

PM BERGTEKNIK**DETALJPLAN FÖR INDUSTRIMARK, SYDVÄSTRA SÄFFLE
FISKODLING ETAPP 2 OCH 3**

UPPDRAG 317360FG, Utredningar för detaljplan
Titel på rapport PM BERGTEKNIK
Status Slutrapport
Datum: 2022-03-11

MEDVERKANDE

Beställare: Säffle kommun
Kontaktperson: Niklas Ekberg

Konsult: Niclas Hultin, Rickard Österlund
Uppdragsansvarig: Mica Lindfors
Kvalitetsgranskare: Nils Granberg

REVIDERINGAR

Revideringsdatum 2022-09-09
Version: 1.0
Initialer: RÖ, AB

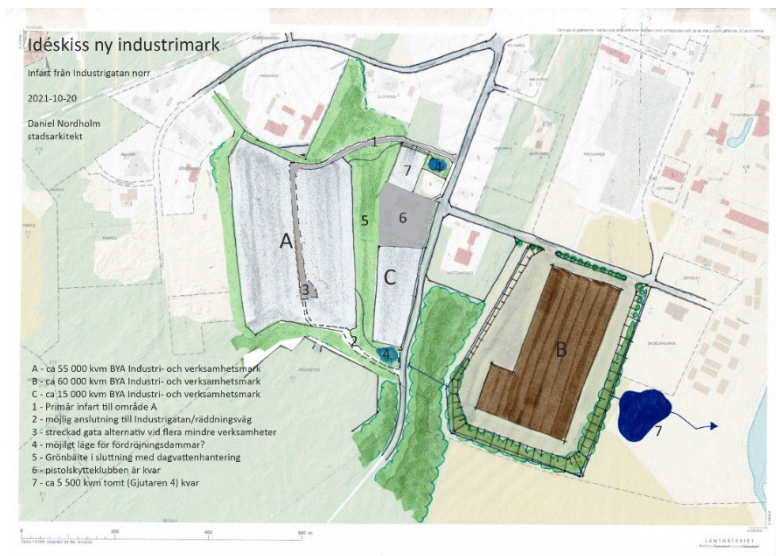
Innehållsförteckning

1. UPPDRAG	4
1.1 BAKGRUND	4
1.2 SYFTE OCH OMFATTNING	4
1.3 GEOLOGI.....	4
2. FÄLTRESULTAT - OBSERVATIONER	5
2.1 STRUKTURGEOLOGI.....	8
3. RADONUNDERSÖKNING	9
3.1 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	9
3.2 SUMMERING SPEKTROMETRI.....	10
4. BEDÖMNING	11
5. KILANALYS	11
5.1 SPECIALFALL.....	14
5.2 SLUTGILTIGA SLÄNTER.....	14
5.2.1 ÖVERSIKT SLÄNTER	14
5.2.2 NORR 1	15
5.2.3 NORR 2	15
5.2.4 NORDÖST.....	15
5.2.5 ÖST.....	15
5.2.6 SEKTION B, SYDVÄST.....	16
6. PLANT BROTT	16
6.1 MOHR COULOMB.....	16
6.1.1 PÅDRIVANDE KRAFTER	17
6.1.2 MOTHÅLLANDE KRAFTER	17
6.1.3 SÄKERHETSFAKTOR	17
6.2 SWEDGE.....	18
7. FÖRSLAG PÅ FÖRSTÄRKNING	18

1. UPPDRAG

1.1 BAKGRUND

Säffle kommun har behov av ytterligare industri- och verksamhetsmark. Ett planarbete har påbörjats för att utreda om mark i anslutning till befintligt industriområde i sydvästra Säffle är lämpligt för ändamålet. Planområdet består av tre delområden för tänkt industri- och verksamhetsetablering: område A, B och C (se idéskiss från kommunen). Tyréns bistår genom att ta fram underlag till detaljplanarbetet. Bergutredningen som redovisas i denna PM fokuserar på område A och C där det kommer krävas bergschaktning.



Figur 1.1 Idéskiss ny industrimark från Säffles kommun.

