr om befintlig byggnad.



Figur 5.8 Jämförelse mellan batymetri och berg. Den gula streckade linjen utgår från bergbestämningen med Jb-sondering i punkt 23RE38. Vid beräkningarna har inledningsvis antagits värsta fall, att det är friktionsjord på berget. Men det kan också vara så att bergytan följer en mer horisontell linje mot kanalen, vilket leder till en sprängd kanal, streckad gul linje.

## 6.2. Geoteknisk kategori och säkerhetsklass

Geoteknisk kategori 2 (GK2) och säkerhetsklass 2 (SK2) ska gälla.

## 6.3. Materialparametrar

Materialparametrar har sammanställts i diagram i Bilaga 3, och härledda värden har angetts.

### 6.3.1. Totalsäkerhetsmetoden.

Vid totalspänningsanalys används de härledda värdena direkt. Från Bilaga 3.

Det som ska värderas är vilket värde på den beräknade säkerhetsfaktorn mot brott som ska gälla. För att bestämma det, används en procedur som beskrivs i IEG-TD Rapport 4:2010, där vissa omständigheter/förhållanden ska värderas för att komma fram till vilken säkerhetsfaktor mot brott som ska gälla för att tillfredsställande stabilitetsförhållanden ska råda. Värderingen har markerats i tabell 6.1 med grön färg för gynnsamma och röd färg för ogynnsamma förhållanden.

Tabell 6.1 Underlag för att värdera erforderlig storlek på säkerhetsfaktorn för att tillfredsställande stabilitetsförhållanden ska uppfyllas.

**Tabell 4.1a Konsekvenser av skred**

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden
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

**Tabell 4.1b Släntens beständighet**

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

**Tabell 4.1c Tidigare förändringar i slänten (okänt, därför ej besvarade)**

Gynnsamma förhållanden	Ogynnsamma förhållanden
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>
Friktionsjordar	Kohesionsjordar
Låg sensitivitet	Hög sensitivitet, kvicklera
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>
Stort antal beräknade glidytor	Litet antal beräknade glidytor
Känslighetsanalys utförd på valda parametrar	Ingen känslighetsanalys utförd på valda parametrar
Samtidigt valda ogynnsammaste extremvärden för last, portryck och vattenstånd. Ringa sannolikhet för att vald kombination inträffar samtidigt	Vald kombination för last, portryck 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
Kritiska glidytan omfattar mycket stor jordvolym med ett stort antal hållfasthetsbestämningar och mindre glidytor har god beräkningsmässig säkerhet	Kritiska glidytan 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
Glidytagens läge i plan vald i farligaste delen av slänten ur stabilitetssynpunkt.	Glidytagens läge i plan representerar släntens genomsnittliga geometri.
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>
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
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>
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>
Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena utförd	Känslighetsanalys med avseende på grundvatten- och portrycksförhållandena inte utförd
Långtidsobservationer finns	Långtidsobservationer saknas
Begränsade förväntade tryckvariationer	Risk för stora tryckvariationer
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>
Karaktäristiska vattenstånd är kända	Karaktäristiska vattenstånd är okända
Små vattenståndsvariationer	Stora vattenståndsvariationer
Långsam förändring i vattenstånd	Hastiga förändringar i vattenstånd
Välldränerat och dikat område	Stor risk för lokala vattensamlingar

Resultatet blev 14 gröna och 14 röda markeringar samt fyra (inte relevanta) som inte har valts. Detta betyder att erforderligt värde på beräknad säkerhetsfaktor mot brott kan väljas i mitten av det intervall som anges för att tillfredsställande stabilitetsförhållanden ska sägas råda.

Intervall för erforderligt värde på säkerhetsfaktorn utvärderas från Tabell 6.1. Åtskillnad görs vid bedömning av erforderlig säkerhetsfaktor vid markanvändning för olika ändamål:

Nyexploatering/nybyggnation, Nyexploatering/planering, Befintlig bebyggelse eller anläggning, Annan mark respektive Naturmark.

Detta specifika fall blir en sorts hybrid av flera olika alternativ. Vi har valt att följa det markerade kravet i Tabell 6.2. Detta innebär att  $F_c \geq 1,6$  och  $F_{komb} \geq 1,4$ . Här väljs dock att höja erforderlig säkerhetsfaktor till den övre gränsen, och således ska gälla  $F_c \geq 1,7$  och  $F_{komb} \geq 1,5$ .

Tabell 6.2 Kriterier för val av erforderlig säkerhetsfaktor.

**Tabell 4.2 Val av rekommenderad säkerhetsfaktor**

		Markanvändning			
		Nyexploatering		Befintlig bebyggelse och anläggning	Annan mark
		Nybyggnation	Planläggning		
Tillståndsbedömning	Översiktlig utredning	<i>Ej tillämpligt för denna rapport</i>	Minst detaljerad utredning ska utföras	$F_c > 2 +$ $F_{c\phi} > 1,5$	$F_c > 2 +$ $F_{c\phi} > 1,5$
	Detaljerad utredning		$F_c \geq 1,7-1,5 +$ $F_{komb} \geq 1,5-1,4$ $F_{\phi} \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,7-1,5 +$ $F_{komb} \geq 1,5-1,3$ $F_{\phi} \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,6-1,4 +$ $F_{komb} \geq 1,4-1,3$ $F_{\phi} \geq 1,3$ (sand)
	Fördjupad utredning	<i>Ej tillämpligt för denna rapport</i>	$F_c \geq 1,5-1,4 +$ $F_{komb} \geq 1,4-1,3$ $F_{\phi} \geq 1,3$ (sand)	$F_c \geq 1,4-1,3 +$ $F_{komb} \geq 1,3-1,2$ $F_{\phi} \geq 1,3$ (sand) Under förutsättning att restriktioner införs	$F_c \geq 1,3-1,2 +$ $F_{komb} \geq 1,2$ $F_{\phi} \geq 1,2$ (sand)
Projektering		Dimensionering utförs enligt TD "Slänter och bankar" alternativt TK Geo	Beroende på utredningsnivå, $F_c$ och $F_{komb}$ enligt tabellvärde ovan	Stabilitetsförbättrande åtgärd enligt kap 4.5.2.4 alternativt TD "Slänter och bankar" / TK Geo	

### 6.3.2. Partialsäkerhetsmetoden

I partialsäkerhetsmetoden används dimensionerande parametervärden vid beräkningen.

Det dimensionerande parametervärdet beräknas som

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} \cdot \eta \cdot \bar{X} \quad (1)$$

Partialsäkerhetsfaktorn för material är konstant, och  $\gamma_M = 1,3$  för friktionsjordar respektive  $\gamma_M = 1,5$  för kohesionsjordar.

$\eta$  beräknas genom att värdera åtta olika parametrar och ansätt ett tal som varierar i storlek beroende på osäkerheten.

Anvisningar för hur de åtta faktorerna ska väljas ges i Tabell 6.3. Valda värden har markerats med rött.

