

JUNI 2019
NCC TEKNIK

STABILITETSHÖJANDE ÅTGÄRDER I BERG- STRIDSBERG, TROLLHÄTTAN

PM BERGTEKNIK



COWI

ADRESS COWI AB

Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg

TEL 010 850 10 00

WWW cowi.se

JUNI 2019
NCC TEKNIK

STABILITETSHÖJANDE ÅTGÄRDER I BERG- STRIDSBERG, TROLLHÄTTAN

PM BERGTEKNIK

PROJEKTNR.

A126383

DOKUMENTNR.

A126383 -B-PM-001

VERSION

1.0

UTGIVNINGSDATUM

2019-06-19

BESKRIVNING

PM Bergteknik

UTARBETAD

Elisabet Sundberg
& Michael Setter

GRANSKAD

Martin Persson

GODKÄND

Martin Persson

INNEHÅLL

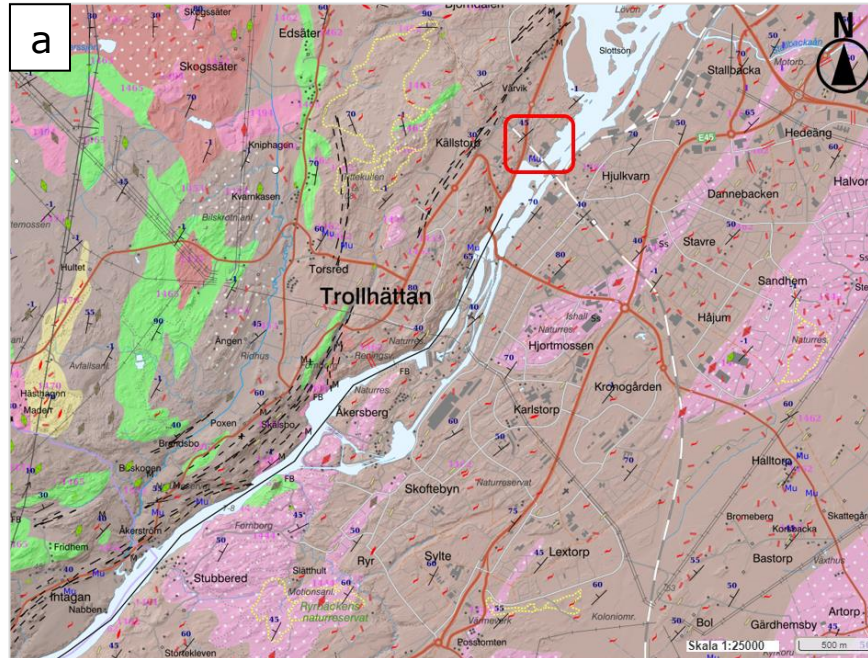
1	Uppdrag	6
2	Styrande dokument	9
3	Planerad konstruktion och lastsituation	9
4	Underlag	9
5	Geologi	9
5.1	Tidigare karteringsresultat	9
5.2	Strukturgeologi	10
6	Bergtekniska observationer	10
6.1	Problemområden	11
6.1.1	Område 1	12
6.1.2	Område 2	19
6.1.3	Område 3	23
7	Slutsatser och rekommendationer	26
7.1	Slutsatser	26
7.2	Övriga problem vid förstärkning i område 1	27
7.3	Rekommendationer	27
7.3.1	Område 1	27
7.3.2	Område 2 och 3	27

1 Uppdrag

COWI AB utförde 2018 en bergteknisk undersökning för detaljplan i Stridsbergsområdet, Trollhättan, se Figur 1. Syftet med nu presenterat uppdrag är att mer detaljerat undersöka och beskriva tre bergskärningar som tidigare uppmärksammats som möjliga problemområden med avseende på stabilitet, se Figur 2 nedan. Föreliggande PM innehåller:

- > Fältobservationer och strukturgeologiska analyser
- > Förslag på stabilitetshöjande åtgärder. Dessa förslag ska ta hänsyn till lastsituation i bygg- och permanentskede samt platsspecifika begränsningar vad gäller tillgängligt utrymme för arbeten
- > Stora huslaster kan komma att placeras inom en 10-årsperiod. Ingen utredning kring detta sker i nuläget

Området för utredningen visas i Figur 1. Berggrundskartan från SGU visar att berggrunden i området består av granitisk till tonalitisk gnejs (Figur 1a). En inzoomad bild av området för utredningen ligger inom grön polygon i Figur 1b nedan.



Figur 1. a) Berggrundskarta från SGU kartvisaren, visar områdets geologi och utredningsområdets lokalisering i Trollhättan stad. b) Utredningsområdet ligger inom grön polygon (Kartmaterial är tillhandahållet av Trollhättans stad).

Tidigare utredning i området utförd av COWI AB under 2018, visade att det finns tre bergområden med stabilitetsproblem, vilka beskrivs i aktuell utredning, se Figur 2.