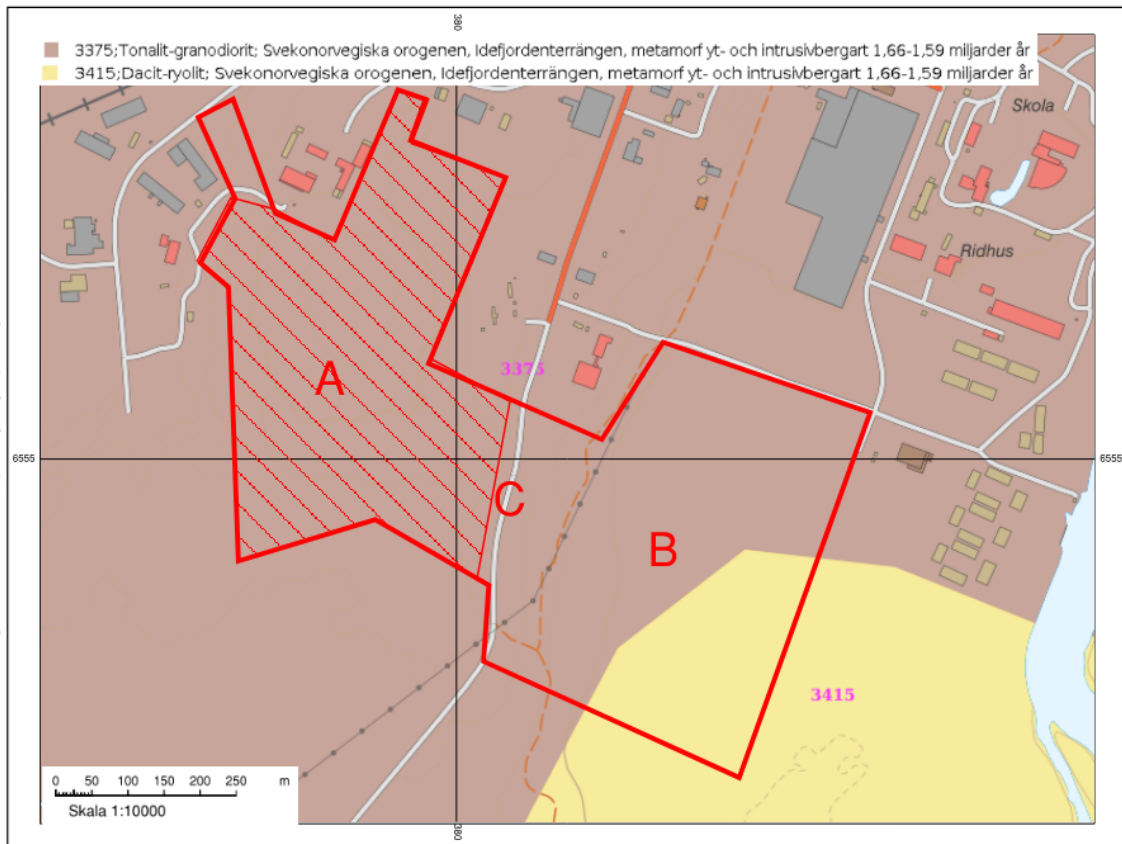
1.2 SYFTE OCH OMFATTNING

Den bergtekniska utredningen omfattar översyn av befintliga berghällar/-slänter inom undersökningsområdet, i enlighet med de krav som SGI ställer. Denna syftar till att bedöma stabilitet och risk för blocknedfall samt behov av säkerhetshöjande åtgärder. Dessutom har mätning med gammasppektrometer på berghällar utförts för att ta reda på potentiell radonavgång vid grundläggning på befintligt berg, eller bergmassor från området. Fälтарbetet utfördes den 17 november, 2021. Undersökningsområdet är begränsat till det område som inom uppdraget benämnts som "A" och "C" (se figur 1.1), där planerade bergarbeten/nedschaktning planerats att utföras.

En revidering av slutrapporten har gjorts 2022-09-09, se avsnitt 5-7. En kompletterande kilanalys har utförts med förslag på generella förstärkningsåtgärder. Syftet är att tydliggöra hur de bergslänter som planens genomförande kommer medföra kan hållas långsiktigt stabila.

1.3 GEOLOGI

Geologin inom undersökningsområdet består enligt SGU:s Kartvisare av Tonalit-Granodiorit med folierad till gnejsig struktur (se figur 1.2). Inga struktureologiska mätningar har gjorts av SGU i närområdet men en karterad svaghetszon finns strax norr om uppdragets karterade område, vilket följer järnvägens sträckning. Tonaliten-Granodioriten gränsar i detta område endast till en bergart, vilket enligt SGU är en vulkanisk ytbergart karterad som ryolit/dacit.



