
RAPPORT

UPPDRAGSNUMMER 15007660

**RÖDKULLEN – KOMPLETTERING AV DETALJERAD UTREDNING AVRINNING, RAS, SKRED OCH
SLAMSTRÖMMAR MED FOKUS PÅ PLANERADE SKIDNEDFARTER**



2020-12-18

SWECO ENERGY AB

**LISA CARLSSON, PIERRE-LOUIS LIGIER, HÅKAN
PERSSON OCH NIKLAS SVED**

Innehållsförteckning

1	Bakgrund och syfte	1
2	Områdesbeskrivning	2
2.1	Vattendrag	2
2.2	Topografi och geologi	3
2.3	Planerade skidnedfarter	4
3	Metodik	5
3.1	Avrinningsutredning	5
3.1.1	Terrängmodell	5
3.1.2	Nederbördsscenario	6
3.1.3	Avrinningsmodellering	7
3.2	Ras och skred	10
3.2.1	Stabilitetsberäkningar	10
3.2.2	Beräkningsmodell	11
3.2.3	Jordmodell och grundvatten	11
3.3	Slamströmmar	12
3.3.1	Allmänt	12
3.3.2	Beräkning av transportkapacitet	12
3.3.3	Beräkning av tillgänglig mängd jordmaterial längs bäckarna	14
4	Resultat	15
4.1	Avrinningsutredning	15
4.1.1	Kartering av översvåmningsområden och flödesvägar	15
4.1.2	Påverkan på avrinningsvolymen specifikt från området med planerade skidpister	18
4.1.3	Dimensionerande flöden i Englandsbäcken och Bergebäcken	19
4.2	Ras och sked	24
4.2.1	Stabilitetsberäkningar	24
4.3	Slamströmmar	25
4.3.1	Transportkapacitet	25
4.3.2	Tillgänglig mängd jordmaterial längs Englandsbäcken och Bergebäcken	26
4.3.3	Bedömning av risken för slamströmmar i Englandsbäcken och Bergebäcken	29
4.3.4	Konsekvenser för nedströms infrastruktur och bebyggelse	31
5	Slutsatser	34
5.1	Avrinningsförhållanden	34
5.2	Ras och skred	34
5.3	Slamströmmar	34

6	Sammanfattning av utförda utredningar kopplade till exploatering inom Rödkullen-området	36
6.1	Lista över befintliga utredningar	36
6.2	Områdesbeskrivning	37
6.3	Avrinning och dagvatten	38
6.4	Ras och skred	39
6.5	Slamströmmar	41
6.6	Rekommendationer	43
7	Rekommendationer för åtgärder och förstärkning	44
8	Referenser	46

Bilagor

Bilaga 1. Översvämningskartor

Bilaga 2. Stabilitetsberäkningar

1 Bakgrund och syfte

Rödkullens skidområde är lokaliserat i Ullådalen mellan Åreskutan och Mullfjället, ca 4 km nordväst om Åre Centrum. Inom skidområdet planeras det för ett antal nya skidnedfarter. Syftet med föreliggande utredning var att komplettera tidigare utförda stabilitets- och avrinningsutredningar (Sweco 2017a och 2017b) samt bedöma risken för uppkomst av slamströmmar och genom det tillhandahålla Åre kommun med relevant underlag för bedömning av platsens lämplighet för föreslagen markanvändning, d.v.s. nya skidnedfarter.

I avsnitt 6 återfinns en sammanfattning av tidigare utförda stabilitets- och avrinningsutredningar samt en diskussion kring skillnader i resultat mellan tidigare utförda utredningar och föreliggande utredning.

I avsnitt 7 presenteras rekommendationer för åtgärder och förstärkningar.

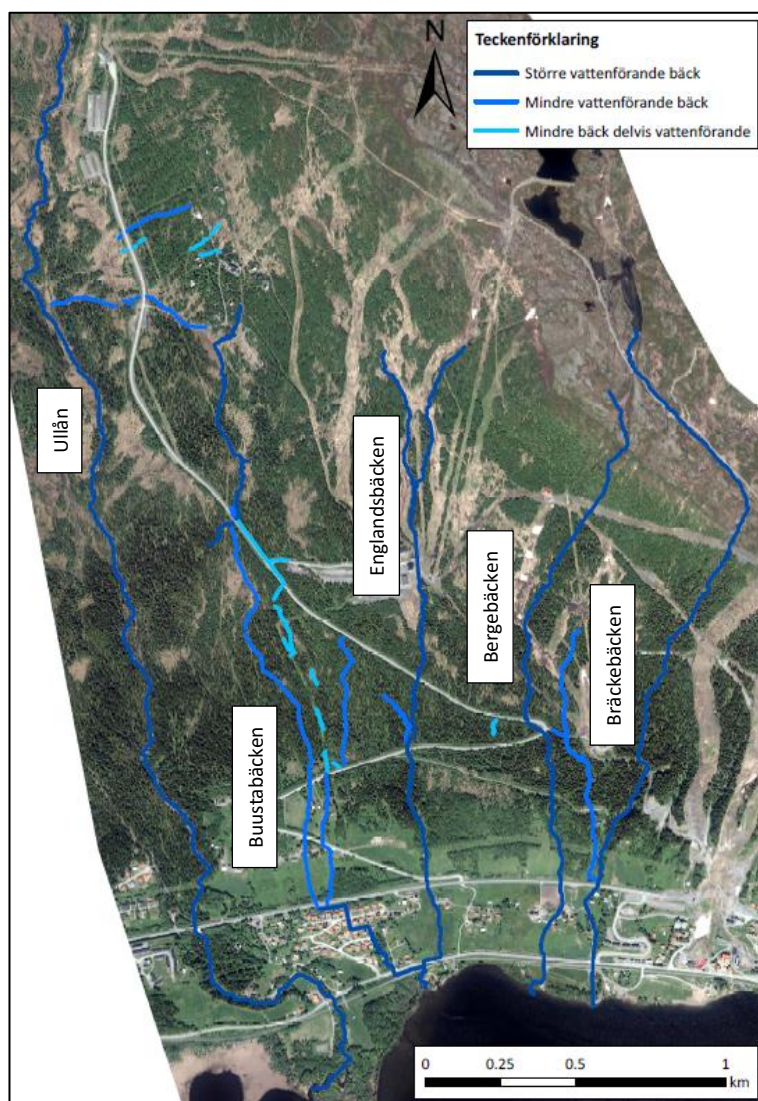
Uppdragsorganisation hos Sweco var:

- Håkan Persson – Uppdragsledare och granskare av stabilitetsutredning
- Pierre-Louis Ligier – Ansvarig/Tekniskt stöd avrinningsutredning samt slamströmmar
- Lisa Carlsson – Handläggare avrinningsutredning
- Niklas Sved – Handläggare geoteknik och stabilitet
- Maja Coghlan – Ombud och granskare av avrinningsutredning

2 Områdesbeskrivning

2.1 Vattendrag

Inom det studerade området finns fem stycken större vattenförande bäckar: Ullån, Buustabäcken, Englandsbäcken, Bergebäcken och Bräckeäcken. Enligt en fältinventering som utfördes av Sweco Environment AB år 2017 förekommer även s.k. mindre vattenförande bäckar och mindre delvis vattenförande bäckar (Figur 1). I föreliggande utredning låg fokus på att studera konsekvenserna utmed Englandsbäcken och Bergebäcken.

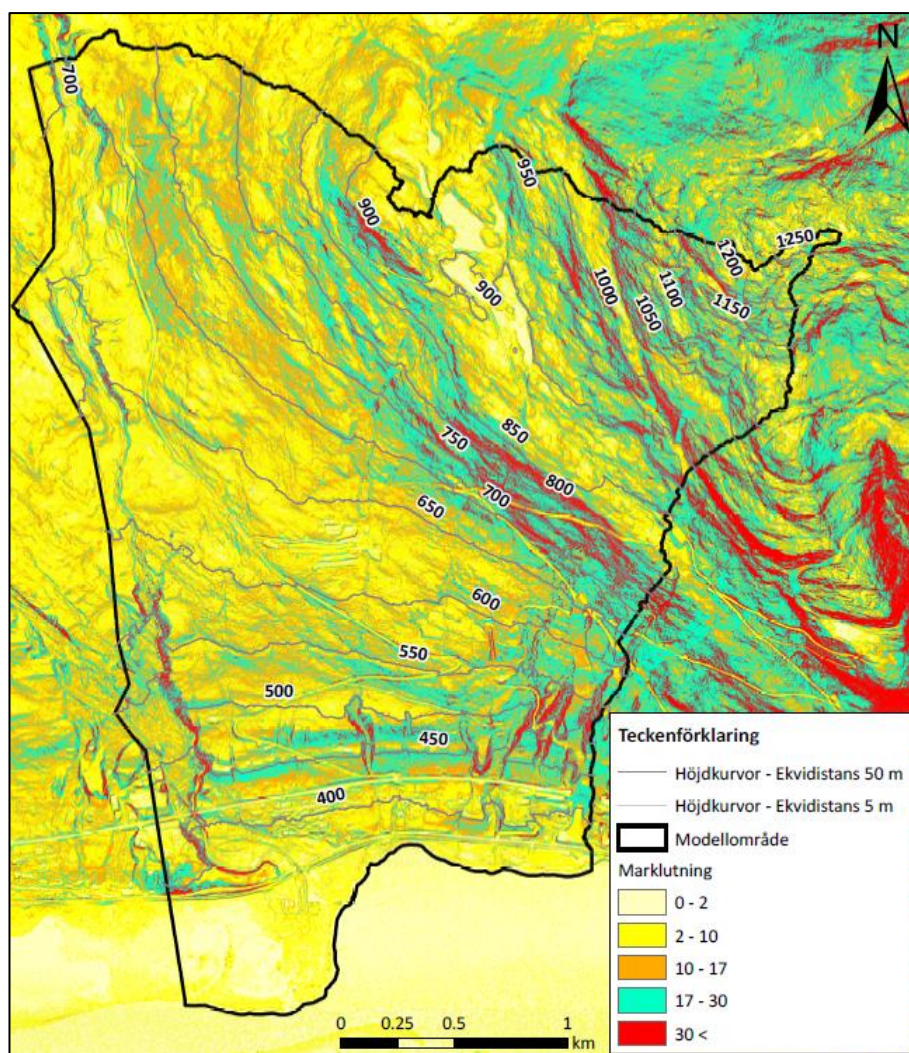


Figur 1. Identifierade bäckar inom det studerade området. Källa: Fältinventering utförd år 2017 av Sweco Environment AB (källa: Fältinventering av Sweco Environment AB, 2017).

För detaljerad beskrivning av bäckarna lokaliserade inom det studerade området hänvisas till avsnitt 4 i rapporten *Detaljerad utredning av stabilitets- och avrinningsförhållanden i Rödkullen, Jämtlands län* (Sweco, 2017a).

2.2 Topografi och geologi

Det studerade området sträcker sig mellan Åresjön upp till Åreskutan, det vill säga från höjden ca +373 m [RH2000] till höjden ca +1 275 m [RH2000]. Marklutningen i området varierar kraftigt. De största lutningarna överstiger 30 grader och förekommer främst utmed bäckarnas slänter men även i den nordöstra delen av det studerade området (Figur 2).



Figur 2. Områdes topografi. Lutningsklasser indelade enligt rekommendationer från Räddningsverket vad gäller analys av stabilitetsförhållanden (Räddningsverket, 2007).

Enligt SGU:s jordartskarta består det studerade området i huvudsak av finkornig morän men det förekommer även vissa partier med omväxlande morän och berg, torv samt omväxlande torv och morän. För detaljerad beskrivning av områdets topografi och geologi hänvisas till avsnitt 4 i rapporten *Detaljerad utredning av stabilitets- och avrinningsförhållanden i Rödkullen, Jämtlands län* (Sweco, 2017a).

2.3 Planerade skidnedfarter

De planerade skidnedfarternas visas i Figur 3 nedan. Skidnedfarterna har en total area som uppgår till ca 0,17 km² och kommer i huvudsak vara lokaliserade i områden där det idag växer skog i form av björk, fjällbjörk, gran och buskar (Sweco, 2017a).



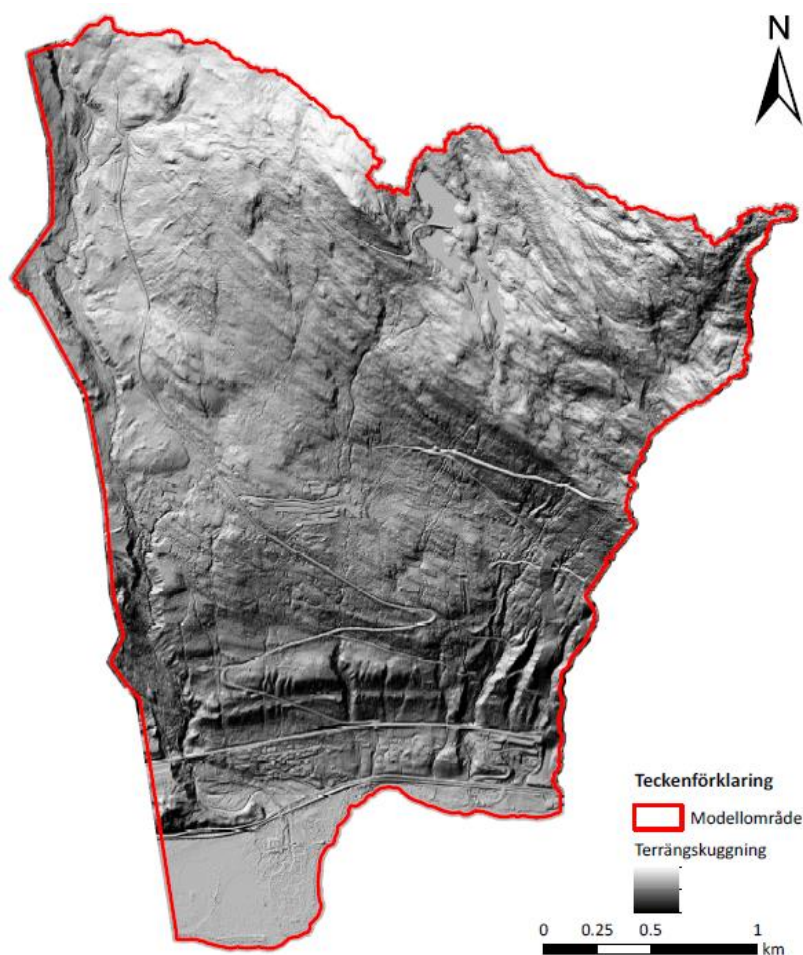
Figur 3. Lokalisering av de planerade skidnedfarterna.

3 Metodik

3.1 Avrinningsutredning

3.1.1 Terrängmodell

Terrängmodellen vilken användes i föreliggande utredning upprättades inom ramen för den avrinningsutredning som Sweco Energuide utförde år 2017 (Sweco, 2017b). Terrängmodellen baseras på högupplöst laserskannad höjddata, s.k. LAS-data, vilken har en noggrannhet om ca $\pm 0,2$ m i höjddled. Terrängmodellen motsvarar marknivåer vid befintliga förhållanden och har en upplösning om 1*1 m. I Figur 4 nedan redovisas en terrängskuggning av terrängmodellen.



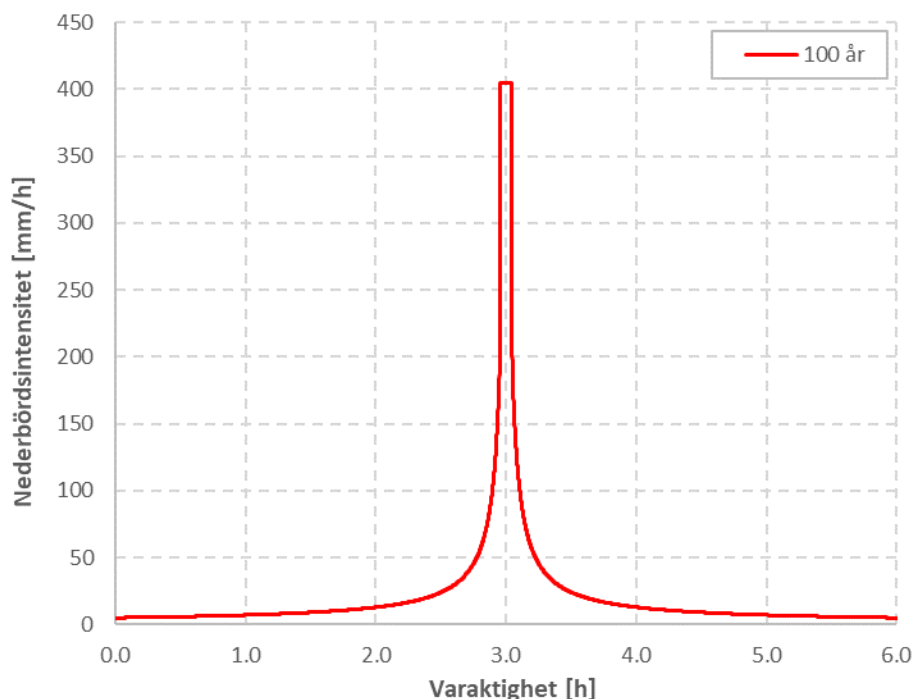
Figur 4. Terrängskuggning av terrängmodellen med marknivåer vilka motsvarar befintliga förhållanden.

Terrängmodellen är upprättad i koordinatsystemet SWEREF 99 14 15 och höjdsystemet RH2000.

3.1.2 Nederbördsscenario

I föreliggande utredning studerades ett framtida 100-årsregn med infiltration. Regnscenariot definierades inom ramen för den avrinningsutredning som Sweco utförde år 2017 (Sweco, 2017b). Enligt rekommendationer från Länsstyrelsen och SMHI (SMHI, 2015) användes en klimatkfaktor på 1,6 för att justera 100-årsregnet med hänsyn till framtida klimatförändringar.

Den dimensionerande nederbördssekvensen definierades som ett s.k. CDS-regn (Chicago Design Storm) (Chow, 1988 och Svenskt Vatten, 2011). Fördelen med CDS-regn är att det är anpassat till avrinningsområden av olika storlek vilket säkerställer att samtliga delavrinningsområden ger den optimala hydrologiska responsen. Längden på den dimensionerande nederbördssekvensen valdes till 6 timmar, för att med god marginal täcka in de tämligen korta avrinningstiderna i de små och branta avrinningsområdena vid Rödkullen. För detaljerad beskrivning av beräkningarna av avrinningstiden och nederbördssekvensen hänvisas till avsnitt 2.4.2. och 2.4.3. i rapporten *Detaljerad utredning av avrinningsförhållandena vid Rödkullen* (Sweco, 2017b). I Figur 5 nedan redovisas ett exempel på dimensionerande nederbördssekvens.