Tabell 6.3. Anvisningar för att välja de åtta faktorerna som används för att beräkna  $\eta$

Tabell 3.3a Värden för  $\eta_{(1,2)}$  för utvärdering av  $c_u$

Jordtyp	$V_{c_u}$	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=5$	$n=7$	$n=9$
"Normalsvensk lera" <sup>1</sup>	15%	0,85	0,90	0,95	1,0	1,0	1,0
Sulfidjord <sup>2</sup>	20%	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	1,0
Gyttjig lera, gyttja	20%	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	1,0
Torv	>30%	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0
Silt <sup>3</sup>	20%	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	1,0

<sup>1</sup>Normalsvensk lera" innebär här mineraljord med mindre än 2% organisk halt (vikt-%) som i stort följer Hansbo's relation, ekvation 3.2

<sup>2</sup>Sulfidjord innebär finkornig jord med innehåll av främst järnsulfider som påträffas längs norrlandskusten, se SGI Rapport 69 [11]

<sup>3</sup>Avser siltjordar som uppvisar odränerade egenskaper vid belastning, exempelvis lerig silt och finsilt

Tabell 3.3b Värden för  $\eta_{(1,2)}$  för utvärdering av  $\phi'$

Jordtyp	$V_{\phi}$	$n=1$	$n=2$	$n=3$
Silt och sand <sup>1</sup>	6%	0,90	0,95	1,0
Grus och morän <sup>2</sup>	6%	0,90	0,95	1,0

<sup>1</sup>Utvärderat från CPT-sondering

<sup>2</sup>Utvärderat från hejarsondering

Då dränerade parametrar utvärderas från laboratorieprovningar sätts  $\eta_{(1,2)} = 1,0$ .

Tabell 3.4a Värden för  $\eta_3$  för utvärdering av  $c_u$

Inverkande faktorer	$\eta_3$
En metod av typen CPT/Vingförsök/fallkonförsök har använts	0,90
Två till tre metoder har använts, stor spridning i resultat <sup>1</sup>	0,95
Två till tre metoder har använts, liten spridning i resultat	1,0
Två till tre metoder har använts, liten spridning i resultat och empiriska samband <sup>2</sup> bekräftar resultaten	1,05
Direkta skjuvförsök eller triaxialförsök bekräftar resultat från andra undersökningar samt empiri	1,1

<sup>1</sup>Uppenbart orealistiska mätresultat bör förkastas innan utvärdering utförs

<sup>2</sup>Avser empiri baserat på relationen mellan  $c_u$  och  $\sigma'_c$  (utvärderad från ödometer- eller triaxialförsök)

Tabell 3.4b Värden för  $\eta_3$  för utvärdering av  $\phi'$  och  $c'$  i kohesionsjord

Inverkande faktorer	$\eta_3$
Direkta skjuvförsök eller triaxialförsök har utförts	1,1

**Tabell 3.4c** Värderna för  $\eta_3$  för utvärdering av  $\phi^1$  i naturligt lagrad friktionsjord

Inverkande faktorer	$\eta_3$
CPT/hejarsondering har ej utförts (endast enklare sonderingsmetoder eller tabellvärden nyttjas)	0,90
Hejarsondering <sup>1</sup> har utförts	0,95
CPT-sondering <sup>1</sup> har utförts	1,0

<sup>1</sup>CPT-sondering utförs i silt och sand, hejarsondering utförs i fastare grovkorniga jordar

**Tabell 3.5** Värderna för  $\eta_{(4,5,6,7)}$ 

Omfattning av brottyta, konsekvens av brott	Medelvärde <sup>1</sup> / Svag zon <sup>2</sup>	Avstånd till undersökning	$\eta_{(4,5,6,7)}$
Stor brottyta	Medel	-	1,0
	Svag zon	-	0,95
Liten brottyta, liten konsekvens av brott	-	-	1,0
	Medel	Kort <sup>3</sup> Långt <sup>4</sup>	1,0 0,95
Liten brottyta, stor konsekvens av brott	-	Kort <sup>3</sup> Långt <sup>4</sup>	0,95 0,90

<sup>1</sup> Skjuvhållfastheten längs brottytan bestäms av medelvärdet, exempelvis cirkulär-cylindriska glidytor i homogen jord

<sup>2</sup> Skjuvhållfastheten längs brottytan bestäms av lokal svaghetszon, exempelvis plana glidytor i svaga skikt

<sup>3</sup>  $\bar{x}$  för analys av den aktuella brottytan bestäms enbart av punkter nära denna

<sup>4</sup>  $\bar{x}$  för analys av den aktuella brottytan bestäms även av punkter långt från denna

$\eta_8$  sätts alltid till 1,0.

Produkten av alla faktorerna kan nu beräknas för att erhålla ett värde på  $\eta$ .

$$\eta \text{ (kohesionsjord)} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6 \cdot \eta_7 \cdot \eta_8 = 0,95 \cdot 0,90 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,86$$

$$\eta \text{ (friktionsjord)} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6 \cdot \eta_7 \cdot \eta_8 = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

Dimensionerande värden för samtliga parametrar beräknas och används därefter i beräkningarna.

Dimensionerande laster för säkerhetsklass 2 beräknas enligt ekvation 2

$$\text{SK2 Geo last} = 0,91 \cdot 1,1 \cdot G_{kj} + 0,91 \cdot 1,4 Q_{kj} = 1,0 \cdot G_{kj} + 1,27 \cdot Q_{kj} \quad (2)$$

I detta fall ska endast trafiklast, upplagslast etc. läggas på markytan, dvs samtliga permanenta laster blir 0 i ekvation (2), som då reduceras till.

$$\text{SK2 Geo last} = 0,91 \cdot 1,4 \cdot Q_{kj} = 1,27 \cdot Q_{kj}$$

Den dimensionerande lasten blir alltså SK2 Geo last =  $0,91 \cdot 1,4 \cdot 50 = 63,7$  kPa

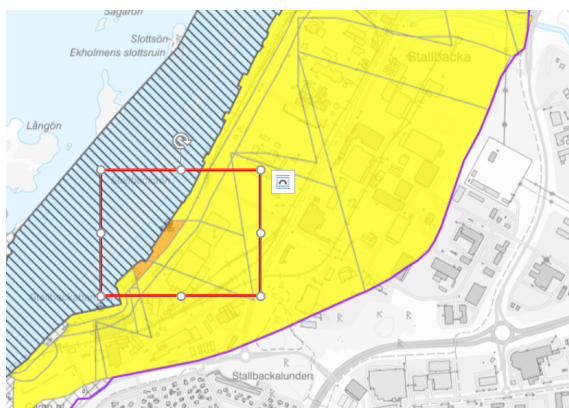
### 6.3.3. Beräkningar

Vid inledande beräkningar modellerades ett "värsta fall" så att säga, vilket betyder friktionsjord på berg som stupar utanför strandlinjen. Detta skulle innebära att också den branta delen av slänten skulle vara uppbyggd av friktionsjord. I ett andra skede justerades modellen så, att den branta delen av slänten modellerades med ett lager med sprängsten, som samtidigt skulle kunna utgöra erosionsskydd. Mot bakgrund av de orimligt låga säkerhetsfaktorerna mot brott som då räknas fram, runt  $F_\phi \approx 1,0 - 1,2$ , är det de facto troligare att berget är grundare och att kanalen, om inte sprängd, i vart fall är grävd längs slänterna mot berg. Under kanalbotten, kan

det fortsatt finnas ett friktionsjordslager på berg. För att verifiera detta, hade undersökningar från flotte varit nödvändigt, vilket inte har varit möjligt att utföra i utredningsuppdraget.