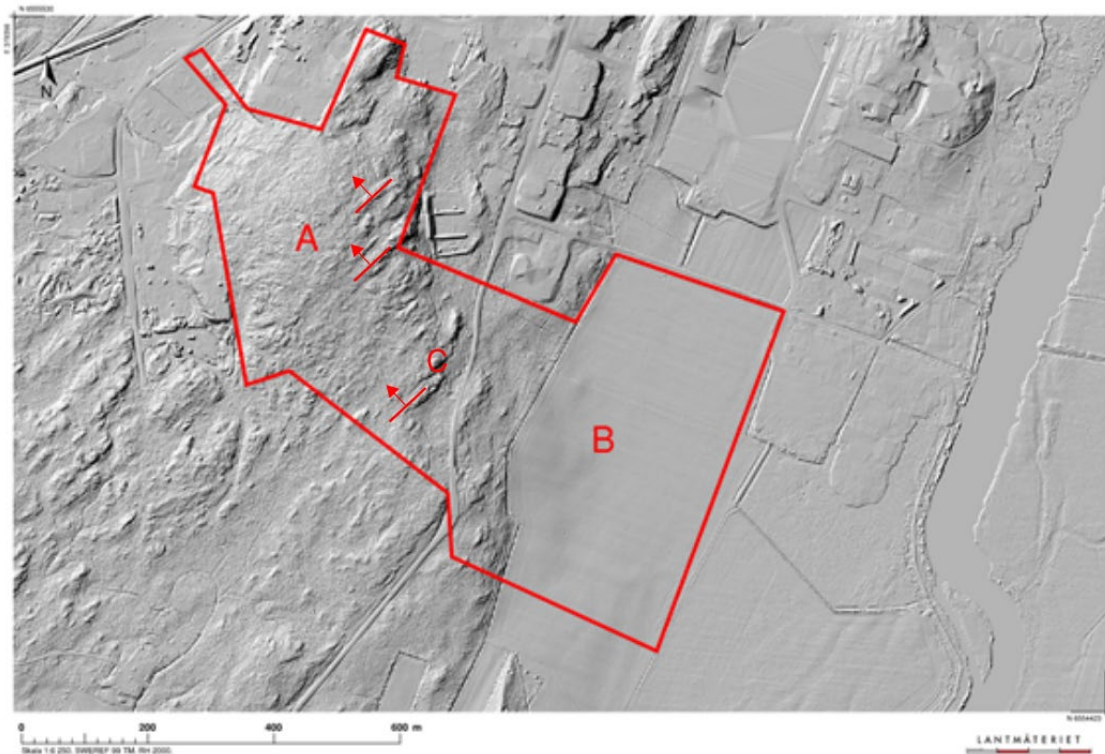
Figur 1.2 Berggrunden i undersökningsområdet består enligt SGU:s kartvisare av tonalit-granodiorit med folierad till gnejsig struktur. Undersökningsområdet fokuserat till A och C.

2. FÄLTRESULTAT - OBSERVATIONER

Karteringen för detta projekt utfördes inom delområde A och C då förväntade arbetsinsatser är planerade till dessa områden.

Berget inom området består av fin till grovkornig granodiorit till granit. Bergmassan i området är ställvis folierad till gnejsig, men även homogena massformiga hållar har karterats inom området. Området är täckt av tallskog med ett jordtäckte varierande om 0,1–0,3m. I de östra delarna av området är jordtäcktet generellt sett tunnare och berget något mer brantstående än i de mer västra delarna. Topografin inom delområde A befinner sig ungefär på höjdmeter +70 till höjdmeter +82 (Höjdsystem RH 2000).

Berghällarna inom området stryker, riktningen i horisontalplanet, generellt sydväst (220 grader) med en flack stupning mot nordväst (ca 30–40 grader). I de västra delarna av området dominerar flata till rundade hållar med inslag av stabila, fristående lösa block ovanpå, vilka tydligt härstammar från närliggande bergpartier. På somliga platser uppträder också berget som skivigt i samma strykning/stupning som berghällarnas inmätta geometri. I de östra och södra delarna av område A, samt i område C, återfinns partier med mindre branta trappliknande bergspartier och strukturer jämfört mot de mer rundade hållarna i de västra delarna. I de östra delarna är slänterna brantare mot sydöst och flackare mot nordväst. Bergets struktur kan delvis ses i figur 2.1.



Figur 2.1. Delområde A - Topografisk karta över området. Brantare och mer tydliga strukturer observeras i öst medan väst representeras som mer platt. Generell struktur för hållar visar strykning 220 grader från norr med en flack stupning mot nordväst, samt ställvis brant mot nordöst (se ritade pilar).

Bergarten inom området består av mörk/grå, fin-medelkornig granodioritisk granit (figur 2.2 vänster) till lätt-grovkornig granit (figur 2.2 Höger).