Figur 2. Områden med berg i dagen visas med grön respektive röd skraffering. Röda områden utgör studieområden för nu presenterat uppdrag. Utöver dessa undersöks delar av strandlinjen som fotograferats från flotte och/eller drönare.

2 Styrande dokument

Följande dokument har, i tillämpliga delar, används vid planering och utförande av nu presenterat arbete.

- TK Geo 13, TDOK 2013:0667, Trafikverkets tekniska krav på geokonstruktioner.
 (Bestämning av bergtyper, Bergs hållfasthets- och deformationsegenskaper, Skärning i berg)
- TR Geo 13, TDOK 2013:0668, Trafikverkets tekniska råd för geokonstruktioner.
 (Bestämning av bergtyper, Bergs hållfasthets- och deformationsegenskaper, Skärning i berg)

3 Planerad konstruktion och lastsituation

Maskiner <40 ton kan komma att användas på asfalterad markyta, och nära krön. Hänsyn tas också till att det är ont om plats ställvis vilket påverkar antalet möjliga åtgärdsalternativ (exempelvis vilka maskiner eller bultar som kan användas).

4 Underlag

Detaljplan Stridsberg Trollhättan, december 2018, COWI AB.

5 Geologi

Nedan ges en kort sammanfattning av tidigare utredningsresultat (ur COWI AB, 2018).

5.1 Tidigare karteringsresultat

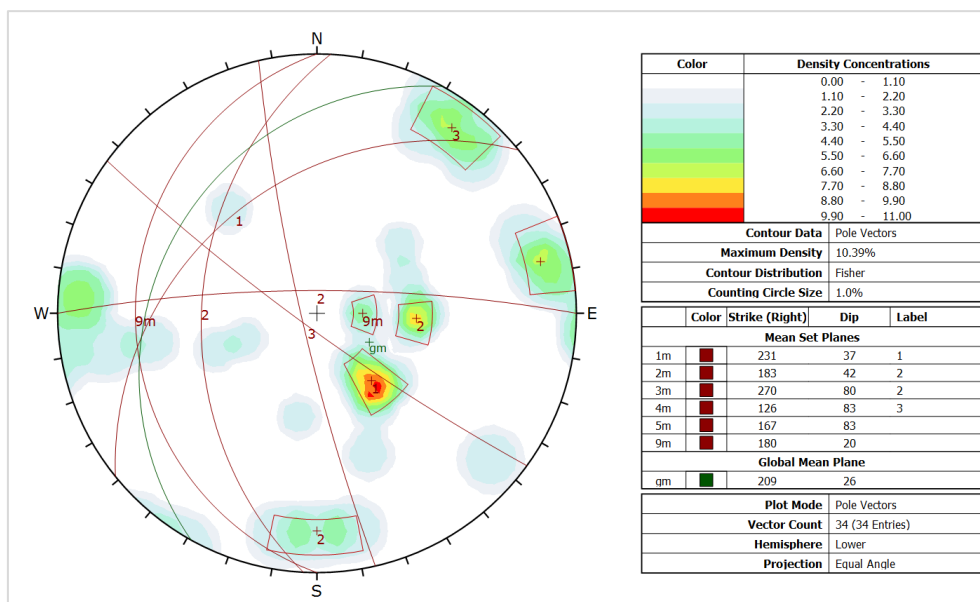
Bergarten i området består huvudsakligen av gnejsig granit-granodiorit av god kvalitet. Graniten är medelkornig och grå-röd i färgen. Linser och ådror av kvarts förekommer.

Området karaktäriseras av ytligt berg/berg i dagen, med flera rundade hållar genombrutna av enstaka sprickzoner. Dessutom finns ett antal slänter och bergskärningar med anmärkningar.

5.2 Strukturgeologi

Den dominerande sprickriktningen stryker i nordöstlig-sydvästlig riktning (ca 200°-230°) och stupningen är flack till medelflack (25°-40°), mot nordväst, se 3. Förskiffringen följer den dominerande förskiffringsriktningen i området som även följer svaghetszonen som utgör Göta Älvs dalgång. I den strukturgeologiska redovisningen har observationer även från angränsande detaljplaneområde, Kvarter Knorren, använts för att få ett bredare och säkrare dataunderlag.