Figur 5. Dimensionerande nederbördssekvens med återkomsttiden 100 år (justerad för ett framtida klimat).

3.1.3 Avrinningsmodellering

3.1.3.1 Beräkningsmodell

Avrinning inom det studerade området simulerades med hjälp av en tvådimensionell skyfallsmodell, vilken upprättades inom ramen för den detaljerade avrinningsutredningen vilken utfördes år 2017 (Sweco, 2017b). Modellområdet är ca 8,9 km² stort och sträcker sig från Åresjön upp till Åreskutan (se Figur 4).

Det hydrauliska beräkningsprogram som användes var TELEMAT-2D version 7.2. Programmet TELEMAT-2D beräknar strömningsmönster i två dimensioner genom att lösa Saint-Venants ekvationer.

Nedströms randvillkor i skyfallsmodellen utgjordes av Åresjöns vattenstånd, vilket antogs vara +373,5 m (laserskannad vattenyta). Bottenråheten i modellen definierades med hjälp av Mannings tal och ansattes till 50 m^{1/3}/s på hårda ytor (vägar, parkeringsplatser, byggnader, etc.) och 5 m^{1/3}/s på övriga markområden för att kunna ta hänsyn till den relativt höga råheten i förhållanden till de förväntade små vattendjupen (García Díaz, 2005).

För detaljerad beskrivning av skyfallsmodellen hänvisas till avsnitt 2.5.1 i rapporten *Detaljerad utredning av avrinningsförhållandena vid Rödkullen* (Sweco, 2017b).

3.1.3.2 Modelleringsantaganden

Vid avrinningssimuleringen, vilken utfördes inom föreliggande utredning, gjordes följande antaganden:

- Marktopografin beskrevs med hjälp av terrängmodellen som togs fram inom ramen för tidigare utredning (se avsnitt 3.1.1).
- Inga vägtrummor inkluderades i modellen eftersom beräkningarna som ligger till grund för riskbedömningen avseende slamströmmar i de tidigare utredningarna inte inkluderade trummor (se vidare i Sweco, 2017a och 2017b). Detta bedöms också vara rimligt och konservativt vid ett mycket kraftigt regn, då det finns stor risk för att trummorna blir igensatta. Problem med igensatta trummor är inte ovanliga i området.
- Ingen hänsyn togs till eventuellt förändrade marknivåer inom området för de nya skidnedfarterna. Viss lokal förändring av marknivåer kan dock ske i samband med markarbeten. Markarbeten bör, om möjligt, utföras på ett sådant sätt att avrinningsmönstren inte påverkas negativt (se även rekommendationer i kapitel 7).

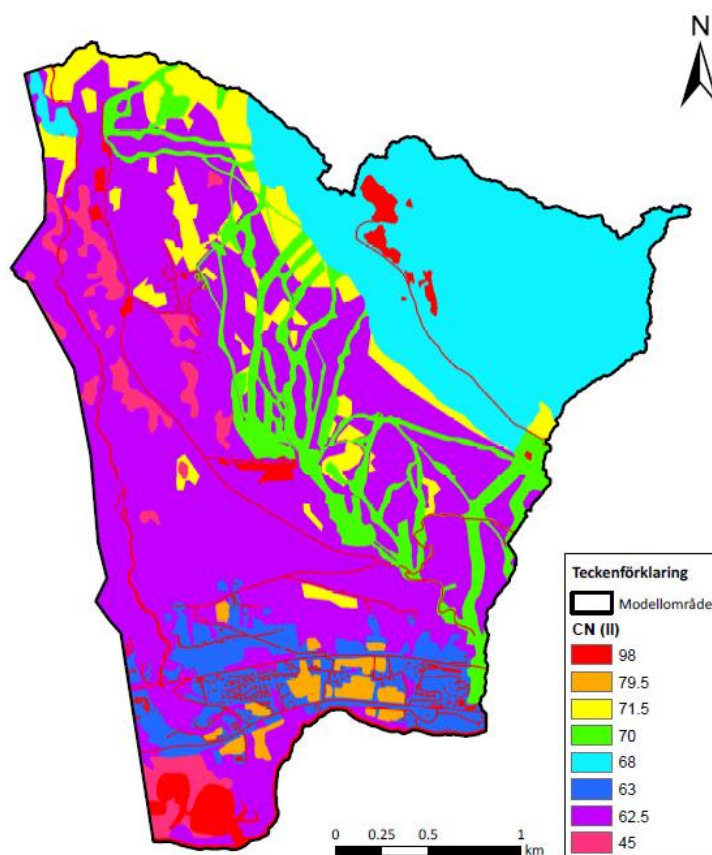
3.1.3.3 Modellering av infiltration

Modellering av infiltration i marken utfördes med hjälp av den s.k. *"Method for abstractions"* från USA:s Soil Conservation Service i vilken infiltrationsgraden definieras med en koefficient (s.k. Curve Number, CN) som är beroende av markanvändning, geologi, marklutning samt av den ursprungliga mättnadsgraden (Chow, 1988). Den här metoden är väl tillämpad för beräkning av avrinningsmängder under en nederbördsekvens.

Samma markanvändningsklasser och CN-koefficienter som användes inom ramen för avrinningsutredningen år 2017 (Sweco, 2017b) användes även i föreliggande utredning. I området som berörs av de nya skidnedfarterna justerades CN-koefficienten från de ursprungliga värdena, vilka beror av nuvarande markanvändningsklass, till 70 som motsvarar skidpister (se Tabell 1 och Figur 6).

Tabell 1. CN-koefficienter som användes för de olika markanvändningsklasser (Chow, 1988) (USDA, 1986).

Markanvändningsklass	CN(II)
Tät skog	62,5
Lös skog	71,5
Odlingsåker	79,5
Myrmark	45
Gräs	63
Kalfjäll	68
Skidnedfarter	70
Hårda ytor (vägar, byggnader mm)	98



Figur 6. CN-koefficienter för nuvarande förhållanden, men med ändrade värden för de planerade skidnedfarterna.

För detaljerad beskrivning av hur CN-värdena togs fram hänvisas till avsnitt 2.5.4 i rapporten *Detaljerad utredning av avrinningsförhållandena vid Rödkullen* (Sweco, 2017b).

3.1.3.4 Kalibrering/kontroll samt begränsningar

Inget kalibreringsunderlag för aktuellt studieområde har funnits att tillgå. Istället har av Sweco (2017b) resultat från avrinningsmodellen kvalitativt jämförts med tidigare flödesberäkningar utförda av SGI i Mörviksravinen (SGI, 2004) som ligger ca 2 km öst om Rödkullen. Jämförelserna visade att avrinningsmodellen kunde reproducera de maximala avrinningsflödena på ett liknande sätt som i tidigare utförda flödesberäkningar i närområdet.

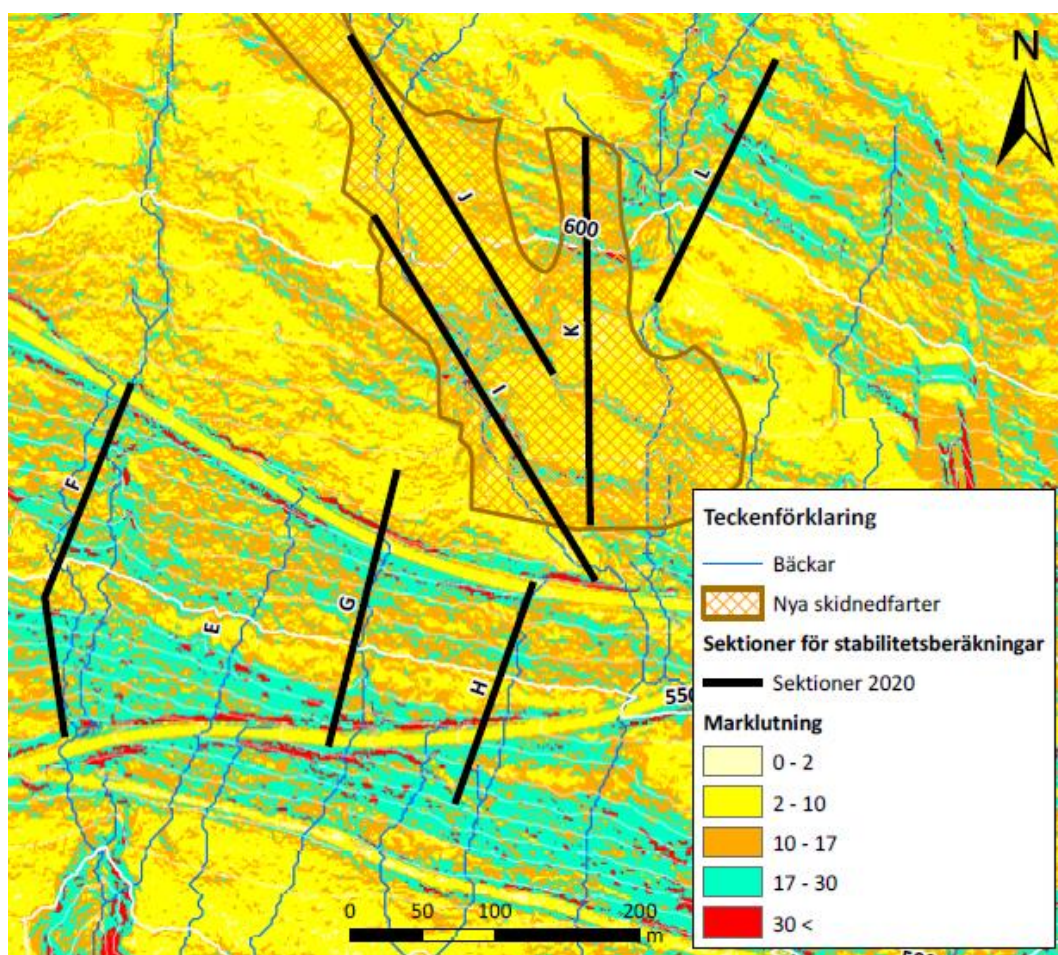
För beskrivning av modellens begränsningar hänvisas till avsnitt 2.5.6. i rapporten *Detaljerad utredning av avrinningsförhållandena vid Rödkullen* (Sweco, 2017b).

3.2 Ras och skred

3.2.1 Stabilitetsberäkningar

Stabilitetsberäkningarna inom föreliggande utredning placerades ut baserat på aktuella lutningsförhållanden som delats in i lutningskategorier enligt Figur 7 (Räddningsverket, 2007), anvisningar i tidigare utredning (Sweco, 2017b), SGI:s yttrande över samrådshandling för *Planprogram för Rödkullen, Åre kommun*, 2020-03-20, samt för att täcka in området där de planerade skidnedfarterna kommer vara lokaliserade.

Stabilitetsberäkningar för sidoslänther i raviner är av extra vikt eftersom jordskred kan fungera som "triggers" för slamströmmar eller ge tillskott i form av löst jordmaterial till en slamström. Placering av sektioner där stabilitetsberäkningar utförts redovisas i Bilaga 2 stabilitetsberäkningar.



Figur 7. Aktuellt område för stabilitetsutredning med terrängen indelad i lutningsklasser enligt rekommendationer från Räddningsverket vad gäller analys av stabilitetsförhållanden (Räddningsverket, 2007).

Släntlutningar över 17° är vanliga inom aktuellt område. Bitvis lutar det mer än 30°, speciellt i delar av området mellan Ullådalsvägens serpentin. Området har enligt tidigare undersökningar och observationer (Sweco, 2017b) ett mycket begränsat jorddjup som i huvudsak understiger 1,0 m men lokalt uppgår till 2–3 m.

3.2.2 Beräkningsmodell

Beräkningarna utfördes enligt riktlinjer och rekommendationer från SGI, 2005. *Stability and run-off conditions – Guidelines for detailed investigation of slopes and torrents in till and coarse-grained sediments* samt Skredkommissionen rapport 3:95.

Inom området som berörs av de beräkningar som utfördes inom ramen för föreliggande utredning finns idag inga byggnader eller andra anläggningar men i och med att exploatering planeras så valdes säkerhetsklass till SK2. Kravet på säkerhetsfaktor är $FC > 1,3$ (för friktionsjord) enligt detaljerad undersökning i Skredkommissionen rapport 3:95.

Geometrier hämtades från projektets terrängmodell, se avsnitt 3.1.1.

Stabilitetsberäkningar utfördes med programmet Slope/W tillhörande Geostudio 2019. Plana och cirkulärcylindriska glidytor har beaktats.

3.2.3 Jordmodell och grundvatten

Jordmodellen byggdes upp utifrån de data som erhöles från fältundersökningarna och som presenteras i Markteknisk undersökningsrapport (2017a, Bilaga 1). De specifika jordmodellerna för varje sektion redovisas i Bilaga 2 stabilitetsberäkningar. Nyttjade materialparametrar redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Nyttjade materialparametrar för förekommande jordarter.

Jordart	Tunghet över GVV (kN/m ³), γ	Karakteristisk friktionsvinkel (°), ϕ_k
Mn	21	39
Mn 2	19	36

Grundvattennivån valdes utifrån tidigare undersökningar och fältinventeringar (2017a, Bilaga 1) och placerades generellt ca 0,5 m under befintlig markyta i beräkningarna. Vanliga undantag var att grundvattennivån sattes vid marknivån eller vid bergets överyta. Känslighetsanalys avseende grundvattennivåer gjordes i Sweco (2017a).

3.3 Slamströmmar

3.3.1 Allmänt

En slamström är en flytande massa av vatten och jord som rör sig längs en bäck eller en sluttning. Slamströmmar uppstår i samband med intensiva nederbördstillfällen, men kan också initieras av skred som frigör vattenmättade jordmassor. Slamströmmens volym ökar ofta successivt nedströms och kan då dra med sig sten, block, träd m.m. samt orsaka stora skador. Förutsättningarna för uppkomst av slamströmmar längs en bäckravin eller i en sluttning beror huvudsakligen på vilket vattenflöde som kan uppstå och vilka jordmassor som vattenflödet kan erodera och föra med sig.

I Åredalen är erosion en naturlig företeelse. Incidenter som ras, skred och slamströmmar sker med jämna mellanrum.

Under natten till den 18 juni 2010 drog ett intensivt nederbördsområde in över Sverige från Norska havet och medförde stora mängder nederbörd. Över Åre föll totalt runt 130 mm regn vilket motsvarar en återkomsttid mellan 200 och 500 år utifrån en antagen varaktighet mellan 6 och 12 timmar enligt Dahlströms formel för dagens klimat. Eftersom det under maj och början av juni redan hade kommit mycket nederbörd, var markens vattenmättnad hög och mycket av nederbörden rann av direkt längs markytan. Ett flertal stora skred med efterföljande slamströmmar inträffade 2010 där järnvägen och flera vägar skadades och delvis spolades bort. Skredmassor deponerades på vägar och andra ytor, bland annat i Åre by. Även byggnader skadades och översvämmades. Observationer vid Englandsbäcken och Bergebäcken indikerar dock att dessa bäckar främst drabbades av höga flöden under denna händelse. Inom studieområdet uppkom de största problemen i Bräckebacken (främst höga flöden och översvämningen nedströms E14 med skador vid Årevägen och järnvägen) samt i Buustabäckens östra förgrening vid E14 där trumman spolades bort. Igensättning av trummor är ett vanligt återkommande problem i området. För ytterligare detaljer, se Sweco (2017a, 2019).

En annan större händelse är slamströmmen i Ånn som inträffade den 30 juli 2006. En nära 8 m hög järnvägsbank och en lika hög vägbank för E14 strax väster om Ånn i Åre kommun spolades bort vid ett kraftigt regn. Inga personer skadades, men kostnader för återställning och konsekvenser för fordons- och tågtrafiken blev betydande.

3.3.2 Beräkning av transportkapacitet

Beräkningen av transportkapaciteten baserades, precis som i utredningen år 2017, på empiriska formler framtagna av Hampel, Österrike. Med dessa formler beräknas transportkapaciteten när bäckens bottenlutning överstiger 5 %, vilket är fallet för de studerade delsträckorna av Englandsbäcken och Bergebäcken. Formlerna utgår från bottenlutningen, flödet samt regnets varaktighet enligt nedan:

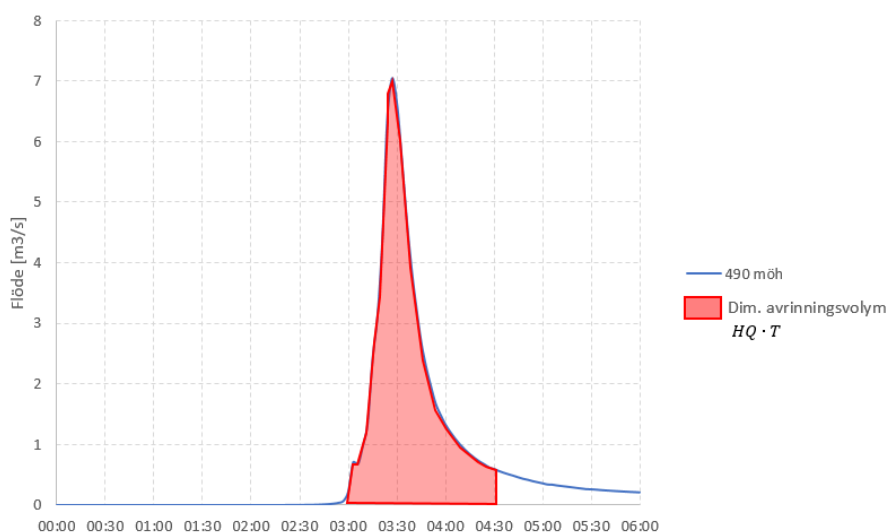
$$G_T = 2,5 \cdot I^{1,6}$$

$$G_F = G_T \cdot HQ \cdot T$$

Med:

- G_T : jordmaterialflöde som andel av högvattenflöde (%)
- G_F : mängden jordmaterial (m^3)
- I : ravinbottens lutning (m/m), skall vara minst 0,05 m/m
- HQ : högvattenflöde, förslagsvis med återkomsttid 100–150 år (m^3/s)
- T : varaktighet (s)

I många utredningar används förenklade metoder för att ta fram högvattenflöde HQ och varaktighet T vid beräkning av den totala transportkapaciteten. I föreliggande utredning användes dock resultat från avrinningsmodellen. Den totala avrinnande vattenvolymen, d.v.s. $HQ \cdot T$, definierades konservativt som den totala avrinningsvolymen under en varaktighet på 1,5 timme, se exempel i Figur 8. Varaktigheten valdes för att med god marginal täcka in de största avrinningstiderna inom de små och branta avrinningsområdena, vilka av Sweco (2017b) beräknades till 45 minuter. För detaljerad beskrivning av beräkningarna av avrinningstiden hänvisas till avsnitt 2.4.2. i rapporten *Detaljerad utredning av avrinningsförhållandena vid Rödkullen* (Sweco, 2017b).