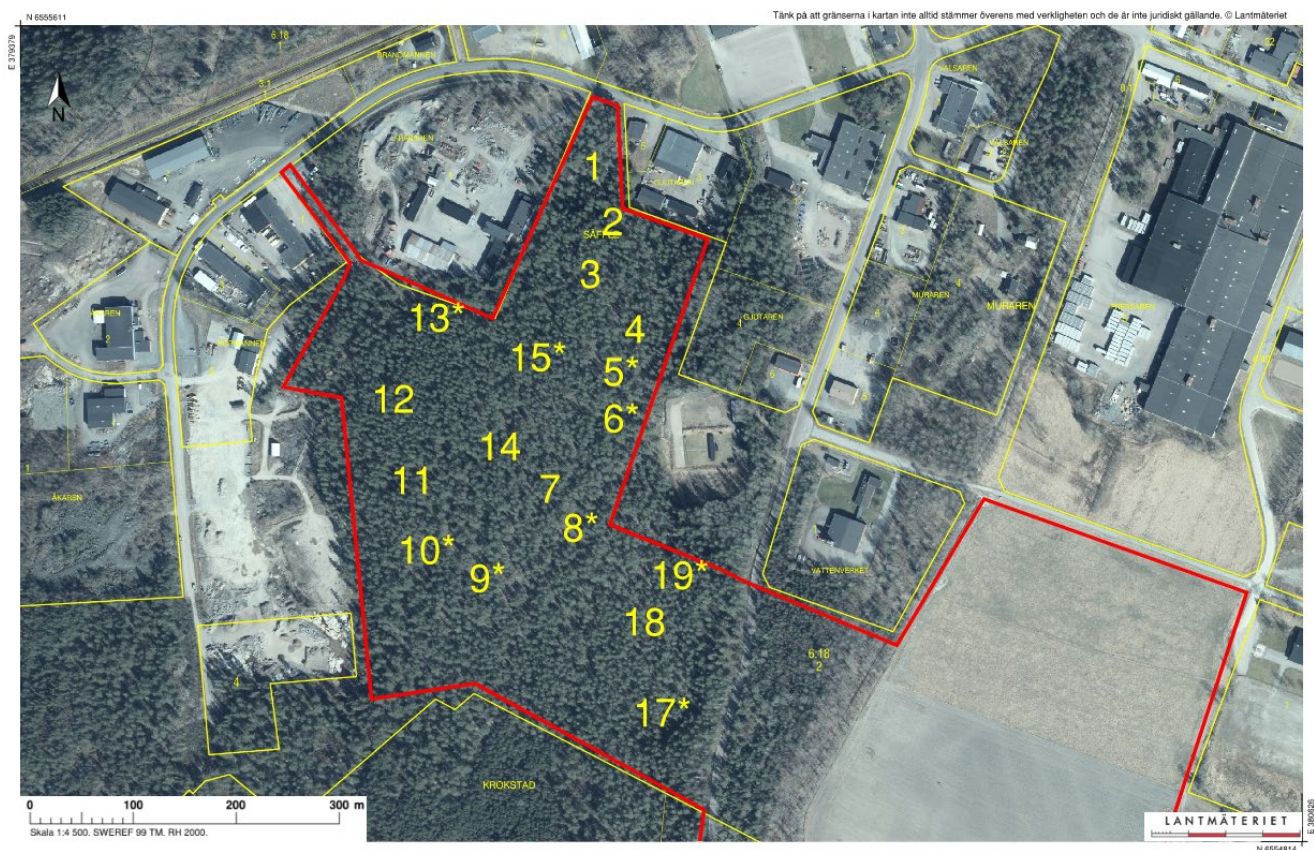


Figur 2.2 mörk fin-medelkornig granodioritisk granit (vänster) lätt grovkornig granit, med synlig vittring (Höger)

Hällarna inom området består av både rundade hällar med närliggande stabila lösa block, samt flata hällar med trapplikande utseende (se figur 2.3). På de flackare sidorna av slänterna täcks dessa med ett tunt jordlager samt vegetation. De block som observerades är i dagsläget stabila, men kan vara i behov av översikt i samband med bergschaktning.