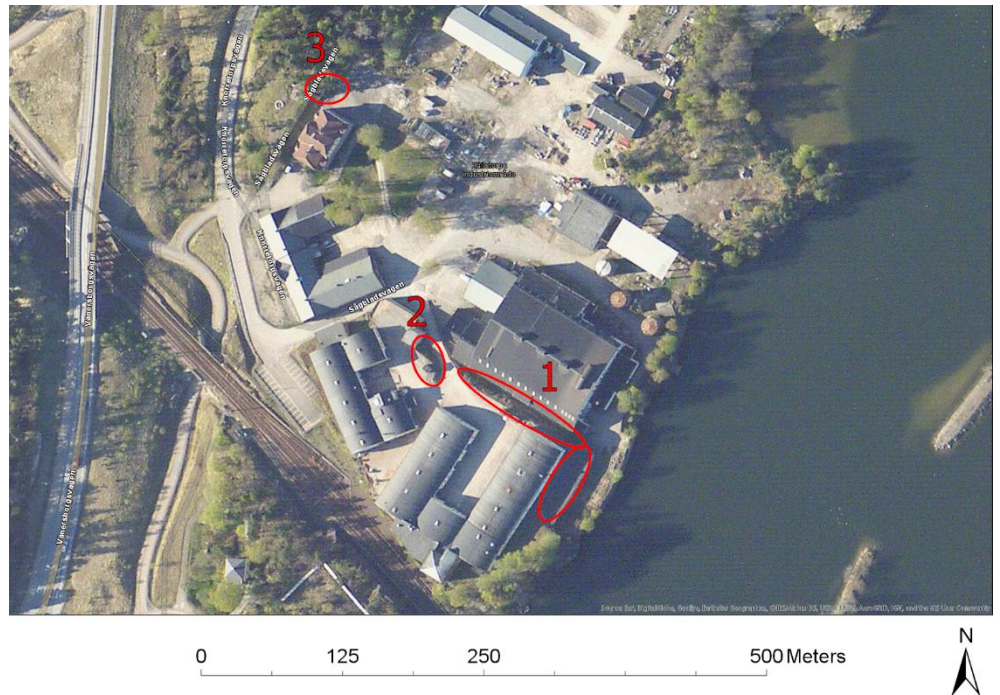
Sprickor (och förskiffringen) stryker i nordöstlig-sydvästlig riktning. Foliationen skärs av sprickor i nordvästlig och ös-västlig riktning vilket medför risk för blockutfall. Sammantaget ger strukturer i berget att särskilt slänter som sluttar mot öst eller nordöst är mindre stabila. Detta ska beaktas vid bergarbeten (exempelvis sprängning).



Figur 3. Stereonät med sprickriktningar från mätningar vid kartering (COWI, 2018)

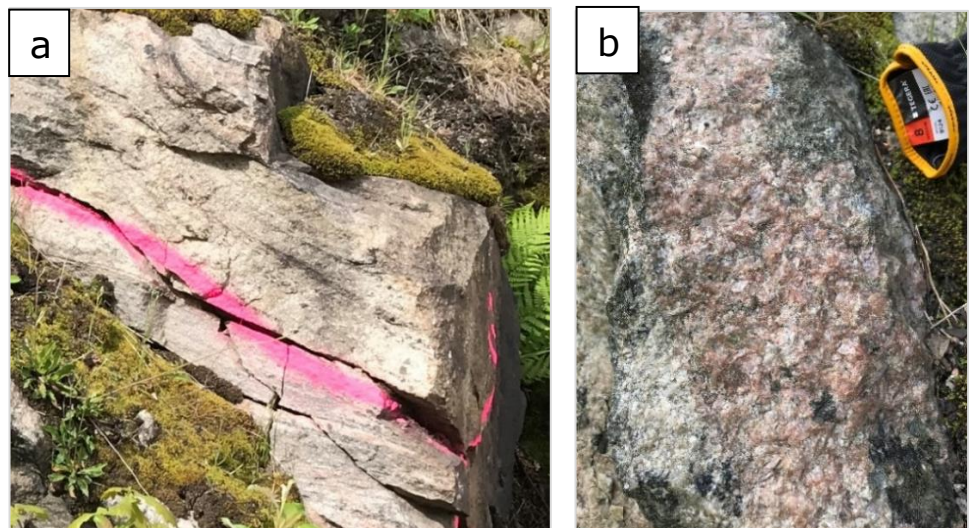
6 Bergtekniska observationer

Nu presenterad fältundersökning utfördes 28 maj 2019, och innefattade observationer av bergart, sprickor och en riskanalys beträffande bergstabiliteten i befintliga bergsslänter bestående av område 1, 2 och 3 (Figur 4), samt förslag till bergförstärkningsåtgärder.



Figur 4. Aktuella områden för bergtekniska utredningar.

Bergarten i området består av en medel- till grovkornig granitisk gnejs med foliations-strukturer. Berget är i allmänhet mycket omvandlat och uppsprucket. Sprickor är undulerande och släta till råa (Figur 5a), och det förekommer pegmatitgångar (Figur 5b).



Figur 5. a) Sprickor är undulerande och släta till råa. b) Pegmatitgång.

6.1 Problemområden

Nedan visas problemområden med observationer och strukturgeologiska undersökningar. Speciellt ostabila block har ringats in på berget med rosa färg, och förslag på bultsättning har ritats ut med rosa bultsymbol.

6.1.1 Område 1

Observationer i fält

Berget i område 1 utgörs av en brant och ~3 m hög bergsskäring som stupar nästan vertikalt (~85°) mot nordost. Skärningen ligger i direkt anslutning till en äldre industribyggnad på ett avstånd av 3 – 4 meter, se Figur 6 nedan.