SGU:s jorddjupskartor indikerar också små jorddjup, huvudsak 0 m - 3 m inom det aktuella utredningsområdet – vilket i sig stämmer bra med den branta delen av slänterna - med enstaka observationer mellan 3 m och 5 m, men det är på avstånd från kanalen, Figur 2.3a. SGU:s jordartskarata visas i Figur 2.3b, och enligt den är det i huvudsak glacial lera i området, men en liten antyda om berg idagen, precis där beräkningssektionen är tagen. Dock ska hållas i åtanke, att SGU:s kartor kan vara lite äldre, och härstamma från tiden innan skyddsvallen/fördämningen lades ut.

SGL utförde en s k Göta älv-utredning i slutet av 1990-talet/början av 2000-talet som slutligen publicerades 2012, ref 11, kapitel 4. I den finns bl. a. kartor som med olika färger visar skredriskförhållandena längs olika delar av älven, så också i det aktuella undersökningsområdet, Figur 5.10.



Figur 5.10 Utdrag från skredriskkarta, SGI Göta älv-utredning, 2012. Det aktuella utredningsområdet är schematiskt visat med röd markering. Gul färg visar låg skredrisk och orange färg visar medel skredrisk. Utredningsområdet markerat med röd färg.

Området har i till största delen bedömts uppvisa låg skredrisk. Intressant är, att det enda område som har bedömts uppvisa högre skredrisk, medel skredrisk, är det område som omfattas av befintlig verksamhets kajplan mot kanalen.

Tillbyggnaden kommer i stort inte att förändra trafikens rörelsemönster, däremot kommer trafiken sannolikt att öka. Vid nu utförda stabilitetsberäkningar har en last på 50 kPa lagts på den aktuella ytan mellan kanalen och byggnader, utan att det påverkar stabilitetsförhållandena. Däremot måste bärighet och sättningar verifieras, men det ligger utanför denna utredning.

#### 6.3.4. Beräkningsresultat

Beräkningsresultatet sammanfattas i Tabell 6.4. Utskrifter från stabilitetsberäkningarna redovisas i Bilaga 2.

Tabell 6.4. Resultat från stabilitetsberäkningar.

	<b>BERÄKNINGSFALL</b>	<b>ERF. F O S<sup>7</sup></b>	<b>BER F O S</b>	<b>BEDÖMNING</b>
1	Karakteristiska värden Odränerad analys	1,7	2,0	
2	Karakteristiska värden Kombinerad analys	1,5	1,2	
3	Dimensionerande värden Odränerad analys	1,0	1,1	
4	Dimensionerande värden Kombinerad analys	1,0	1,0	
5	Karakteristiska värden Odränerad analys, 100-årsregn	1,7	5,0	
6	Karakteristiska värden Kombinerad analys, 100-årsregn	1,5	2,0	
7	8Dimensionerande värden Odränerad analys, 100-årsregn	1,0	1,3	
8	Dimensionerande värden Kombinerad analys, 100-årsregn	1,0	1,2	
9	Karakteristiska värden, plana glidytor Odränerad analys, 100-årsregn	1,7	5,1	

Resultatet visar, att tillfredsställande stabilitetsförhållanden uppfylls i samtliga beräkningsfall utom ett: Karakteristiska värden, Kombinerad analys (2).

För att verifiera den beräknade höga säkerhetsfaktorn i beräkning (5), gjordes beräkningen också med plana glidytor (9). Resultatet blev dock i stort sett detsamma som med cirkulär-cylindriska glidytor. De cirkulär-cylindriska glidytorerna går mot berg, och det är rimligt att anta att det blir ett plant avslut mot kanalen ungefär i jämnhöjd med överkant bergnivå, såsom den har utvärderats.

Vidare gjordes också några varianter av beräkning (2) för att se, om säkerhetsfaktorn kunde höjas. Försök med att beakta anisotropi ledde inte till någon förändring i beräknad säkerhetsfaktor, och eftersom det är en sandig lera kanske det inte heller blir någon sådan uttalad positiv effekt av att beakta anisotropi. Plana glidytor är inte intressant i detta fall baserat på glidytnas utseende.

---

<sup>7</sup> Enligt IEG-TD 6\_2008\_R1

## 6.4. Sammanfattning

Den ursprungliga modellen av området som har utgått från, dvs. att det är sand eller annan friktionsjord på kanalslänterna under vattenytan ger vid handen att tillfredsställande stabilitetsförhållanden inte kan uppnås. De beräknade säkerhetsfaktorerna är dessutom orimligt låga, Bilaga 1, mot bakgrund av de förhållanden som råder på plats. Hade stabilitetsförhållanden varit så dåliga som the worst case model visar, är det inte troligt, att området skulle vara gulmarkerat på SGI:s skredriskkartor, dvs. klassificeras som ett område där skredrisken bedöms som liten. Med så låga säkerhetsfaktorer som har beräknats med the worst case model skulle också typiska tecken på att en slänt är instabil kunna noteras, t ex sprickor i de hårdgjorda ytorna närmast kanalen, lutande träd, mindre utglidningar från slänten, generellt rörelser i slänten etc. Detta skulle särskilt visa sig i den nordligaste delen, i det område som beskrivs som naturområde, där det inte finns några stöttande kajkonstruktioner. Det är också där beräkningssektionen har valts. Men några sådana tecken har varken rapporterats eller kunnat noteras.

Detta talar för att bergytan ligger högre, och att kanalen, om den inte är sprängd, i alla fall sannolikt mer eller mindre grävd till berg längs slänterna i alla fall. Med tanke på den relativt jämna kanalsektionen, kan det också vara så, att den är sprängd. Vilket som är fallet har inte kunnat klarläggas under tiden för denna utredning. Vad som gäller kanalbotten är egentligen inte intressant, då detta inte har någon signifikant inverkan på beräknad säkerhetsfaktor, om slänterna är grävda till berg.

För att på något sätt ge in indikation över vilken säkerhetsfaktor mot brott som beräknas under antagandet att kanalen är grävd till berg, har även en beräkning utförts, där friktionsjorden som ursprungligen ansattes på slänterna och under kanalbotten bytts ut mot berg, som också får följa med upp längs slänten till indikerat djup under befintlig markyta i den undersökningspunkt som ligger närmast slänten. De säkerhetsfaktorer som då beräknas bedöms bättre spegla de verkliga förhållandena. Resultaten redovisas i Bilaga 2.

Att en av beräkningarna visade att tillfredsställande stabilitetsförhållanden då inte uppfylls, går utan några stora insatser att åtgärda med stabilitetshöjande åtgärder. Möjligtvis kan det räcka med en justering av släntgeometrin. Det finns sannolikt också växter och rötter som armerar jorden så, att den faktiska säkerhetsfaktorn egentligen är högre än den beräknade, men det är inget som kan tas direkt hänsyn till i en stabilitetsutredning, och det är också svårt att kvantifiera.

Skicket av och stabiliteten av befintliga kajkonstruktioner bör åligga verksamhetsutövaren eller möjligtvis Trollhättans kommun och eller Stallbacka hamn, beroende på vem som har ansvaret för dem. Varken Sjöfartsverket eller Vattenfall torde ha något direkt intresse i dessa.