Figur 8. Dimensionerande avrinningsvolym under en varaktighet på 1,5 timme. Exempel på flödeshydrograf vid sektion som ligger vid 490 m.ö.h. Figur hämtad från Sweco (2017b).

Beräkning av transportkapacitet utfördes för Englandsbäcken och Bergebäcken vid ett framtida 100-årsregn, d.v.s. med hänsyn till framtida klimatförändringar. Beräkningar av transportkapacitet utfördes för befintliga förhållanden samt med hänsyn till de planerade skidnedfarterna. Hänsyn togs ej till trummor lokaliserade inom det studerade området.

3.3.3 Beräkning av tillgänglig mängd jordmaterial längs bäckarna

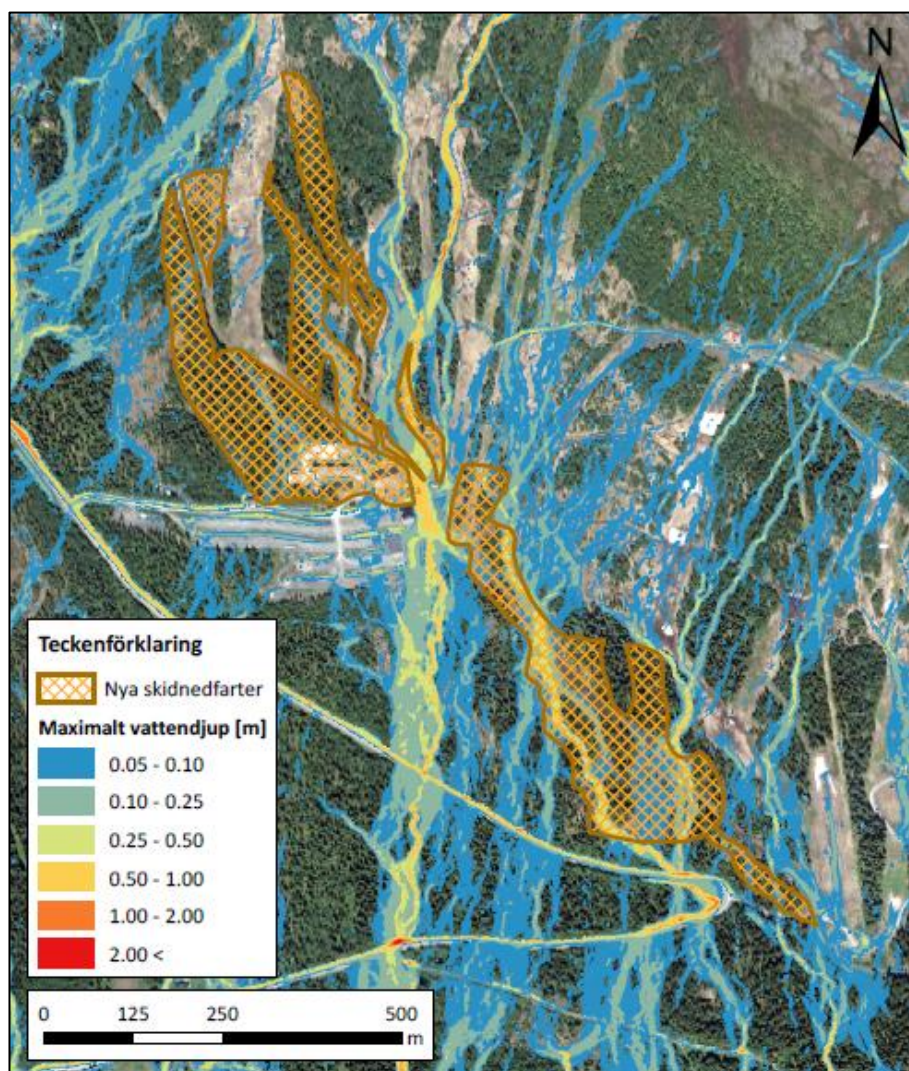
Beräkningar av tillgänglig mängd jordmaterial längs Englandsbäcken och Bergebäcken utfördes inom ramen för den tidigare studien av Sweco (2017a). Beräkningarna baserades i huvudsak på fältinventeringar och beskrivs mer i detalj i rapporten *Detaljerad utredning av stabilitets- och avrinningsförhållanden i Rödkullen, Jämtlands län* (Sweco, 2017a).

4 Resultat

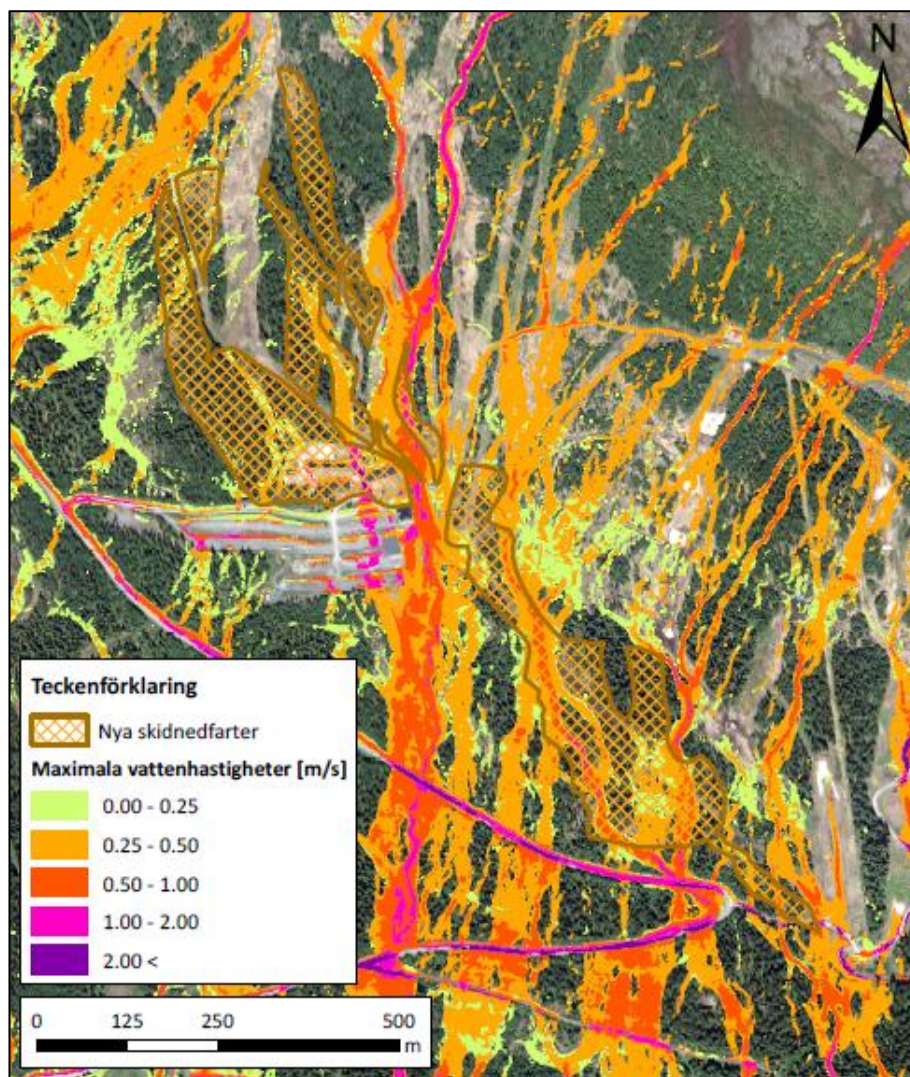
4.1 Avrinningsutredning

4.1.1 Kartering av översvämningsområden och flödesvägar

I Figur 9 och Figur 10 nedan redovisas maximala vattendjup och vattenhastigheter vid ett framtida 100-årsregn med infiltration i området närmast Rödkullen centrum. I Bilaga 1 redovisas översvämningsskator med maximala vattendjup och vattenhastigheter inom hela det studerade området.

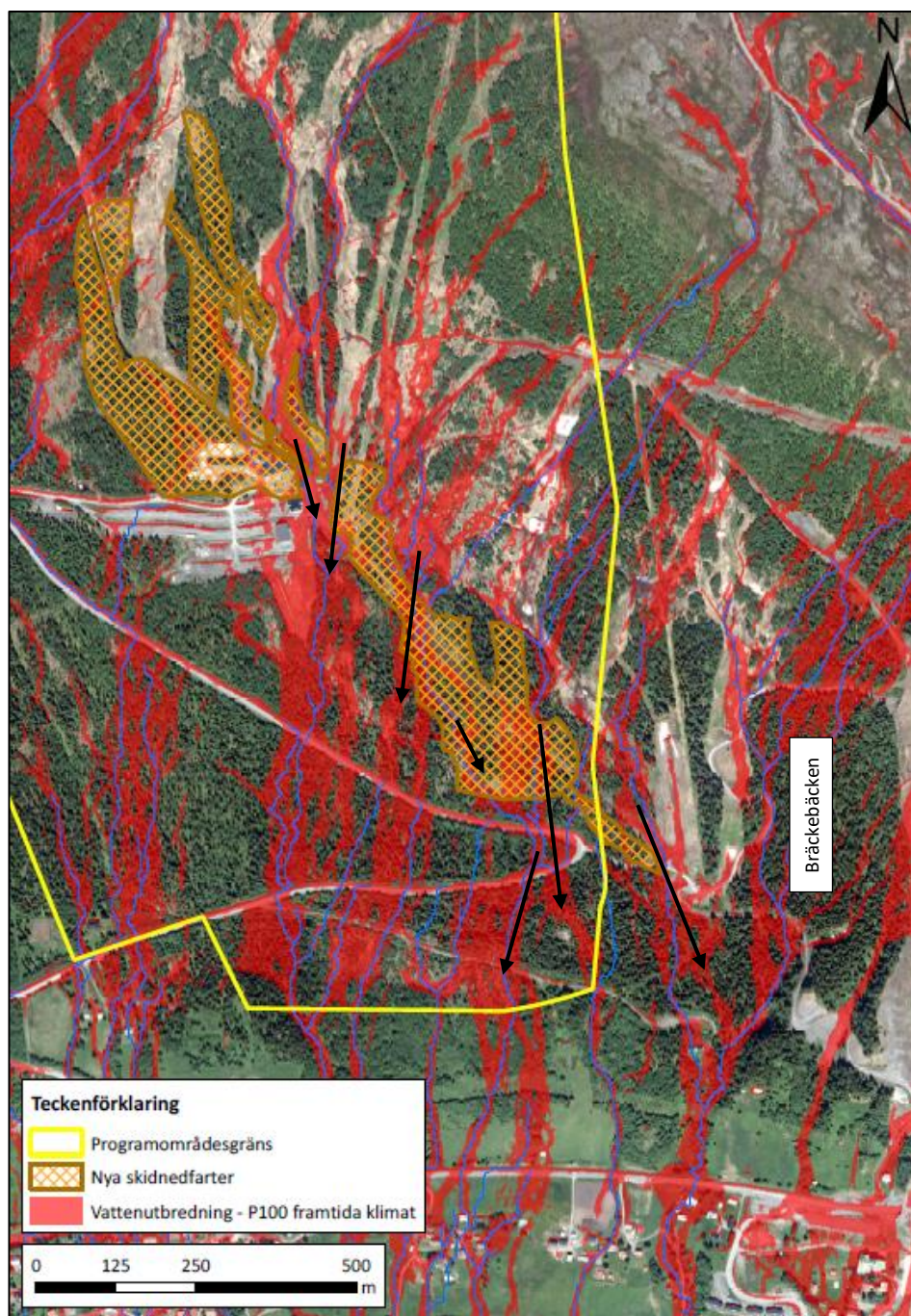


Figur 9. Maximala vattendjup [m] i området kring Rödkullen centrum vid ett framtida 100-årsregn med infiltration.



Figur 10. Maximala vattenhastigheter [m/s] i området kring Rödkullen centrum vid ett framtida 100-årsregn med infiltration.

I föreliggande utredning låg, som tidigare nämnts, fokus på att studera konsekvenserna utmed Englandsbäcken och Bergebäcken. Det bör emellertid nämnas att flödena i Bräcke-
bäcken, lokaliserad öster om Bergebäcken, ej nämnvärt påverkas av de planerade skid-
nedfarterna förutsatt att avrinningen från dessa inte förändras. Vattnet som rinner ner i
Bräcke-
bäcken passerar nämligen endast i väldigt begränsad omfattning de planerade
skidnedfarterna (se Figur 11).



Figur 11. Påverkan på Bräckebacken vid händelse av ett framtida 100-årsregn. De svarta pilarna visar flödesriktningen.

4.1.2 Påverkan på avrinningsvolymen specifikt från området med planerade skidpister

Påverkan på avrinningsvolymen utreddes specifikt för området som omfattas av de planerade skidnedfarterna genom att beräkna förändring av avrinningspotentialen mellan nuvarande och framtida förhållanden. Syftet med denna analys var att uppskatta den extra avrinningsvolym som genereras p.g.a. förändring av markanvändningen.

Beräkningarna baserades på områdets storlek och infiltrationskoefficient (CN) samt motsvarande nettonederbörd enligt följande:

1. Ett medelvärde av infiltrationskoefficienten CN för nuvarande förhållanden beräknades utifrån framtagna markanvändningsklasser till 65,78. Med de planerade skidpisterna är CN = 70 i hela området.
2. Nettonederbörd beräknades för ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet samt aktuell CN-koefficient omräknad till våta förhållanden, se detaljerad beskrivning i avsnitt 2.5.4 i rapporten *Detaljerad utredning av avrinningsförhållandena vid Rödkullen* (Sweco, 2017b).
3. Motsvarande avrinningsvolym beräknades därefter genom att multiplicera netto-nederbörd med det aktuella områdets area.

Avrinningsvolymerna redovisas i Tabell 3 nedan.

Tabell 3. Påverkan på avrinningsvolymen vid simulerat regnscenario, d.v.s. framtida 100-årsregn med varaktighet sex timmar. P: bruttonederbörd; P_e: nettonederbörd (avrinnande del); V: avrinningsvolym; dV: förändrad avrinningsvolym med skidpister.

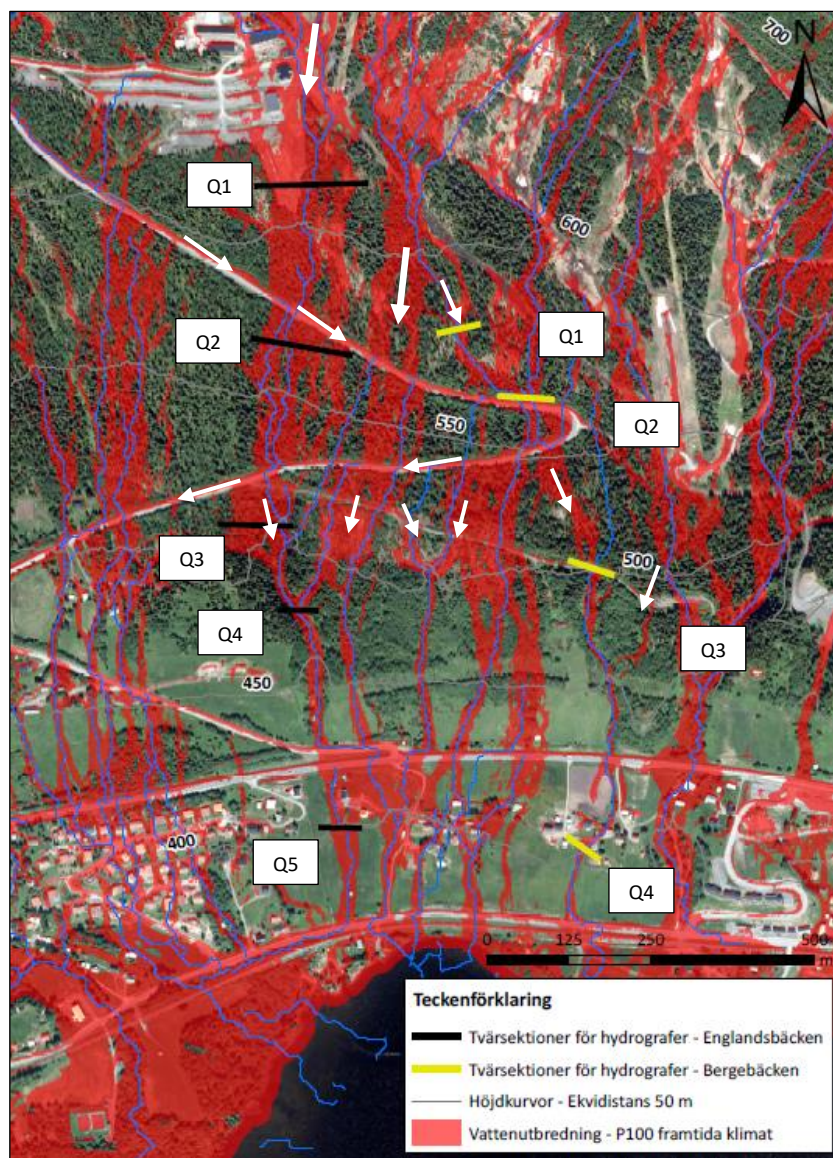
Scenario	A [km ²]	P [mm]	P _e [mm]	V [m ³]	dV [m ³]
Befintliga förhållanden	0.17	135,3	84,6	13 958	-
Nya skidnedfarter	0.17	135,3	91,4	15 093	1 135

Avrinningsvolymen blir drygt 1 000 m³ större vid framtida förhållande (d.v.s. med hänsyn till de nya skidnedfarterna) jämfört med vid befintliga förhållanden, vilket motsvarar en ökning med ca 8 %. Detta resultat är specifikt för det studerade scenariot, d.v.s. med en nederbördsmängd av 135,3 mm och initiala våta förhållanden.