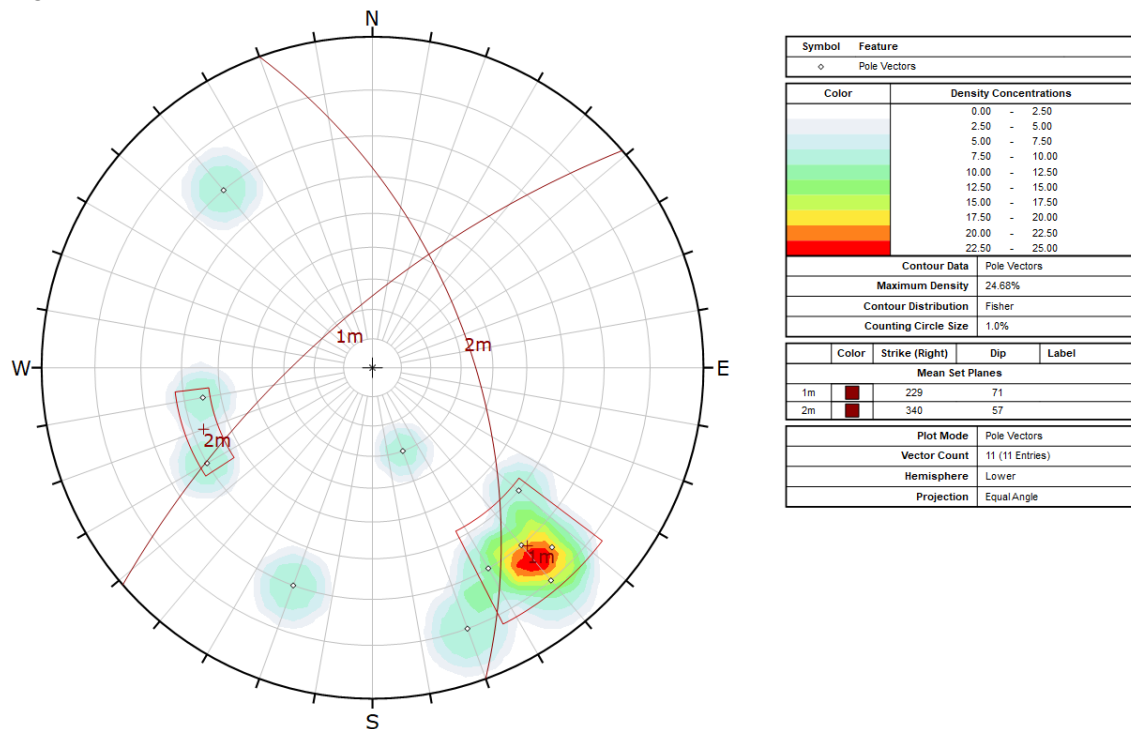
Figur 2.3 De två observerade hälltyperna, till vänster, rundade/platta hällar med närliggande lösa block, till höger, platta hällområden med trapplikande strukturer.



Figur 2.4. Platser där fältobservationer har utförts. Punkter med * har spektromettermätning för radonrisk utförts. Efter modifiering från Lantmäteriet.

2.1 STRUKTURGEOLOGI

Översiktlig sprickkartering av naturliga berghällar visar på två huvudsprickgrupper S1-S2, Figur 2.5.



Figur 2.5 Stereogram över uppmätta sprickor i håll.

Det huvudsakliga spricksystemets orientering är ca 229°/71° (1m) och är samma som hållarnas struktur i området. Orienteringen för SG2 är 340°/57°. För SG1 (1m) är sprickavståndet varierande men generellt sett mellan 0,3-1m (se figur 2.6 för visualisering av sprickornas strykning). För SG2 (2m) är sprickavståndet något längre och ligger på ca 1-2m. Flertalet sprickor har inte kunnat mätas in med stupning, men dessa sprickors strykning faller in väl med både SG1 samt SG2.

Även randomiserade sprickor har observerats, dessa sprickor korsar de dominerade strukturerna vinkelrätt med framförallt brant stupning.



Figur 2.6 förtydligande av sprickor i håll, norrpil med skala ligger mot faktiska norr (± 10 grader).

Sprickorna på hällytorna var generellt sett svåra att bedöma stupning på då dessa utsatts för erosion, samt var till stora delar utnötta eller igenvuxna. Sprickorna som kunnat karteras är generellt undulerande med råa ytor, samt har sprickmineral så som epidot, klorit, fältspat och kvarts.

Utöver mindre sprickbeläggningar av kvarts har även mindre gångar om ca 0,5-2cm observerats.

3. RADONUNDERSÖKNING

3.1 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

Platsbesök och mätningar utfördes den 17e november 2021.

Undersökningen består av gammaspektrometrimätning på berg med en gammaspektrometer av modellen RS-230. Gammaspektrometern mäter halter av de naturligt förekommande nukliderna thorium-232, kalium-40 samt uran-238. Utifrån erhållna värden beräknas sedan halten av Ra-226 vilket motsvarar radonkoncentrationen. Utförda mätningar jämförs med bedömningsgrunderna som finns beskrivna i Radonboken – Förebyggande åtgärder i nya byggnader (2004). Utifrån de uppmätta halterna, klassas marken som låg-, normal- eller högradonmark vilket vid nyproduktion kopplas samman med krav på husets grundläggning, se tabell 1 för klassning och direktiv.