Figur 6. Bergsslänt i område 1 i direkt anslutning till äldre industribyggnad.

Bergskämningen viker av 90° mot söder i den sydvästra delen, och här ligger en mur ovanpå berg ända upp till markplanen ovanför, se Figur 7.

Muren består av staplade ofogade block med gammal förstärkning bestående av armeringsstål i nedre kanten mellan muren och berget, vilka är markerade med rosa färg (inringat med rött i Figur 7). Berget bedöms här inte utgöra några risker för ras- eller blockutfall, men murens stabilitet är okänd. Muren håller uppe den asfalterade markplanen ovanför och är därför viktig för den övergripande stabiliteten i skärningen.



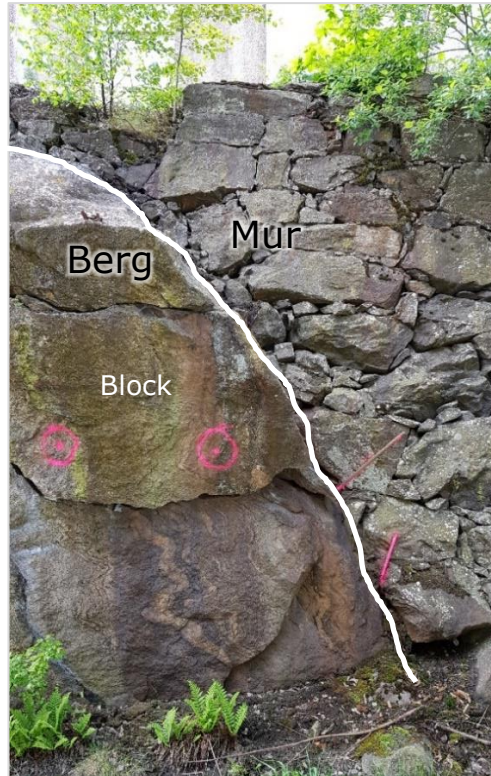
Figur 7. Muren på södra sidan i område 1. Bilderna visas från vänster till höger. Trappan längst ner till höger syns också i Figur 10, nedan.

Sprickor i berget är i allmänhet mycket stora, undulerande och släta till råa, och är i vissa fall lerfyllda. Vatten filtrerar igenom berget vilket också leder till att leran kan spolras ut. Det observerades mycket stora och instabila block, se exempel i Figur 8 och 9 nedan. Här lutar slänten inåt vilket är mycket ogynnsamt. Bergskärningen har också här ställvis den inarbetade muren ovanpå, på den östra delen av skärningen, se Figur 9 och 10.



Figur 8. Stort instabilt block som redan har glidit ut 5 cm. Blocket har rosa bultmarkeringar.

I Figur 9 visas det stora instabila blocket rakt framifrån i relation till muren ovanpå.



Figur 9. Bergskärningen med stort löst block i förhållande till muren ovanpå.

Figur 10 visar muren ovanpå berg, och det är tydligt att muren får stöd av berget. Berget är här mycket instabilt och rikt på sprickor, och på grund av muren ovanför kan man inte skrota ut det dåliga berget utan att riskera att den kollapsar. Istället behöver berget förstärkas upp för att hålla kvar hela konstruktionen.



Figur 10. Muren ligger inarbetad i berget vid skärningens östra del.

Nedan visas exempel på stora lösa block i bergskärningens överkant, och här finns också tidigare bergförstärkning (armeringsstål inringat i rött), se Figur 11. Det observerades många stora block i skärningens överkant vilka riskerar att falla ut idag, utan extra tungd på markplanen ovanför. På grund av att berget är mycket uppsprucket ända ner till marknivån, är det tveksamt om det är möjligt att utföra skrotning (eller bultning) utan att block faller ut av vibrationer som uppstår.



Figur 11. Stora lösa block och tidigare utförd bergförstärkning.

Det observerades mycket instabila block i skärningen som riskerar att glida ut genom kilbrott. Området är inringat med rosa färg, se Figur 12 och 13 nedan. Notera att småblock redan är på väg ut (inringat i rött). Stora block ligger ovanpå och risken att de faller ut i samband med ett kilbrott under bedöms som mycket stor. Stort block ska här bultas för att inte riskera att falla ut.



Figur 12. Risk för kilbrott av block inringat med rosa färg.