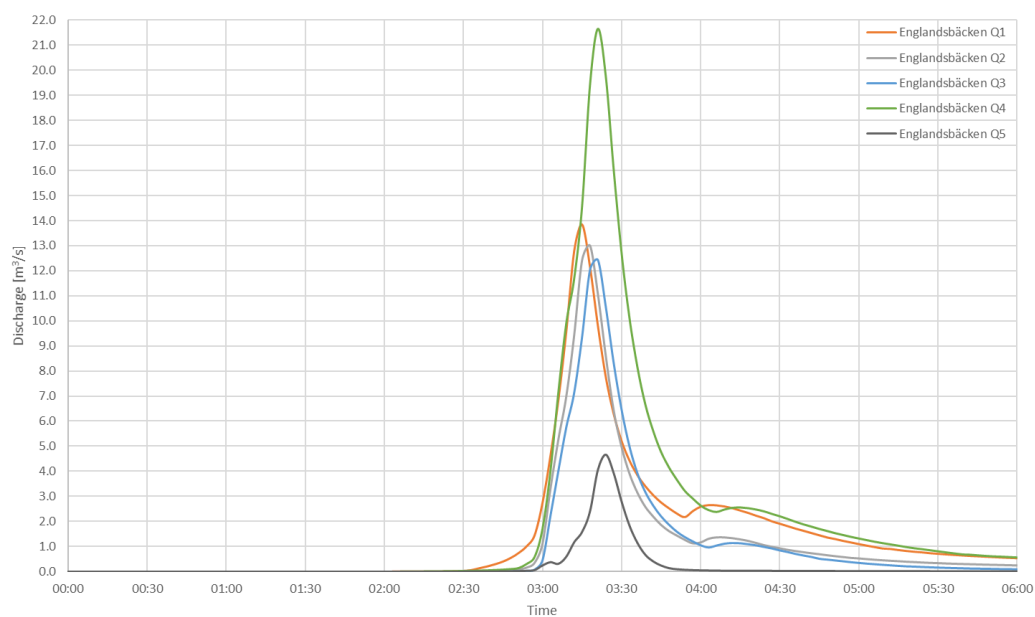
Den teoretiska avrinningsvolym som tillkommer p.g.a. de nya skidnedfarterna kommer att strömma nedströms åt och koncentreras i de olika bäckarna som ligger söder om de planerade skidnedfarterna. Detta analyseras specifikt för Englands- och Bergebäcken i nästa avsnitt.

4.1.3 Dimensionerande flöden i Engelsbäcken och Bergebäcken

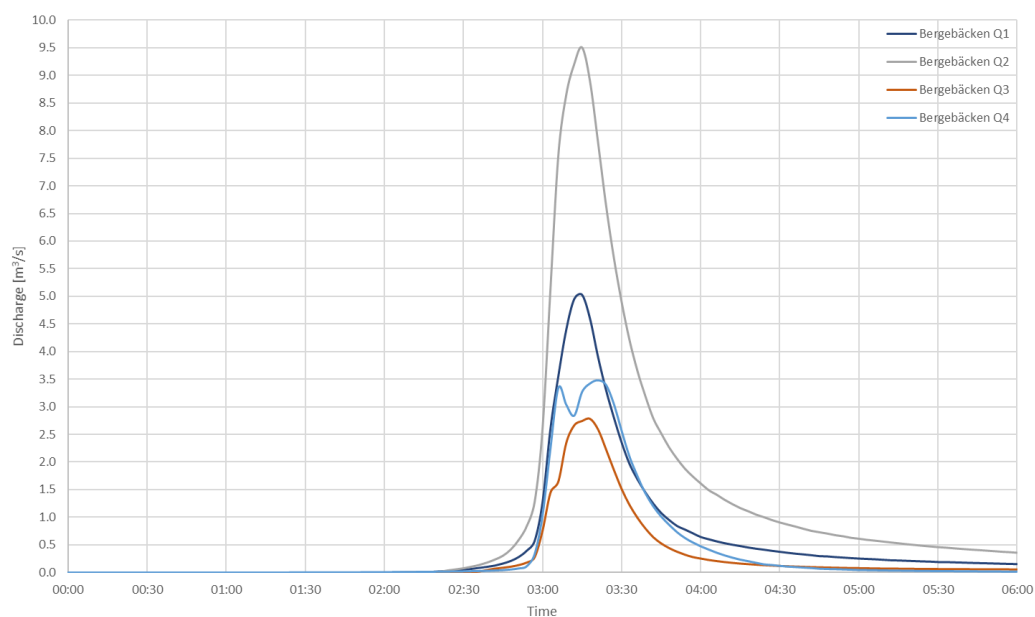
Med hjälp av avrinningsmodellen beräknades dimensionerande flöden för ett klimat-anpassat 100-årsregn med hänsyn till de nya skidnedfarterna. Flödeshydrografer togs fram för fem platser utmed Engelsbäcken och fyra platser utmed Bergebäcken (se Figur 12), för vilka hydrograferna visas i Figur 13 och Figur 14.



Figur 12. Lägen för framtagning av flödeshydrografer utmed Engelsbäcken och Bergebäcken. Vattenutbredning vid ett framtida 100-årsregn visas i rött. De vita pilarna visar strömningsmönster.



Figur 13. Dimensionerande flödeshydrografer utmed Englandsbäcken vid ett framtida 100-årsregn.



Figur 14. Dimensionerande flödeshydrografer utmed Bergebäcken vid ett framtida 100-årsregn.

Ibland minskar flödena längre nedströms, till följd av att avrinningen fördelas i olika grenar eller fångas upp av diken. Utifrån Figur 12 kan det utläsas att stora delar av flödet i Bergebäcken tar sig över mot Englandsbäcken. Vidare syns att Englandsbäcken breddar ut över större områden ända ner till ravinbildningen nedanför Ullådalsvägen. Generellt kan

det konstateras att strömningsmönstren och flödesfördelningen kraftigt påverkas av Ullådalsvägen.

I Tabell 4 nedan redovisas maximala flöden samt hydrografernas totala flödesvolym för befintliga förhållanden respektive med hänsyn till de nya skidnedfarterna. Skillnaderna är väldigt små för de maximala flödena. Med de nya skidpisterna ökar de maximala flödena som mest ca 0,1 m³/s (knappt 1 %). För Englandsbäcken är den totala volymskillnaden som störst ca 245 m³ (0,5 %). För Bergebäcken är den totala volymskillnaden som störst ca 373 m³ (1,6 %).

Anläggning av de nya skidnedfarterna bedöms därmed ha en marginell påverkan vad gäller förändring av avrinningsvolym förutsatt att avrinningsmönstren inte förändras.

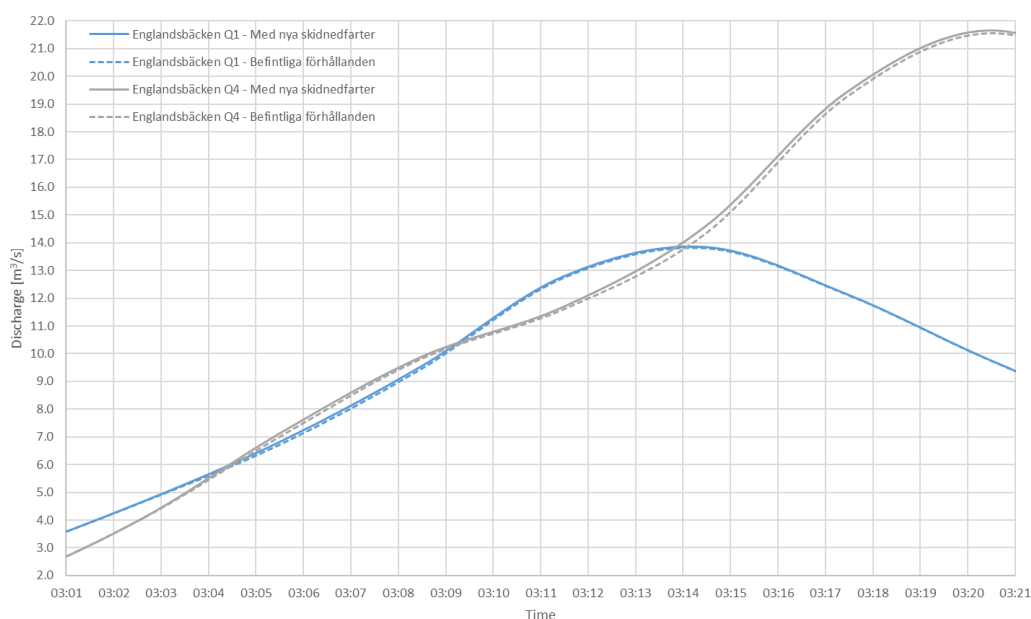
Tabell 4. Maximala flöden och totala flödesvolym vid befintliga förhållanden och med de nya skidnedfarterna. I parentes anges den relativa ökningen.

Hydrograf	Q _{max} [m ³ /s] - Befintliga förhållanden	Q _{max} [m ³ /s] - Med nya skidnedfarter	V _{tot} [m ³] - Befintliga förhållanden	V _{tot} [m ³] - Med nya skidnedfarter
Englandsbäcken				
Q1	13.8	13.9 (+0.3%)	32 105	32 215 (+0.3%)
Q2	13.0	13.0 (+0.4%)	23 227	23 370 (+0.6%)
Q3	12.4	12.4 (+0.4%)	21 875	22 009 (+0.6%)
Q4	21.6	21.7 (+0.5%)	44 796	45 041 (+0.5%)
Q5	4.6	4.7 (+0.8%)	5 029	5 083 (+1.1%)
Bergebäcken				
Q1	5.0	5.0 (+0.3%)	11 369	11 530 (+1.4%)
Q2	9.5	9.5 (+0.4%)	23 956	24 329 (+1.6%)
Q3	2.8	2.8 (+0.4%)	5 914	5 996 (+1.1%)
Q4	3.5	3.5 (+0.5%)	8 385	8 474 (+1.1%)

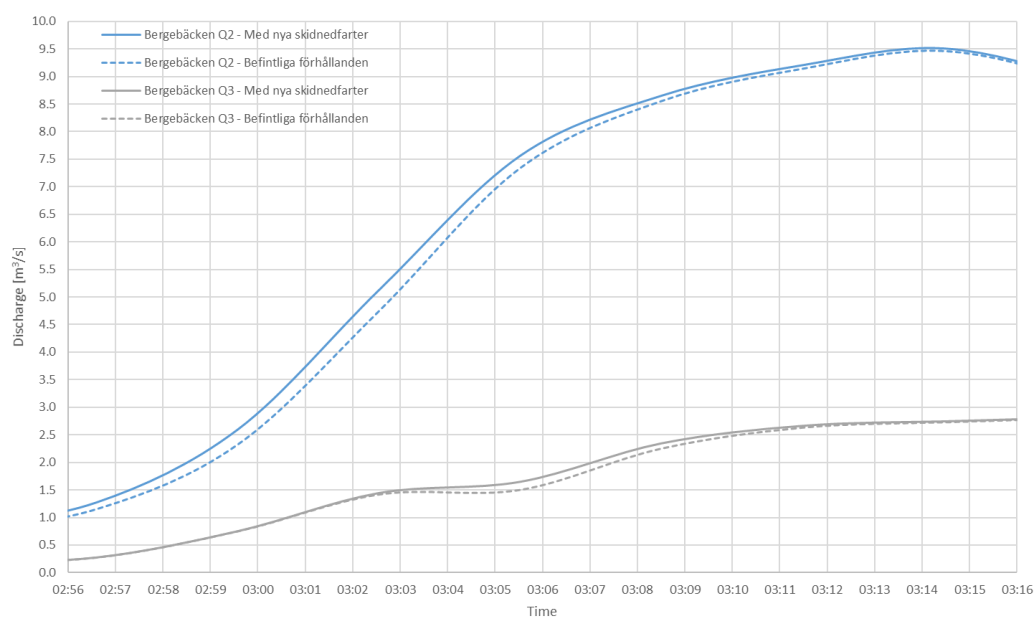
Det bör noteras att hydrografen vid beräkningspunkt Bergebäcken Q2, som ligger vid skidnedfarternas södra gräns, inte användes vid uppskattningen av transportkapaciteten i Bergebäcken. Vid detta läge strömmar vatten från norra delen av avrinningsområdet som inte är kopplat till Bergebäckens känsligaste sträcka (där beräkningspunkt Q1 ligger). För sträckan söder om Ullåvägen utgör hydrograferna vid beräkningspunkterna Q3 och Q4 ett representativt underlag.

I Figur 15 och Figur 16 nedan redovisas hydrograferna vid beräkningspunkterna Engelsbäcken Q1 och Q4 samt Bergebäcken Q2 och Q3 för befintliga förhållanden samt med nya skidnedfarter. Tidsaxeln har anpassats till att redovisa perioden under vilket flödet ökar och når sitt maximala värde. De största skillnaderna syns före flödestopparna både i Engelsbäcken och Bergebäcken. Detta beror på att de nya skidnedfarterna ligger strax uppströms platserna för de aktuella hydrograferna, samt att de är små i relation till hela avrinningsområdet längre uppströms på fjällsidan:

- *Innan nederbörds- och flödestopp*
Den mindre infiltrationspotentialen för de nya skidnedfarterna medför en något högre och snabbare avrinning, som främst syns på hydrograferna för Bergebäcken.
- *Vid nederbörds- och flödestopp*
Då flödestoppen från det stora uppströms belägna avrinningsområdet når platsen för hydrografen har avrinningen från de nya skidnedfarterna till stor del redan passerat och påverkar därmed knappt de maximala värdena.



Figur 15. Flödeshydrograferna Engelsbäcken Q1 och Q4 för befintliga förhållanden respektive med hänsyn till de nya skidnedfarter.



Figur 16. Flödeshydrograferna Bergebacken Q2 och Q3 för befintliga förhållanden respektive med hänsyn till de nya skidnedfarter.

4.2 Ras och sked

4.2.1 Stabilitetsberäkningar

Resultatet av utförda stabilitetsberäkningar redovisas i Tabell 5 nedan.

Tabell 5. Sammanfattning av utförda stabilitetsberäkningar.

Sektion	Lutning vid kritisk glidyta [°]	Lägsta säkerhetsfaktor	Kommentar
F	34	1,24	Mellan Ullådalsvägens serpentin, ansluter till Englandsbäcken
G	27	1,26	Mellan Ullådalsvägens serpentin
H	19	1,53	Mellan Ullådalsvägens serpentin
I	30	1,65	I läge för planerad skidnedfart, korsar Bergebäckens förgrening
J	16	1,79	I läge för planerad skidnedfart
K	18	1,62	I läge för planerad skidnedfart
L	23	1,39	Slänt vid Bergebäcken

Lägst säkerhet mot skred beräknas i föreliggande utredning i området mellan Ullådalsvägen serpentin, sektioner F och G (se Figur 7). Dessa sektioner uppfyller ej kravet om en säkerhetsfaktor på minst 1,3. Området är bitvis brant och har små jorddjup, jordras bedöms ske i gränsen mellan jord och berg. Samtidigt konstateras att området för planerade skidnedfarter uppvisar tillfredställande säkerhet mot brott.

Som stöd för bedömningen av eventuella jordras bidrag till slamströmmars masstransport har en översiktlig massberäkning gjorts baserat på sektion F. Sektion F har den lägsta beräknade säkerhetsfaktorn och bedöms vara mest kritisk i ett brant parti i sektionens nedre del som slutar i Englandsbäcken. Om samma antaganden som i föregående utredning (Sweco, 2017a) och en glidyta som är ca 8 m lång och 1 m djup används blir den totala frigjorda mängden ca 21 m³. I relation till den totala mängden massor som riskerar att frigöras av erosion och jordras i Englandsbäcken och Bergebäcken nedanför Ullådalsvägen anses denna mängd försumbar.

4.3 Slamströmmar

4.3.1 Transportkapacitet

Såsom beskrevs i avsnitt 4.1.3 medför de nya skidnedfarterna en marginell ökning av avrinningsvolymerna (omkring 1 %). Samma relativa ökning gäller även den uppskattade transportkapaciteten, då denna är direkt proportionell mot den dimensionerande avrinningsvolymen (se avsnitt 3.3.2). De nya skidnedfarterna bedöms därmed ha en marginell påverkan vad gäller transportkapacitet för slamströmmar förutsatt att avrinningsmönstren inte påverkas.

Beräknad transportkapacitet för Englandsbäcken och Bergebäcken vid ett framtida 100-årsregn och med hänsyn till de nya skidnedfarterna redovisas i Tabell 6 nedan. Transportkapaciteten baseras på flödeshydrografer, där läget för vissa hydrografer har justerats något jämfört med i den utredning som Sweco utförde år 2017 (Sweco, 2017a). De relativa ökningarna av transportkapaciteten, vilken redovisas i Tabell 6, baseras dock på hydrografer vilka är lokaliserade på exakt samma plats.

Tabell 6. Transportkapacitet för Englandsbäcken och Bergebäcken vid ett framtida 100-årsregn och med hänsyn till de nya skidpisterna. Dimensionerande varaktighet = 90 minuter. I parentes anges den relativa ökningen jämfört med befintliga förhållanden, d.v.s. utan de nya skidpisterna.

Delsträcka	Hydrograf*	Längd [m]	Lutning [%]	G_T [%]	Medelflöde under dim. varaktighet [m ³ /s]	Avrinningsvolym under dim. varaktighet [m ³]	G_F [m ³]
Englandsbäcken							
Ned till 610 m.ö.h.	Q1	750	10	6.3	4.76	25 723	1 615 (+0.4%)
Från 610 m.ö.h. ned till Ullådalsv.	Q2	350	13	9.6	3.81	20 552	1 964 (+0.7%)
Från Ullådalsv. ned till 500 m.ö.h.	Q3	350	25	27.2	3.76	20 278	5 517 (+0.6%)
Från 500 m.ö.h. ned till E14	Q4	300	25	27.2	7.11	38 383	10 442 (+0.6%)
Från E14 och neråt	Q5	300	11	7.3	0.91	4 904	359 (+1.1%)
Bergebäcken							
Ned till Ullådalsv.	Q1	800	7	3.5	1.82	9 851	350 (+1.1%)
Från Ullådalsv. ned till E14	Q3	150	26	29.0	1.00	5 427	1 572 (+1.3%)
Från E14 och neråt	Q4	380	13	9.6	1.49	8 070	771 (+1.1%)

*För hydrografernas läge se Figur 12.

