

# PM BERGTEKNIK

## ANALYS AV BERGRUMSSTABILITET INFÖR NYBYGGNATION PÅ CAMPUS GRÄSVIK

2020-04-06



# PM BERGTEKNIK

Analys av bergrumsstabilitet inför nybyggnation på  
campus Gräsvik

## KUND

**Karlskrona Kommun**

## KONSULT

### **WSP Samhällsbyggnad**

Box 8094

WSP Sverige AB

700 08 Örebro

Besök: Krontorpsgatan 1

Tel: +46 10 7225000

**wsp.com**

## KONTAKTPERSONER

Anna Grönholm

[Anna.gronholm@wsp.com](mailto:Anna.gronholm@wsp.com)

T +46 (0)10-722 76 76

M +46 (0)70 237 18 30

UPPDRAGSNAMN  
Utredning bergrum Gräsvik

UPPDRAGSNUMMER  
10296467

FÖRFATTARE  
Anna Grönholm

DATUM  
2020-04-06

ÄNDRINGSDATUM  
2020-05-05

Granskad av  
E Rudegran

Godkänd av  
M Bergenudd

## INNEHÅLL

1	INLEDNING	5
2	OMFATTNING	5
3	BERGRUMMET	6
4	GEOLOGI	8
5	BERGKVALITET	9
6	BERÄKNINGAR	10
7	RESULTAT	13
8	SLUTSATSER	15
9	REKOMMENDATIONER	16
10	BILAGOR	17

# 1 INLEDNING

För delar av Campusområdet Gräsvik i Karlskrona är en ny detaljplan under framtagande (se Figur 1). I samband med detta önskar kommunen utreda möjligheterna att bygga ovanpå ett befintligt bergtrum inom området. I dagsläget finns ett visionsdokument framtaget för området och Tengbom Arkitekter har tagit fram ett utkast på en byggnad. Denna byggnad har 4 våningar och det finns även planer på en källarvåning. Det finns inga laster att utgå ifrån och byggnadsvolymen kan komma att justeras beroende på resultaten av denna analys. En framtida användning av bergtrummet är ännu inte utredd.

WSP har tidigare (2017) genomfört en analys som fokuserade på bergtrummetts stabilitet och skick. Då var det fortfarande oklart vilken typ av byggnad som var tänkt att uppföras ovanför bergtrummet. WSP har nu fått i uppdrag att göra en fortsatt analys av bergtrummetts stabilitet och utreda byggbarheten ovanför bergtrummet.



Figur 1 Markerat område är aktuellt för ny Detaljplan. Blå pil markerar läge för huvudingång till bergtrummet. Figur tillhandahållen av Karlskrona kommun.

## 2 OMFATTNING

Utredningen har utförts genom en berggrundsgeologisk kartering med syfte att få information om bergets egenskaper, vilka ligger till grund för en stabilitetsanalys. En scanning av bergtrummet och markytan ovanför har utförts för att genom denna få exakt position för bergtrummet samt kunna avgöra bergtäckningen ovanför bergtrummet. För att få information om djup ner till berg har en geoteknisk undersökning utförts.

Resultaten från fältundersökningarna har använts vid en stabilitetsanalys och en bedömning av möjligt grundläggningsdjup för planerad byggnad.

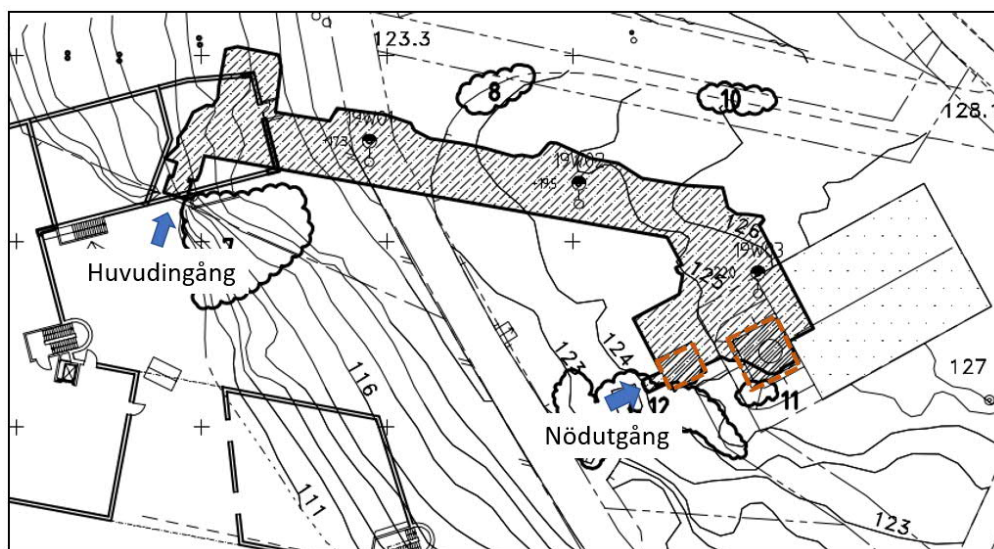
### 3 BERGRUMMET

Bergrummet är troligen byggt under 1940-talet av Försvarsmakten och används idag för transformatorer. Ingången till bergrummet ligger under en byggnad benämnd Forskarskola, byggnad 5. Byggnaden är ca 20 år gammal och i samband med bygget gjordes en förstärkning vid bergrummets entré med bergbult och sprutbetong. Ovanför bergrummet finns idag lokalgator och parkeringsytor, se Figur 2. Vid nödutgången, som är ett vertikalschakt med spiraltrappa, finns en fjärrkyleanläggning. Denna syns i Figur 2 till höger nedanför nödutgången.



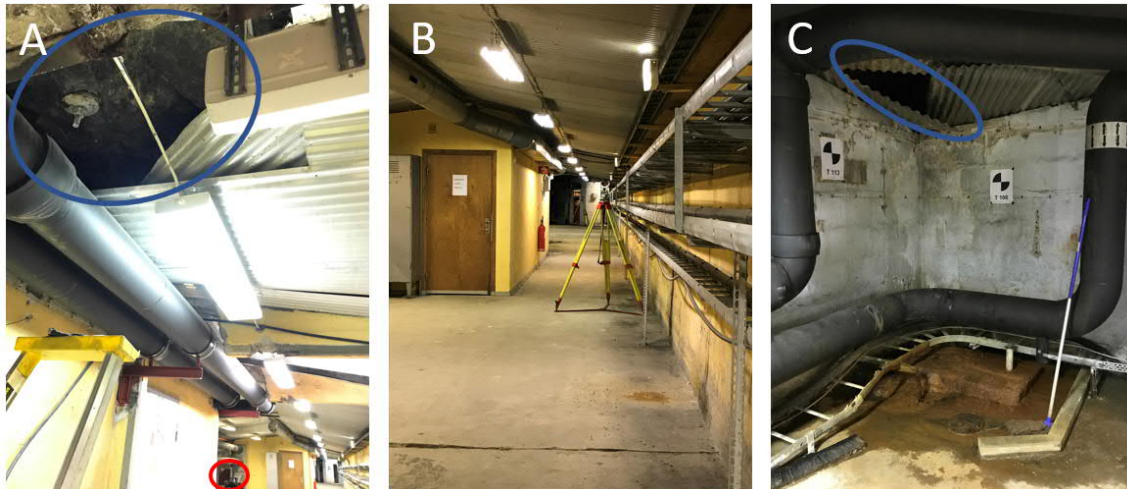
Figur 2 Översikt över markytan ovanför bergrummet med huvudingång och nödutgång angivna.

Bergrummet är ca 65 m långt. Efter entrén svänger rummet mot öster och en ca 55 m lång korridor följer, se Figur 3. Därefter övergår bergrummet i en högre del, som är ca 6–7 m hög invändigt. Här finns även ett ventilationsschakt som mynnar vid markytan. Bergrummet avslutas i ett vertikalschakt som fungerar som nödutgång.



Figur 3 Plan över bergrummet, som är skrafferat i grått. Huvudingång och nödutgång markeras med blå pilar. De två vertikala schakten har streckats med orange färg.

Inuti bergrummet finns betongväggar och plåttinnertak. Det är endast via inspektionssluckor i väggarna (ca 0,8\*0,8 m) och lösa takplåtar som berget går att inspektera, se Figur 4. Avstånd mellan innertak och berg varierar mellan ca 0,2–2 m.



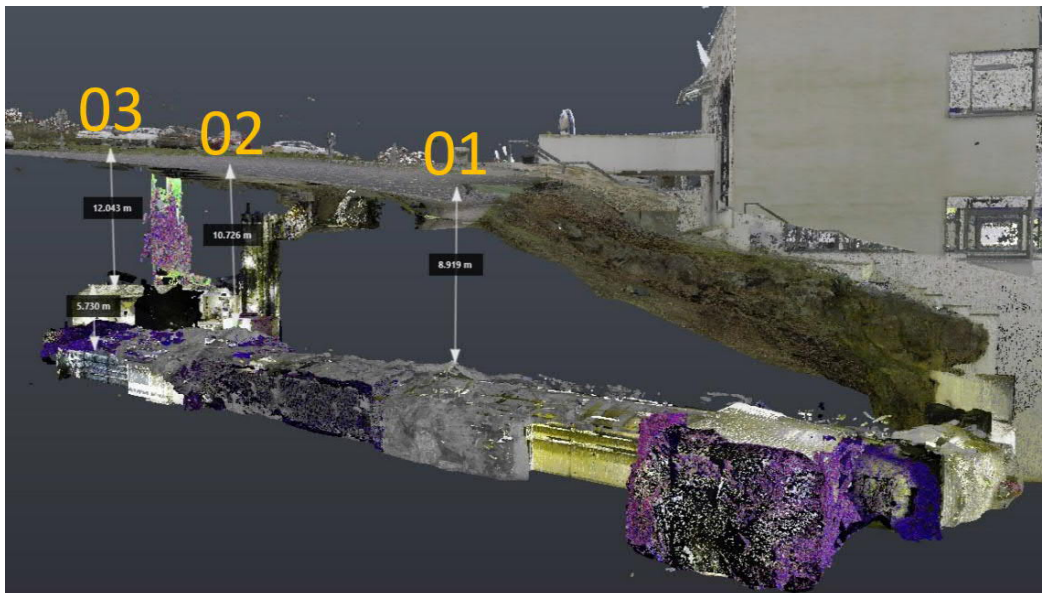
Figur 4 Bilder inifrån bergrummet. Bild A visar del av innertaket som sitter löst och där berget är synligt. Här syns även en bergbult. Inringat i rött är en inspektionsslucka. Bild B visar korridoren. Bild C visar öppning i innertaket. Här upptäcktes även ett borrhål i bergtaket vid scanningen, varifrån det droppade vatten.

Markytan ovanför bergrummet stiger österut, se höjdkurvor i Figur 3. För att få information om avståndet från markytan ner till berg borrades tre jordbergsonderingshål ovanför bergrummet. Borrningen visar att avstånd från markyta ner till berg är ca 0,8 m i borrhål 19W01 och 19W02, se Tabell 1. För borrhållarnas lägen i profil, se Figur 5. I borrhål 19W03 borrades en betongplatta igenom och här nåddes berg först på ca 4,3 m djup. Borrhållarnas lägen i plan syns i Figur 3. Resultat från borrningen redovisas i Bilaga 3.

Borrhål	Djup från marknivå till bergrum	Djup från marknivå till bergnivå	Bergtäckning
19W01	8,9 m	0,8 m	8,1 m
19W02	10,7 m	0,8 m	9,9 m
19W03	12,0 m	4,3 m	7,7 m

Tabell 1 Resultat från borrning ovanför bergrummet.

Laserscanningen i Figur 5 visar även de två vertikala schakten, mellan punkt 19W02 och 19W03, samt till höger om punkt 19W02.



Figur 5 Scanningmodell av bergrummet sett från norr mot söder. Läget för de tre borrhöjarna 19W01-19W03 visas som 01-03. Punkt 01 och 02 är borrhöjda ovanför korridoren, punkt 03 är borrhöjda ovanför den höga delen av bergrummet.

## 4 GEOLOGI

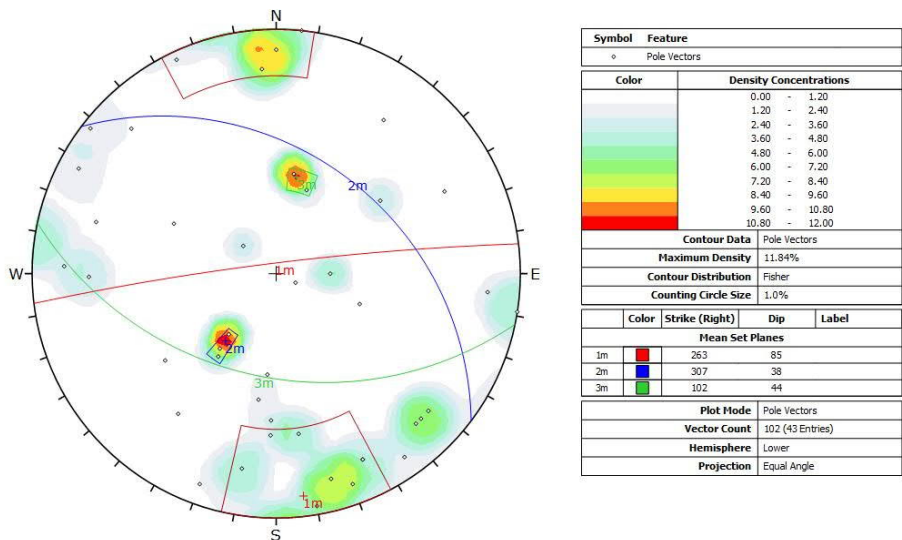
Området är kuperat med ytnära berg och ett flertal hållar är synliga, se exempel i Figur 6. Den sk Tvingsgraniten är huvudbergart i området och syns i Bild D. I denna förekommer band och linser med mer mafisk sammansättning, se Bild A. Möjligen förekommer både amfibolit och tonalit i banden, dessa stupar in mot bergrummet. Graniten är grå-rödgrå, medelkornig, ojämnkornig eller ögonförande samt gnejsig.



Figur 6 Bild A berghäll utanför huvudingången till bergrummet med band av mafisk bergart. Bild B visar en större håll av homogen granit, ca 30 m norr om bergrummet. Bild C visar en närbild på mer finkorniga, tonalitiska inslag nära nödutgången och bild D visar närbild på den ögonförande, gnejsiga graniten.

RQD bedöms till mellan 80 och 100. GSI varierar mellan 65 och 90. Linser och band är mer uppspruckna och har ett generellt GSI om ca 60 medan graniten har GSI-värde 75–90. Foliationen stryker mot nordväst, stupningen mot nordost varierar mellan relativt flack till relativt brant. Fältresultaten från bergkarteringen redovisas i Bilaga 1.

Mätning av sprickor har gjorts för att bedöma sprickornas påverkan på bergets hållfasthet. Sprickornas egenskaper styr de mekaniska och hydrogeologiska egenskaperna i berget avseende hållfasthet, stabilitet och vattenförande egenskaper. Uppmätta sprickor i området redovisas i stereogram där tre huvudsprickgrupper visas som storcirklar och poler till sprickplan, se Figur 7.



Figur 7 Sprickor redovisas i stereogram, framtaget i mjukvaran Dips (Rocscience).

## 5 BERGKVALITET

En bergmekanisk klassificering genom RMR-systemet (Rock Mass Rating), publicerad av Bieniawski (1976), har använts för att göra en bedömning av bergets kvalitet. En kombination av geologiska parametrar som har betydelse för bergmassans samlade egenskaper har beräknats till ett samlat representativt index för bergmassans kvalitet.

Följande fem parametrar används för att klassificera bergmassan med RMR-systemet:

1. Enaxiell tryckhållfasthet hos bergmassan
2. Rock Quality Designation (RQD).
3. Sprickfrekvens
4. Sprickegenskaper
5. Grundvattenförhållanden

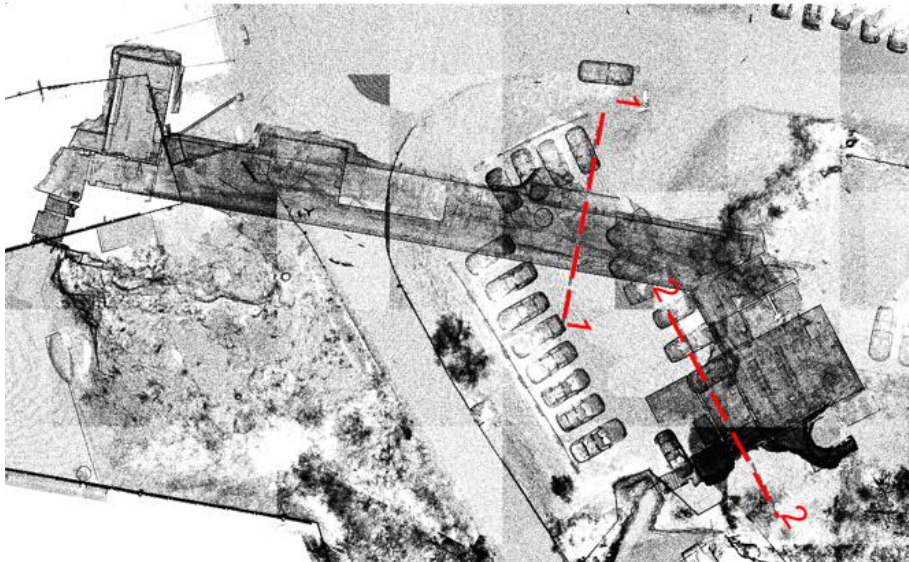
De generella förhållandena i bergmassan, redovisat genom ovanstående fem parametrar, summeras för att få fram ett värde, sk  $RMR_{bas}$ . Detta redovisas i Tabell 2.