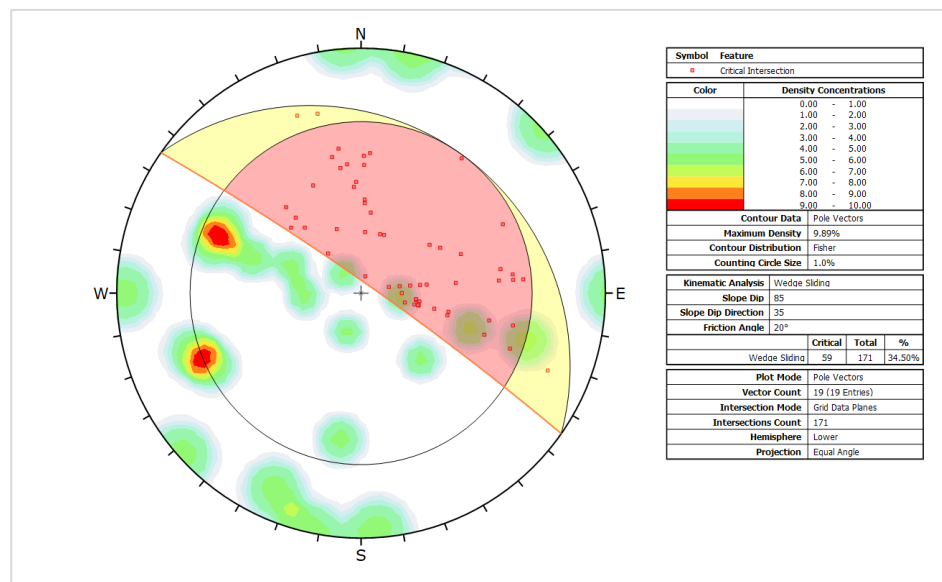


Figur 13. Risk för kilbrott, in-zoomad bild.

Det finns rikligt med växtlighet i bergskärningen vilket kan vara problematiskt för stabiliteten i form av rotsprängning, se ovan bilder.

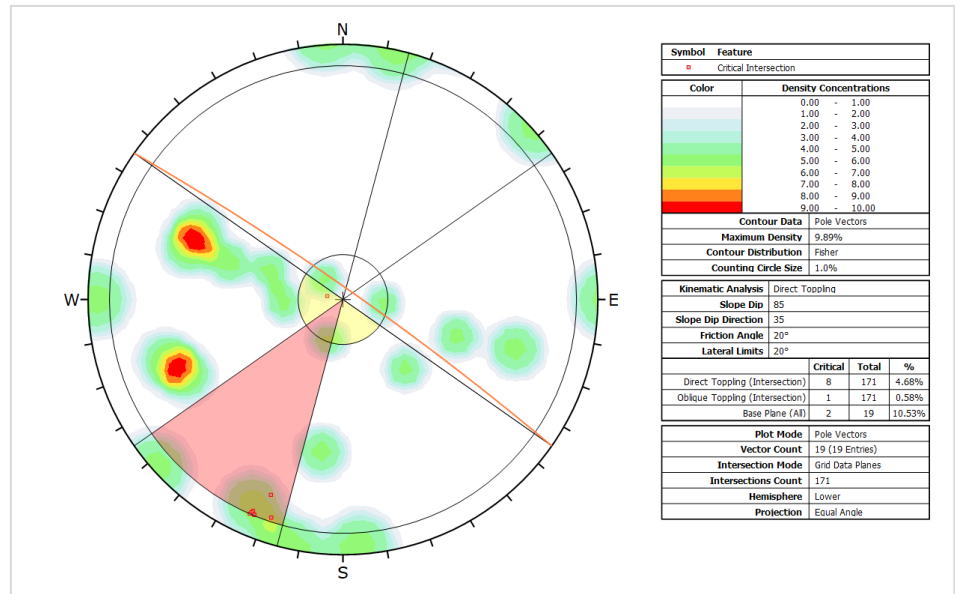
Strukturgeologi

Sprickor mättes in med högerhandsregeln med Strykning/Stupning (S/D) och plottades i stereonät. Bergskärningen vid område har S/D ~305/85°, och den visas med en orange linje i stereonätet i Figur 14. Rött område i stereonätet representerar sannolikheten för kilbrott (Wedge Sliding) i bergskärningen. Beräkningar bygger på sprickors riktningar och hur de samverkar. Sannolikheten för kilbrott är här 34 %.



Figur 14. Sannolikheten för kilbrott i skärningen är ~34 %.

Rött område i stereonätet i Figur 15 representerar sannolikheten för bergutfall genom tipping (Direct Toppling), och den är här 5 %.



Figur 15. Sannolikhet för blockutfall genom tipping är 5 %.

6.1.2 Område 2

Observationer i fält

Bergskärningen i område 2 lutar $\sim 85^\circ$ mot nordost som bergskärningen i område 1, men här är skärningen ~ 2 m hög. Berget är uppsprucket och omvandlat och har 3 huvudsprickgrupper. Sprickor är undulerande och råa till släta. Sprickor har gett upphov till block på ~ 70 cm. I Figur 16 visas två block (markerade med rosa färg) som sitter högt upp i skärningen och som är instabila. De bedöms behöva bultas för att hålla uppe markplanet ovanför. Det bedöms dock finnas en risk för blockutfall vid bultning eftersom skärningen är mycket uppsprucken, vilket behöver tas med i beräkningen när förstärkningsåtgärder ska utföras. Figur 17 visar skärningen sedd från sidan med markplanen ovanför.