Radiumhalten fås genom beräkning baserad på de uppmätta uranhalterna från berg eller sprängsten. Resultatet jämförs med de bedömningsgrunder som finns redovisade i "Radonboken – förebyggandeåtgärder i nya byggnader".

Utifrån radiumhalten klassas radonrisken allmänt som låg, normal eller hög. Markradonklasserna är tagna ifrån "Radonboken – förebyggande åtgärder i nya byggnader" se tabell 1 nedan.

Tabell 1 Riktlinjer för radiumhalt i Bq/kg från material bestående av sprängsten och intakt berg. Riktvärden från "Radonboken – Nya byggnader"

Material	Lågradonmark	Normalradonmark	Högradonmark
Sprängsten	<25	20–100	>100
Berg	<60	60–200	>200

Mätresultat: Inom delområde A utfördes det 7st och inom område C 2 st spektrometermätningar. Samtliga utfördes på berghällar utgörandes av granodiorit, med varierande struktur och kornstorlek (se figur 2.4 för enskilda platsers lokalisering). Mätvärdena för området ligger på mellan 16–31 Bq/kg, vilket ligger inom ramen för "lågradonmark" då samtliga mätningar utfördes på "solitt" berg.

Tabell 2 sammanställning av uppmätta halter av K, U och Th samt den beräknade radioaktiviteten från Ra-226 i Bq/kg för delområde A.

Mätplats	Uppmätta halter			Total gammastrålning (nSv/h)	Materialtyp	Beräknad radioaktivitet	Radonklass
	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)			Ra-226 (Bq/kg)	
häll 5	2,5	2,2	7,8	79,9	Granodiorit, häll	27,2	låg
häll 6	1,7	1,8	4,5	52,9	Granodiorit, häll	22,2	låg
häll 8	1,6	1,9	6,1	56,6	Granodiorit, häll	23,5	låg
Häll 9	2,1	2,1	6,9	70,1	Granodiorit, häll	25,9	låg
Häll 10	2,2	1,3	6,2	63,4	Granodiorit, häll	16,1	låg
häll 13	1,8	1,9	5,3	58,0	Granodiorit, häll	23,5	låg
Häll 15	2,4	2,5	9,6	85,2	Granodiorit, häll	30,9	låg
häll 17	2,5	1,7	6,5	72,6	Granodiorit, häll	21,0	låg
häll 19	1,9	1,9	6,2	63,1	Granodiorit, häll	23,5	låg

3.2 SUMMERING SPEKTROMETRI

Det sammanvägda resultatet av utförda mätningar visar att marken inom undersökningsområdet består av berg med potentiellt låg radonavgång. Vid uppkrossning och deponering av bergmaterial från detta berg kommer materialet att klassas som Normalradonmark, detta då gränsvärdena för sprängsten ligger lägre än för intakta bergtyper (se tabell 1 för gränsvärden), vilket medför att byggnader som uppförs ska utföras Radonskyddat enligt boverkets rekommendationer för att undvika radonproblem. Även vid klassificering av lågradonmark är rekommendationen att man utför grundläggning av radonskyddande karaktär.

Efter färdigställande av byggnader i området rekommenderas att det utförs en kontroll av radongas i inomhusluften. I nybyggnation får radonhalten inomhus inte överstiga 200 Bq/m³ enligt Boverkets byggregler

4. BEDÖMNING

Bergytan består generellt av släta rundhällar vars strykning är ca 220°/30–40°, dessa strukturer genomskärs med sprickor vars strykning och stupning är 229/70° samt 340/57°. Skivigheten som identifierats på somliga platser följer den primära sprickgruppen dock med flackare sprickplan. I kombination kan dessa sprickor leda till blockutfall då schaktning utförs. Kilformade block kan uppträda i slänter vars yta är öppen mot norr. Övriga sprickor som har observerats visar även på en möjlighet att block med potentiella glidplan mot sydöst kan inträffa.