Tabell 2 Ingående parametrar för bedömning av  $RMR_{bas}$

Parameter	$\sigma_{ci}$ [MPa]	RQD [%]	Sprick- avstånd	Sprickegenskaper	Grundvatten	$RMR_{bas}$
Beskrivning	148 - 180	80 - 90	Avstånd på 0,20 – 0,60 m	Något råa och anlöpta sprickor, med moderat undulering och utan fyllning	Droppande	II Bra berg
Skattning	12	17 -20	10 - 15	20	4	63 - 77
$\sigma_{ci}$ – Intakta bergets tryckhållfasthet RQD – Rock quality designation (RQD anger graden av sprickor i en bergmassa uppmätt i procent) Grdw – Grundvattenförhållanden $RMR_{bas}$ – Bergklassindelning, enkel utan hänsyn till sprickornas orientering i förhållande till tunnels orientering						

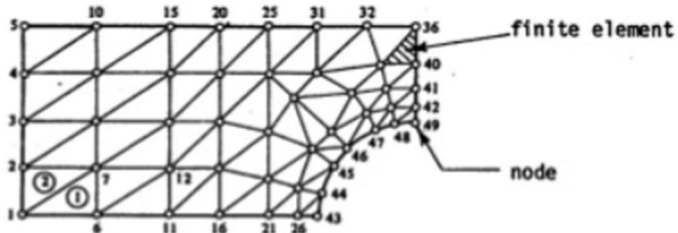
## 6 BERÄKNINGAR

Då det endast finns en tidig skiss över tänkt byggnad ovan bergrummet, har det inte funnits några laster eller grundläggningsnivåer att utgå från för beräkningsarbetet. Utgångspunkten har då varit att genom analysen få fram en lägsta möjlig nivå för grundläggning samt räkna fram vilka laster berget kan bära från en byggnad. Den största delen av bergrummet utgörs av en korridor med en höjd på ca 3 m. Den sydöstra delen har en större takhöjd på ca 6 m samt två vertikalschakt. För beräkningar har två tvärsektioner valts ut, 1-1 samt 2-2, se Figur 8. Mer utförlig beskrivning samt resultat från beräkningsarbetet redovisas i bilaga 4.



Figur 8 Planvy över bergrummet med tvärsektioner.

Den numeriska analysen har utförts i mjukvaran RS2 – PHASE, ett program som utför finita element-analyser för jord och berg, utvecklat av Rocscience Inc. Finita element-metoden (FEM) är en numerisk analys som används för en approximativ lösning. En modell delas in i ett nätverk, där varje enhet eller finit element, tilldelas materialparametrar och begränsningar, se Figur 9.

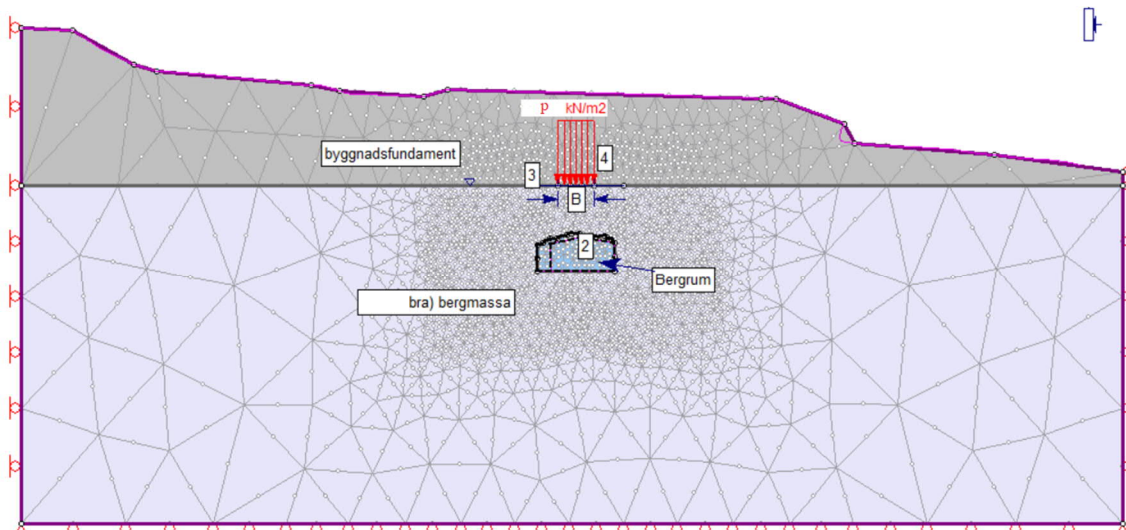


Figur 9 Princip för indelning av en modell i finita element.

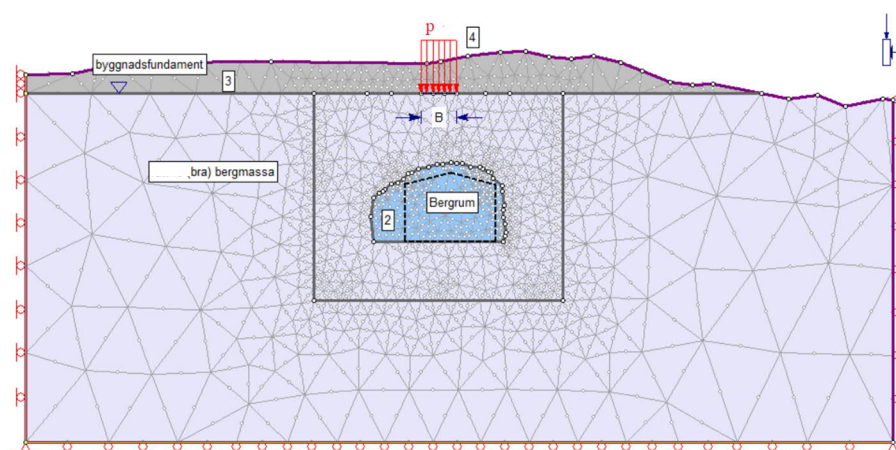
Syftet med beräkningarna är att försäkra sig om storstabiliteten i berget samt beräkna en last som:

1. Upprätthålla en tillräcklig hög säkerhetsfaktor i förhållande till brott i bergmassan, och
2. Begränsa utvecklingen av sättningar av fundamentet för att möta servicekraven.

En spänningsanalys enligt Hoek-Brown har utförts för att analysera på vilket djup brott i bergmassan kan uppkomma samt för att beräkna tillåten bärförmåga i berget ovanför bergrummet samt ett lägsta grundläggningsdjup för framtida byggnad, se Figur 10 och Figur 11.



Figur 10 Tvärsnitt 1-1 från beräkningsprogram RS 2. Befintligt bergum samt beräknad grundläggningsnivå och fundamentbredd (B) visas.



Figur 11 Tvärsnitt 2-2 från beräkningsprogram RS 2. Befintligt bergum samt beräknad grundläggningsnivå och fundamentbredd (B) visas.

För att få information om bergets bärförmåga och tillåtet grundläggningsdjup så har följande procedur utförts:

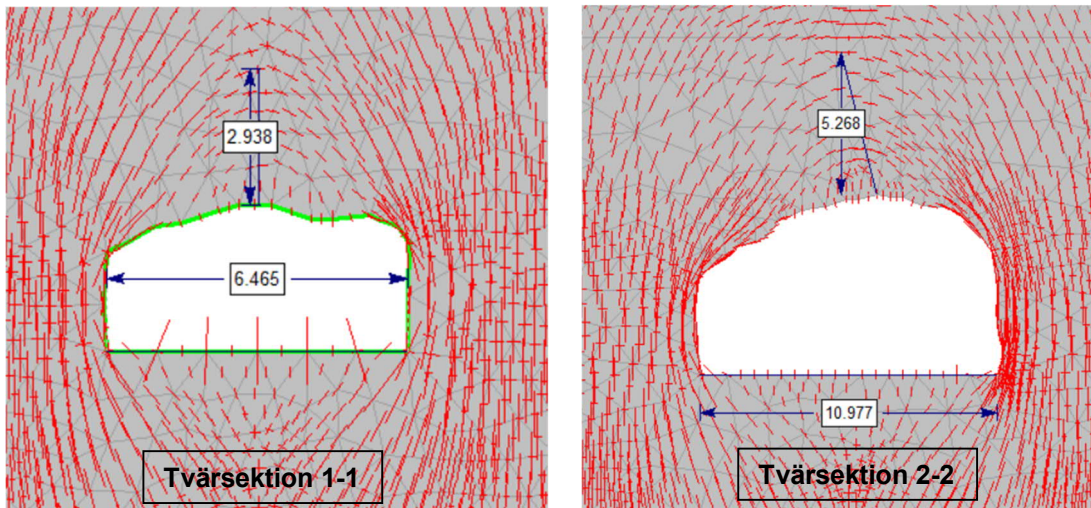
1. Analys av bergschakt för det befintliga bergrummet, och
2. Uppskattning av bergets bärförmåga för framtida planering av byggnader.

Den första analysen utförs för att erhålla nivån på spänningsomlagringarna, d.v.s. valvbildningseffekten. Denna nivå anses vara den djupaste nivån som är acceptabel för grundläggning av fundamentet.

I den andra analysen tas hänsyn till grundläggningsfundamentets bredd, B. De styrande brottsvillkoren för berget vid pålastning av en byggnad antas vara skjuvbrott eller genomstansningsbrott. Dessa blir dimensionerande för att räkna fram tillåten bärförmåga. Utifrån detta räknas maximalt tillåtet tryck fram genom att dela med en lämplig säkerhetsfaktor (SF). Fundamentet placeras rakt ovanför bergummet för att räkna fram ett värsta fall. En iterativ beräkning utförs sedan fram till dess att berget teoretiskt går i brott.

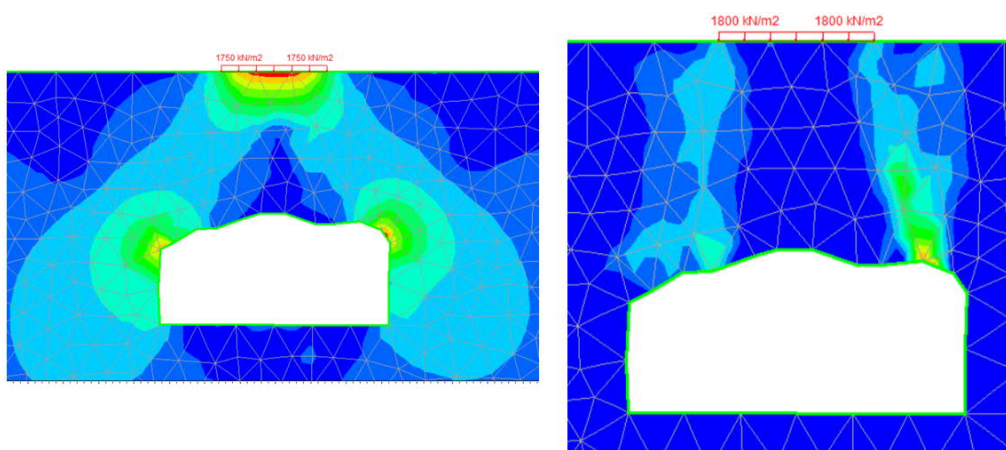
## 7 RESULTAT

I den första analysen (se kap 6) av spänningsfördelningen ovanför bergrummet, framkom att för den låga delen av bergrummet, se tvärsektion 1-1 i Figur 12, krävs en slutlig bergtäckning på minst 4,0 m ovanför bergrummet. I tvärsektion 2-2 som representerar den höga delen av bergrummet, krävs en bergtäckning om minst 6,0 m ovanför bergrummet.



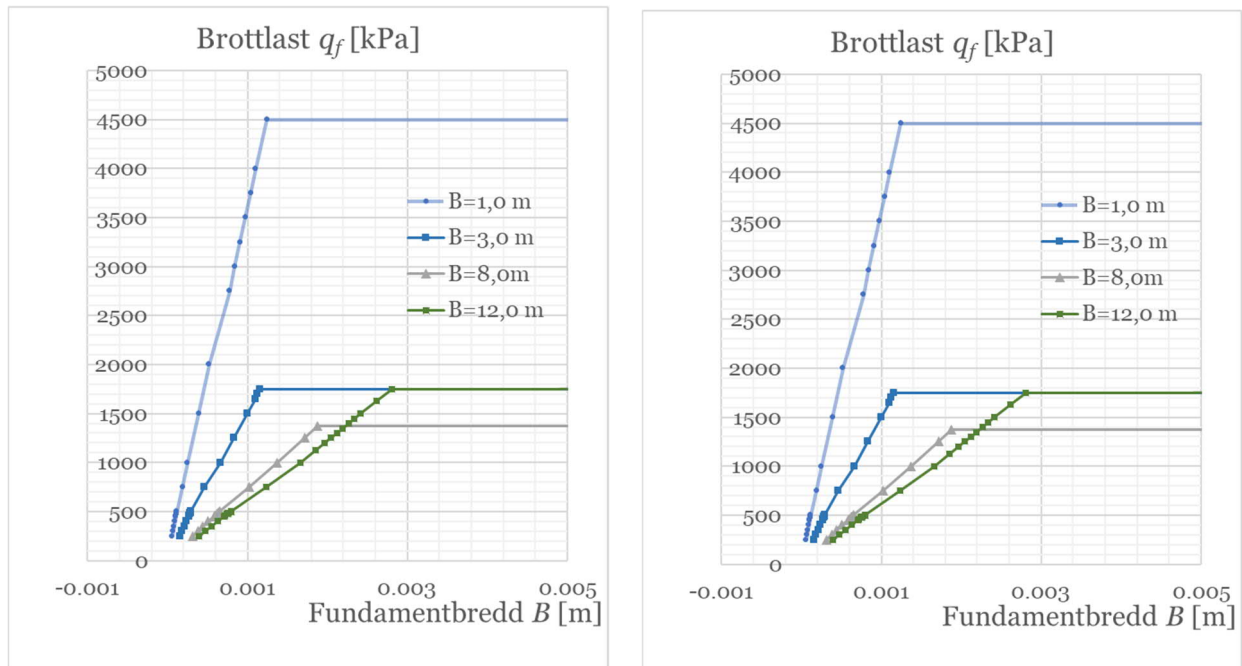
Figur 12 Spänningsfördelning kring bergrummet i tvärsektion 1-1 och 2-2.

Den framtida byggnadens grundläggningsmetod påverkar lastfördelningen ovanför bergrummet, se Figur 13 och Figur 14. Bergets bärförmåga begränsas genom skjuvning eller genomstansning vilket leder till brott och därmed påverkar bergrummets stabilitet.

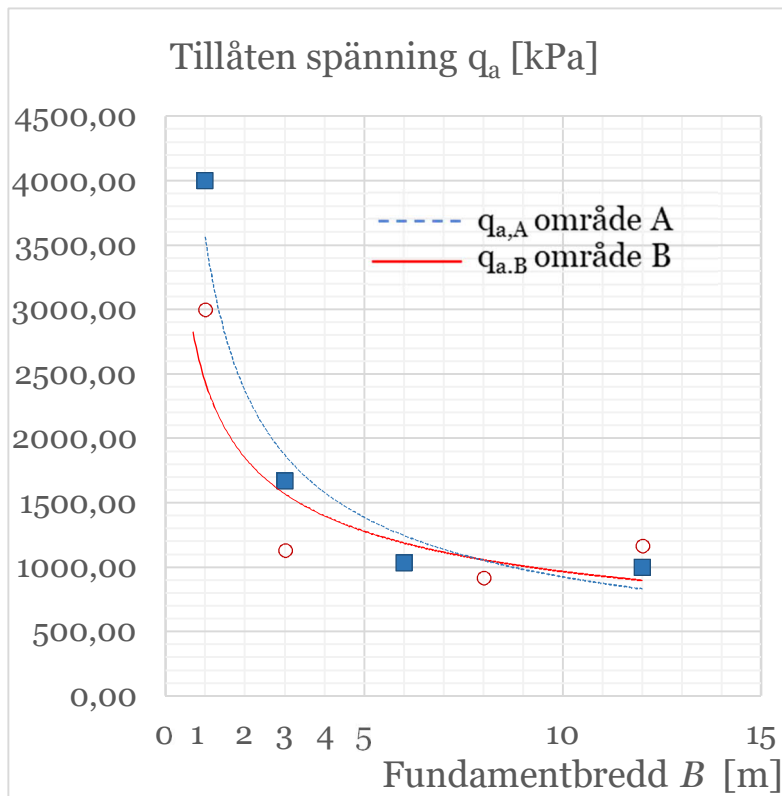


Figur 13 Beräknad omfördelning av bergspänningarna runt bergrummet till vänster, genomstansningsbrott till höger till följd av för hög lastfördelning från en teoretisk byggnads grundläggning.