Figur 16. Instabila block i skärningen, markerade med rosa färg.



Figur 17. Skärningen sedd från sidan med markplanen ovanför.

I Figur 18 och 19 syns att sprickor är ogynnsamma och kan ge upphov till blockutfall ner mot släntfoten och ska bultas för att upprätthålla stabiliteten. Det är tydligt att ogynnsamma sprickor följer bergets naturliga foliation.



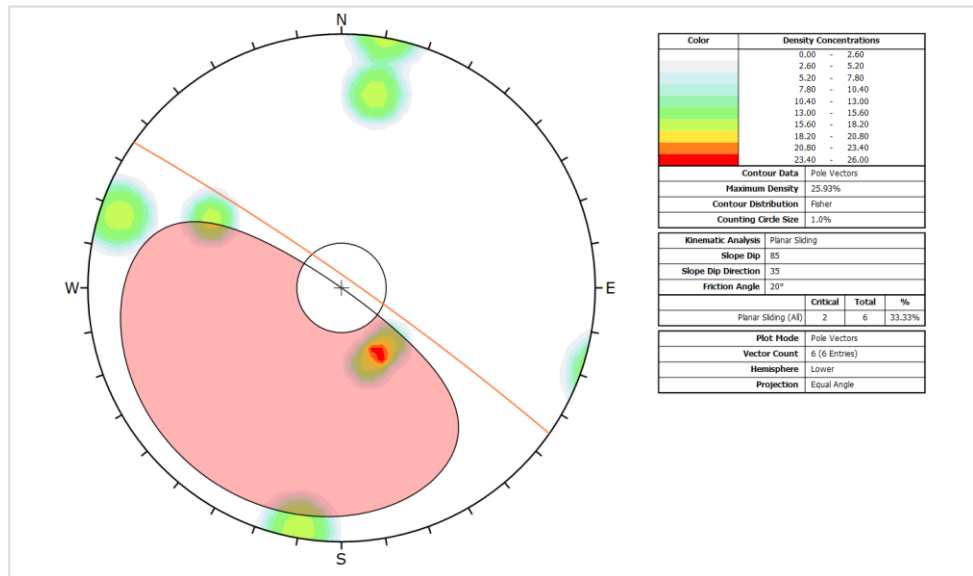
Figur 18. Ogynnsamma sprickriktningar.



Figur 19. Ogymsamma sprickriktningar.

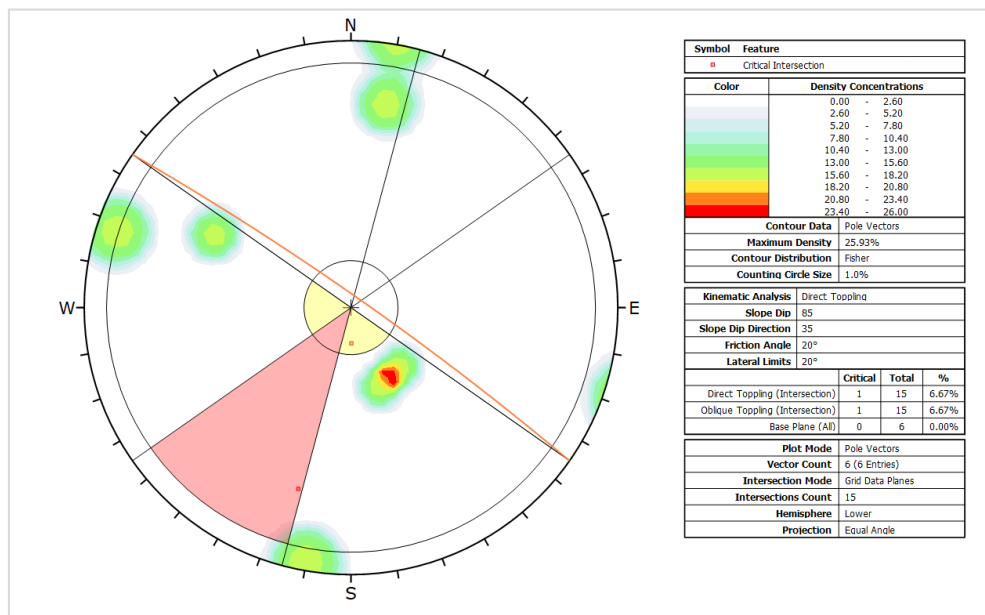
Strukturgeologi

Bergskämningen i område 2 stupar mot nordost och har S/D $\sim 305/85^\circ$, och den visas med en orange linje i stereonätet i Figur 20. Rött område i Figuren representerar sannolikheten för plant brott (Planar Sliding), och den är här 33 %.



Figur 20. Sannolikheten för plant brott är 33 %.

Rött område i stereonätet i Figur 21 nedan representerar sannolikheten för blockutfall genom tippning/stjälpling (Direct Toppling), och är här 7 %.