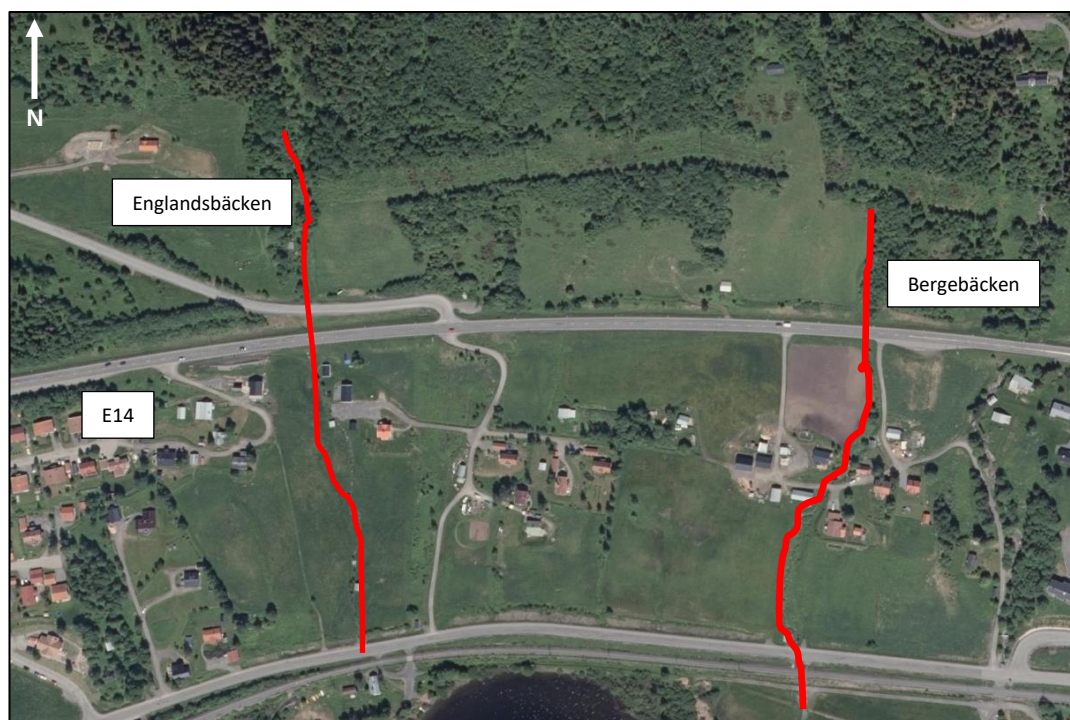
4.3.2 Tillgänglig mängd jordmaterial längs Engelsbäcken och Bergebäcken

Uppskattningar av hur stora mängder jordmaterial som finns tillgängligt längs Engelsbäcken och Bergebäcken baseras främst på bedömningar i Sweco (2017a), vilka i sin tur baserades på fältinspektion och analyser av befintlig erosion, jordens packningsgrad och kornstorleksfördelning tillsammans med släntstabilitetsberäkningar både i bergssidan samt på ravinslänter.

För de delar av bäckarna som ligger ovanför Ullådalsvägens serpentin bedöms tillgängligheten på material vara mycket begränsad. Bäckarna är i mycket stor utsträckning nederoderade till berg och endast en omfattande sidoerodering och breddning av bäckarna skulle frigöra material till en slamström. Dock gör det mycket tunna jordtäcket att även tillgången på material vid en breddning blir begränsad. Denna bedömning gäller såväl för de tidigare utförda stabilitetsberäkningarna (Sweco, 2017a) som för de stabilitetsberäkningar som redovisas i föreliggande utredning (se avsnitt 4.2.1). Skred och ras i området ovanför Ullådalsvägens serpentin bedöms kunna generera ett visst tillskott av material som kan transporteras längre nedströms av avrinningsflöden. Men den jordvolym som kan mobiliseras, vilken motsvarar delen av skredet som ligger precis intill bäcken, bedöms vara begränsad i förhållande till de större jordvolymerna som kan mobiliseras av skred och ras nedanför Ullådalsvägen och har därför inte inkluderats i analysen.

För området närmast nedanför Ullådalsvägen är jorrdjupen avsevärt större och såväl Engelsbäcken som Bergebäcken har en utvecklad ravinbildning. Ravinernas slänter är dock generellt täckta av skyddande vegetation och det finns endast ett fåtal platser med aktiv erosion i slänterna. I botten är bäckarna nederoderade till berg.

Ytterligare längre nedströms mot E14 och ned till Åresjön (Figur 17) förefaller bäckarna inte vara nederoderade till berg. Längs dessa sträckor finns därmed större tillgång till jordmaterial.



Figur 17. Bedömda sträckor, röd markering, där bottenerosion i fältstuderade bäckar kan uppträda (Sweco, 2017a).

Sammantaget är bedömningen att det främst är skred i bäckarnas ravinbildningar nedanför Ullådalsvägen samt erosion i bäckarnas nedersta delar som kan ge större tillskott av material till slamströmmar.

Mängden material som finns tillgänglig från skred och ras nedanför Ullådalsvägen har tagits fram utifrån utförda stabilitetsberäkningar (Sweco, 2017a). Den potentiella skredvolymen för cirkulär cylindriska skredytor i slänterna har beräknats utifrån antagandet att sidoutbredningen för ett cirkulär cylindriskt brott kan sättas ungefär lika med glidyttans längd. Utifrån detta har volymen reducerats med 1/3 för att ta i beaktande att skredformen i sin helhet är skålformad, d.v.s. den har mindre djup i ytterkanterna. Det bedöms även att endast 50 % av skredets hela volym blir tillgänglig för vattendraget och att resterande del av skredet kommer ligga kvar i "skredskålen" i slänten ovanför vattendraget.

Total tillgänglig jordvolym motsvarar därmed förslaget som togs fram av Sweco i tidigare utredning (2017a) och redovisas i Tabell 7.

Tabell 7. Bedömd mängd tillgängligt material för slamström (Sweco, 2017a).

	Delsträcka	Typ av erosion/ materialtillskott	Längd (m)	Area tillgängligt material (m ³ /m)	Tillgänglig volym (m ³)	Anmärkning
Englandsbäcken	Ned till 610 m.ö.h.	Sidoerosion	650	0,25	163	Djup ca 0,5, bredd 0,5m erosion på ena sidan
		Bottenerosion	650	0,1	65	Berg i bäckbotten, bottenbredd 1,0m
	Från 610 m.ö.h. ned till Ullådalsv	Sidoerosion	230	0,25	58	Djup ca 0,5, bredd 0,5m erosion på ena sidan på hela sträckan
		Bottenerosion	230	0,1	23	Berg i bäckbotten, bottenbredd 1,0m
	Från Ullådalsv ned till 500 m.ö.h.	Sidoerosion	350	0,25	88	Djup ca 0,5, bredd 0,5m erosion på ena sidan på hela sträckan
		Bottenerosion	350	0,1	35	Berg i bäckbotten, bottenbredd 1,0m
	Totalt tillgängligt material ackumulerat ovanför och inom planområdet				431	ca 15% av totalt tillgängligt material
	Från 500 m.ö.h. ned till E14	Skred	39	120	1560	Beräknat från stabilitetssektion
		Sidoerosion	300	0,8	240	Djup ca 0,5–0,8, tecken på breddning. Erosion 1,0m på ena sidan hela sträckan
		Bottenerosion	300	1,2	360	ca 50% berg i bäckbotten, bottenbredd 2,0
	Från E14 och neråt	Sidoerosion	300	0,5	150	Upp till 1,0m vattendjup, trapetsform
		Bottenerosion	300	1,0	300	Morän/sediment i bäckbotten, bredd ca 1-2m
	Totalt tillgängligt material ned till Åresjön				3041	
Bergebäcken	Ned till Ullådalsv	Sidoerosion	800	0,25	200	Djup ca 0,5, bredd 0,5m erosion på ena sidan
		Bottenerosion	800	0,05	40	Övervägande berg i botten, bottenbredd 0,5m
	Totalt tillgängligt material ackumulerat ovanför och inom planområdet				240	ca 20% av totalt tillgängligt material
	Från Ullådalsv ned till E14	Skred	25	64	533	Beräknat från stabilitetssektion
		Sidoerosion	150	0,8	120	Djup ca 0,5–0,8, tecken på breddning. Erosion 1,0m på ena sidan hela sträckan
		Bottenerosion	150	0,05	8	ca 50% berg i bäckbotten, bottenbredd 2,0
	Från E14 och neråt	Sidoerosion	380	0,5	190	Upp till 1,0m vattendjup, trapetsform
		Bottenerosion	380	0,5	190	Morän/sediment i bäckbotten, bredd ca 1-2m
	Totalt tillgängligt material ned till Åresjön				1281	

4.3.3 Bedömning av risken för slamströmmar i Englandsbäcken och Bergebäcken

Bedömning av risken för slamströmmar längs Englandsbäcken och Bergebäcken baseras främst på bäckarnas transportkapacitet vid högflöden tillsammans med mängden tillgängligt jordmaterial längs bäckarna. Områden med risk för skred påverkar också bedömningen då dessa kan initiera en slamstöm. Vidare, så vägs även iakttagelser från fältinspektioner i form av spår från erosion och tidigare slamströmmar in i helhetsbedömningen.

Bäckarnas transportkapacitet av jordmaterial för olika delsträckor har beräknats i kapitel 4.3.1. Transportkapaciteten är för båda bäckarna måttlig i de översta delarna, men ökar kraftigt för delsträckan från Ullådalsvägen ned till E14. I detta område uppgår transportkapaciteten till omkring en tredjedel av den dimensionerande avrinningsvolymen, vilket för den aktuella högflödestoppen för Englandsbäcken ger högst ca 10 500 m³ och för Bergebäcken ca 1 600 m³. Den höga transportkapaciteten beror dels på att bäckarna i dessa relativt långt nedströms belägna delsträckor har samlat på sig mycket vatten, men framförallt eftersom detta område är mycket brant. Dessa resultat gäller både vid nuvarande förhållanden samt med de nya skidnedfarterna under förutsättning att avrinningsmönstren inte påverkas av dessa.

Mängden tillgängligt jordmaterial längs bäckarna har redovisats i kapitel 4.3.2. Materialtillgången är liten i de översta delarna av bäckarna, men är avsevärt mycket större för delsträckan från Ullådalsvägen ned till E14. I detta område finns omkring 80 % av den totala mängden tillgängligt material längs bäckarna, vilken för Englandsbäcken uppgår till ca. 3 000 m³ och för Bergebäcken ca. 1 300 m³. Den stora materialtillgången beror av att bäckarna här inte är nederoderade till berg, samt att de rinner genom djupa bäckraviner med god tillgång på material längs bäckarnas sidor. Från slänterna kan material tillföras dels genom gradvis erosion dels från skred.

En jämförelse mellan beräknad transportkapacitet och tillgängligt material indikerar att det tillgängliga materialet i huvudsak utgör ca 30 % av den högsta uppskattade transportkapaciteten vid ett framtida 100-årsregn i Englandsbäcken, respektive 80 % för Bergebäcken.

För Bergebäcken ligger den högsta uppskattade transportkapaciteten i samma storleksordning som uppskattad tillgänglig volym. Det bedöms därmed rimligt att använda en volym mellan 1300 och 1600 m³ som dimensionerande volym för slamströmmar. För Englandsbäcken är dock den högsta transportkapaciteten ca 3 till 4 gånger större än uppskattad tillgänglig volym. Med hänsyn till den stora osäkerheten vid bestämning av transportkapaciteten rekommenderas det, i detta fall, att använda den uppskattade tillgängliga volymen (ca 3 000 m³) som dimensionerande faktor vid beräkning av en slamströms potentiella materialtransport.

Baserat på iakttagelser under en fältinspektion av Sweco (2017a) gjordes bedömningen att slamströmmar på senare tid inte har förekommit i någon större omfattning längs Englandsbäcken och Bergebäcken utan att dessa bäckar visar förutsättningar för erosion och sedimenttransport samt eventuellt mindre slamströmmar lokalt. Det identifierades

bland annat avsättningar av sand- och grusmaterial vid truminlopp och ställen där bäckarna bräddat ut över ytor som normalt inte står under vatten. Dessa avsättningar bedömdes kunna ha inträffat i samband med ett kraftigt regn 2010, vilket gav problem med materialtransport och kraftig erosion i den intilliggande Bräckebacken (se även beskrivning i avsnitt 3.3.1). I samband med en översiktlig stabilitetskartering av Andersson och Lundström (2018) på SGI gjordes bedömningen att det finns spår av tidigare slamströmmar i både Engelsbäcken och Bergebäcken. Det bör dock noteras att dessa observationer avser avlagring av sediment som är i storleksordning några kubikmeter. Det bedöms därmed att mindre slamströmmar kan ha förekommit i bäckarna under senare tid.

Den alluvialkon i Åresjön nedanför Bergebäckens mynning kan vara resultatet av tidigare slamströmmar. Dessa har i så fall skett för länge sedan och troligen med andra förutsättningar än idag – exempelvis i samband med bildning av ravinformationerna nedanför Ullådalsvägen.

Sammantaget bedöms sannolikheten för uppkomst av betydande erosion samt slamströmmar längs Engelsbäcken och Bergebäcken vara:

- *Låg* längs de övre delarna, ovan Ullådalsvägen
 - Detta på grund av att det endast finns små indikationer på tidigare erosion och slamströmmar, på grund av den begränsade transportkapaciteten samt den begränsade tillgången på jordmaterial i anslutning till bäckarna.
 - Initiering av sedimenttransport eller slamströmmar med mindre volym till följd av skred intill bäckfåror kan dock inte uteslutas, men dessa bedöms inte kunna transporteras utmed långa sträckor utan istället orsaka problem såsom igensättning av trummor.
- *Låg till påtaglig* för de nedre delarna, nedan Ullådalsvägen
 - Detta område karaktäriseras av tydliga ravinformationer och branta slänter med spår av pågående erosion lokalt.
 - Bäckarnas transportkapacitet är betydande och tillgången på jordmaterial kan vara stor till följd av skred i ravinerna (främst i Engelsbäcken).
 - Längden av denna sträcka är dock kort. För att en slamström med betydande volym ska uppstå krävs det därtill en extrem händelse som kan mobilisera den totala tillgängliga volymen längs den aktuella sträckan (skred, erosion). Det finns inga tydliga tecken på att omfattande slamströmmar har förekommit i dessa bäckar under senare tid. Risken för omfattande sedimenttransport eller mindre slamströmmar bedöms emellertid vara mer sannolik.
 - De jordvolymmer som bedöms kunna transporteras av eventuella slamströmmar uppgår till ca 3 000 m³ för Engelsbäcken och 1 600 m³ för Bergebäcken.

Ovanstående bedömning gäller både vid nuvarande förhållanden samt med de nya skidnedfarterna. Resultat från avrinningsutredningen har visat att avrinningsförhållanden samt transportkapacitet för slamströmmar endast marginellt påverkas av anläggningen av de nya skidnedfarterna. Detta är emellertid förutsatt att avrinningsmönstren inte påverkas av de nya skidnedfarterna.

Beräkningar av materialtransport vid en eventuell slamström innehåller en stor andel osäkerheter. De empiriska formler som finns är i huvudsak utvecklade för områden med andra förutsättningar än de som råder inom det studerade området, vilket gör att de resultat som erhålls ska beaktas med försiktighet och i så stor utsträckning som möjligt verifieras med hjälp av dokumenterade händelser i området.

En viktig aspekt som behöver tas hänsyn till är beredskap och åtgärdsplaner i samband med eventuella slamströmmar (utöver de rekommendationer som presenteras i kapitel 6.1). Bedömningarna ovan baseras på ett dimensionerande scenario (ett framtida 100-årsregn). Det bör dock noteras att detta scenario är teoretiskt och faktiska extrema händelser kan ha andra egenskaper: mindre total nederbörds mängd men större intensitetstopp, kombination av flera skyfallshändelser med ett par dagars mellanrum, kombination av skyfall och extrem snösmältning, etc. Det är inte ovanligt att de största konsekvenserna uppstår till följd av en kombination av olika hydrologiska händelser. Detta innebär att ifall skred, sediment-transport och/eller mindre slamströmmar uppkommer i bäckarna, behöver åtgärder skyndsamt vidtas för att minska effekterna av en eventuell efterföljande nederbörds-händelse. Aktuella åtgärder är framförallt att ta bort transporterat material från bäckfårorna och eventuella trummor (återskapa den hydrauliska kapaciteten) samt förstärka skred-områdena.

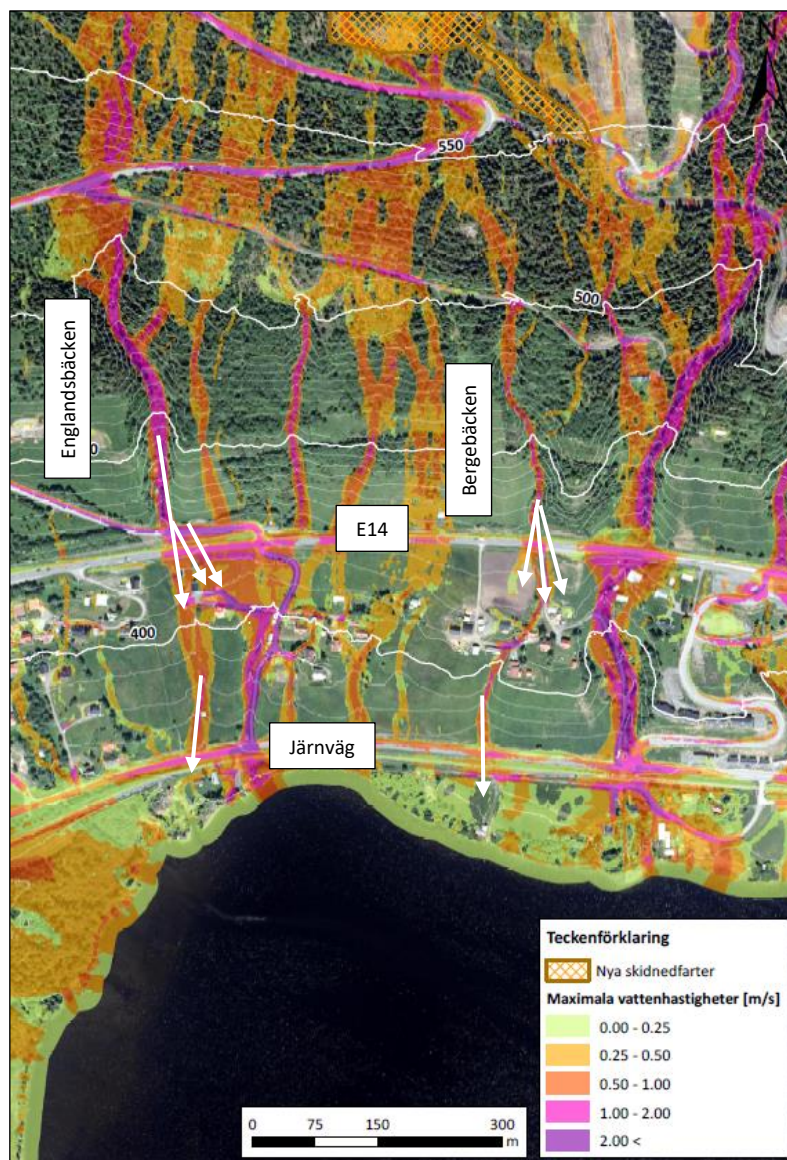
4.3.4 Konsekvenser för nedströms infrastruktur och bebyggelse

Konsekvenserna för nedströms liggande infrastruktur och bebyggelse från en slamström, eller igensatta trummor i kombination med ett högt flöde, kan potentiellt vara mycket stora. Exempel på detta finns från både Ånn och Åre där E14 har spolats bort i samband med slamströmmar.