I vanliga fall minskar risken för skjuv- eller genomstansningsbrott med ökat djup och ökad fundamentbredd (B). Med ökad fundamentbredd så ökar även lastutbredningen på djupet i bergmassan. I detta fall - med ett befintligt bergum under en planerad grundläggning - innebär en ökad fundamentbredd ett *minskat* tillåtet grundläggningstryck, se Figur 15. Beräkning av tillåtet grundläggningstryck har delats upp i två områden, där bergummets höjd är styrande. Dessa områden benämns A och B och presenteras mer i kapitel 8.



Figur 14 Diagram för tvärsnitt 1-1 till vänster och tvärsnitt 2-2 till höger, som visar vid vilken last berget går i brott, beroende på fundamentbredd (B).



Figur 15. Tillåten bärförmåga för berget vid olika bredder på fundamentet för tvärsektionsmodell 1-1 (område A) och tvärsektionsmodell 2-2 (område B).

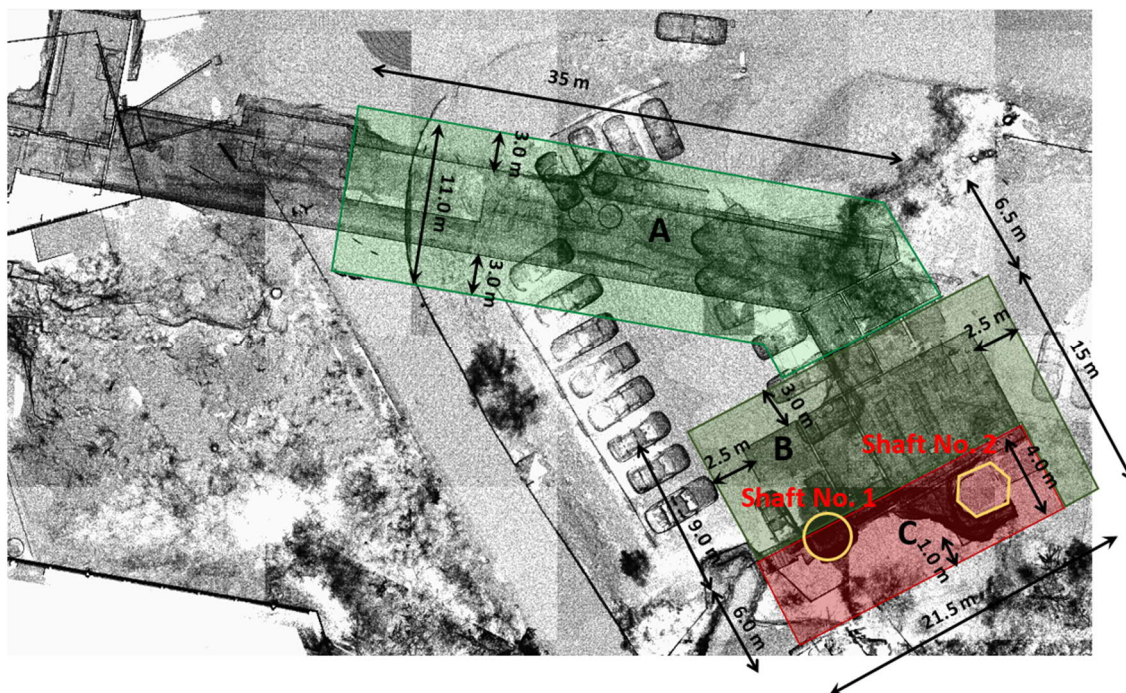
## 8 SLUTSATSER

Följande bergtekniska slutsatser baseras på empiriska metoder och numeriska analyser.

Analysen av berggrundens förhållanden för design och uppförande av en ny byggnad visar att det är nödvändigt med en begränsning av grundläggningsdjupet (nivå) för att försäkra sig om att spänningsfördelningen sker gynnsamt för stabiliteten i berggrummet och så att skjuv- eller genomstansningsbrott inte sker i berget vid berggrummet.

- Samtliga bergförhållanden är analyserade utan ytterligare förstärkning av berggrummet, eftersom det finns begränsade möjligheter att installera förstärkning samt att berggrummet nu är i drift.
- Bergmassan har egenskaper som är typiska för massiva, kristallina bergarter, dvs bra bergförhållanden (se Figur 14). Det innebär att spröda brott kommer att ske om spänningarna närmar sig brottsgränsen, utan förvarning genom deformation i bergmassan som kan ge en indikation på kommande kollaps.

## 9 REKOMMENDATIONER



Figur 16 Grundläggningszoner ovanför bergrummet. Ljusgrön zon – område A, Mörkgrön zon – område B, Röd zon – område C.

- I Område A (Figur 16) är det möjligt att bygga förutsatt att lägsta nivå för grundläggning är minst 4,0 m ovanför bergrummets tak.
- I Område B (Figur 16) är det möjligt att bygga förutsatt att lägsta nivå för grundläggning är minst 6,0 m ovanför bergrummets tak.
- Inom Område C (Figur 16) är det begränsade möjligheter att bygga och bör undvikas, då befintliga konstruktioner kan skadas och förlora avsedd funktion. I schakt nr 1 finns idag en nödutgång med spiraltrappa upp till markytan, som sannolikt behöver kunna användas om bergrummet ska fortsätta att ha samma funktion som idag. Vid schakt nr 2 visade de geotekniska borringarna att det troligen finns en betongplatta som kan bli skadad vid byggnation. Vad denna platta har för funktion är oklart. En förstärkning av plattan kan bli kostsam.

Ytterligare analyser av området kring schakt nr 2 kan utföras om det visar sig vara nödvändigt att bygga inom område C.

- Vid utformning av grundläggningen för en framtida byggnad ovanför eller nära bergrummet, ska högsta tillåtna spänning hämtas ur Figur 15.
- Värderna på bärförmågan (tillåtet grundläggningstryck) är presenterade i Figur 15 för olika bredder på fundamentet,  $B = 1,0 - 3,0 (4,0)$  m.
- För fundament ska bärförmåga på  $q_a = 1$  MPa användas vid dimensionering.

- Det rekommenderas framtagande av en riskanalys inför kommande sprängningsarbeten.

## 10 BILAGOR

Bilaga 1 – Karteringsresultat

Bilaga 2 – Bildbilaga laserscanning

Bilaga 3 – Resultat geoteknisk borrhning

Bilaga 4 – Utskrift från beräkningsprogram

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. [wsp.com](http://wsp.com)

**WSP Sverige AB**  
Box 8094  
700 08 Örebro  
Besök: Krontorpsgatan 1

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](http://wsp.com)



# BILAGA 1

## KARTERINGSRISULTAT

2020-04-06



## INNEHÅLL

1	INLEDNING	3
2	FÖRUTSÄTTNINGAR	3
3	KARTERINGSRESULTAT	4

# 1 INLEDNING

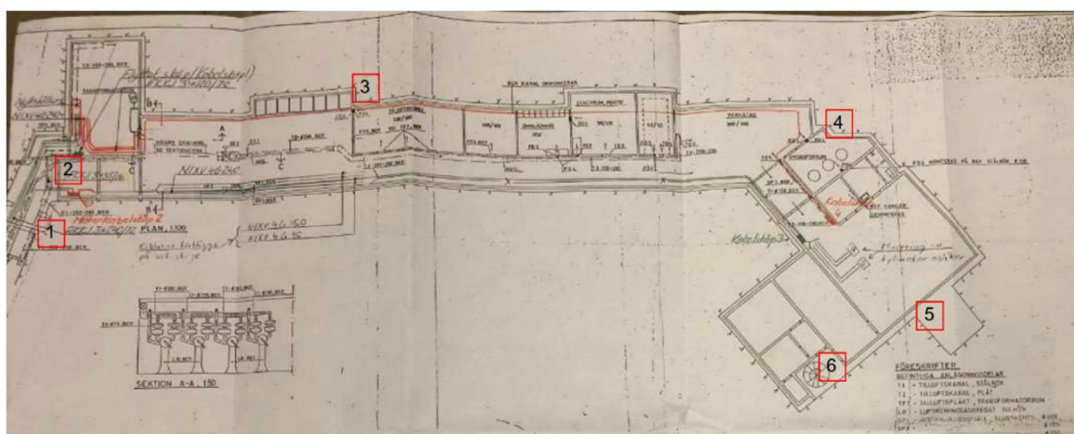
Anna Grönholm, WSP, har gjort ett platsbesök 2019-12-03 i syfte att göra en geologisk kartering och en bergteknisk bedömning av det berg som finns synligt i och i närheten av bergrummet (se Figur 1).



Figur 1 Ingång till bergrummet

# 2 FÖRUTSÄTTNINGAR

I bergrummet finns innerväggar av betong samt ett tak av korrugerad plåt. Bergväggar och -tak är endast synligt på ett fåtal platser (se numrering i Figur 2): vid ingången (1, 2), via inspektionsluckor längs norra väggen (3, 4) samt genom en dörr i den höga delen av rummet (5) och i det vertikala schaktet för nödutgången (6).



Figur 2 Planritning av bergrummet tillhandahållen av Affärsverken Karlskrona. Inspekterade platser är markerade med nummer.

På ett fåtal platser finns hål i innertaket där plåtarna lossats och här kan man se mindre ytor av bergtaket, se Figur 3. Södra sidan av bergväggen är inte synlig någonstans i bergrummet.



Figur 3 Delar av innertaket har lossnat vilket gör det möjligt att se berget ovanför.

I bergrummet är det fuktigt och vid de betongsprutade delarna vid entrén förekommer kalcitutfällningar vid sprickor, se Figur 4. Till vänster om luckan vid nr 4, droppar det vatten och golvet är blött och rostigt, se högra bilden i Figur 3. Här visade scanningen att det finns ett brant borrhål i berget som troligen orsakar vattentillförseln.

Scanningen visade även att det förutom vertikalschaktet för nödutgången, även finns ett vertikalt ventilationsschakt i bergrummet, vid nr 5. Detta mynnar vid markytan vid en betongplatta med ventilationsgaller, se höger bild i Figur 4.

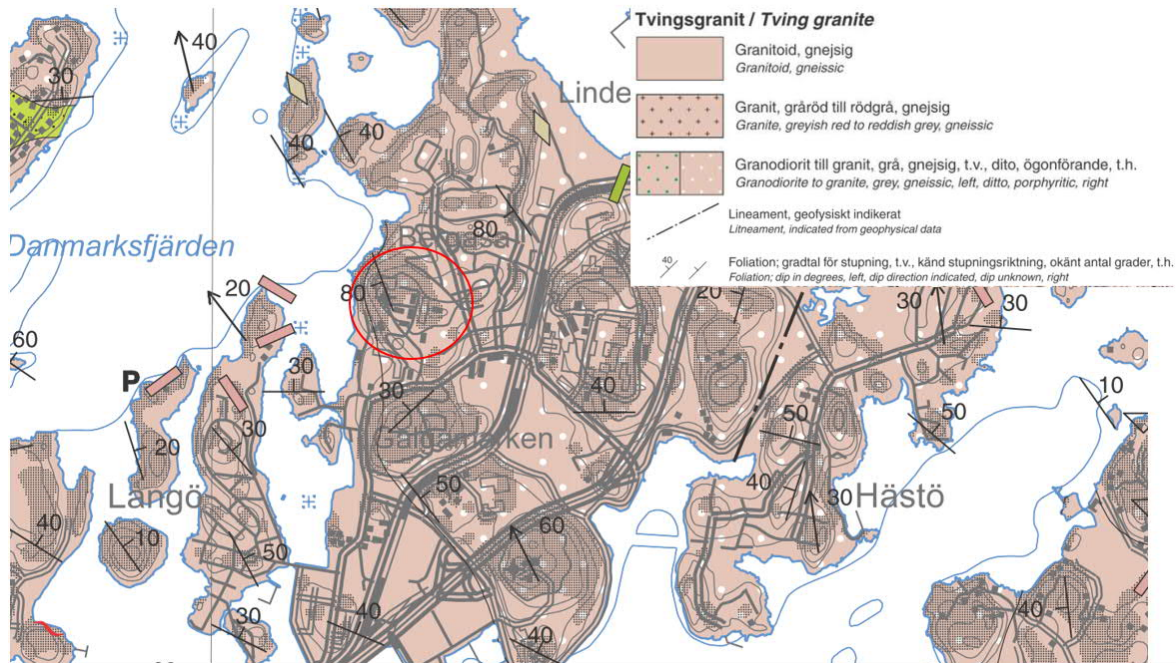


Figur 4 Vänster bild visar vita kalcitutfällningar vid entrén. Höger bild visar läget för ventilationsschaktet (betongplattan) på markytan.

### 3 KARTERINGSRESULTAT

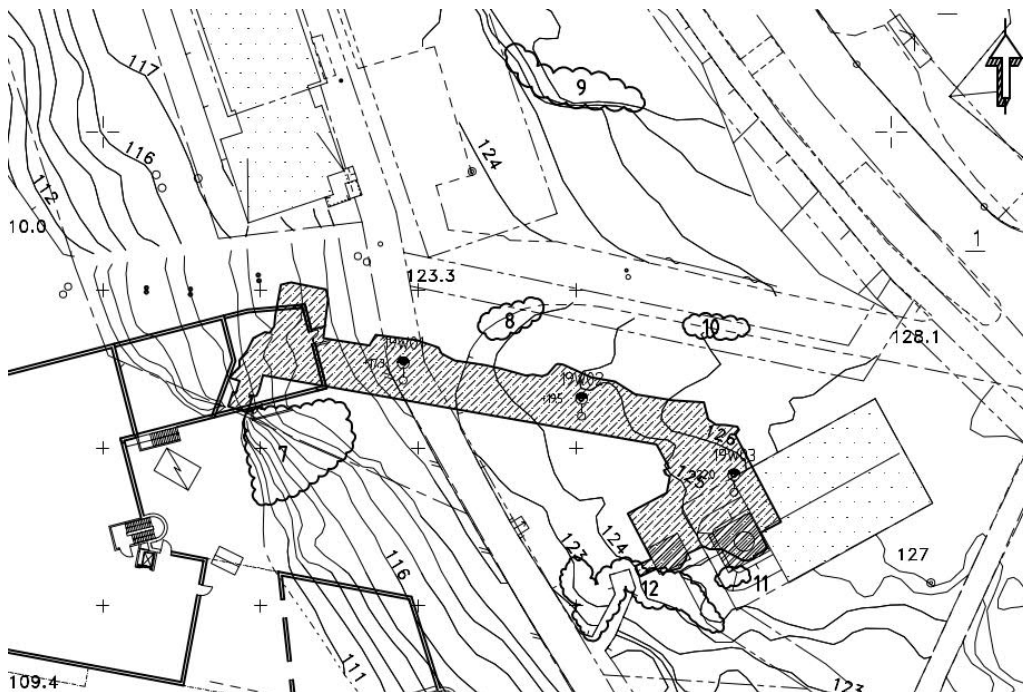
Den s.k. Tvingsgraniten är huvudbergart i området (Figur 5). I graniten förekommer rikligt med band av en mer mafisk bergart. Möjligen förekommer både amfibolit och mer tonalitiska band. Graniten är medelkornig, ojämnkornig eller ställvis ögonförande samt gnejsig. RQD bedöms 80–100.

GSI varierar 65–90. Linser och band är mer uppspruckna och har ett generellt GSI om ca 60. Foliation stryker mot nordväst (två mätningar: 305/70, 290/35). Samtliga inmätta strukturer redovisas i Tabell 1 i slutet av Bilaga 1.



Figur 5 Utdrag ur SGUs berggrundskarta (2007). Campus Gräsvik ligger vid inringat område.

Nedan följer karteringsresultaten, numrerade enligt Figur 2 och Figur 6.



Figur 6 Karterade hållar (7–12) i området nära bergrummet. Bergrummets läge är sgrafferat i grått.

1. Entrén

Betong ca 1,5 m bred och 2,5 m hög portal. Synligt berg i höger vägg precis efter portalen (Figur 7 A). Betongsprutat i taket (B).

- 038/88, slag i väggen.

Sprucket ca 1,5 m upp i väggen, 0,2 m flack sprickplan men oklar fortsättning och betongsprutat ovanför. (3 bilder vägg + tak)

Efter andra portalen: vänster vägg bultad och betongsprutad. Bultar c-c ca 0,5–0,8 m. Förstärkt i samband med bygget av huset ovanför.

- 096/90, slag i vänster vägg precis intill portal.



Figur 7 Bild A visar höger sida och bild B visar taket efter portalen, Nr 1. Bild C visar berget vid Nr 2.

## 2. Hål i innertaket

Ca 2\*2 m synligt av berget (Figur 7 C), granitoid, medelkornig, GSI=90, grå, 4 synliga sprickor, 2 st mer uthålliga. Rostiga, kc (kalцит).