Figur 21. Sannolikhet för blockutfall genom tippning är 7 %.

6.1.3 Område 3

Observationer i fält

Bergskärningen i område 3 ligger i nära anslutning till en kontorsbyggnad, se Figur 22. Skärningen är ~ 2 m hög och lutar $\sim 70^\circ$, mot sydväst. Bergarten är av samma typ som vid område 1 och 2, och det observerades glimmerrika områden på bergskärningen.



Figur 22. Bergskärning (t. v.) i område 3 i nära anslutning till kontorsbyggnad.

Skärningen har lösa block, men sprickriktningar är mindre ogynnsamma här än vid område 1 och 2, se Figur 23. Bultning av block kan utföras, men en övervägning om att skrota ut lösa block istället kan göras, eftersom det inte behöver tas hänsyn till markplan ovanför med extra tyngd från last.



Figur 23. Lösa block i skärningen bakom kontorsbyggnad.

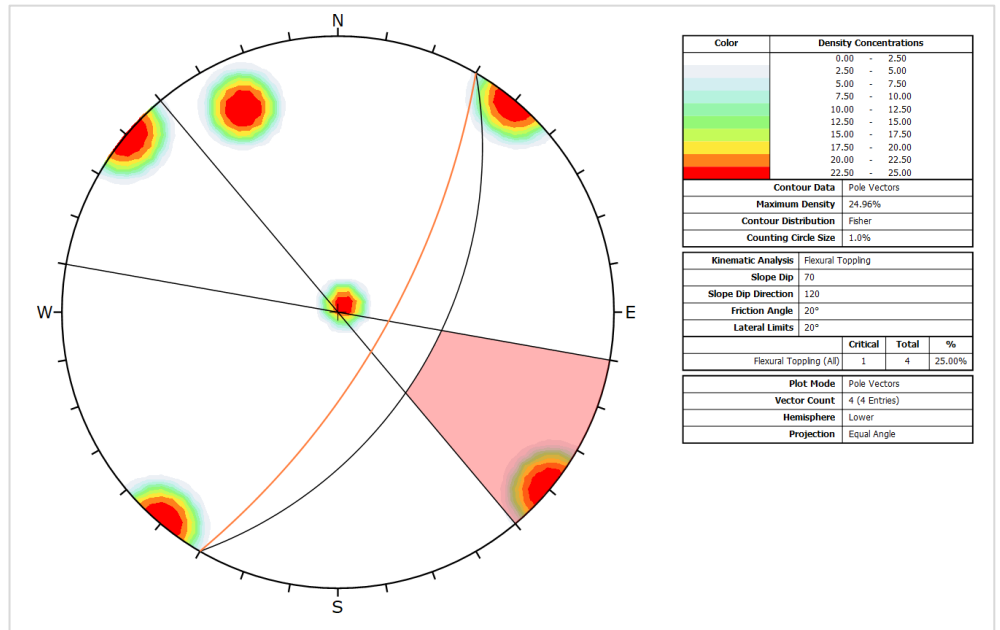
Stora lösa block högst upp i skärningen, se Figur 24.



Figur 24. Stora lösa block i skärning.

Strukturgeologi

Bergskärningen i område 3 har S/D $\sim 30/70^\circ$, och den visas med en orange linje i stereonätet i Figur 25. Rött område representerar sannolikheten för flexibel tippning (Flexural toppling), och är här 25 %.



Figur 25. Sannolikhet för blockutfall genom flexibel tippning är 25 %.