Situationen kompliceras och försvåras av att det är flera intressenter inblandade; Trollhättans kommun, Sjöfartsverket, Vattenfall och verksamhetsutövarna. Vem som egentligen har ansvaret för underhåll eller regelbundna inspektioner av kanalen har inte kunnat fastställas.

## 6.5. Stallbackaån

Flera av de refererade undersökningarna i kapitel 4 konstaterar att slänter ned mot Stallbackaån uppvisar tillfredsställande stabilitetsförhållanden. Här blir situationen något enklare, eftersom Vattenfall använder sig av tillrinning från Stallbackaån till sitt vattenkraftverk Olidan nedströms Stallbacka. Det ligger alltså i högsta grad i deras intresse, att det kontinuerligt råder tillfredsställande stabilitetsförhållanden. Sannolikt bör en förutsättning att få ändra dagens förhållanden vara, att verifiera att denna förändring inte påverkar stabilitetsförhållandena.

## 7. Klimatförändringar

Klimatförändringar kan leda till mer omfattande nederbörd. Olika scenarier har skisserats i en dagvatten- och skyfallsutredning, ref. 12, kapitel 4. Rapporten tar både upp dagvattensystem och effekter av ett skyfall (100-årsregn).

I huvudsak dras slutsatsen att nederbördsvatten från fastigheten kommer att avbördas mot Stallbacka kanal /Stallbackaströmmen, med en stående vattenyta med största djup 0,6 m inom fastigheten.

Vattennivån i kanalen kommer att regleras under ett hundraårsregn.

Nederbördsvatten kommer i huvudsak att avbördas över kajplan, eftersom det finns kajplan längs största delen av utredningsområdet. Endast i norra delen saknas detta, och där kan det finnas anledning att dels se över släntgeometri och lutningar, samt tillse att det läggs ut ett erosionskydd, alternativt reparera/förbättra ett befintligt sådant.

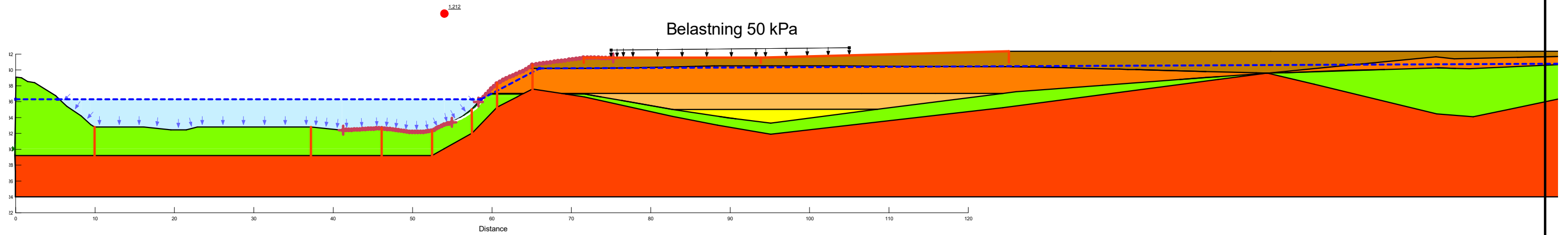
Byggnader bör också utformas på så sätt, att det inte blir omfattande skador för en rimligt antagen vattennivå under en begränsad tid, till dess, att vattnet har kunnat ledas bort via ledningsnät.

I det stora hela bedöms inte nederbörd i större mängd påverka kanalen och stabiliteten på kort sikt. Det får i det sammanhanget förutsättas att befintliga kajkonstruktioner är dimensionerade för detta och att erosionskydd finns på kanalslänterna där det inte finns kajer eller strandskoningar. Om det inte finns erosionskydd, bör sådana läggas ut snarast möjligt. Detta gäller inte bara för det aktuella utredningsområdet, utan generellt längs Göta älv. Dimensioneringarna av erosionskydd ligger dock utanför detta uppdrag. För detta kan t ex Skredkommissionens anvisningar följas. Dimensionering, utformning, och utläggning av dessa bör samordnas med Trollhättans kommun och Sjöfartsverket och övriga intressenter som kan identifieras.



### Karakteristiska Värden\_Odränerad Analys

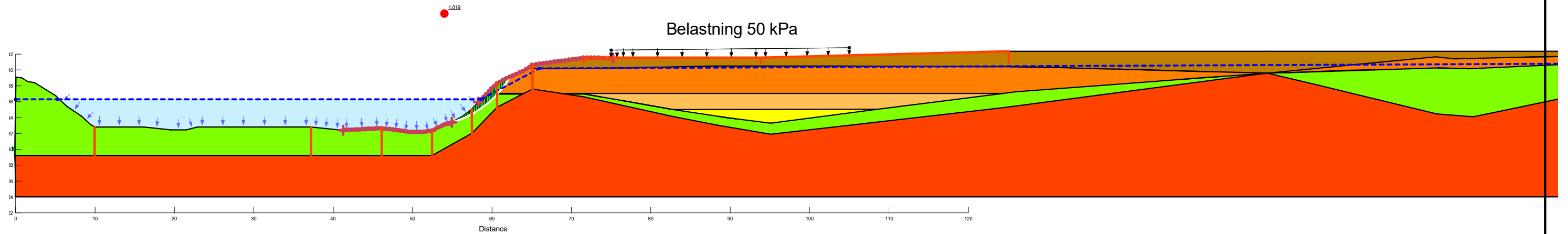
Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m³)	Total Cohesion (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m³)	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21		0	35	17	1
■	02_Sandig Lera	Undrained (Phi=0)	18	40				1
■	03_Lera 1	Undrained (Phi=0)	17	10				1
■	04_Lera 2	Undrained (Phi=0)	17	25				1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21		0	45	19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)						1



Trollhättan_Stallbacka	Uppdragsnummer: 179551
Handläggare: Mamdouh Mohamad	
Datum: 2024-02-26	Skala: 1:500

### Karakteristiska Värden Kombinerad Analys

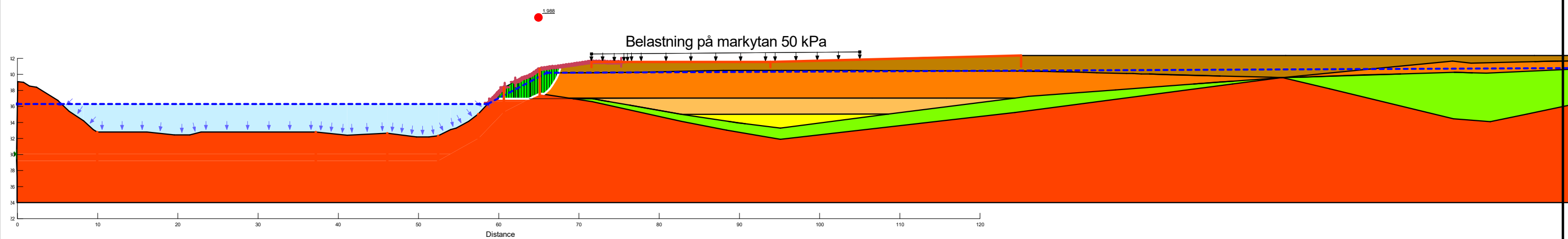
Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C/Cu Ratio	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21	0	35						17	1
■	02_Sandig Lera	Combined, S=f(depth)	18		30	4	0	40	0	0		1
■	03_Lera 1	Combined, S=f(depth)	17		30	1	0	10	0	0		1
■	04_Lera 2	Combined, S=f(depth)	17		30	2,5	0	25	0	0		1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21	0	45						19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)										1