Syftar första sprickan till 045/80, den andra sprickan går inte att mäta.

## 3. Lucka vid kontrollrum

Ser ca 3–4 m in och även uppåt/bakåt på bergväggen (Figur 8 A och B).

Bergart är samma som förut. Storblockigt, GSI 80 och RQD 90. Ytorna är till stora delar vittrade, mkt fuktigt.

- 272/62, kc, rost, ca 2\*2 m, uthållig, går upp till taket.
- 028/85, 2 st sprickor, går från golv till tak, kc
- 040/20, >3 m lång, 3 st/m

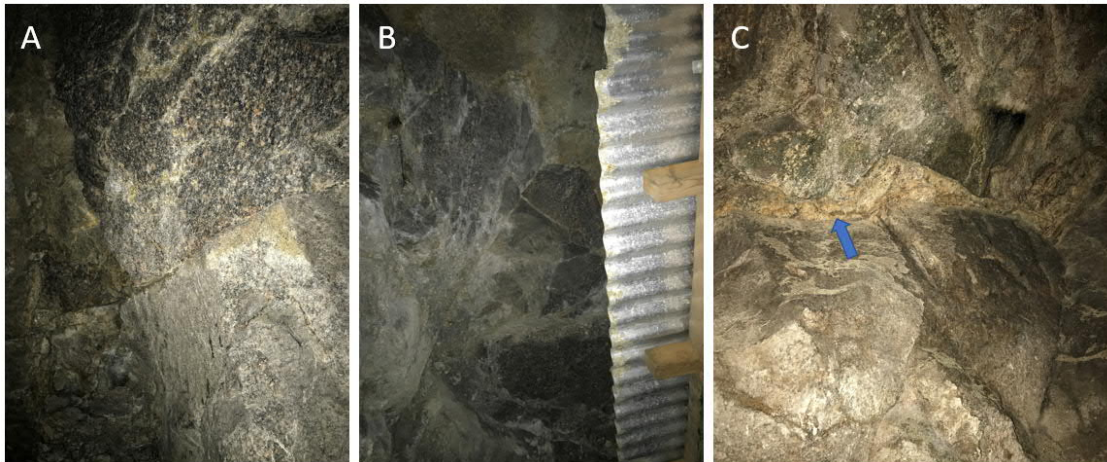
## 4. Inspektionslucka

Synligt berg ca 1,5\*1,5 m (Figur 8 C).

- 100/45, zon. 0,05–0,2 m bred. Vittrad, smular sönder, kc + lera?

Zonen stupar bort från rummet. Troligen kontakt mot amfibolitslira som syns ovanför. Endast en tunn slira.

I övrigt bra bergkvalitet, SGI 90, RQD 90.



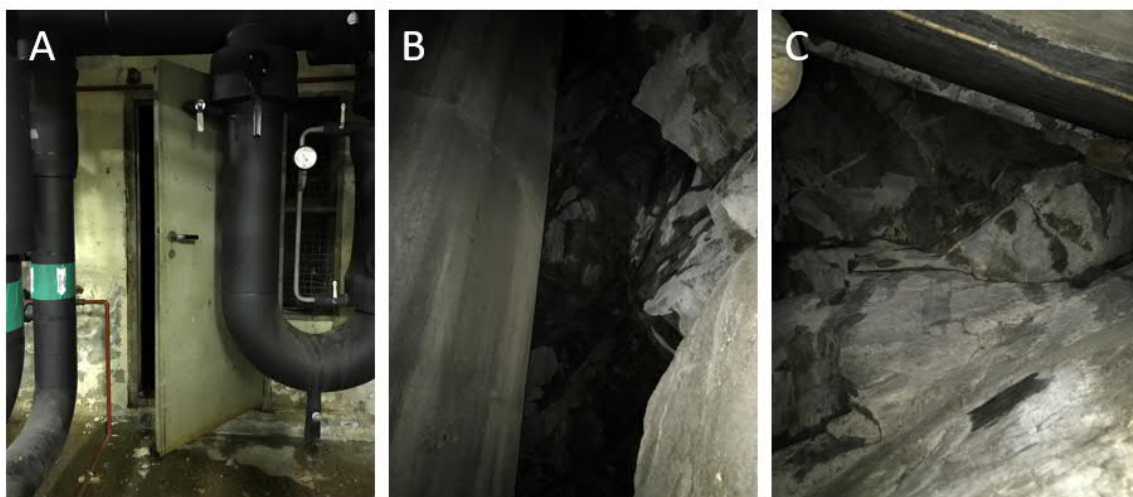
Figur 8 Bild A och B visar berget i vägg och tak innanför inspektionslucka vid Nr 3. Bild C visar vittrad zon (blå pil) i berget vid Nr 4.

##### 5. Dörr i höga delen

Högt vertikalschakt innanför halvt öppningsbar dörr (Figur 9). Bedömer det till ca 10 m. Det går inte att gå in i rummet.

Hög betongkonstruktion i rummet, går upp mot marken.

Synligt berg, domineras av en undulerande yta, stryker O-V, brant, går längs nästan hela höjden (Figur 9 C). Högt upp syns flacka slag som delvis bildar tak i utrymmet. Flera flacka parallella slag, ca 1–2 st/m. Storblockigt. Möjligen sämre bergkvalitet en bit in i utrymmet. Finns även partier där de inte syns.



Figur 9 Bilder från Nr 5. Dörr in till schakten (A) samt betongkonstruktion inuti schakten (till vänster i bild B). Bild C visar berget uppåt i schakten med ett undulerande slag.

## 6. Schakt med spiraltrappa (nödutgång)

Berget i schaktet är synligt, det rinner vatten på väggarna (Figur 10 A och B). Generellt är berget här vittrat, med vit skorpa och även svart, nästan bubblig utseende, svartmögelt? Stark lukt.

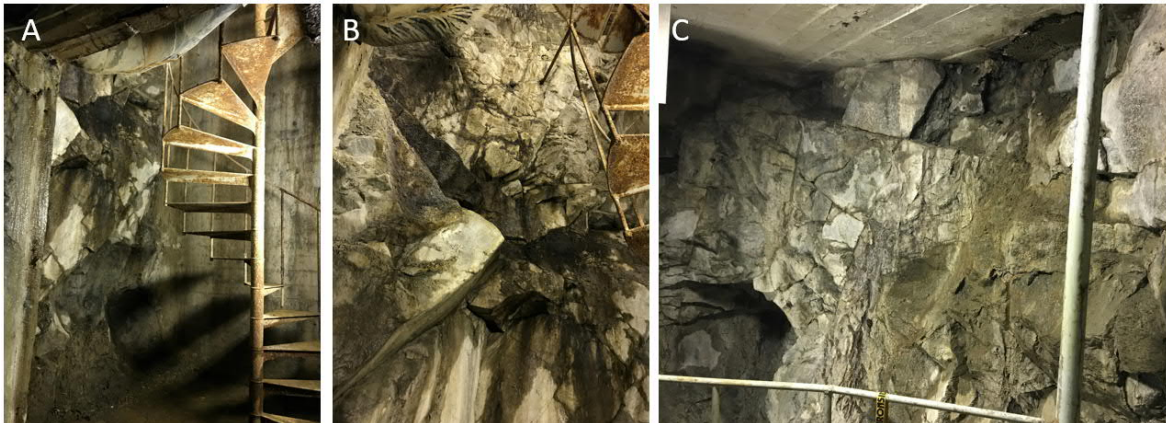
Sprickmätningar i schaktet:

- 145/55, 3 st, > 3 m långa. Plana, ngt undulerande. Sprickavstånd 0,2–1 m.
- 185/80–85
- 026/50
- 200/40
- 278/55
- 189/90, 0,5 m sprickavstånd, 4 st
- Ca 205/10, högst upp i trappan.
- 250/85, utgör del av vägg, ca 1,5 m, slät
- 275/45, relativt flackt slag, 5–10 cm vittrat, sprucket i slaget, men hårt.

Ett av hörnen i schaktets övre del är uppsprucket, 2 bultar i övre delen, dessa är helt korroderade.

- 290/85 sprickan går längs stora delar av väggen, minst 5 m lång.
- 355–005/75, ca 1 m, 3 st parallella, sprickavstånd 0,2 m.

Flackt slag under taket, går inte att nå och mäta, men stupar mot SV och S, undulerar (se Figur 10 C).



Figur 10 Bild A visar nedre delen av schakten, det rinner vatten längs berget och innervägg, Bild B delar av berget är uppsprucket och vittrat, Bild C visar övre delen av schakten med ett flackt slag strax under betongplattan i taket.

## 7. Slänt utanför bergrummets entré

Ca 5 m hög slänt (Figur 11 A). Terrängen stiger kraftigt upp mot parkeringen, se även Figur 1.

- 180/10–40, 1–2 st/m, 1,5 m lång, vattenförande, någon kalcit, sprickavstånd 0,2–0,8 m.
- 245/80, 2 st, 4 m, kc
- 308/35, 8 st, 0,2–1 m sprickavstånd, 5 m lång. Sprickor som följer bandningen.



Figur 11 Bild A visar en lins i graniten strax intill ingången till bergrummet. Bild B visar håll Nr 9.

Hällnummer 8–11 redovisas i Figur 11 och Figur 12 samt i Tabell 1.



Figur 12 Bild A visar håll 8, bild B visar håll 10 och bild C visar håll 11.

## 12. Vid nödutgång samt intill fjärrkylefläktarna

Här kommer trappan för nödutgången upp. Det är bergslänter på båda sidor om dörren (Figur 13 A och B). På höger sida fortsätter slänten in bakom fläktarna. Huvudbergart är granitisk gnejs (Figur 13 C), men band av tonalit förekommer (Figur 13 D). Denna är fint medelkornig, jämngrå och gnejsig.

- 110/40, sprucket på vänstra sidan dörren. Ev är det en tunn slira som vittrat. 2 st parallella. 0,1–0,2 m avstånd, parallella med gnejsigheten.
- 065/88, plan, rostig hällyta ca 2,5\* 2 m.
- 262/65–70, 4 st parallella, 0,05–0,2 m avstånd, 4 st inom 1 m, till höger om dörren.
- 322/60, kontakt som spruckit, mellan granit och tonalit. Vattenförande.

- 280/70–85, stor släntyta, rostig (Figur 13 B). 5–6 m gånger ca 3,5 m, mellan dörr och fläktar. Uthålliga, 1–2 st/m, vattenförande, undulerande.
- 305/70 gnejsighet
- 227/80 något rostiga spricktor, 3 st
- 307/40–45 bandning, sprucket längs kontakterna, ca 0,1–0,5 m sprickavstånd. Vattenförande.

Blockigheten varierar, GSI 65–80.



Figur 13 Bild visar vänster sida om dörr till nödutgång, Bild B visar höger sida. Bild C närbild av Tvinggraniten och i nedre delen av bild D syns ett mörkgrått tonalitiskt band.

I bergrummet								
Område	Dir	Dip	Antal/frekvens/avstånd	Längd	Sprickfyllnad/vittring	RQD	GSI	Kommentar
1	38	88	1					sprickplan
1	96	90	1					
2	45	80	1	2	Rost, kalcit			osäker mätning
3	272	62	1	4	Kalcit, vittrade ytor	90	80	Uthållig spricka. Mycket fuktigt.
3	28	85	2	2	Kalcit, vittrade ytor			
3	40	20	3 st/m	4				
4	100	45	"10"		Kalcit, levittrade ytor	90	90	Zon, 0,05-0,2 m bred, smular sönder, lera? Lutar bort från rummet. Troligen kontakt mot amfibolitslira.
5	90	85	1-2/m	8				Uppskattad mätning i högdelen
6	145	55	3 st, 0,2-1 m avstånd	4				3 st, plana undulerande.
6	185	80-85						
6	26	50						
6	200	40						
6	278	55						
6	189	90	4 st, 2 st/m					
6	205	10						
6	250	85		2				Slät, del av väggen
6	275	45			Vittrat			5-10 cm ovanför sprickan vittrat men hårt
6	290	85		6				
6	355-005	75	3 st, 0,2 m avstånd					
Utomhus:								
7	180	10-40	1-2 st/m, avstånd 0,2-0,8 m	2	Kalcit			Vattenförande.
7	245	80	2	4	Kalcit			
7	308	35	8 st, 0,2-1 m avstånd	5				följer bandningen
7	125	75		3				del av släntväggen
7	154	75		3				del av släntväggen
7	86	80	5 st, 1-2 st/m	2				Vattenförande
7	260	88	3 st, 1 st/m	>10 m				Plan, undulerande
8	245	80	1	1				Plan
8	2	82	1	1				Undulerande
8	225	80	1	1				Undulerande
9	255	80-85	5 st, 0,2-2 m avstånd	3				
9	16	75	1	1,5				Spricka vid lins
9	305	45						
10	272	65-70						
10	222	80	3 st, 0,05-0,6 m avstånd	3				Några små parallella sprickor
11	235	85		3				3 m lång hållsida
12	110	40	2 st, 0,1-0,2 m avstånd					vittad sprickzon, ca 10-20 cm bred.
12	65	88		3	Rost			Parallella med gnejsigheten?
12	262	65-70	4 st, 0,05-0,2 m avstånd inom 1	4				Plan, rostig hållta
12	322	60						Höger om dörren
12	280	70-85	1-2 st/m	6	Rost			Kontakt sprucken, vattenförande
12	305	70						Stor släntsida, rostig, troligen vattenförande, undulerande
12	227	80	3 st		Något rostiga			Gnejsighet
12	307	40-45	0,1-0,5 m avstånd					Sprickor följer bandningen

Tabell 1 Karteringsresultat, strukturmätningar

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. [wsp.com](http://wsp.com)

**WSP Sverige AB**  
Box 8094  
700 08 Örebro  
Besök: Krontorpsgatan 1

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](http://wsp.com)