7 Slutsatser och rekommendationer

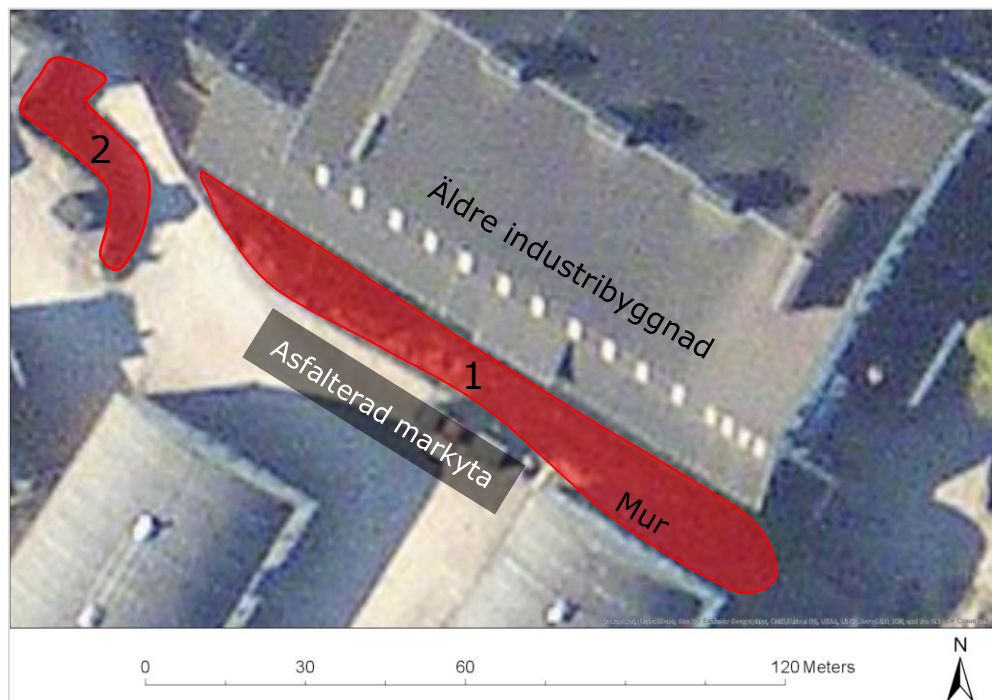
7.1 Slutsatser

Kinematiska analyser av bergskärningarnas stabilitet, vilka utfördes i programvaran DIPS, visar att risken för kilbrott i område 1 är 34 % och risken för plant brott i område 2 är 33 %. Analyserna bygger på inmätta sprickor i förhållande till skärningarnas riktning och lutning. Risken för tippning vid område 3 är 25 %.

Fältundersökningen visar att berget vid område 1 och 2 (Figur 26) är av mycket dålig kvalitet. Skärningen vid område 1 är speciellt problematisk, då den är 3 m hög och ligger i direkt anslutning till en äldre industribyggnad. Berget är uppsprucket och flera stora block i skärningens överkant riskerar att falla ut (Figur 8 - 9). Ogynnsamma sprickriktningar kan också ge upphov till kilbrott, se exempel i Figur 12 och 13.

Muren som ligger ovanpå berget på den östra delen av skärningen är av okänd kondition, och muren gör åtgärder som skrotning av block mycket svårt utan att den kollapsar. Muren och bergskärningen håller idag tillsammans uppe den asfalterade markytan ovanför. Denna markyta ska klara av att bära tyngden från maskiner på <40 ton.

Bergskärningen vid område 1 behöver omgående åtgärdas med bergförstärkning, eftersom den idag, utan extra last från tunga maskiner, är mycket instabil. Bergskärningen vid område 2 behöver förstärkas med förslagsvis bultning av block.



Figur 26. Område 1 och 2 med låg bergstabilitet.

7.2 Övriga problem vid förstärkning i område 1

Bergskärningens och den nuvarande murens stabilitet är idag så låg att förstärkningsarbete som utförs kan orsaka ytterligare försvagningar och till och med öka risken för ras- och blockutfall. Åtkomsten för maskiner (bult-rig och schaktningsmaskin) vid den smala gången vid skärningens fot på 3 - 4 meter är mycket begränsad, och det är tveksamt om de får plats att utföra arbetet. Maskiner behöver ett säkerhetsavstånd eftersom det finns risk för att stora block faller ut under arbetets utförande.

Vidare finns en osäkerhet kring hur bergskärningen fortsätter bakåt, under den asfalterade markytan ovanför. Sannolikheten för att det finns friskt berg som det går bra att förankra bultar i är låg, och den kan bestå av lika dåligt berg som vid kanten, eller fyllnadsmaterial. Om förstärkningsåtgärder ska utföras som kräver en förankring i berget bakåt, måste det vara friskt nog att kunna ta upp den extra lasten som bultar innebär.

7.3 Rekommendationer

7.3.1 Område 1

Det rekommenderas att Geotekniska undersökningar utförs av bergskärningen bakåt, för att ytterligare klarlägga möjligheten till bulstättning. Undersökningarna kan ge svar på om lagren under den asfalterade markytan och innanför bergskärningen består av friskt berg. Om berget inåt i bergskärningen därefter bedöms vara friskt nog för bulstättning, rekommenderas följande:

Lösa block i skärningens överkant tas bort genom skrotning, dock endast i de nordvästra delarna som inte har en mur ovanpå. Detta kan följas av bultning av block i skärningen. Det rekommenderas att använda ingjutna ankarstag med längden 2,4 – 3 m. Vid behov kan bergskärningen därefter täckas in med fiberarmerad sprutbetong på 10 mm. Detta alternativ är det mest kostnadseffektiva. Mängdsättning utförs inte i dagsläget eftersom det råder stora osäkerheter kring genomförbarheten av dessa förstärkningsåtgärder.

Allt förstärkningsarbete behöver utföras från den smala gången mellan foten av skärningen och byggnaden. Detta eftersom extra tyngd på den asfalterade markytan ovanför kan ge upphov till en total kollaps av skärning och mur.

7.3.2 Område 2 och 3

Det rekommenderas att block i bergskärningen vid område 2 bultas för att hålla uppe markplanen ovanför. Det finns dock risk för att blockutfall sker vid vibrerande arbeten.

Vid område 3 rekommenderas endast skrotning av lösa block i överkanten, då skärningen här inte har ogynnsamma sprickriktningar.