Trollhättan_Stallbacka	Uppdragsnummer: 179551
Handläggare: Mamdouh Mohamad	
Datum: 2024-02-26	Skala: 1:500

Karakteristiska Värden, Odränerad Analys  
 Kanal grävd till berg på slänterna  
 Beräknad säkerhetsfaktor:  $F(c) = 2,0$

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Total Cohesion (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21		0	35	17	1
■	02_Sandig Lera	Undrained (Phi=0)	18	40				1
■	03_Lera 1	Undrained (Phi=0)	17	10				1
■	04_Lera 2	Undrained (Phi=0)	17	25				1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21		0	45	19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)						1



Trollhättan\_Stallbacka

Uppdragsnummer: 185319

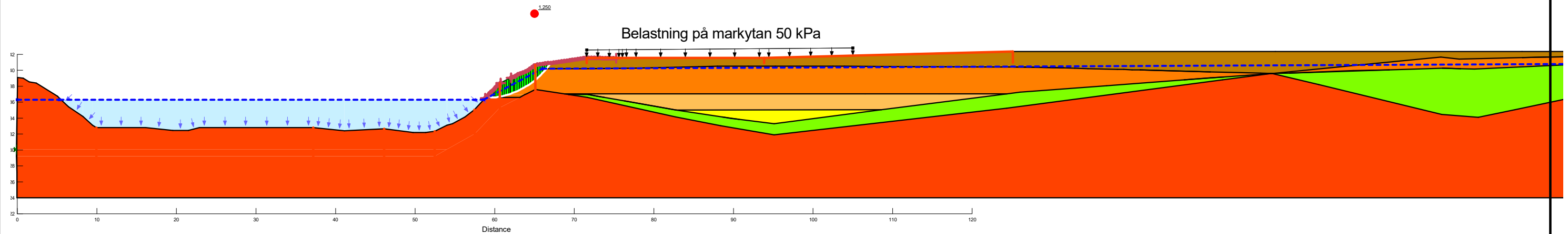
Handläggare: Mamdouh Mohamad

Datum: 2024-03-19

Skala: 1:500

Karakteristiska Värden, Kombinerad Analys  
 Kanal grävd till berg på slänterna  
 Beräknad säkerhetsfaktor  $F(komb) = 1,2$

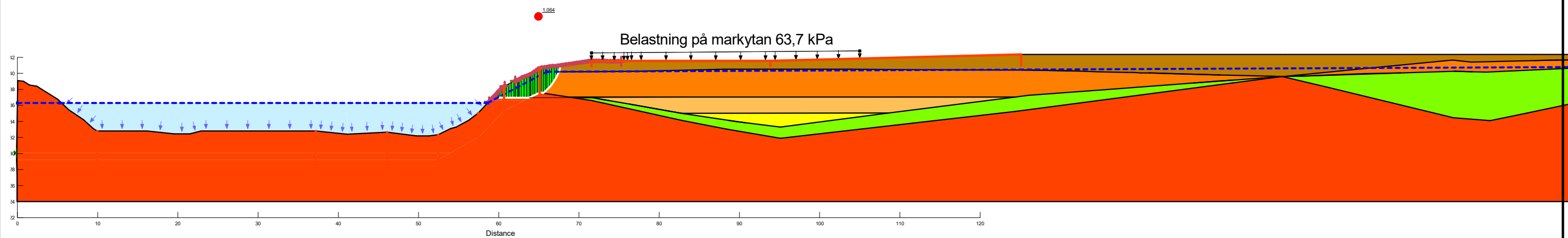
Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C/Cu Ratio	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21	0	35						17	1
■	02_Sandig Lera	Combined, S=f(depth)	18		30	4	0	40	0	0		1
■	03_Lera 1	Combined, S=f(depth)	17		30	1	0	10	0	0		1
■	04_Lera 2	Combined, S=f(depth)	17		30	2,5	0	25	0	0		1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21	0	45						19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)										1



Trollhättan_Stallbacka	Uppdragsnummer: 185319
Handläggare: Mamdouh Mohamad	
Datum: 2024-03-19	Skala: 1:500

Dimensionerande Värden, Odränerad Analys  
 Kanal grävd till berg på slänterna  
 Beräknad säkerhetsfaktor:  $F(c) = 1,1$

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Total Cohesion (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21		0	28,3	17	1
■	02_Sandig Lera	Undrained (Phi=0)	18	22,9				1
■	03_Lera 1	Undrained (Phi=0)	17	5,73				1
■	04_Lera 2	Undrained (Phi=0)	17	14,3				1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21		0	37,6	19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)						1



Trollhättan\_Stallbacka

Uppdragsnummer: 185319

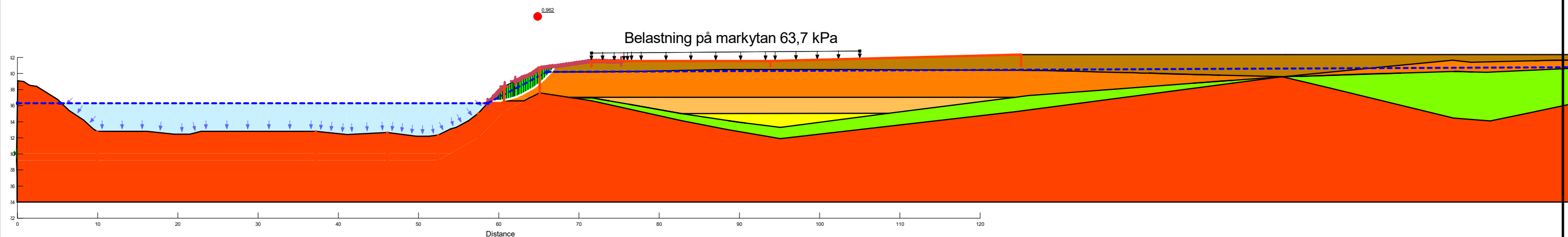
Handläggare: Mamdouh Mohamad

Datum: 2024-03-19

Skala: 1:500

Dimensionerande Värden, Odränerad Analys  
 Kanal grävd till berg på slänterna  
 Beräknad säkerhetsfaktor:  $F(\text{komb}) = 1,0$

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C/Cu Ratio	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21	0	28,3						17	1
■	02_Sandig Lera	Combined, S=f(depth)	18		23,9	3,1	0	22,9	0	0		1
■	03_Lera 1	Combined, S=f(depth)	17		23,9	0,76	0	5,73	0	0		1
■	04_Lera 2	Combined, S=f(depth)	17		23,9	1,92	0	14,3	0	0		1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21	0	37,6						19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)										1