# BILAGA 2

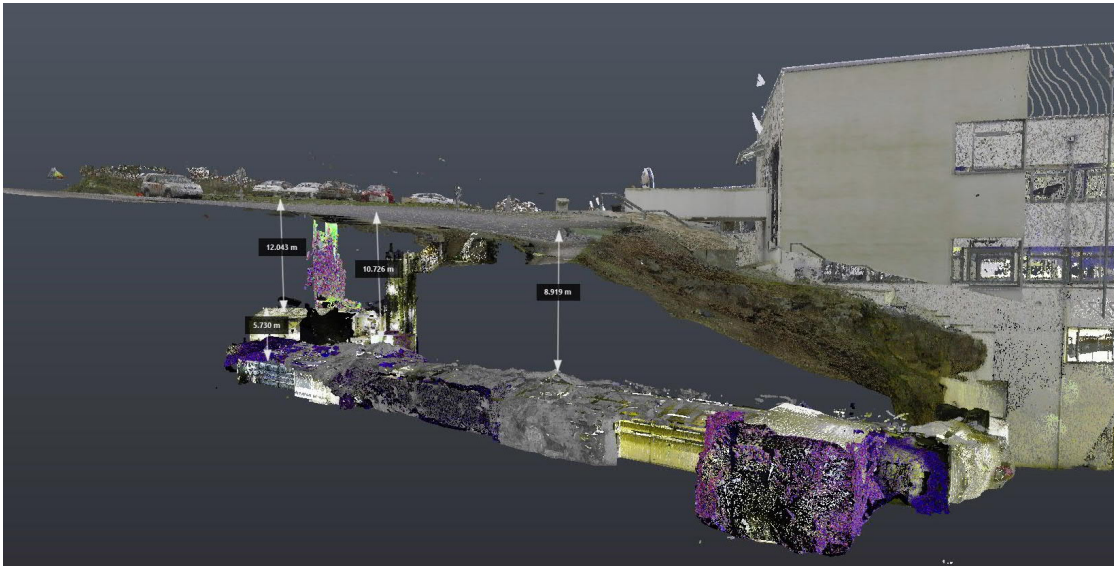
## BILDBILAGA LASERSCANNING

2020-04-06

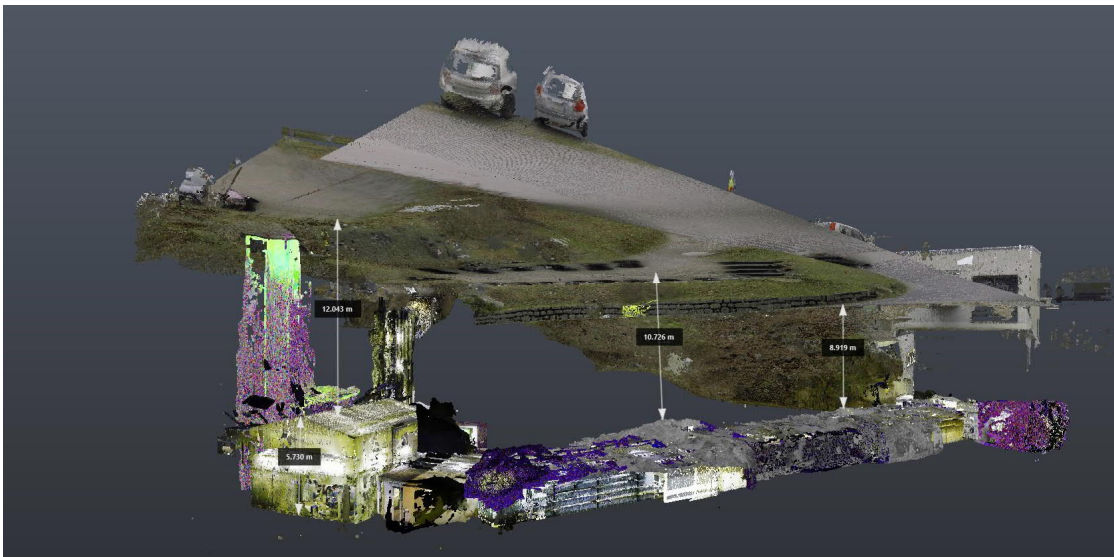


# 1 BILDER FRÅN LASERSCANNING

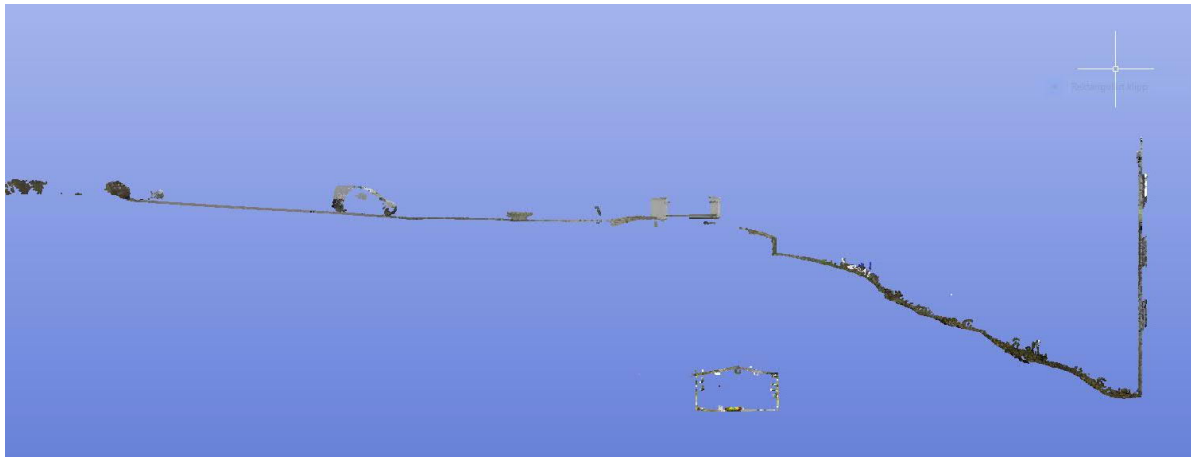
Resultaten från laserscanningen finns redovisat i separat Mätningstekniskt PM, daterat 2019-12-17, med uppdragsnummer 10297975. Nedan följer figurer hämtade från den framtagna laserscanning-modellen.



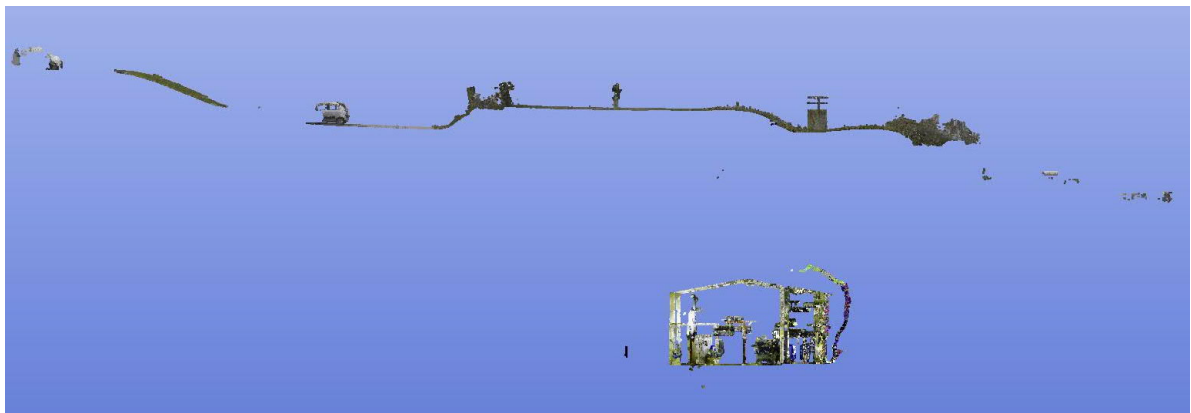
Figur 1 Bergrummet sett från norr mot söder. Huvudingången är till höger i bilden.



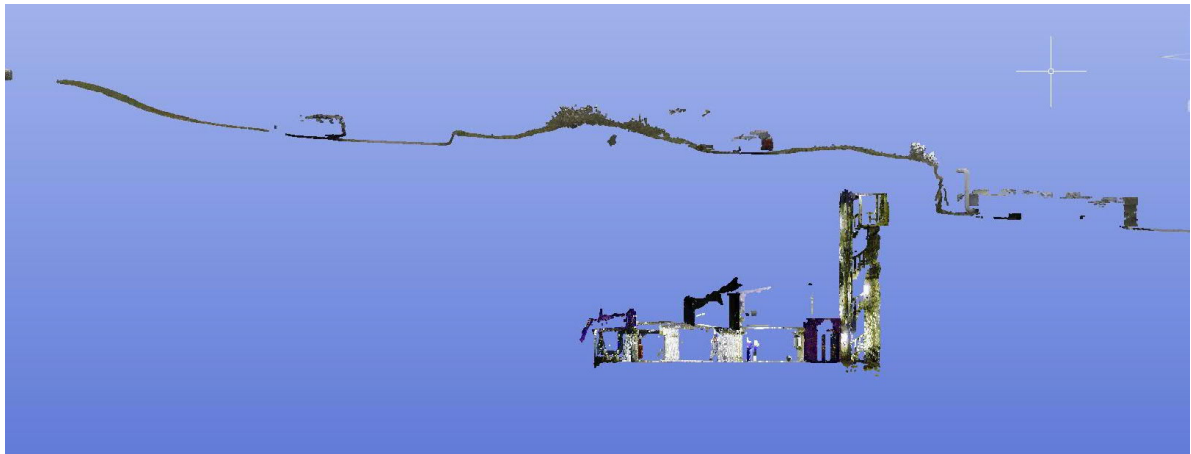
Figur 2 Till vänster ses ventilationsschaktet och den höga delen, mot höger följer korridoren i bergrummet.



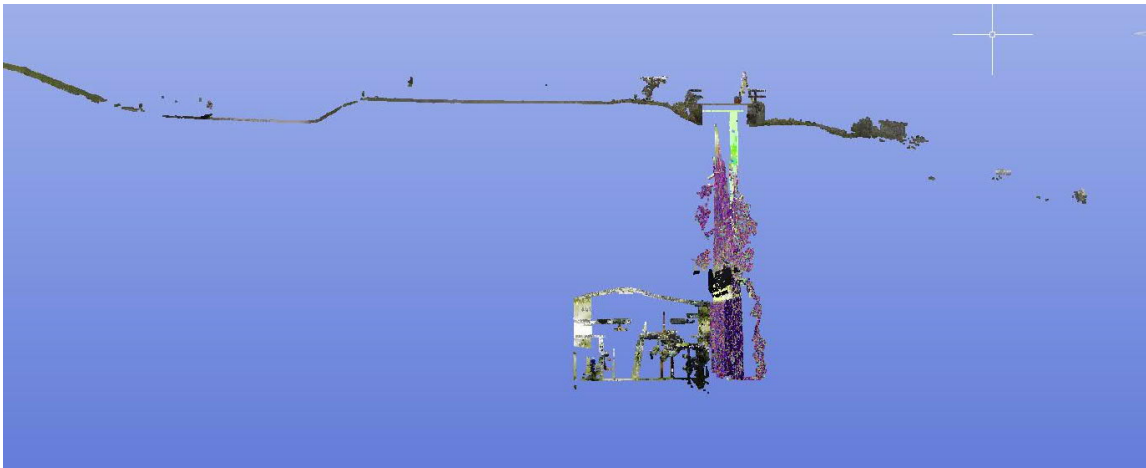
Figur 3 Snitt genom berggrummet. Parkeringen ovanför och byggnaden till höger.



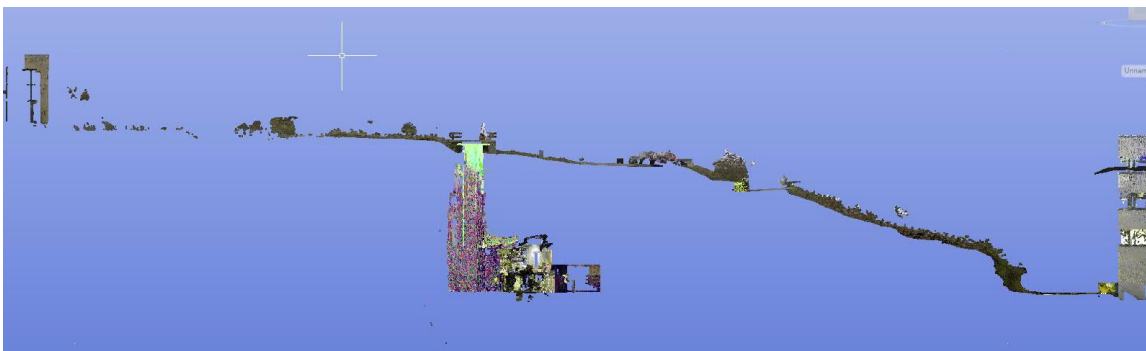
Figur 4 Snitt genom berggrummet, vid höga delen.



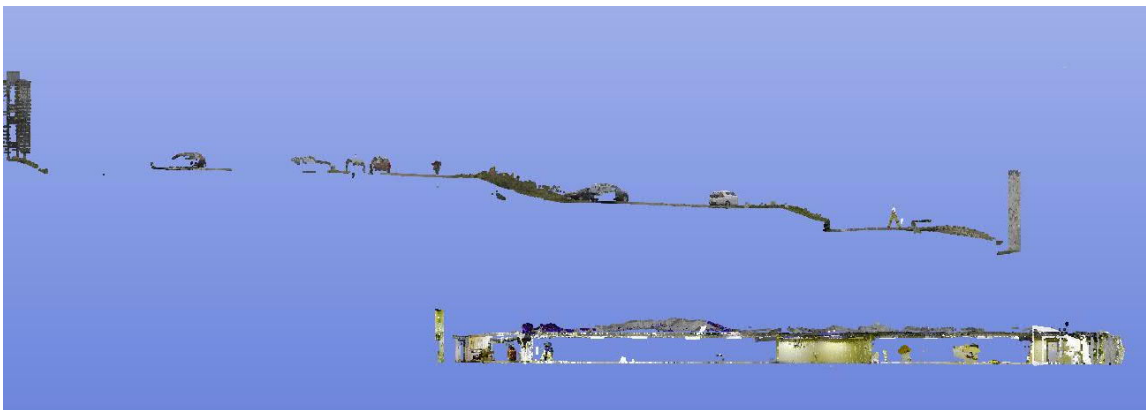
Figur 5 Snitt genom höga delen av berggrummet samt schaktet med spiraltrappa och nödutgång.



Figur 6 Snitt genom höga delen, med delar av ventilationsschaktet synligt.



Figur 7 Ventilationsschaktet i förhållande till terräng och befintlig byggnad.



Figur 8 Snitt genom korridoren i berggrummet.

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. [wsp.com](http://wsp.com)

**WSP Sverige AB**  
Box 8094  
700 08 Örebro  
Besök: Krontorpsgatan 1

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](http://wsp.com)





# BILAGA 3

## RESULTAT GEOTEKNISK BORRNING

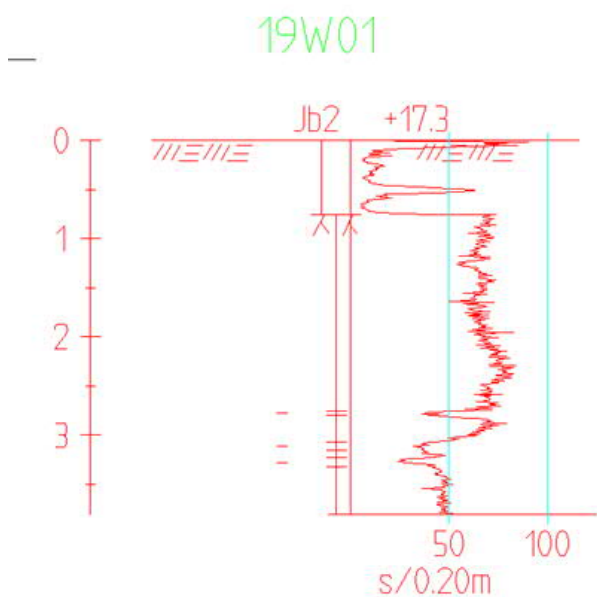
2020-04-06



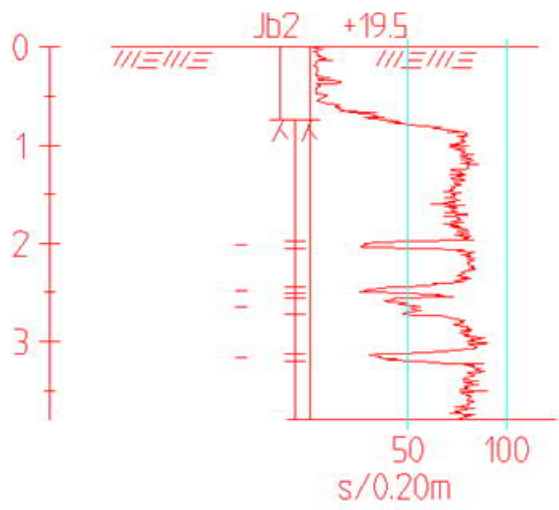
# 1 GEOTEKNISK UNDERSÖKNING

Tommy Rosén och Jessica Aronsson på WSP Fältgeoteknik har 2019-12-16 utfört fältundersökningar inom aktuellt område. 3 jord-bergsonderingar har utförts i syfte att ta reda på vilket djup berget ligger på ovanför bergrummet. Punkternas lägen i plan redovisas i Figur 3, PM Bergteknik. Nedan redovisas resultaten från undersökningen.

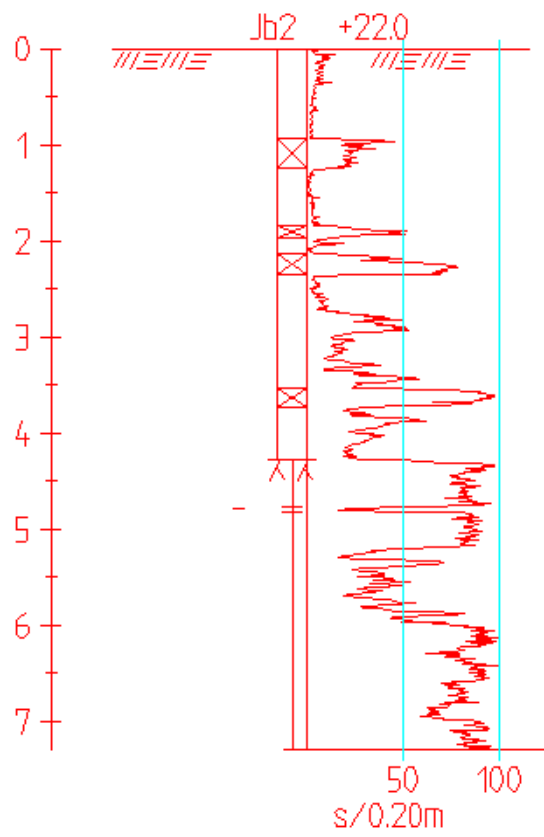
Punkt	Metod	Djup till berg	Startdjup	Stoppdjup	Stoppkod	Kommentar
19W01	JB-2	0,75	0,00	3,80	95	
19W02	JB-2	0,74	0,00	3,80	95	2 försök
19W03	JB-2	4,28	0,00	7,30	95	2 försök, betongplatta?



### 19W02



### 19W03



## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. [wsp.com](http://wsp.com)

**WSP Sverige AB**  
Box 8094  
700 08 Örebro  
Besök: Krontorpsgatan 1

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](http://wsp.com)





# BILAGA 4

## UTSKRIFT FRÅN BERÄKNINGSPROGRAM

2020-04-06

Författare: Srdjan Spasojevic



# 1 BERGKVALITET

Bergrummet i Gräsvik ligger i ett område där berggrunden består av välkonsoliderade kristallina och metamorfa bergarter så som ådergnejs, ögongnejs och diabasgångar.

Bergmassans generella egenskaper kan bestämmas efter en skattning för var och en av de 5 ingående parametrarna för  $RMR_{bas}$ -värdet i RMR-systemet. Skattningen för de 5 parametrarna och resulterande  $RMR_{bas}$ -värdet presenteras i Tabell 1-1.

Tabell 1-1. Bergklassindelning enligt RMR-systemet.