Områdena längs de nedre delarna av Englandsbäcken och Bergebäcken som bedöms kunna påverkas av en slamström illustreras i Figur 18 och baseras på beräknade vattenhastigheter vid ett framtida 100-årsregn. Det bör noteras att utifrån resultat från avrinningsmodellen är den dimensionerande vattenvolymen vid E14 ca 38 000 m³ i Englandsbäcken respektive och 5 500 m³ Bergebäcken (se avsnitt 4.3.1), d.v.s. ca 13 respektive 3,5 gånger större än tillgänglig materialvolym för slamströmmar (se avsnitt 4.3.2). Framtagna översvämningsskator, som motsvarar översvämningens största utbredning under hela händelsen (vid ett framtida 100-årsregn), bedöms därmed utgöra ett rimligt, men något konservativt, underlag för att uppskatta konsekvenser vid en eventuell slamström.

Det framgår tydligt att bilvägarna har stor påverkan på vattnets flödesvägar som exempelvis följer Ullådalsvägen och dess förlängning nedanför E14. Vidare ses att mycket vatten strömmar ned från Ullådalsvägens serpentin och ger höga vattenhastigheter i flera

mindre bäckar mellan Englandsbäcken och Bergebäcken. Allra främst gäller detta bäcken knappt 200 m öster om Englandsbäcken, vilken precis som Englandsbäcken och Bergebäcken har eroderat och skapat en ravinformation.



Figur 18. Uppskattade transportvägar för eventuella slamströmmar i Englandsbäcken och Bergebäcken (vita pilar), samt utbredning och vattenhastighet i samband med ett framtida 100-årsregn.

Bilvägar bedöms ha mindre påverkan på slamströmmar än på vattnets strömningsmönster. Detta beror främst på slamströmmarnas större tyngd och rörelsemoment. E14:s låga vägbank innebär också att en större slamström inte skulle dämpas i någon större utsträckning av vägbanken, utan troligen fortsätta över vägen och vidare ned mot Åresjön.

Vid överströmning av E14 kan dock slamströmmen spridas och påverka ett större område nedströms. Slamströmmar som lämnar bäckfåran bedöms dock avstanna relativt snabbt.

Både Englandsbäcken och Bergebäcken planar ut något nedströms E14, men med lutningar ned mot Åresjön som generellt är större än 10 %. Detta innebär att slamströmmar i bäckfåror bedöms kunna nå hela vägen ned till järnvägen. Eftersom också järnvägsbanken är låg kan denna bli överströmmad och slamströmmen slutligen nå Åresjön.

Ett antal byggnader bedöms kunna bli drabbade av en eventuell slamström. Dessa ligger längs respektive bäck, mellan E14 och järnvägen. Byggnaderna vid Englandsbäcken bedöms vara de som har störst risk för att bli drabbade, då de ligger närmast E14 och översvämningsskarteringen indikerar en kraftig spridning av vattnet i detta område. Längs Bergebäcken finns det å andra sidan fler hus, så konsekvenserna skulle därmed kunna bli större där.

Det bör dock noteras att utbredningen för de områden som kan drabbas av en slamström inte alls blir lika stor som översvämningens totala utbredning, då den transporterade materialvolymen är förhållandevis liten. Den ungefärliga yta som skulle kunna täckas av en 0,5 m tjock slamström motsvarar för:

- Englandsbäcken: ca 6 000 m² (77 x 77 m)
- Bergebäcken: ca 3 200 m² (57 x 57 m)

5 Slutsatser

Syftet med föreliggande utredning var att komplettera tidigare utförda stabilitets- och avrinningsutredningar kring Rödkullen samt bedöma risken för uppkomst av slamströmmar. Slutsatser vad gäller avrinningsförhållanden, ras och skred samt slamströmmar i Engelsbäcken och Bergebäcken redovisas i följande avsnitt.

5.1 Avrinningsförhållanden

Avrinningsvolymerna i Engelsbäcken och Bergebäcken påverkas endast marginellt av de nya skidnedfarterna, förutsatt att inte avrinningsmönstren förändras. De totala avrinningsvolymerna såväl som de maximala flödena ökar med omkring 1 % vid det undersökta scenariot.

Det kan dock tänkas att förändringar av marknivåer kan ske i samband med anläggning av skidnedfarter eller arbetsvägar inom området. Dessa behöver då utföras på ett sådant sätt att avrinningsmönstren inte påverkas negativt. Detta gäller också eventuell avledning av ytvatten från skidnedfarterna.

5.2 Ras och skred

Anläggandet av nya skidnedfarter har ingen negativ inverkan på stabilitetsförhållanden förutsatt att marknivåer inte förändras. Eventuella skärningar och bankar bör utföras med hänsyn till stabilitet.

De jordmassor som riskerar att frigöras av ras och skred, i området mellan och ovanför Ullådalsvägens serpentin, anses vara försumbara relativt de massor som riskerar att frigöras i Engelsbäckens och Bergebäckens raviner nedanför Ullådalsvägen.

Eventuella ras och skred ovanför Ullådalsvägens serpentin bedöms dock kunna frigöra material i bäckar som kan orsaka igensättning av trummor med potentiella skador på vägen som följd.

5.3 Slamströmmar

Risken för slamströmmar bedöms inte bli påverkad av de nya skidnedfarterna. Detta eftersom skidnedfarterna har begränsad inverkan på avrinningsförhållandena, förutsatt att avrinningsmönstren inte påverkas negativt då dessa anläggs.

För de nedre delarna av Engelsbäcken har den dimensionerande jordvolymen för en eventuell slamström uppskattats till ca 3 000 m³, och motsvarande volym för Bergebäcken till ca 1 600 m³.

Den samlade bedömningen vad gäller risk för slamströmmar i Engelsbäcken och Bergebäcken är:

- Ovanför Ullådalsvägen: **låg risk**
Det finns endast små indikationer på tidigare erosion och slamströmmar och såväl transportkapaciteten som tillgången på jordmaterial i anslutning till bäckarna är begränsad.

- Nedanför Ullådalsvägen: **låg till påtaglig risk**
Området karaktäriseras av tydliga ravinformationer och branta slänter med spår av lokalt pågående erosion. Sträckan är dock kort och har begränsad mängd tillgängligt material, vilket begränsar möjligheten för att omfattande slamströmmar kan uppstå. Risken för omfattande sedimenttransport eller mindre slamströmmar bedöms dock mer sannolik.

För området från E14 och ned till Åresjön finns risk för skador från en eventuell slamström. Detta gäller främst E14 samt byggnaderna längs bäckarna, närmast nedströms E14. Skador vid Årevägen och järnvägen kan inte heller uteslutas. Det bör dock påpekas att betydligt större områden kan påverkas av översvämningar från bäckarna än från slamströmmar.

6 Sammanfattning av utförda utredningar kopplade till exploatering inom Rödkullen-området

6.1 Lista över befintliga utredningar

Sweco har utfört ett flertal uppdrag kopplade till exploateringsplaner inom Rödkullen-området:

- *Översiktlig geoteknisk undersökning "Rödkulleprojektet i Åre"*, utförd av Sweco Infrastructure AB Östersund, daterad 2012-09-28.
- *Skrivbordsstudie "Avrinning och erosion"*, utförd av Sweco Civil AB Östersund, daterad 2014-11-21.
- *Rödkullen – Skred och erosionsutredning, Markteknisk undersökningsrapport (MUR) Geoteknik*, utförd av Sweco Civil AB Östersund 2015-02-27 och kompletterad i 2016–2017 (Sweco, 2017a).

Ovanstående utredningar har sedan använts som underlag till de studier som utfördes under perioden 2016–2017 på uppdrag av Rödkullen Panorama AB:

- *Detaljerad utredning av avrinningsförhållandena vid Rödkullen*, utförd av Sweco Energuide AB, daterad 2017-11-14 (Sweco, 2017b).
- *Detaljerad utredning av stabilitets- och avrinningsförhållanden i Rödkullen, Jämtlands län*, utförd av Sweco Energuide AB, daterad 2017-11-30 (Sweco, 2017a).
- *Rödkullen Dagvattenutredning – utredning av flödessituation och förslag till dagvattenåtgärder utifrån exploatering av Rödkullen*, utförd av Sweco Environment AB Östersund, daterad 2017-11-30 (Sweco, 2017c).

De tre ovanstående studierna sammanfattas i följande avsnitt:

- 6.3 Avrinning och dagvatten.
- 6.4 Ras och skred.
- 6.5 Slamströmmar.

I respektive avsnitt ingår även en beskrivning av resultaten från föreliggande utredning.

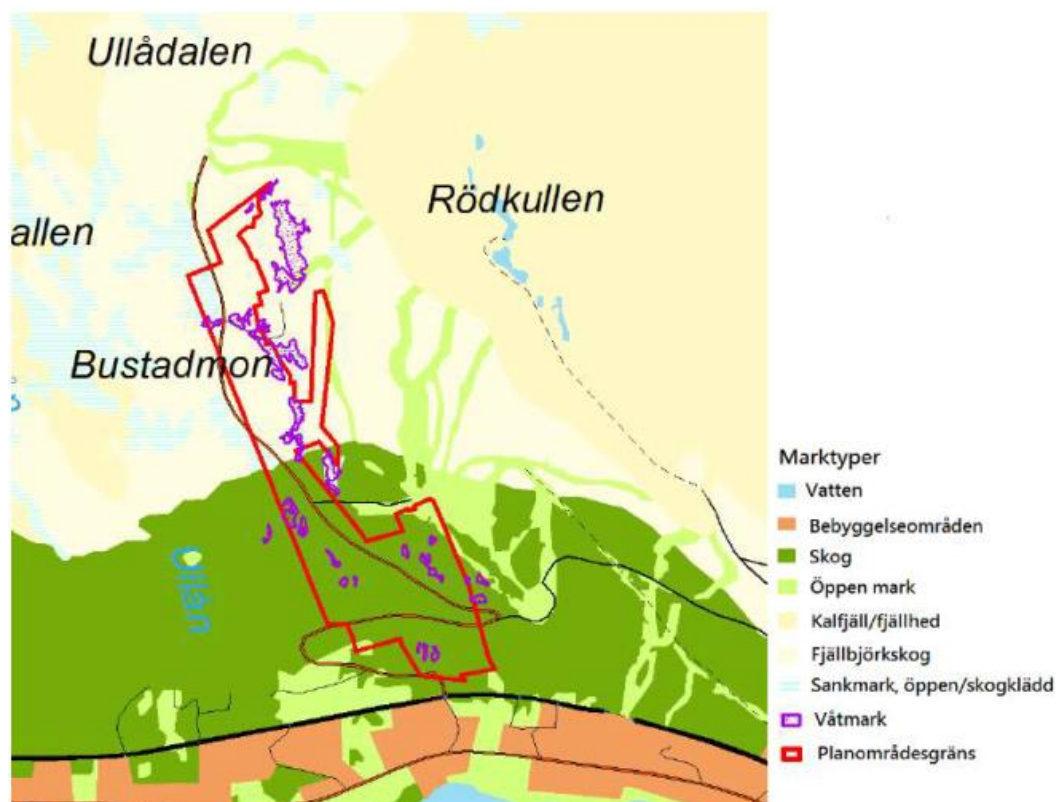
I avsnitt 6.2 presenteras en beskrivning av Rödkullen-området med fokus på den naturliga miljön kopplat till teknikområdet hydrologi och geoteknik samt de studerade exploateringsplanerna.

Det bör noteras att Sweco även har utfört en liknande detaljerad utredning för Bräckebacken på uppdrag av en exploateringsfirma i syftet att identifiera eventuella risker kopplade till avrinning, stabilitet och slamströmmar vid E14 (Sweco, 2019). Denna utredning ingår ej i denna sammanfattning.

6.2 Områdesbeskrivning

Rödkullen-området ligger på bergssidan sydväst om Åreskutan (ca +1275) och avgränsas i syd av både Ullådalsvägen och E14 (ca +400). Marklutningen i området varierar kraftigt. De största lutningarna överstiger 30 grader och förekommer främst utmed bäckarnas slänter men även i den nordöstra delen av det studerade området. Området karaktäriseras av ett tätt nät med mindre bäckar samt av fem stycken större vattenförande bäckar: Ullån, Buustabäcken, Englandsbäcken, Bergebäcken och Bräckeäcken. Bäckarnas karaktär varierar ibland kraftigt inom området. Ovanför Rödkullen centrum är bäckarna kanaliserade i grunda fåror och nedanför Ullådalsvägen rinner Englandsbäcken, Bergebäcken och Bräckeäcken i branta och lokalt djupa ravinformationer.

Områdets topografi och bäckar redovisas i Figur 2 samt Figur 1 (se kapitel 2). Markanvändningen redovisas i Figur 19 tillsammans med gränsen för planområdet som studerats i Swecos senaste utredningar (2017a, b och c).



Figur 19. Markanvändning inom Rödkullen-området (Sweco, 2017c).

Exploateringen som har studerats på uppdrag av Rödkullen Panorama AB består av sju delområden där bostäder, centrum, vägar samt skidnedfarter planeras (Sweco, 2017c).

Inom ramen av föreliggande utredning har dock endast exploatering i form av tillkommande skidnedfarter utretts, se Figur 3 i avsnitt 2.3.

6.3 Avrinning och dagvatten

Avrinningsförhållanden inom studieområdet har studerats med hjälp av en tvådimensionell hydraulisk modell i vilken marktopografin, inklusive bäckar, beskrivs i hög upplösning för att kunna simulera de aktuella flödesvägarna på ett så noggrant sätt som möjligt. Syftet med denna modellering var att dels ta fram kartor över de aktuella flödesvägarna för planering av dagvattenåtgärder dels att ta fram dimensionerande flödesuppgifter vid utredning av stabilitetsförhållanden och slamströmmar.

Den framtagna avrinningsmodellen redovisas i *Detaljerad utredning av avrinningsförhållandena vid Rödkullen*, utförd av Sweco Energuide AB och daterad 2017-11-14 (Sweco, 2017b). Avrinningsmodellen som användes i denna utredning har följande karaktäristika:

- Modellen omfattar ett 8,9 km² stort område, från Ullån i väst till Bräckebacken i öst och mellan Åresjön upp till Åreskutan. Modellens upplösning varierar mellan ca 1 m och 3 m vilket innebär att i princip alla flödesvägar som ingår i terrängmodellen beskrivs.
- Marktopografin beskrivs med hjälp av terrängmodeller motsvarande nuvarande förhållanden (år 2017) samt även konfiguration med exploateringen (Rödkullen Panorama AB). Byggnader med en yta större än 30 m² inkluderats.
- Mer än 200 st. trummor har inkluderats i modellen.
- Infiltration simuleras med hjälp av infiltrationskoefficienter för totalt 12 st. olika markanvändningsklasser.

I avrinningsmodellen har följande hydrologiska scenarier simulerats:

- Framtida 5-årsregn utan infiltration med snösmältning (vårregn).
- Framtida 10-årsregn med infiltration (höstregn).
- Dagens 100-årsregn med infiltration (höstregn).
- Framtida 100-årsregn med infiltration (höstregn).

I föreliggande utredning har avrinningsmodellen använts för att simulera förändring av avrinningsflöden vid anläggning av nya skidnedfarter nordost om Rödkullen centrum vid ett framtida 100-årsregn. Ingen hänsyn togs av eventuella topografiska förändringar vid utförandet p.g.a. att underlag saknas.

Resultat från utförda avrinningsanalyser vad gäller påverkan av olika exploateringar sammanfattas nedan:

- Påverkan av planområdet (Rödkullen Panorama AB) – Sweco (2017b):
 - Den simulerade exploateringen medför lokalt stora förändringar i avrinningsmönstren.
 - Avrinningsflöden i bäckarna förändras med störst påverkan i Buustabäcken (17 %). Påverkan är mindre i Norra Rödkullen och Englandsbäcken (upp till + 8%) medan marginell eller positiv påverkan fås i Norra Buustabäcken, Västra Buustabäcken och Bergebäcken. Det bör noteras att dessa resultat är specifika för den simulerade exploateringen (byggnader, vägar, trummor osv.).
- Påverkan på avrinningsförhållanden i Englandsbäcken och Bergebäcken p.g.a. anläggning av nya skidnedfarter:
 - Avrinningsvolymerna påverkas marginellt av den planerade markanvändningen med en ökning av såväl de totala avrinningsvolymerna som de maximala flödena på omkring 1 % vid det studerade scenariot.
 - Det bör noteras att inget underlag kring eventuellt förändrade marknivåer inom området för de nya skidnedfarterna att funnits att tillgå. Viss lokal förändring av marknivåer kan dock ske i samband med markarbeten. Dessa markarbeten bör utföras på ett sådant sätt att avrinningsmönstren inte påverkas negativt.

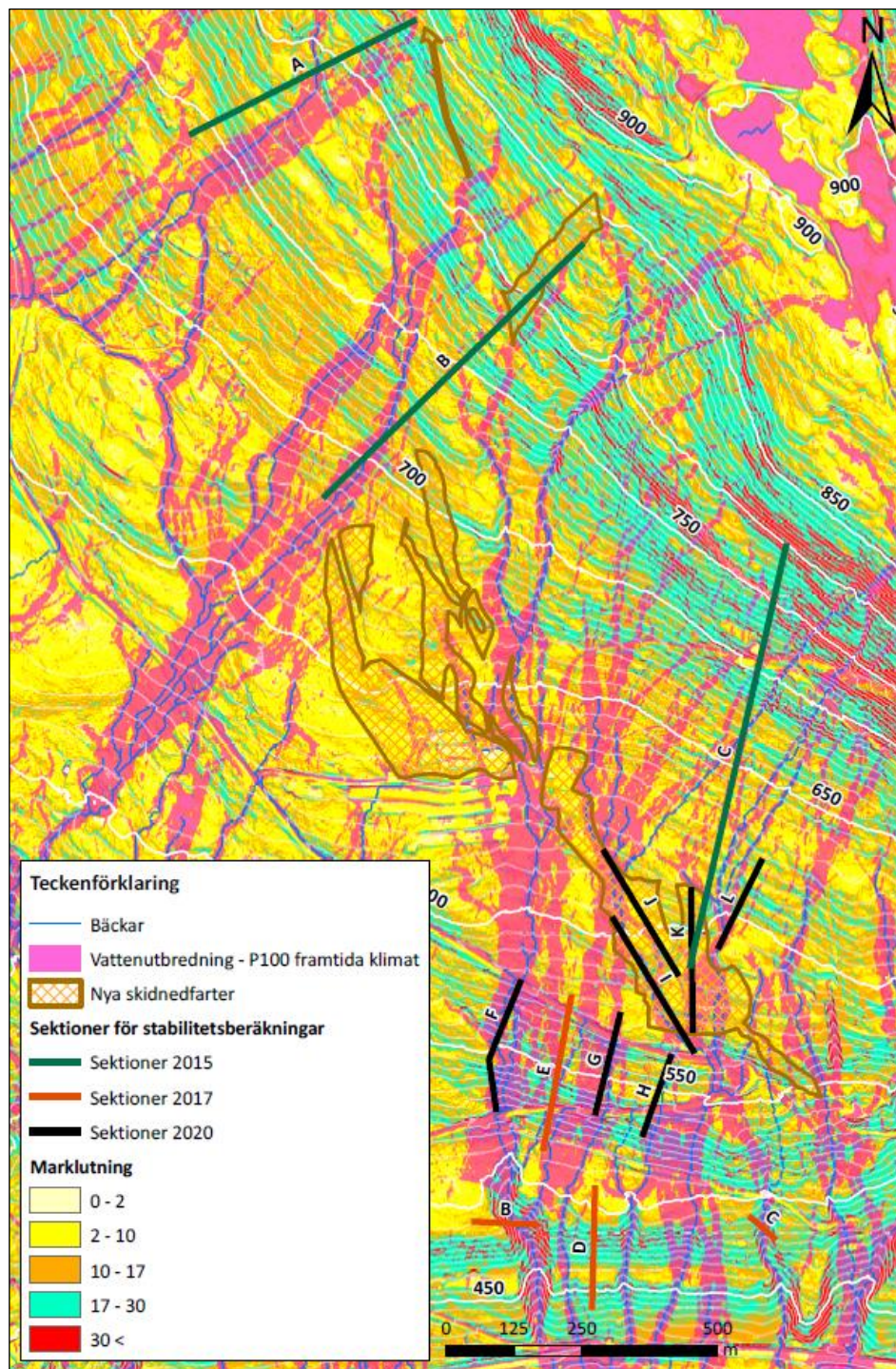
Beräknade avrinningsvolymerna har även använts vid uppskattning av risk för markerosion (Sweco, 2017a) samt vid framtagning av dagvattenåtgärder i samband med Rödkullen Panoramas planprogram (Sweco, 2017c).