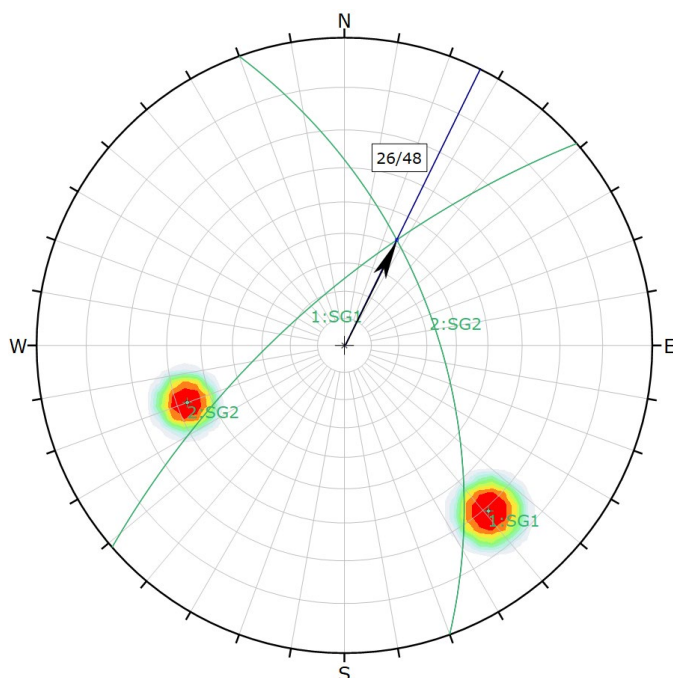
Lösa yt-block/flyttblock i närhet till framtida släntröner inom området bör avlägsnas alternativt hållas under uppsikt i samband med avtäckning eller inför sprängningsarbetena. I detta skede är det endast en rekommendation men i en utförandebeskrivning sätts krav på hur bergrensning, bergschakt osv ska gå till.

Potentiell radonavgång från berget eller bergmassor efter sprängningsarbetena är bedömd som låg/normal. – Byggnader som upplåts på deponerade bergmassor från området rekommenderas att uppföras med radonskyddat utförande. Efter färdigställande av byggnader i området rekommenderas det att det utförs en kontroll av radongas i inomhusluften. I nybyggnation får radonhalten inomhus inte överstiga 200 Bq/m³ enligt Boverkets byggregler.

5. KILANALYS

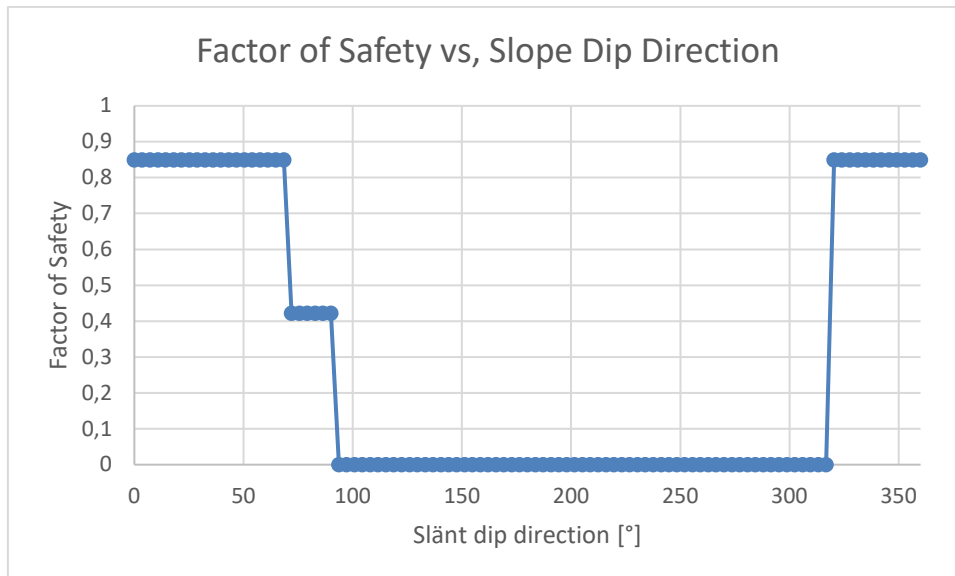
Enligt den karterade strukturgeologin har två huvudsprickgrupper identifierats med orienteringen 229°/71° (SG1) och 340°/57° (SG2). Samverkan mellan dessa sprickgrupper bildar kinematiska förutsättningar för kilbrott, där SG2 utgör huvudsakliga glidyta och SG1 sekundär glidyta.

Sprickgrupperna har analyserats i programmet Swedge där känslighetsanalyser utförts på strykning, stupning samt friktionsvinkel på sprickplanet. Ovan nämnda analyser har utförts för att hitta både realistiska utfall men även värsta utfall. Då det utredda objektet är en berghäll förutsätts att inga pådrivande faktorer mer än gravitationen finns. Längden på slänten har antagits vara oändlig. Bergets densitet har antagits till 2600 kg/m³. Höjden på slänten är satt till 5 m baserat på markmodellen som tagits fram för projektet.