Parameter	Intakta bergets tryckhållfasthet, $\sigma_{ci}$ [MPa]	RQD [%]	Sprickavstånd [m]	Sprickegenskaper	Grdw	$RMR_{bas}$
Beskrivning	148 - 180	80 - 90	Avstånd på 0,20 – 0,60 m	Måttligt råa och anlöpta sprickor, med moderat undulering och utan fyllning	Droppande	II Bra berg
Skattning	12	17 -20	10 - 15	20	4	63 - 77

$\sigma_{ci}$  – Intakta bergets tryckhållfasthet

RQD – Kvalitet på borrhänsor (RQD anger graden av sprickor i en bergmassa uppmätt i procent)

Grdw – Grundvattenförhållanden

$RMR_{bas}$  – Bergklassindelning, enkel utan hänsyn till sprickornas orientering i förhållande till tunnels orientering

# 2 BERGMASSANS EGENSKAPER OCH MODELLERING

Modellering utförs med plant töjningstillstånd (2D) och Gauss-elimination används som lösningstyp i analysen. Både elastiska och plastiska egenskaper appliceras i analysen. Plastiska egenskaper tillåter att materialet kan gå till brott.

En kontinuerlig elasto-plastisk modell som följer den modifierade Hoek-Brown brottkurvan har antagits vid bedömningen av bergets mekaniska egenskaper. Brottkriteriet är baserat på utvärderingen av det intakta berget genom reduceringen av det intakta bergets egenskaper på grund av bergblock och uthålligheten mellan dessa block, d.v.s. genom närvaro av diskontinuitet i bergmassan.

De respektive egenskaperna för den kvasi-homogena bergmassan är summerade i Tabell 2-1 och Tabell 2-2.

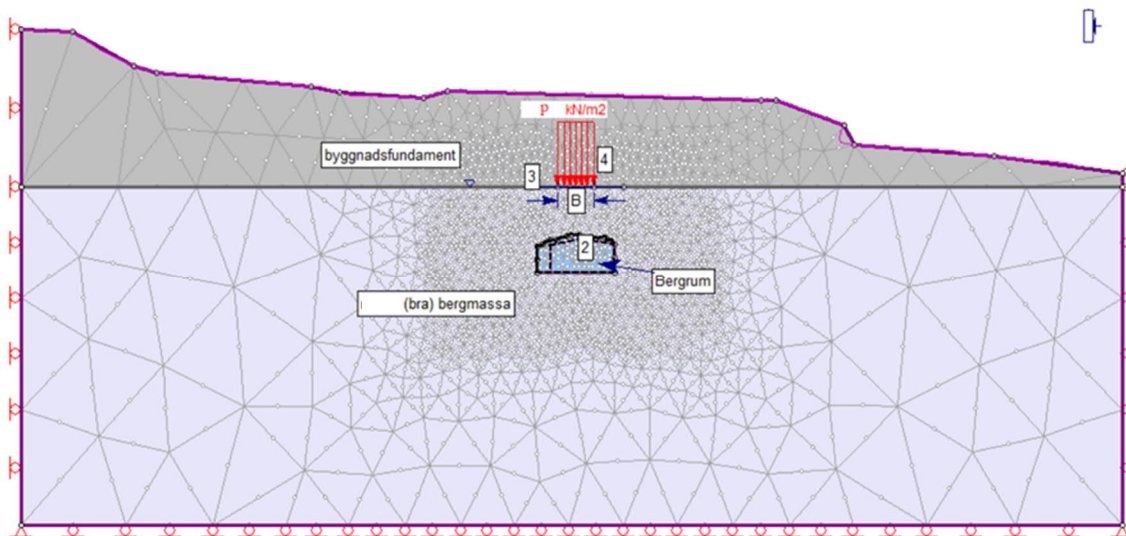
Tabell 2-1. Värde på variabel  $x$  i de två linjära ekvationerna för min- och max-värde för parametrarna  $\sigma_{ci}$  och  $m_i$  för olika bergklasser.

$\sigma_{ci}$		$m_i$		$E_i$ (MPa)		$GSI = RMR_{bas} - 5$	
Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
148	180	17	21	47000	86000	58	72

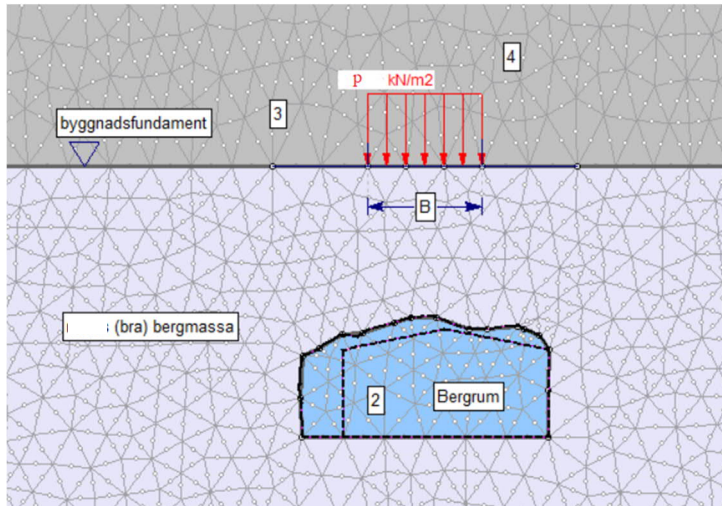
Tabell 2-2. Materialegenskaper.

Indata					Modellegenskaper					
$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{ci}$ [MPa]	$m_i$ [-]	GSI [-]	D [-]	$m_b/m_{b,r}$ [-]	$s/s_r$ [-]	$a/a_r$ [-]	$E_m$ [MPa]	$E_{unl}$ [MPa]	$\nu$ [-]
26,0	148	17	58	0	3,793/ 1,897	0,0094/ 0,00	0,5033/ 0,5033	9500	18000	0,30

## 2.1 MODELL FÖR BERGMASSA OCH BERGRUM SEKTION 1-1

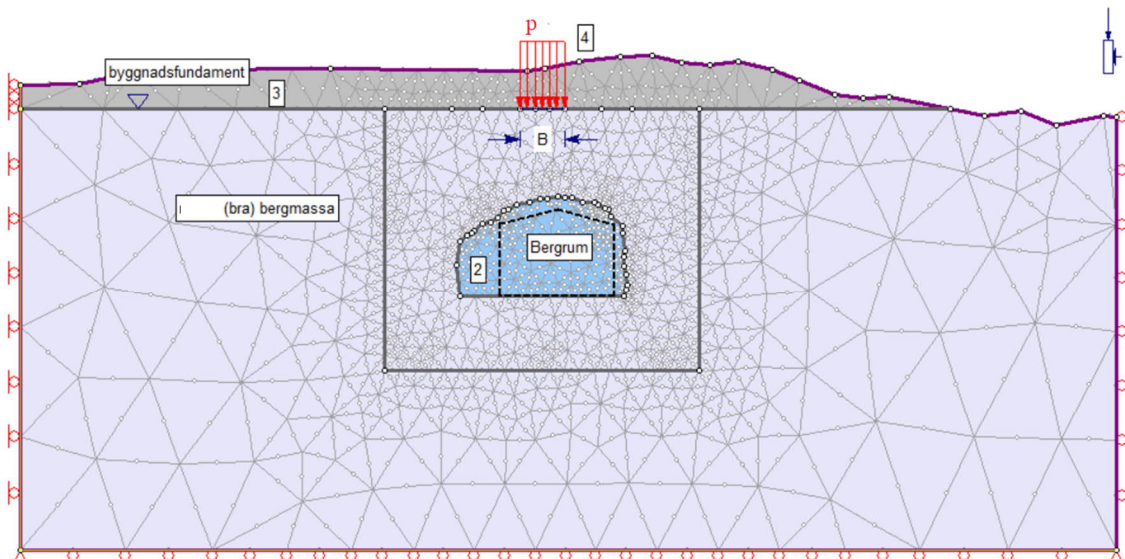


Figur 2-1. Modell sektion 1-1 geometri i RS 2 (Rocscience).



Figur 2-2. Modell sektion 1-1 geometri i RS 2 (Rocscience).

## 2.2 MODELL FÖR BERGMASSA OCH BERGRUM SEKTION 2-2

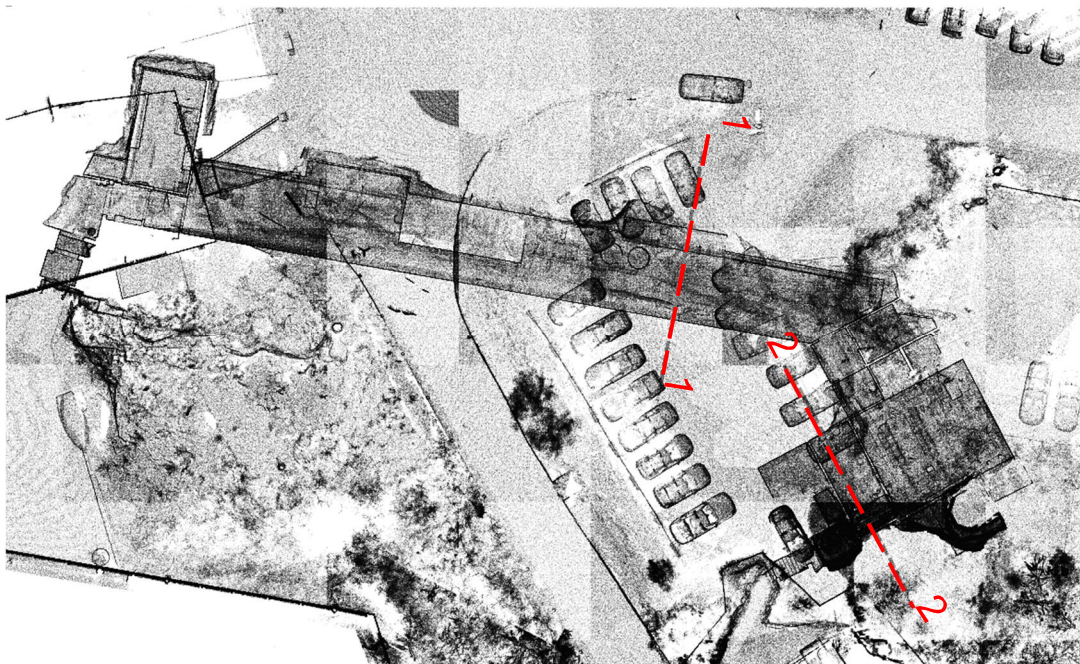


Figur 2-3. Modell sektion 2-2 geometri i RS 2 (Rocscience).

## 3 NUMERISK ANALYS

Den numeriska analysen är utförd med mjukvaran RS2, som är ett FEM-program (Finita elementmetoden) för jord- och bergapplikationer, utvecklad av Rocscience Inc.

För att utvärdera stabiliteten av bergrummet med hänsyn till den extra lasten från ovanpåliggande hus så har två sektioner analyserats med FEM-programmet RS2. De två analyserade sektionerna och det befintliga bergrummet visas i Figur 3-1.



Figur 3-1. Plan som visar bergrum och de två sektionerna (1-1 och 2-2) som har analyserats med numerisk beräkningsmodell.

Valvbildning och tryck vid brott är verifierade genom numeriska analyser i flera beräkningssteg, se Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Verifiering av tunnel- och bergstabilitet med numerisk analys i flera beräkningssteg.

Steg nr.	Tunnel	Beskrivning
1	Initialspänningar	Upprätta terrängmodell och initiala bergspänningar
2	Berguttag för bergrum	Berguttag av bergrum – beräkningssteget utförs för att erhålla storleken på bergspänningarna runt bergrummet, d.v.s bergspänningarnas valvbildande effekt.
3	Berguttag för grundläggning av huskonstruktion	Berguttag för grundläggning av hus ovanför det befintliga bergrummet.
4	Last på berg från husgrundläggning	Stegvis belastning på berget från husgrunden.
...		
<b>Sista beräkningssteget</b>	Tryck vid brott	Fastställa tryck vid bergbrott genom överdrivna deformationer för skjuv- och stansningsbrott.

## 4 RESULTAT

### 4.1 TVÄRSEKTIONSMODELL 1-1

#### *RS2 Analys information*

#### *Projektsummering*

---

Filnamn:	CS2-2
Senast sparad med RS2 version:	10.005
Projekt Titel:	Projekt1

#### *Allmänna inställningar*

---

Nummer av steg:	2
Analystyp:	Plant töjningstillstånd (2D)
Lösningstyp:	Gausselimination
Enheter:	Metrisk, spänningar med kPa
Enhet för permeabilitet:	meter/sekund
Tidsenhet:	sekunder

#### *Analysval*

---

Maximalt antal iterationer:	500
Tolerans:	0.001
Antal laststeg:	Automatisk
Konvergenstyp:	Absolut kraft och energi
Dragbrott:	Minskar skjuvstyrkan
Dragspricka reducerar sprickstyvheten med en factor 0,01	

#### *Grundvattenanalys*

---

Metod:	Statisk
Viktenhet för porvätska:	9.81 kN/m <sup>3</sup>
Rutnäts interpolation:	Modifierad Chugh

Sannolikhet: ingen

## Fältspänningar

---

Fältspänningar:	Gravitativt
Använder verklig markyta	
Effektivt spänningsförhållande (horisontellt/vertikalt i plan):	0.3
Effektivt spänningsförhållande (horisontellt/vertikalt utanför plan):	0.3
Inlåst horisontell spänning (i plan):	0
Inlåst horisontell spänning (utanför planet):	0

## Mesh

---

Meshtyp: Graderade  
Elementtyp: 6 Nodade trianglar

## Mesh kvalitet

---


Alla element är av god kvalitet

### Element av dålig kvalitet definieras som:

- Sidolängdsförhållande (maximalt / minimum) > 30.00
- Minsta inre vinkel < 2.0 grader
- Största inre vinkel > 175.0 grader

## Materialegenskaper

### Bra bergmassa

Materialfärg	
Inledande elementbelastning	Fältspänningar, kropp och kraft
Enhetsvikt	26 kN/m <sup>3</sup>
Elastisk typ	Isotropisk
Poisson's tal	0.3
Elasticitetsmodul	9.5e+06 kPa
Använd residual elasticitetsmodul	Nej
Avlastningsvillkor	Medel spänning
Avlastning Poisson's tal	0.3
Avlastning elasticitetsmodul	1.8e+07 kPa
Använd avlastning residual elasticitetsmodul	Nej
Brottkriterium	Generaliserad Hoek-Brown
Materialtyp	Plastisk
Tryckhållfasthet	148000 kPa
mb Parameter	3.79321
s Parameter	0.009404
a Parameter	0.503276
GSI Parameter	58
mi Parameter	17
D Parameter	0
Residual mb Parameter	1.89661
Residual s Parameter	0
Residual a Parameter	0.503276
Residual GSI Parameter	50
Residual mi Parameter	10
Residual D Parameter	0
Utvidgning Parameter	0
Drag Cutoff Typ	0
Material beteende	Dränerad
Porositetsvärde	0.5
Statiskt vatten läge	Torr

## Lista över alla koordinater

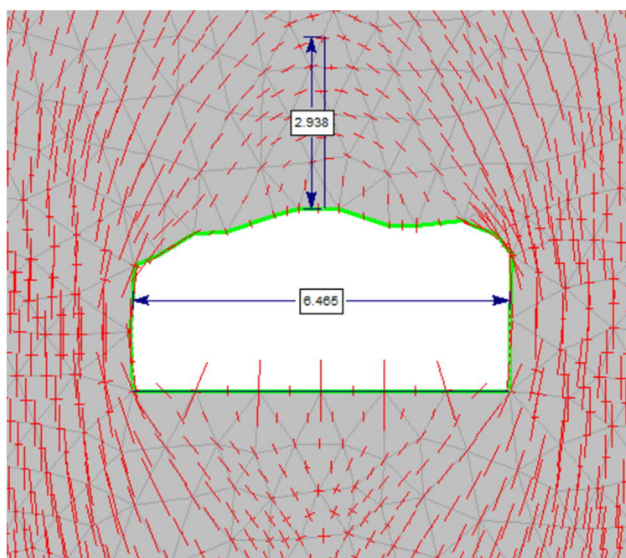
---

### Yttre gräns

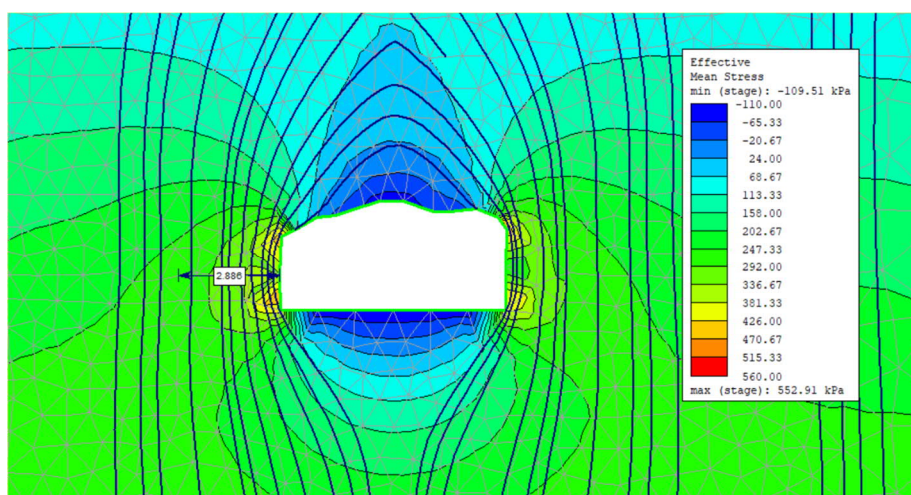
X	Y
-45.8667	-47.1411
47.0684	-47.1411
47.0684	-17.4679
36.2794	-15.9947
24.5048	-15.055
23.6274	-13.4037
17.8168	-11.3097
16.5938	-11.3011
-9.84169	-10.5142
-11.9262	-11.1157
-19.0011	-10.6824
-21.4009	-10.1652
-34.4219	-8.97618
-36.3712	-8.45618
-41.5495	-5.59368
-45.8667	-5.39868