6.4 Ras och skred

Stabilitetsberäkningar har utförts i tre olika utredningar vid följande beräkningssektioner:

- Tre långa beräkningssektioner norr om Rödkullen längs fjällsidan ovanför planområdet i *Rödkullen – Skred och erosionsutredning, Markteknisk undersökningsrapport (MUR) Geoteknik*, utförd av Sweco Civil AB Östersund 2015-02-27 och kompletterad i 2016–2017 (Sweco, 2017a).
- Två sektioner inom planområdet samt två sektioner i ravinformationerna i Englandsbäcken samt Bergebäcken i *Detaljerad utredning av stabilitets- och avrinningsförhållanden i Rödkullen, Jämtlands län*, utförd av Sweco Energuide AB, daterad 2017-11-30 (Sweco, 2017a).
- Fyra sektioner vid de planerade skidnedfarterna vid Rödkullen centrum samt tre sektioner i Ullådalsvägens serpentinkurva inom ramen av föreliggande utredning.

En karta över samtliga beräkningssektioner redovisas i Figur 20.



Figur 20. Samtliga beräkningssektioner för släntstabilitet.

Beräkningar har utförts enligt riktlinjer och rekommendationer från SGI, 2005: *Stability and run-off conditions – Guidelines for detailed investigation of slopes and torrents in till and coarse-grained sediments* samt Skredkommissionen rapport 3:95.

Resultat från dessa beräkningar sammanfattas nedan:

- Stabilitetsförhållanden ovanför Rödkullen centrum:
De utförda beräkningarna visar att stabilitetsförhållanden inte är tillfredställande. De mest kritiska glidytor ligger i de övre fjällsluttningarna och förekommer på ett avstånd av mer än 500 m från exploateringsområdena. Mellan glidytor och exploateringsområdena finns dock plana områden där möjliga skred eller initierade slamströmmar i slänterna sprids ut och stannar och de bedöms därmed inte kunna påverka exploateringsområdet.
- Stabilitetsförhållanden inom planområdet samt i Ullådalsvägens serpentinkurva:
De utförda beräkningarna visar att stabilitetsförhållanden inte är tillfredställande vid de undersökta sektionerna. Rekommendationer för fördjupad utredning vid Ullådalsvägen samt restriktioner för exploatering beskrivs i kapitel 7 samt i (Sweco, 2017a). Eventuella ras och skred ovanför Ullådalsvägens serpentin bedöms kunna frigöra material i bäckar som kan orsaka igensättning av trummor med skador på vägen, dock inte i en sådan omfattning att risk för slamströmmar nedanför Ullådalsvägen ökar nämnvärt.
- Stabilitetsförhållanden i Englandsbäcken och Bergebäcken:
Beräkningarna visar att stabilitetsförhållandena i ravinbildningarna inte är tillfredsställande. Detta har beaktats i riskbedömning för slamströmmar.
- Stabilitetsförhållanden vid de planerade skidnedfarterna nordost om Rödkullen centrum:
De utförda beräkningarna visar att anläggandet av nya skidnedfarter inte har någon negativ påverkan på stabilitetsförhållanden förutsatt att marknivåer inte förändras. Eventuella skärningar och bankar ska göras med hänsyn till stabilitet.

6.5 Slamströmmar

En slamström är en flytande massa av vatten och jord som rör sig längs en bäck eller en sluttning. Slamströmmar uppstår i samband med intensiva nederbördstillfällen, men kan också initieras av skred som frigör vattenmättade jordmassor. Slamströmmens volym ökar ofta successivt nedströms och kan då dra med sig sten, block, träd m.m. samt orsaka stora skador.

Slamströmmar är ett fenomen som tidigare har inträffat i Åredalen. Observationer för just Englandsbäcken och Bergebäcken tyder dock på att bäckarna, under den senare tiden, inte har drabbats av omfattande slamströmmar. Spår av intensiv sedimenttransport eller mindre slamströmmar finns dock lokalt.

Förutsättningar för slamströmmar i Englandsbäcken och Bergebäcken har studerats utifrån följande moment:

- Uppskattning av transportkapacitet.
- Uppskattning av tillgänglig materialvolym vilken i stor grad baseras på observationer från utförd fältinventering (Sweco, 2017a).

Resultat från analysen sammanfattas nedan:

- I Englandsbäcken är transportkapaciteten som högst i den branta sträckan mellan Ullådalsvägens nedre del och E14, ca 10 500 m³, vilket är ca 3 till 4 gånger större än den uppskattade tillgängliga materialvolymen, ca 3 000 m³.
- I Bergebäcken är transportkapaciteten som högst i den branta sträckan mellan Ullådalsvägens nedre del och E14, ca 1 600 m³, vilket ligger i samma storleksordning som den uppskattade tillgängliga materialvolymen, ca 1 300 m³.
- Den dimensionerande volymen för en eventuell slamström har därmed uppskattats till ca 3 000 m³ och ca 1 600 m³ i Englandsbäcken respektive Bergebäcken.
- Den samlade bedömningen vad gäller risk för slamströmmar i dessa bäckar är som följer:
 - Ovanför Ullådalsvägen: **låg risk**. Det finns endast små indikationer på tidigare erosion och slamströmmar, på grund av den begränsade transportkapaciteten och begränsade tillgången på jordmaterial i anslutning till bäckarna.
 - Nedanför Ullådalsvägen: **låg till påtaglig risk**. Detta område karaktäriseras av tydliga ravinformationer och branta slänter med spår av pågående erosion lokalt. Aktuell sträcka är dock kort samt med begränsad total tillgänglig materialvolym vilket begränsar möjligheten för att omfattande slamströmmar kan uppstå. Risken för omfattande sedimenttransport eller mindre slamströmmar bedöms dock mer sannolik.
- Ovanstående bedömningar gäller både vid nuvarande och framtida förhållanden, d.v.s. vid de studerade exploateringarna (Rödkullen Panorama samt nya skidnedfarter nordost om Rödkullen centrum). Bedömningarna baseras på exploateringarnas begränsade påverkan på avrinningsförhållandena. Slutsatsen gäller dock enbart om avrinningsmönstren inte påverkas negativt av exploateringarna. Se även rekommendationerna i avsnitt 7.
- I föreliggande utredning har de förväntade konsekvenserna av en eventuell slamström i Englandsbäcken och Bergebäcken beskrivits i detalj. Området från E14 och ned till Åresjön är främst känsligt för översvämningar från bäckarna. I detta område bedöms det att risken för skador p.g.a. en eventuell slamström är som störst vid E14 samt vid byggnaderna som ligger i närheten av bäckarna. Skador vid Årevägen och järnvägen kan inte heller uteslutas.

6.6 Rekommendationer

Rekommendationerna som har formulerats inom ramen av de utredningarna som sammanfattas i detta kapitel redovisas i helhet i föreliggande rapport, se avsnitt 7.

7 Rekommendationer för åtgärder och förstärkning

I Swecos utredning från 2017 (Sweco, 2017a) formulerades rekommendationer som bedöms relevanta även inom ramen av denna utredning. Rekommendationerna har därtill kompletteras utifrån resultat från föreliggande utredning:

- Sträva efter så liten generell flödesökning som möjligt i vattendragen inom det aktuella området. Detta gäller vid utformning av de planerade skidnedfarterna strax nordost om Rödkullen centrum samt även vid framtida exploatering inom området. Dagvatten från byggnader och hårdgjorda ytor bör vara så jämnt fördelade som möjligt och eftersträva nuvarande förhållanden så långt det är möjligt, utjämningsmagasin kan behövas. Sammanledning av flöden i bäckar kan ge konsekvenser i form av ökad erosion.
- Vid förändringar i flödesförhållanden i enskilda vattendrag efter exploatering bör förstärkningsåtgärder vidtas för att minska risken för erosion. Framförallt inom bäckar och områden som inte redan eroderats ner till berg. Förstärkningsåtgärder kan vara av energiminskande eller erosionsdämpande karaktär, exempelvis erosionsskydd eller trappsteg.
- En skogsvårdsplan bör upprättas för raviner i anslutning till Engelsbäcken och Bergebäcken mellan Ullådalsvägens serpentin och E14. Naturlig vegetation ska behållas i så stor utsträckning som möjligt för att minska risken för erosion eller markskador där erosion, ras eller slamströmmar kan initieras. All vegetation inom ravinbildningarna bör behållas, om delar av befintlig vegetation måste tas bort ska området som berörs omedelbart erosionsskyddas med nytt yttäckande erosions-skydd. Död vegetation, exempelvis träd, grenverk och dylikt bör vid andra arbeten i området rensas bort från bäckar och raviner för att minska risken att de transporteras med och sätter igen trummor vid höga flöden. Galler kan anläggas uppströms trummor som kompletterande åtgärd.
- Det rekommenderas att definiera åtgärdsplaner som en del av en beredskapsplanering vid eventuella slamströmmar i syftet av att minimera eventuella konsekvenser ifall flera händelser uppkommer inom samma område under kort tid.
- Etablering av byggnader inom riskområden för skred och ras kring ravinerna i området nedanför nedre delen av Ullådalsvägen samt området mellan nedre och övre Ullådalsvägen får inte tillåtas. Se Figur 21 samt stabilitetsberäkningar i (Sweco, 2017a). Inom området norr om Ullådalsvägens södra del bör en fördjupad utredning kring stabilitetsförhållanden som kan påverka befintlig väg utföras. I detta område får inte heller något ytvatten skickas ut över slänten.



Figur 21. Begränsningslinjer inom planområdet. Område där fördjupad utredning för befintlig väg rekommenderas visas inom den streckade polygonen (Sweco, 2017a).

8 Referenser

Andersson, M., Lundström, K., 2018. *Förstudie och översiktlig kartering av stabiliteten i raviner och slänter i morän och grov sedimentjord*, Åre kommun, Jämtlands län, SGI, MSB

Chow, Maidment, Mays, 1988. *Applied Hydrology*.

García Díaz, 2005. *Analysis of Manning coefficient for small-depth flows on vegetated beds*. Hydrological processes vol. 19.

Räddningsverket, 2007. *Översiktlig kartering av stabilitets- och avrinningsförhållanden i raviner och slänter i morän och grov sedimentjord, metodbeskrivning*. Beställningsnummer P21-484/07.

SMHI, 2015. *Framtidsklimat i Jämtlands län – enligt RCP-scenarier*. Klimatologi Nr 34.

Svenskt Vatten, 2011. *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*. Publikation P104.

Sweco 2017a. *Detaljerad utredning av stabilitets- och avrinningsförhållanden i Rödkullen, Jämtlands län*. Sweco Energuide AB. 2017-11-30.

Sweco 2017b. *Detaljerad utredning av avrinningsförhållandena vid Rödkullen*. Sweco Energuide AB. 2017-11-14.

Sweco, 2017c. *Rödkullen Dagvattenutredning – utredning av flödessituation och förslag till dagvattenåtgärder utifrån exploatering av Rödkullen*, Sweco Environment AB. 2017-11-30.

Sweco 2019. *Utredning av avrinningsförhållanden, slamströmmar, sedimenttransport och skred i Bräckebacken, Åre*. Sweco Energy AB. 2019-01-30.

United States Department of Agriculture (USDA), 1986. *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Technical release 55.

BILAGA 1

Översvämningsskator

N

W

E

S

0

125

250

500

750

1 000

Meter

Maximalt vattendjup [m]

0.05 - 0.10

0.10 - 0.25

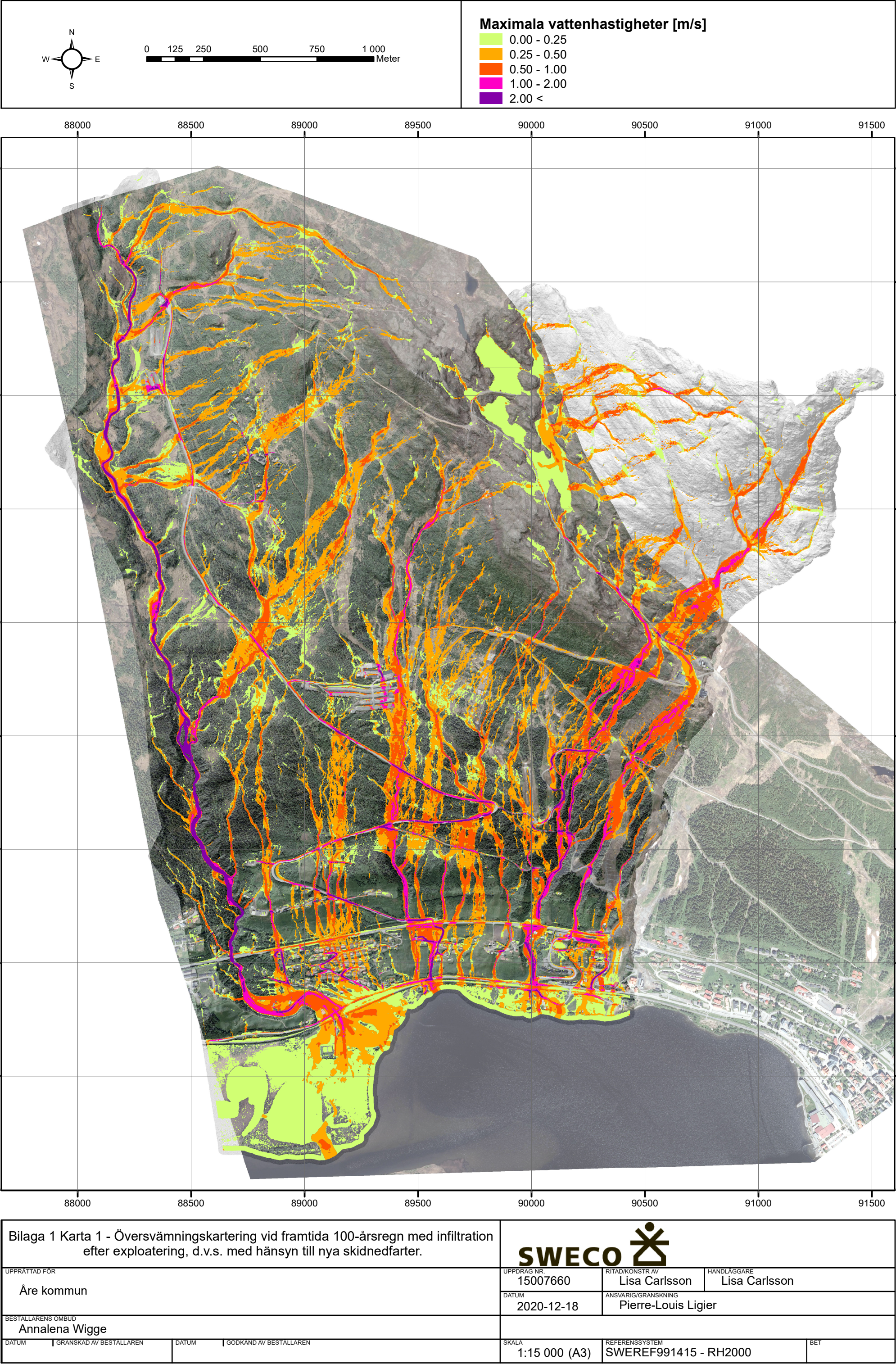
0.25 - 0.50

0.50 - 1.00

1.00 - 2.00

2.00 <

Bilaga 1 Karta 1 - Översvämningskartering vid framtida 100-årsregn med infiltration efter exploatering, d.v.s. med hänsyn till nya skidnedfarter.				SWECO		
UPPRÄTTAD FÖR				UPPDRAG NR.	RITAD/KONSTR AV	HANDLAGGARE
Åre kommun				15007660	Lisa Carlsson	Lisa Carlsson
BESTÄLLARENS OMBUD				DATUM	ANSVARIG/GRANSKNING	
Annalena Wigge				2020-12-18	Pierre-Louis Ligier	
DATUM	GRANSKAD AV BESTÄLLAREN	DATUM	GODKÄND AV BESTÄLLAREN	SKALA	REFERENSSYSTEM	BET
				1:15 000 (A3)	SWEREF991415 - RH2000	