Trollhättan\_Stallbacka

Uppdragsnummer: 185319

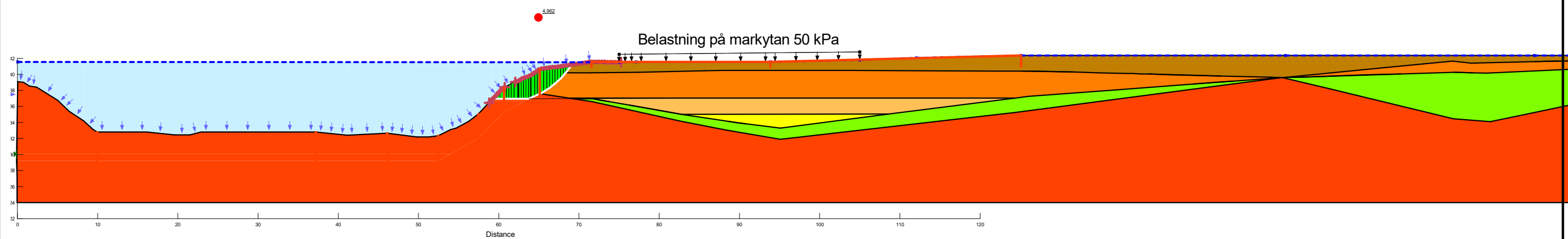
Handläggare: Mamdouh Mohamad

Datum: 2024-03-19

Skala: 1:500

Karakteristiska Värden, Odränerad Analys, 100-årsregn  
 Kanal grävd till berg på slänterna  
 Beräknad säkerhetsfaktor  $F(c) = 5,0$

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Total Cohesion (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21		0	35	17	1
■	02_Sandig Lera	Undrained (Phi=0)	18	40				1
■	03_Lera 1	Undrained (Phi=0)	17	10				1
■	04_Lera 2	Undrained (Phi=0)	17	25				1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21		0	45	19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)						1



Trollhättan\_Stallbacka

Uppdragsnummer: 185319

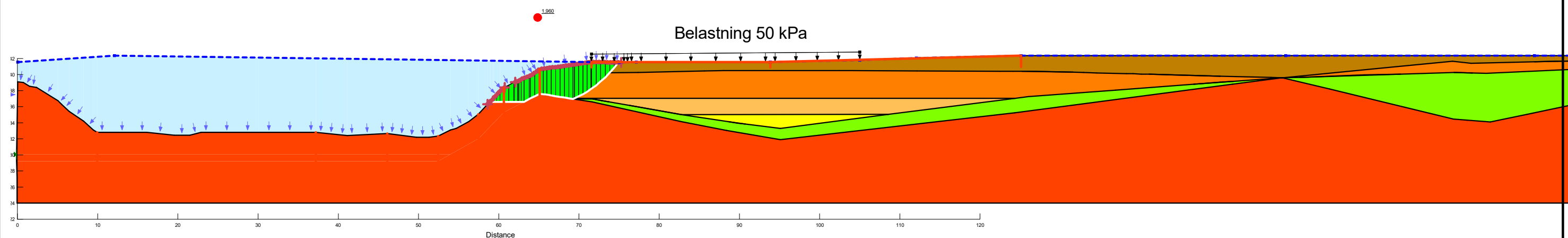
Handläggare: Mamdouh Mohamad

Datum: 2024-03-15

Skala: 1:500

Karakteristiska Värden, Kombinerad Analys, 100-årsregn  
 Kanal grävd till berg på slänterna  
 Beräknad säkerhetsfaktor  $F(\text{komb}) = 2,0$

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C/Cu Ratio	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21	0	35						17	1
■	02_Sandig Lera	Combined, S=f(depth)	18		30	4	0	40	0	0		1
■	03_Lera 1	Combined, S=f(depth)	17		30	1	0	10	0	0		1
■	04_Lera 2	Combined, S=f(depth)	17		30	2,5	0	25	0	0		1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21	0	45						19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)										1



Trollhättan\_Stallbacka

Uppdragsnummer: 185319

Handläggare: Mamdouh Mohamad

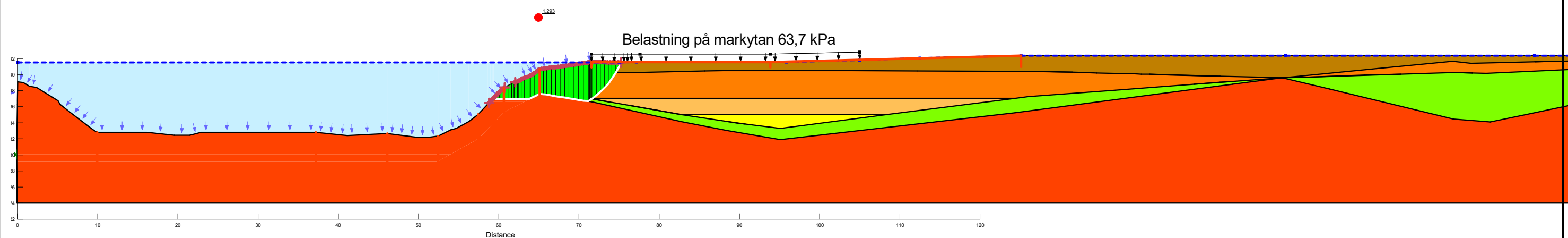
Datum: 2024-03-19

Skala: 1:500



Dimensionerande Värden, Odränerad Analys  
 Kanal grävd till berg på slänterna  
 Beräknad säkerhetsfaktor:  $F(c) = 1,3$

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Total Cohesion (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21		0	28,3	17	1
■	02_Sandig Lera	Undrained (Phi=0)	18	22,9				1
■	03_Lera 1	Undrained (Phi=0)	17	5,73				1
■	04_Lera 2	Undrained (Phi=0)	17	14,3				1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21		0	37,6	19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)						1



Trollhättan\_Stallbacka

Uppdragsnummer: 185319

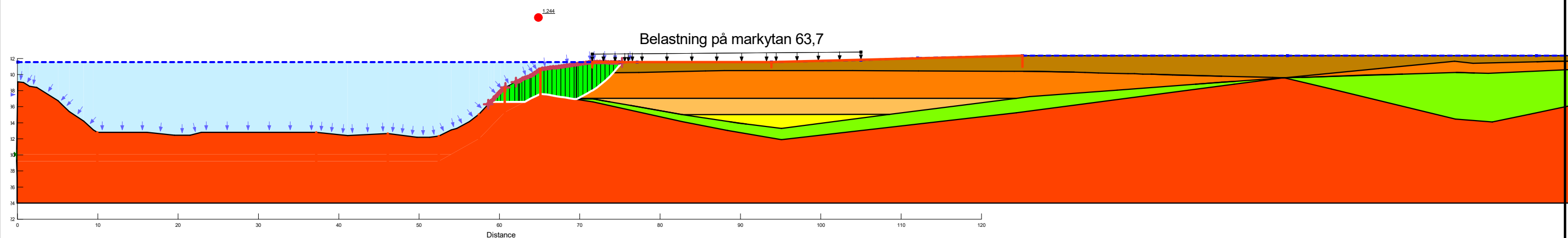
Handläggare: Mamdouh Mohamad

Datum: 2024-03-19

Skala: 1:500

Dimensionerande Värden, Kombinerad Analys, 100-årsregn  
 Kanal grävd till berg på slänterna  
 Berräknad säkerhetsfaktor  $F(komb) = 1,2$

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	C-Top of Layer (kPa)	C-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	Cu-Top of Layer (kPa)	Cu-Rate of Change ((kN/m <sup>2</sup> )/m)	C/Cu Ratio	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21	0	28,3						17	1
■	02_Sandig Lera	Combined, S=f(depth)	18		23,9	3,08	0	22,9	0	0		1
■	03_Lera 1	Combined, S=f(depth)	17		23,9	0,76	0	5,73	0	0		1
■	04_Lera 2	Combined, S=f(depth)	17		23,9	1,92	0	14,3	0	0		1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21	0	37,6						19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)										1