### Materialgräns

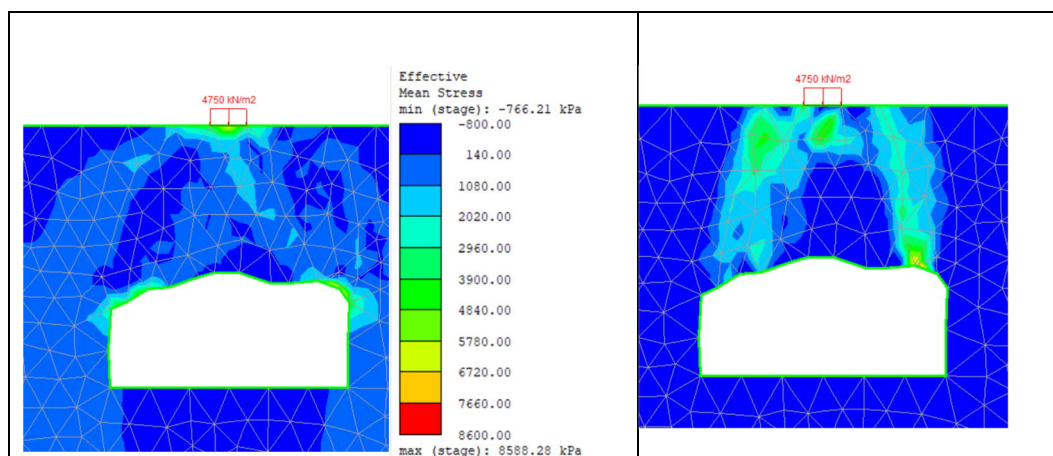
X	Y
-2.2735	-25.7547
4.19133	-25.7647
4.19133	-24.527
4.23478	-23.4419
3.9722	-23.0739
3.5718	-22.9154
3.38816	-22.8427
2.58761	-22.9164
2.11952	-22.9189
1.25967	-22.6239
0.573432	-22.6227
0.151977	-22.7477
-0.669589	-23.0289
-1.22202	-23.0639
-1.81166	-23.4134
-2.2542	-23.6198
-2.30869	-24.741
-2.2735	-25.7547



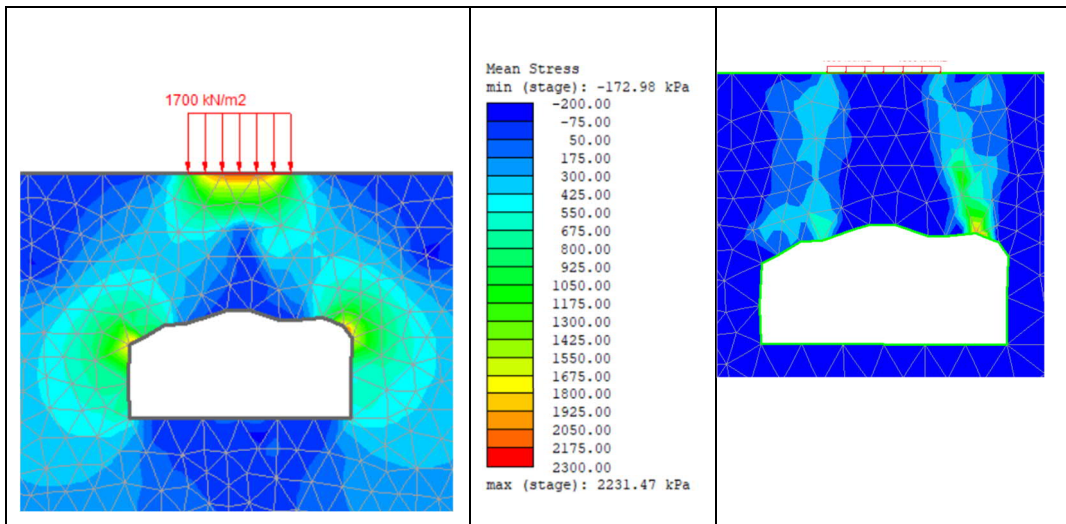
Figur 4-1. Bergspänningsriktningar ovanför bergrummet för tvärsnittsmodell 1-1 efter beräkningssteg nr. 2 (se Tabell 3-1).



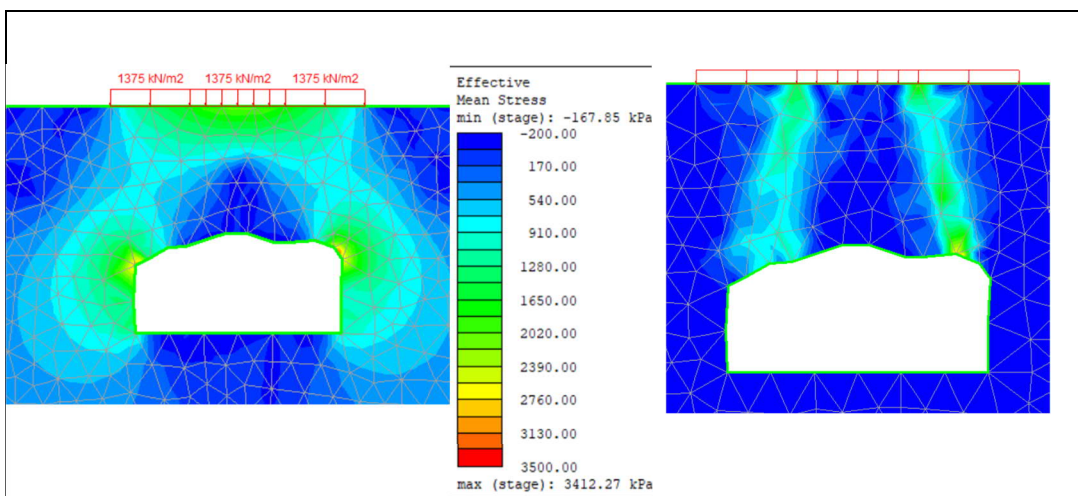
Figur 4-2. Spänningsflödeslinjer (mörkblå linjer) – Spänningsomlagring och medel effektivspänning runt bergrummet efter beräkningssteg Nr. 2 (se Tabell 3-1).



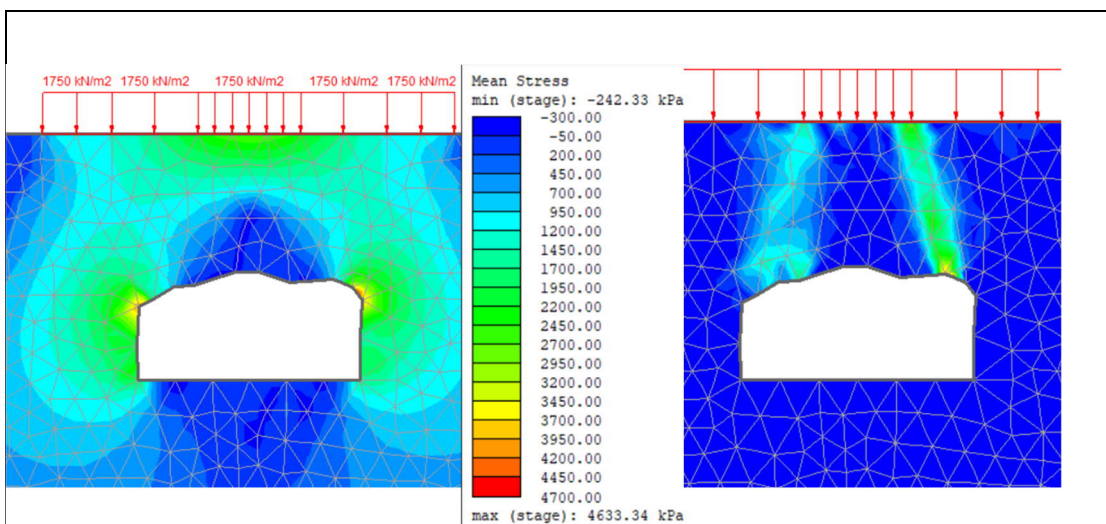
Figur 4-3. Typiska medelspänningar i berget, till vänster. Stansning av grundläggning på berget, till höger, för fundamentet med en bredd på  $B=1,0$  m.



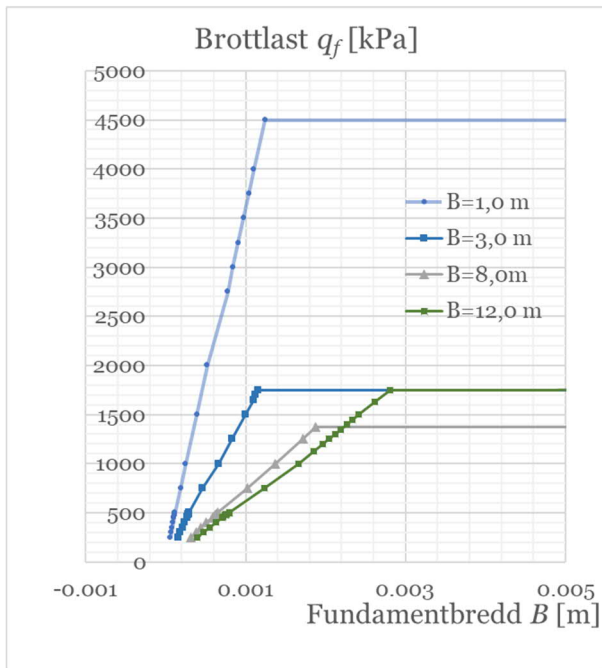
Figur 4-4. Typiska medelspänningar i berget, till vänster. Stansning av grundläggning på berget, till höger, för fundamentet med en bredd på  $B=3,0$  m.



Figur 4-5. Typiska medelspänningar i berget, till vänster. Stansning av grundläggning på berget, till höger, för fundamentet med en bredd på  $B=8,0$  m.



Figur 4-6. Typiska medelspänningar i berget, till vänster. Stansning av grundläggning på berget, till höger, för fundamentet med en bredd på  $B=12,0$  m.



Figur 4-7. Brottlast för berget vid olika fundamentbredder för tvärsektionsmodell 1-1.

## 4.2 TVÄRSEKTIONSMODELL 2-2

### RS2 Analys Information

#### ProjektSummering

---

#### Allmäninställningar

---

Nummer av steg:	20
Analystyp:	Plane Strain
Lösningstyp:	Gausselimination
Enheter:	Metrisk, spänningar med kPa
Enhet för permeabilitet:	meter/sekund
Tidsenhet:	sekunder

#### Analysval

---

Maximalt antal iterationer:	500
Tolerans:	0.001
Antal laststeg:	Automatisk
Konvergenstyp:	Absolut kraft och energi
Dragbrott:	Minskar skjuvstyrkan
Dragspricka reducerar sprickstyvheten med en factor 0,01	

#### Grundvattenanalys

---

Metod:	Statisk
Viktenhet för porväska:	9.81 kN/m <sup>3</sup>
Rutnäts interpolation:	Modifierad Chugh

Sannolikhet: ingen

#### Fältspänningar

---

Fältspänningar:	Gravitativt
Använder verklig markyta	
Effektivt spänningsförhållande (horisontellt/vertikalt i plan):	0.3
Effektivt spänningsförhållande (horisontellt/vertikalt utanför plan):	0.3
Inlåst horisontell spänning (i plan):	0
Inlåst horisontell spänning (utanför planet):	0

## **Mesh**

---

Meshtyp: Graderade

Elementtyp: 6 Nodade trianglar

## **Mesh kvalitet**

---


All elements are of good quality

### **Element av dålig kvalitet definieras som:**

- Sidolängdsförhållande (maximalt / minimum) > 30.00
- Minsta inre vinkel < 2.0 grader
- Största inre vinkel > 175.0 grader

## Materialegenskaper

### Bra bergmassa

Materialfärg	
Inledande elementbelastning	Fältspänningar, kropp och kraft
Enhetsvikt	26 kN/m <sup>3</sup>
Elastisk typ	Isotropisk
Poisson's tal	0.3
Elasticitetsmodul	9.5e+06 kPa
Använd residual elasticitetsmodul	Nej
Avlastningsvillkor	Medel spänning
Avlastning Poisson's tal	0.3
Avlastning elasticitetsmodul	1.8e+07 kPa
Använd avlastning residual elasticitetsmodul	Nej
Brottkriterium	Generaliserad Hoek-Brown
Materialtyp	Plastisk
Tryckhållfasthet	148000 kPa
mb Parameter	3.79321
s Parameter	0.009404
a Parameter	0.503276
GSI Parameter	58
mi Parameter	17
D Parameter	0
Residual mb Parameter	1.89661
Residual s Parameter	0
Residual a Parameter	0.503276
Residual GSI Parameter	50
Residual mi Parameter	10
Residual D Parameter	0
Utvidgning Parameter	0
Drag Cutoff Typ	0
Material beteende	Dränerad
Porositetsvärde	0.5
Statiskt vatten läge	Torr

## Lista över alla koordinater

---

### Yttre gräns

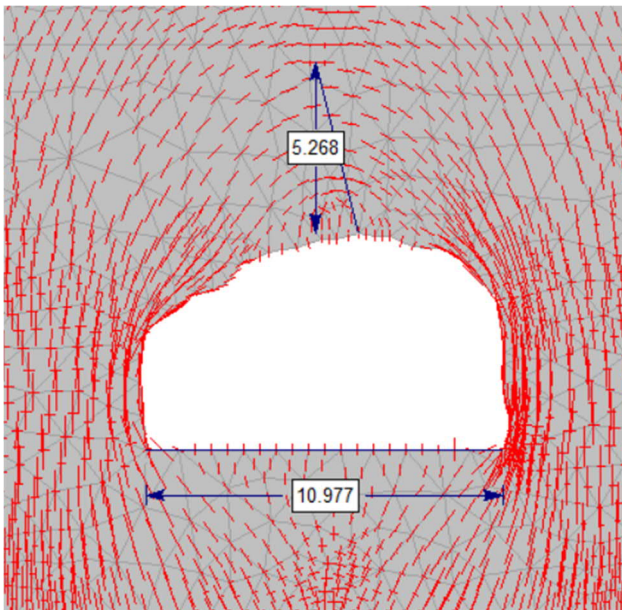
X	Y
-53.6446	-20.8625
19.6748	-20.8625
19.6748	8.10454
18.8116	8.16303
15.6743	7.49
13.2471	8.48
10.841	8.125
8.53336	8.59708
4.43731	9.435
2.7338	9.315
0.813309	9.59035
-1.57031	10.5064
-3.33951	11.2521
-5.65871	11.7737
-7.48825	11.5105
-9.39522	11.6805
-11.3863	12.1633
-13.5293	12.0826
-16.2729	11.7584
-18.5433	11.3405
-19.774	11.1225
-32.8864	11.2826
-42.715	11.2167
-46.0052	11.0445
-47.4891	10.7145
-49.7105	10.2692
-53.6446	10.2262
-53.6446	8.59708

## Materialgräns

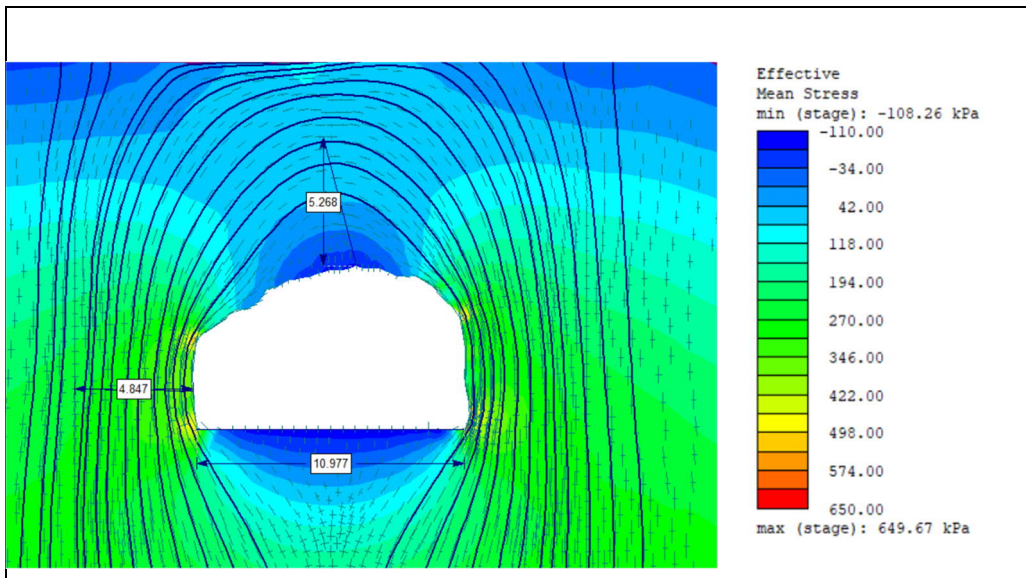
X	Y
-24.234	-3.8746
-13.2571	-3.87738
-13.0903	-3.41253
-13.0239	-3.14394
-13.1437	-2.37538
-13.2477	-1.87538
-13.238	-1.20513
-13.1912	-0.857377
-13.3848	0.327623
-13.3523	0.788497
-14.1591	1.47798
-14.3338	1.89775
-14.5712	1.9835
-14.976	2.2735
-15.236	2.3745
-16.0197	2.37799
-16.7278	2.7186
-17.2107	2.69843
-17.6838	2.79708
-18.3666	2.64212
-18.8386	2.64212
-19.6092	2.36854
-20.4832	2.2107
-20.9992	1.93713
-21.3467	1.84243
-21.6752	1.3395
-22.1694	1.05076
-22.7341	0.980407
-23.2577	0.543868
-23.461	0.369123
-23.7431	0.196247
-24.2646	-0.182377
-24.4377	-1.77928
-24.234	-3.8746

## Materialgräns

X	Y
8.53336	8.59708
-8.25705	8.59708
-12.7455	8.59708
-14.7455	8.59708
-17.2455	8.59708
-18.2455	8.59708
-19.1978	8.59708
-20.2455	8.59708
-22.7455	8.59708
-24.7455	8.59708
-29.234	8.59708
-53.6446	8.59708
-29.234	8.59708
-29.234	-8.8746
-8.25705	-8.8746
-8.25705	8.59708



Figur 4-8. Bergspänningsriktningar ovanför bergrummet för tvärsektionsmodell 2-2 efter beräkningssteg nr. 2.