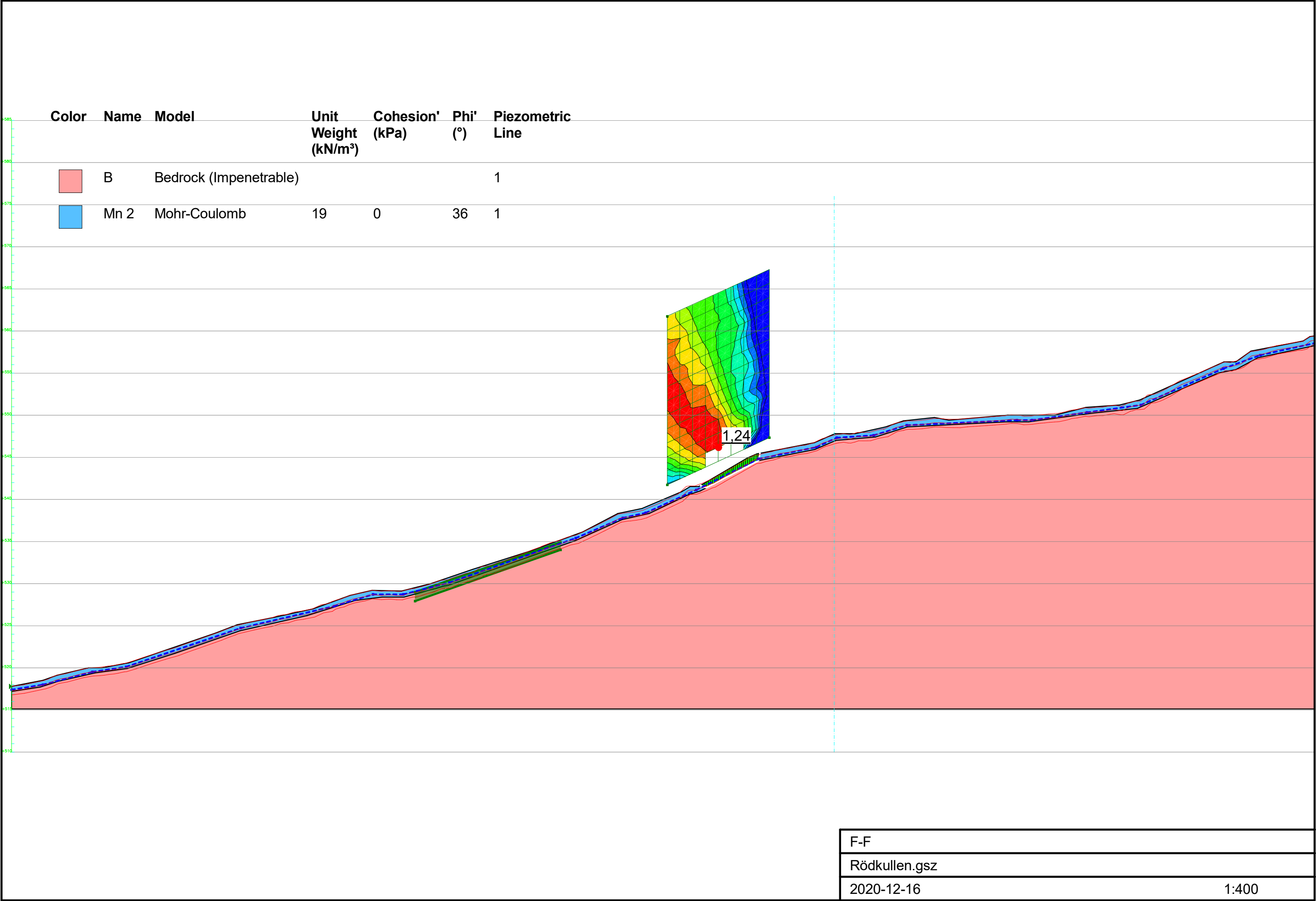
BILAGA 2

Stabilitetsberäkningar



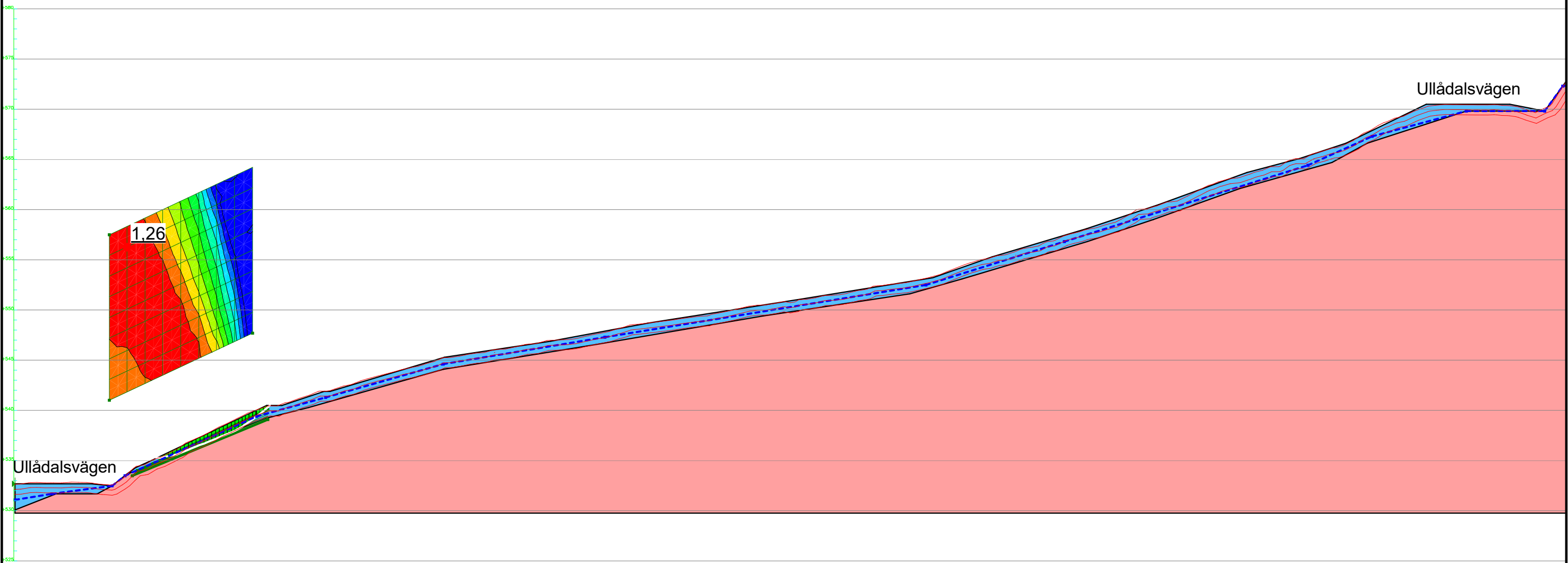
Bef skidnedfart
 Föreslagen skidnedfart
 Nyckelbiotop
 Objekt med naturvärde
 Myr
 Våtmark
 Programområdesgräns

REV	ANDRINGEN AVSER	GODK	DATUM
		GEOTEKNISK UTREDNING	
		RÖDKULLEN	
		STABILITETSUTREDNING RAS, SKRED OCH SLAMSTRÖMMAR	
		GEOTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR	
UPPDRAGSSANSVARIG	UPPDRAGNSNUMMER		
SEPPPP	15007660		
KONSTR	GRANSK	KONSTRUKTIONSNR	REV
SEBAGG		FORMAT A1	SKALA 1:2000
Sundsvall	2020-12-15	OBJEKT NR	RITINGSNR
		G-10-1-001	



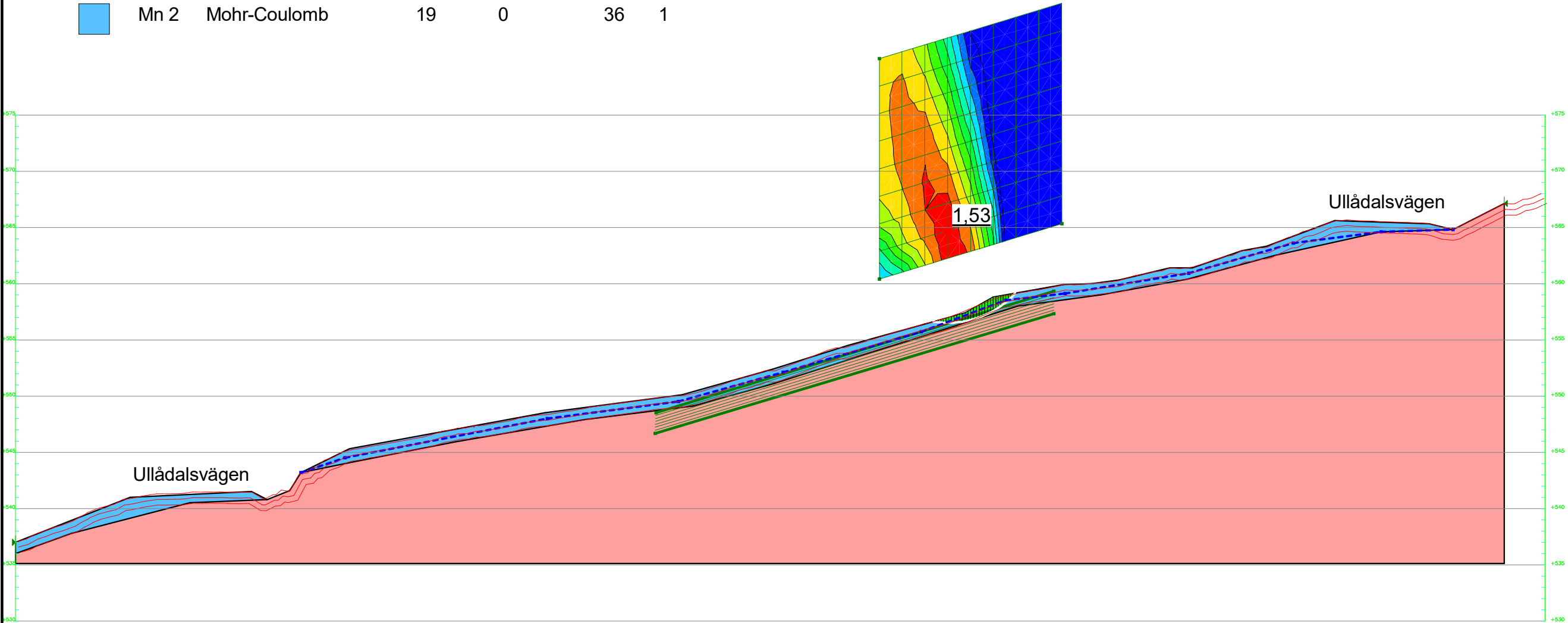
Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Piezometric Line
	B	Bedrock (Impenetrable)				1
	Mn 2	Mohr-Coulomb	19	0	36	1

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Piezometric Line
	B	Bedrock (Impenetrable)				1
	Mn 2	Mohr-Coulomb	19	0	36	1



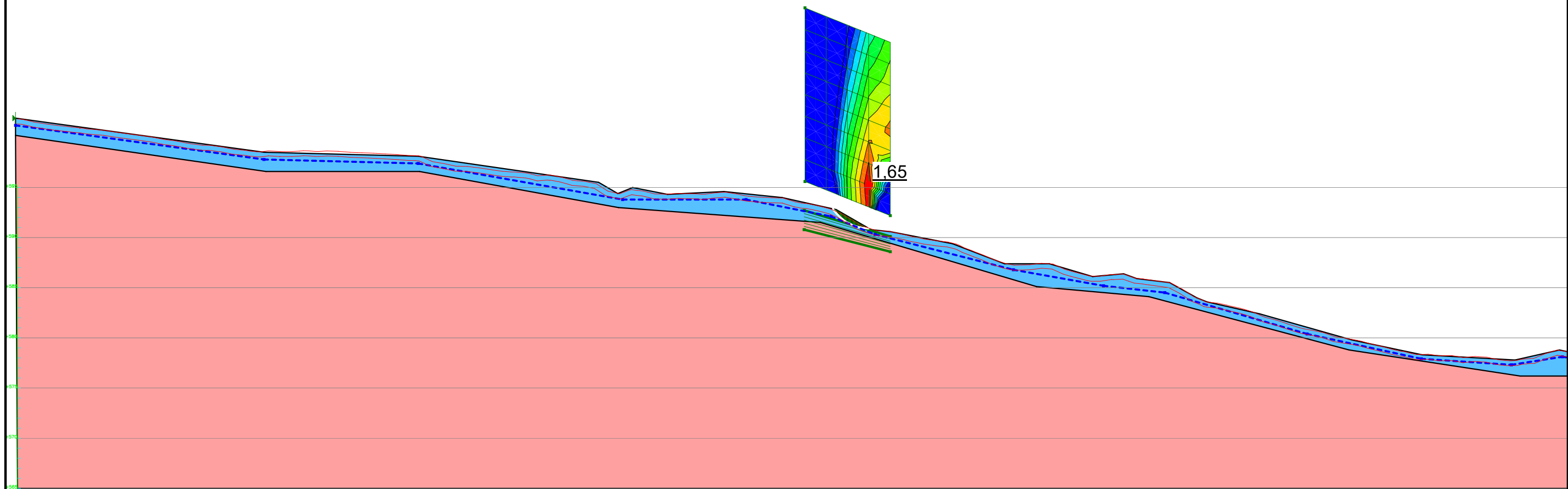
G-G
Rödkullen.gsz
2020-12-16
1:400

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Piezometric Line
	B	Bedrock (Impenetrable)				1
	Mn 2	Mohr-Coulomb	19	0	36	1



H-H
Rödkullen.gsz
2020-12-15
1:400

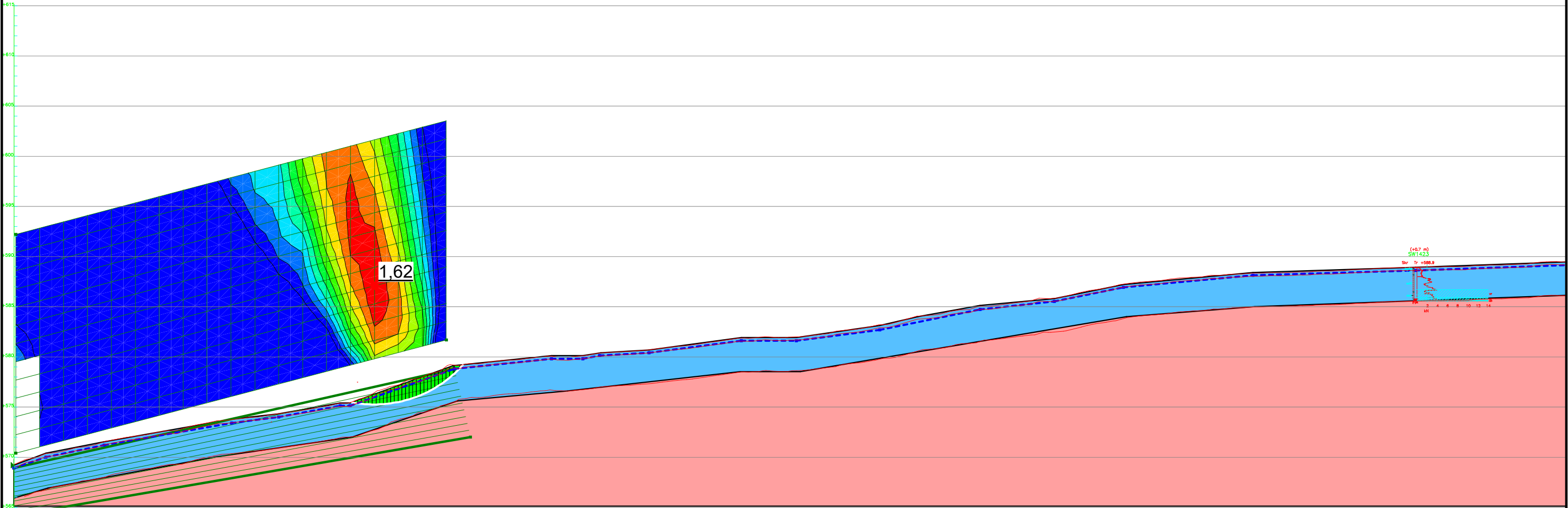
Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Piezometric Line
	B	Bedrock (Impenetrable)				1
	Mn	Mohr-Coulomb	21	0	39	1



I-I
Rödkullen.gsz
2020-12-161:400

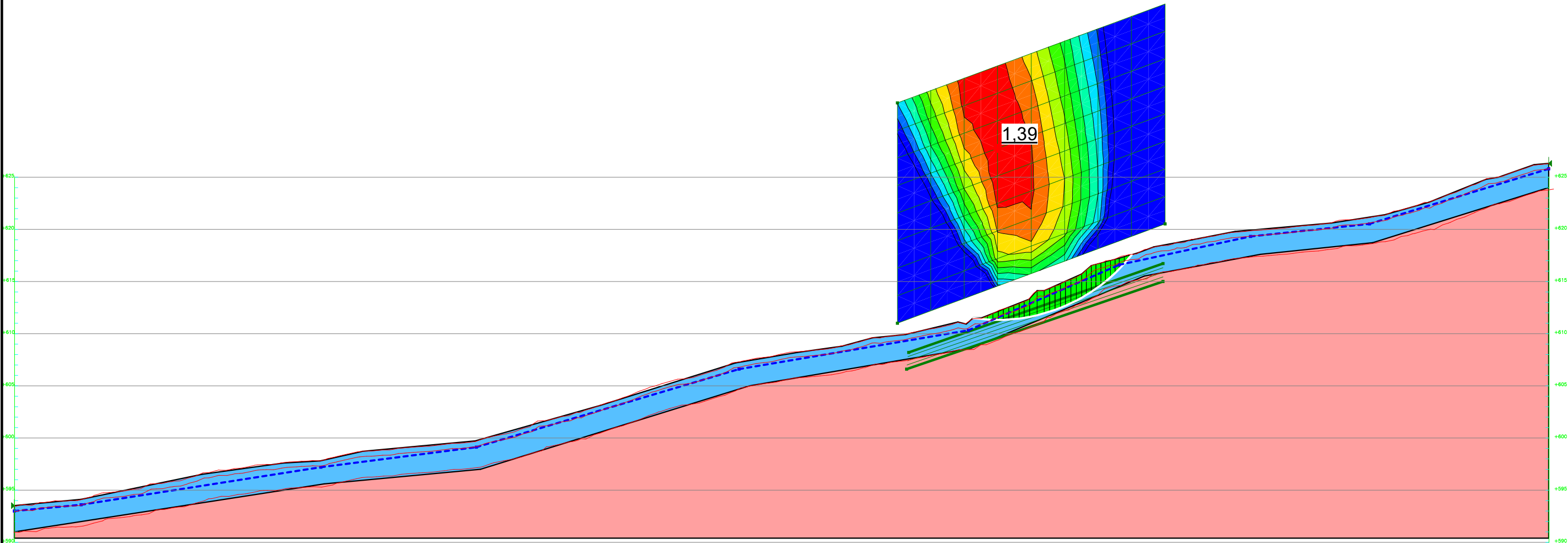


Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Piezometric Line
	B	Bedrock (Impenetrable)				1
	Mn	Mohr-Coulomb	21	0	39	1



K-K
Rödkullen.gsz
2020-12-16
1:400

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m³)	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)	Piezometric Line
	B	Bedrock (Impenetrable)				1
	Mn	Mohr-Coulomb	21	0	39	1



L-L
Rödkullen.gsz
2020-12-161:400