Trollhättan\_Stallbacka

Uppdragsnummer: 185319

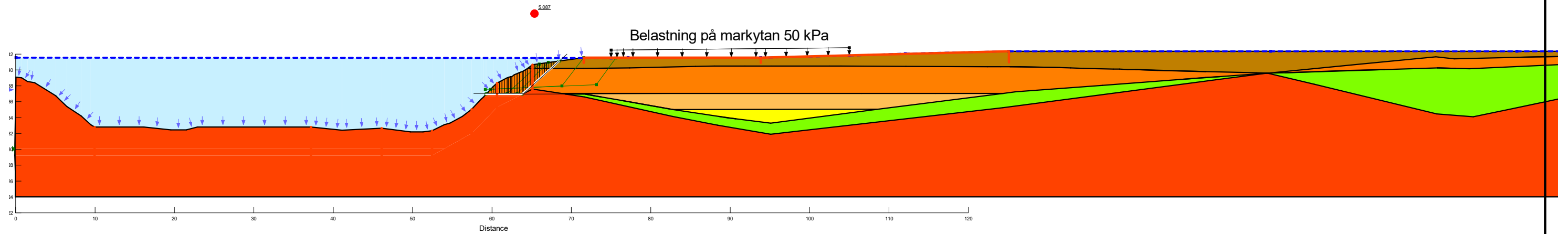
Handläggare: Mamdouh Mohamad

Datum: 2024-03-19

Skala: 1:500

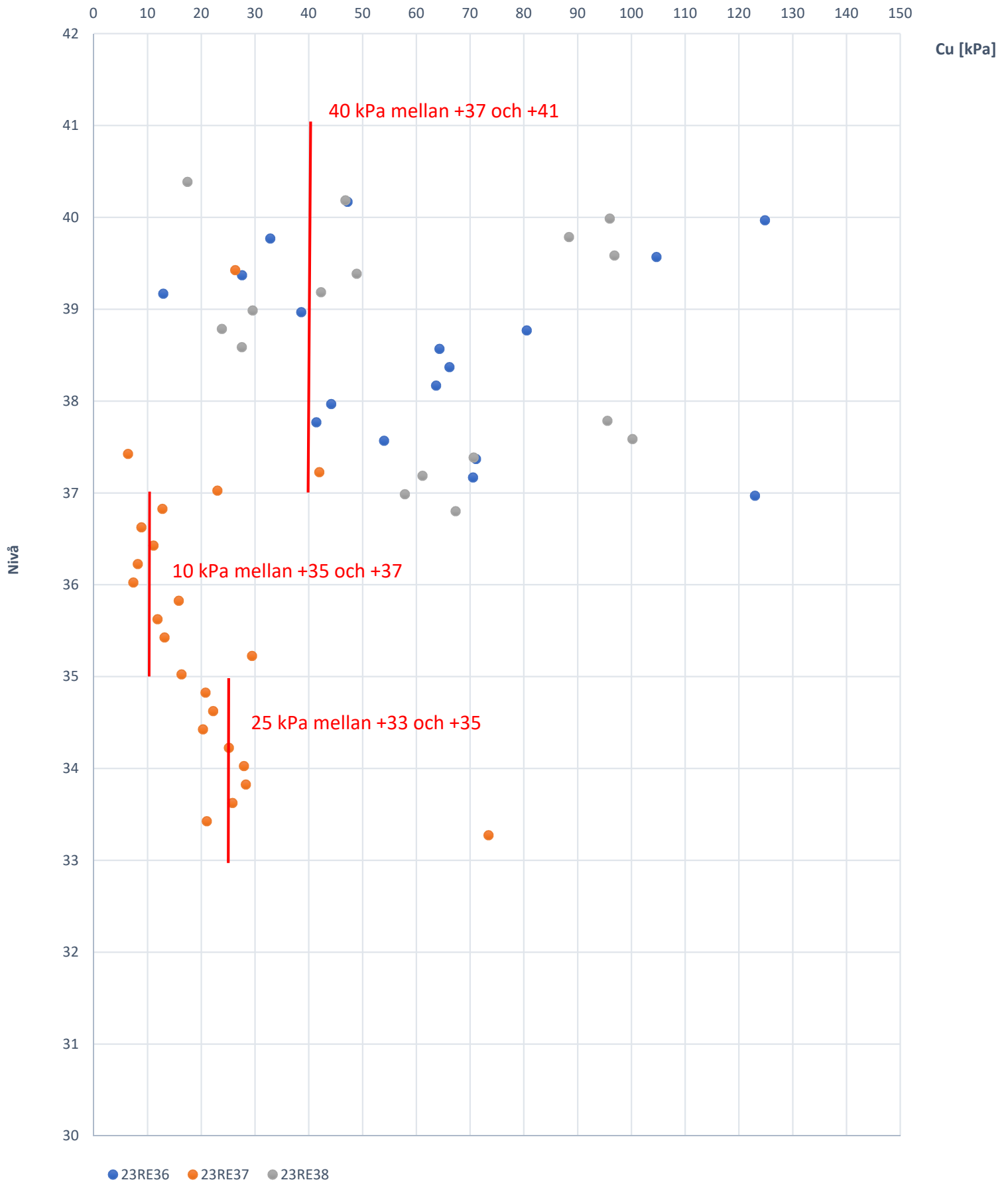
Karakteristiska Värden, Odränerad Analys, 100-årsregn  
 Kanal grävd till berg på slänterna, plana glidytor  
 Beräknad säkerhetsfaktor  $F(c) = 5,0$

Color	Name	Slope Stability Material Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Total Cohesion (kPa)	Effective Cohesion (kPa)	Effective Friction Angle (°)	Constant Unit Wt. Above Piezometric Surface (kN/m <sup>3</sup> )	Piezometric Surface
■	01_Fyllning	Mohr-Coulomb	21		0	35	17	1
■	02_Sandig Lera	Undrained (Phi=0)	18	40				1
■	03_Lera 1	Undrained (Phi=0)	17	10				1
■	04_Lera 2	Undrained (Phi=0)	17	25				1
■	05_Friktionsjord	Mohr-Coulomb	21		0	45	19	1
■	06_Bedrock	Bedrock (Impenetrable)						1