Figur 4-9. Spänningsflödeslinjer (mörkblå linjer) – Spänningsomlagringar och medel effektivspänning runt bergummet efter beräkningssteg Nr. 2 (se Tabell 3-1).

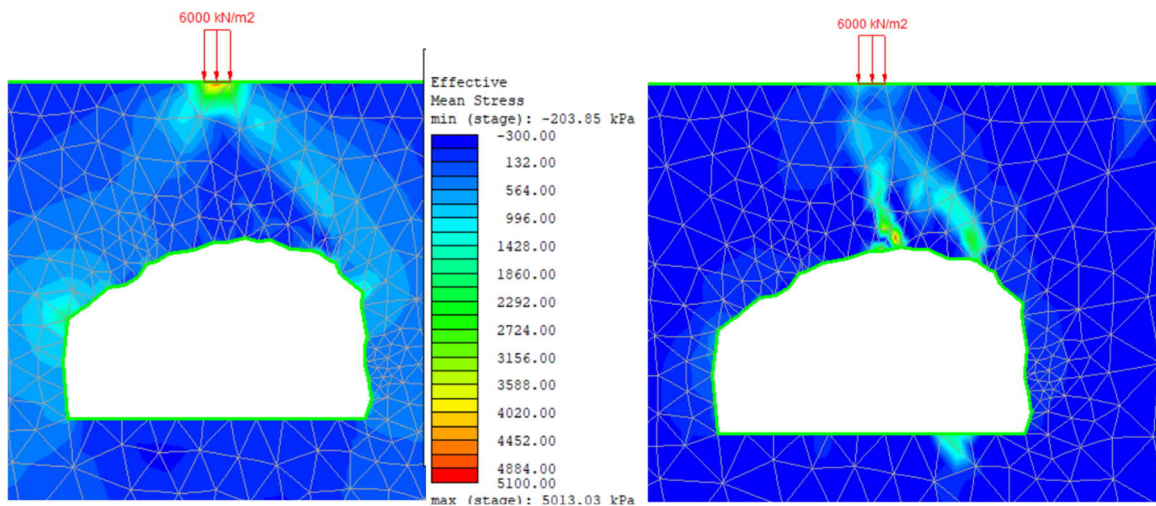


Figure 4-10. Typiska medelspänningar i berget, till vänster. Stansning av grundläggning, till höger, för fundamentet med en bredd på  $B=1,0$  m.

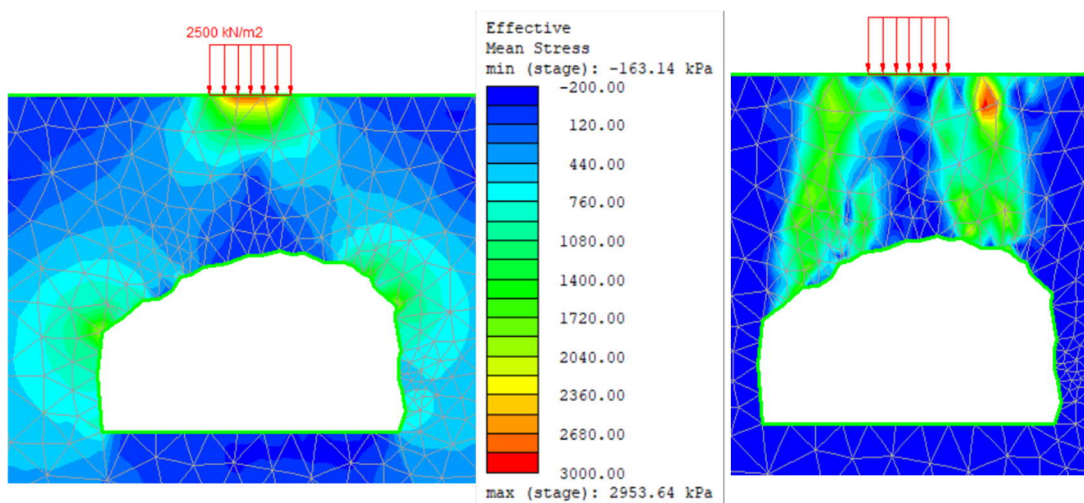


Figure 4-11. Typiska medelspänningar i berget, till vänster. Stansning av grundläggning, till höger, för fundamentet med en bredd på  $B=3,0$  m.

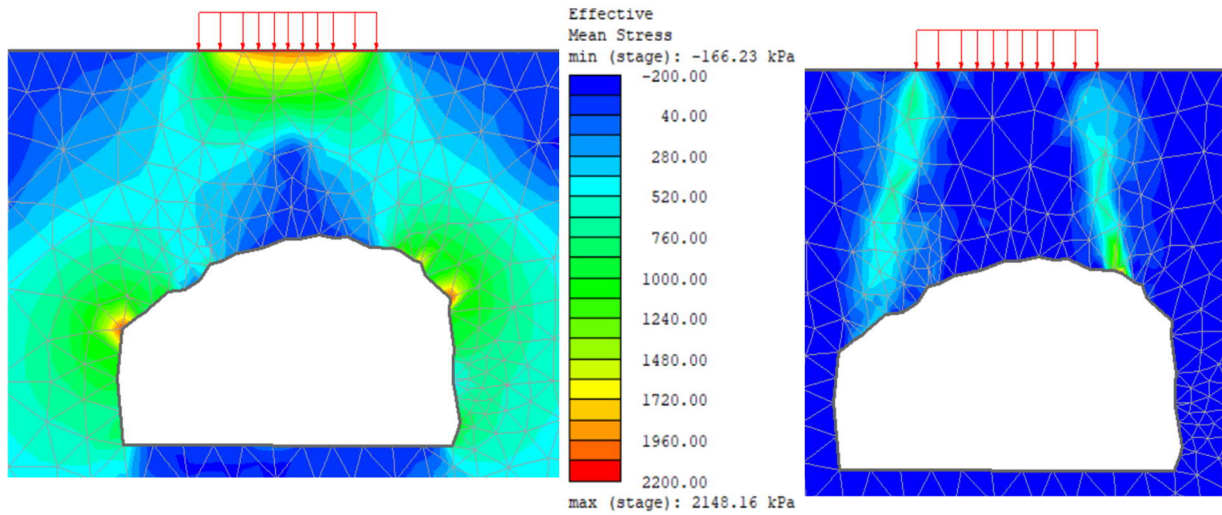


Figure 4-12. Typiska medelspänningar i berget, till vänster. Stansning av grundläggning, till höger, för fundamentet med en bredd på  $B=6,0$  m.

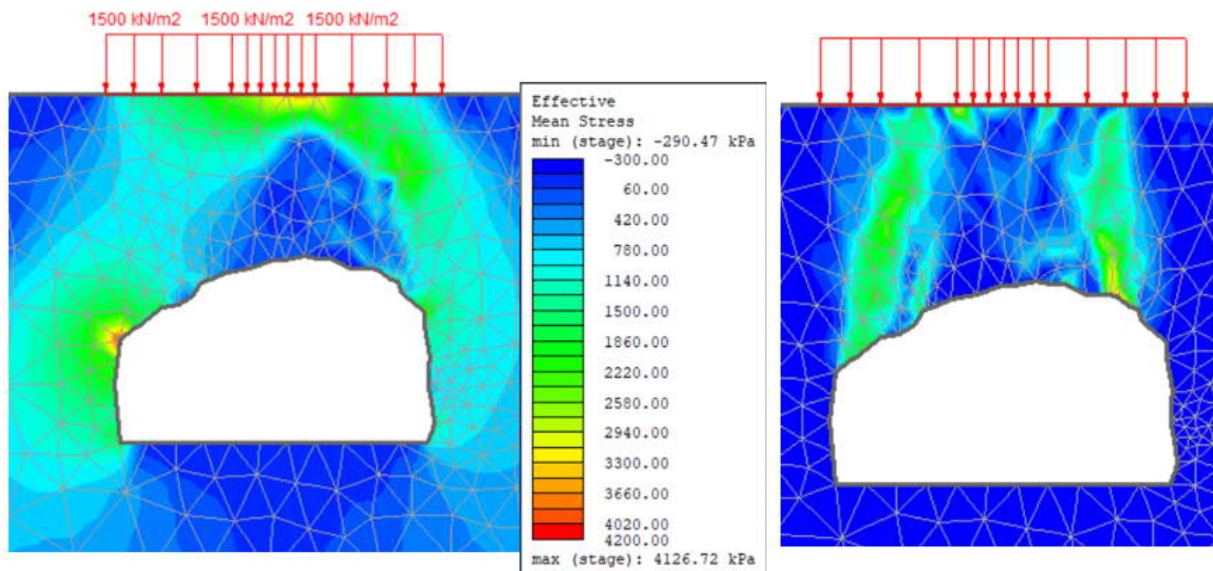


Figure 4-13. Typiska medelspänningar i berget, till vänster. Stansning av grundläggning, till höger, för fundamentet med en bredd på  $B=12,0$  m.

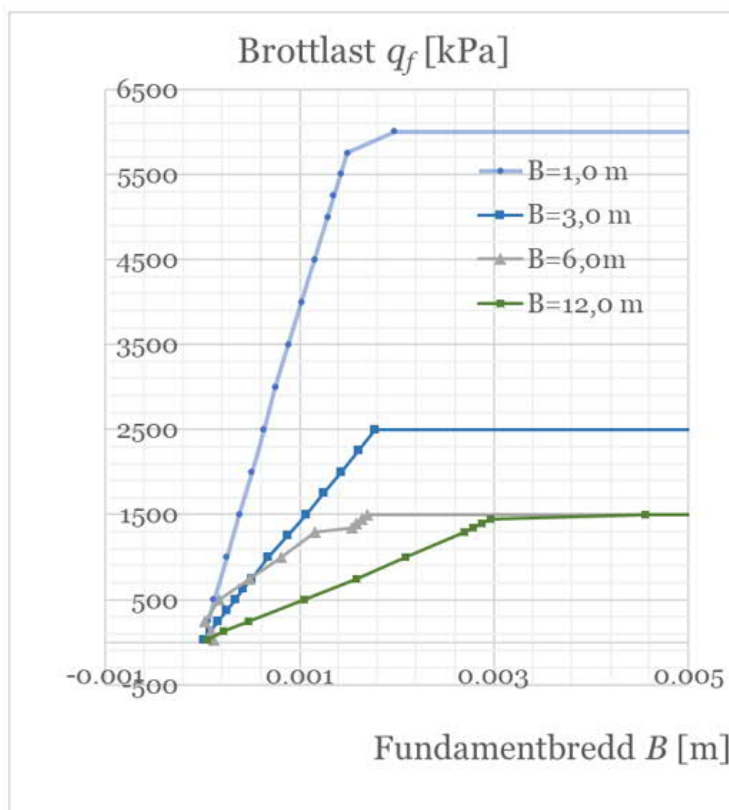


Figure 4-14. Brottlast för berget vid olika bredder på fundamentet för tvärsnitt 2-2.

### 4.3 BÄRFÖRMÅGA FÖR FUNDAMENT PÅ BERG (OVANFÖR BERGRUMMET)

Bergets tillåtna bärförmåga under husfundamentet bestäms baserat på bergets brottgräns och en säkerhetsfaktor ( $F_s$ ) mot brott i berget (brottgränsen dividerad med en säkerhetsfaktor).

Brottgränsen är det största acceptabla teoretiska trycket på berget innan berget går till brott. Det är ett genomsnittligt kontaktryck mellan fundamentet och berget som kommer att skapa genomstansning eller skjuvbrott i berget under fundamentet.

För att bestämma tillåtna bärförmågan för berget antas en säkerhetsfaktor på 1,5 ( $F_s=1,5$ ) vara acceptabel.

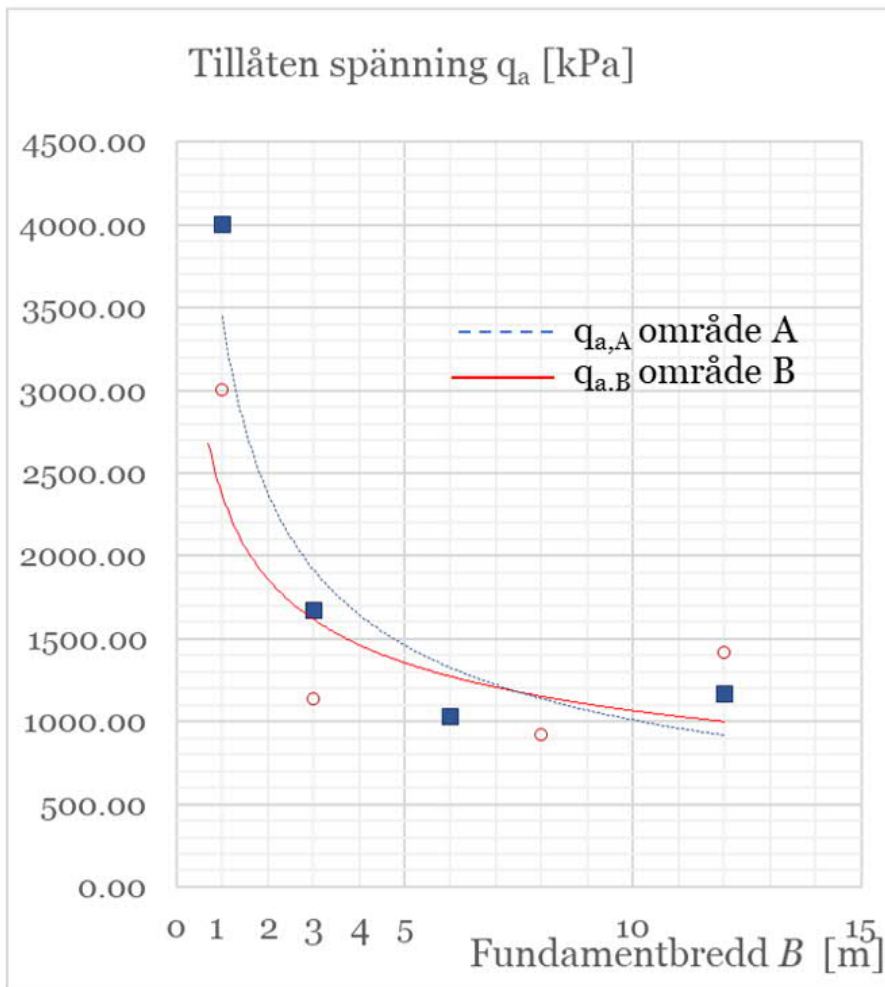


Figure 4-15. Tillåten bärförmåga för berget vid olika bredder på fundamentet för tvärsektionsmodell 1-1 (område A) och 2-2 (område B).

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. [wsp.com](http://wsp.com)

**WSP Sverige AB**  
Box 8094  
700 08 Örebro  
Besök: Krontorpsgatan 1

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](http://wsp.com)