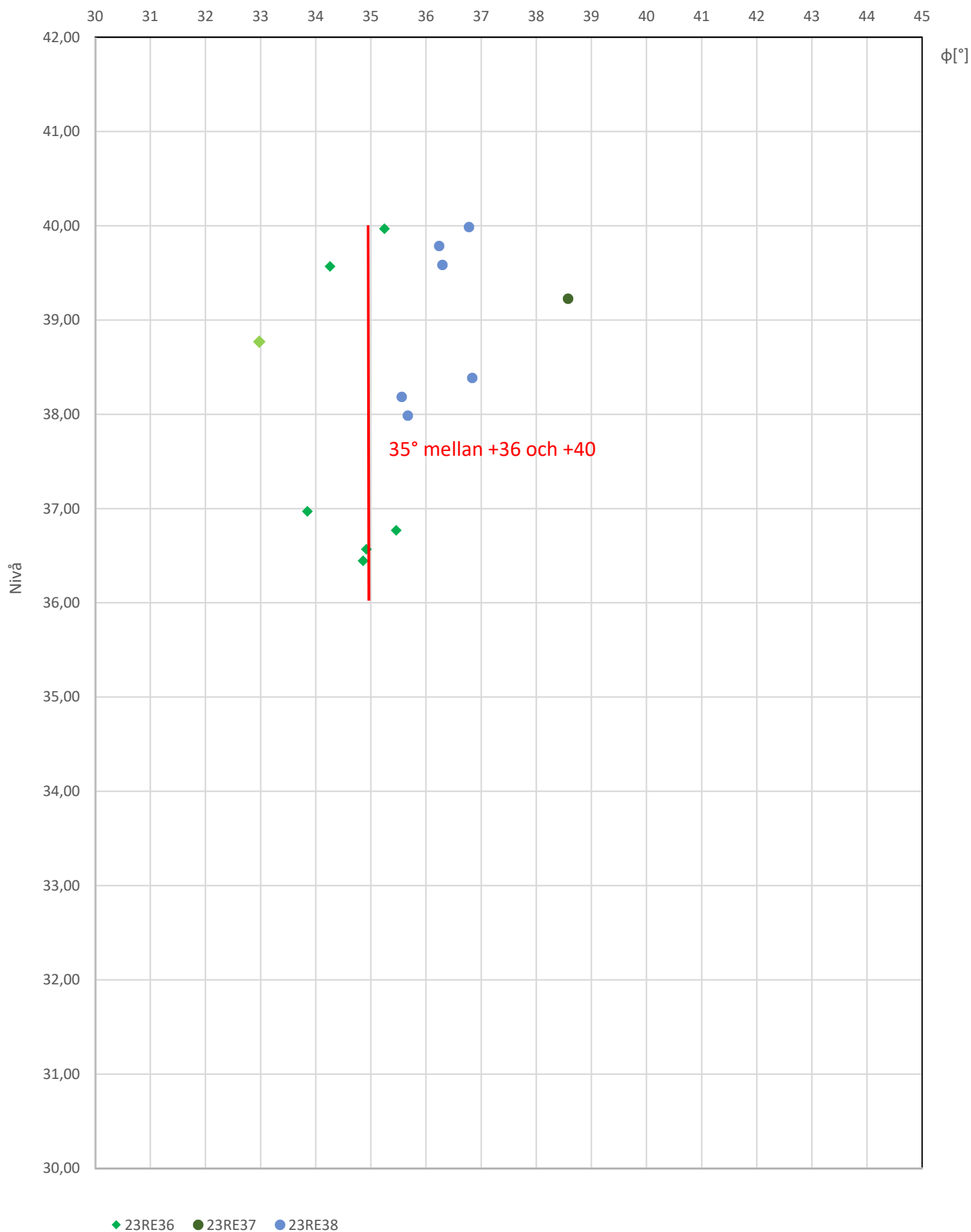


Trollhättan_Stallbacka	Uppdragsnummer: 185319
Handläggare: Mamdouh Mohamad	
Datum: 2024-03-20	Skala: 1:500

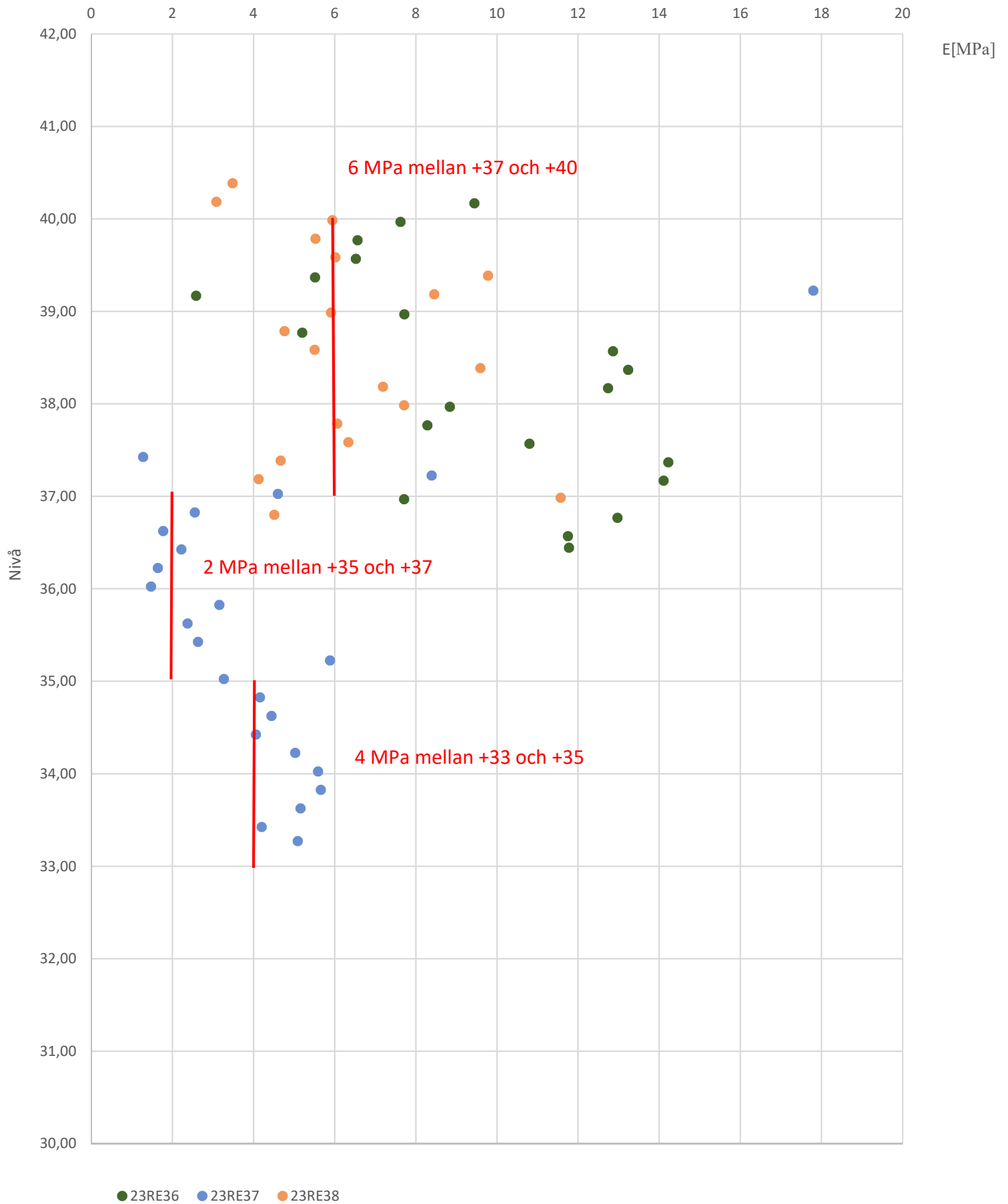
## Sammanställning härledda värden korrigerad odränerad skjuvhållfasthet



Sammanställning härledda värden friktionsvinkel



Sammanställning härledda värden E-Modul, friktionsjord



Sammanställning härledda värden Tunghet