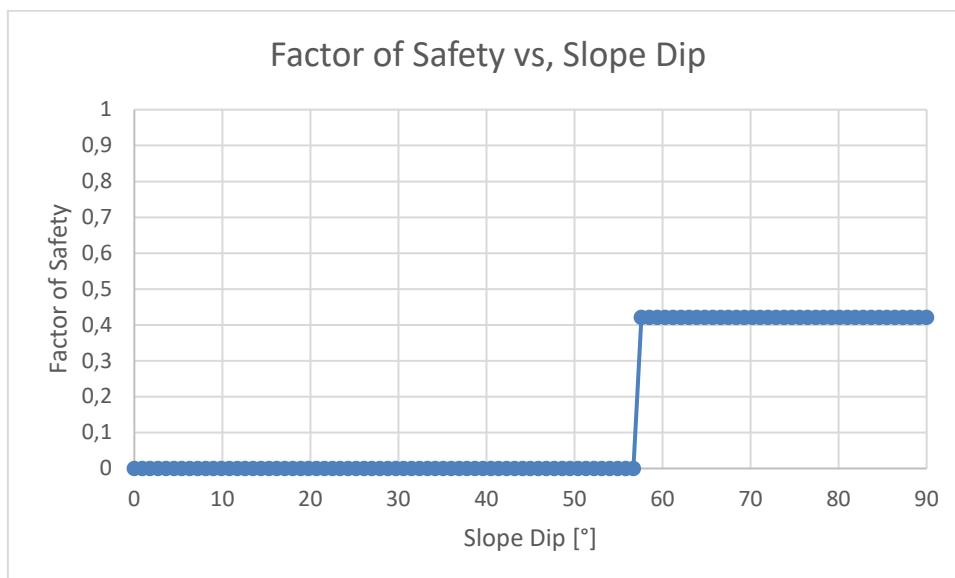
Figur 3. Potentiell kil utritad med strykning/stupning 26/48.

För att se var och när kilen får sitt värsta utfall har släntens strykning varierats vilket kan ses i Figur 4. Även släntens stupning har analyserats, se Figur 5 samt friktionsvinkeln på graniten som ses i Figur 6. Materialparametrar för sprickgrupp 1 och 2 har hämtats från (*Projektering av bergkonstruktioner. (2019). Trafikverket*) där friktionsvinkeln sattes till 33° och kohesionen till 0 kPa.



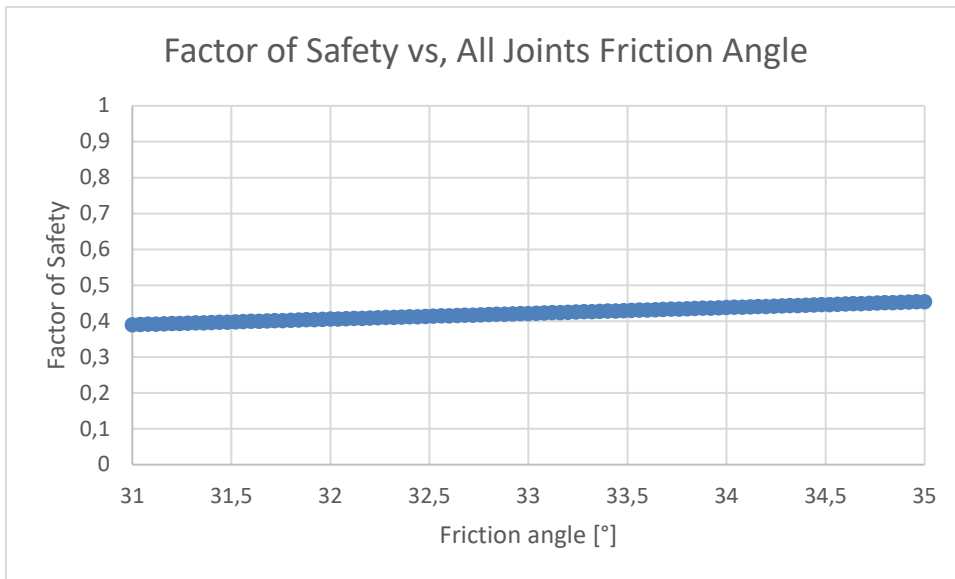
Figur 4. Säkerhetsfaktor beroende på släntens orientering (dip direction). Notera att 0-värde innebär att ingen risk för utfall.

Från Figur 4 kan det konstateras att risk för kilbrott sker mellan dip direction 0 till 90 och 320-360, alternativt från 230-360 i strykning.



Figur 5. Säkerhetsfaktor beroende på släntens lutning (Dip). Notera att 0-värde innebär att ingen risk för utfall.

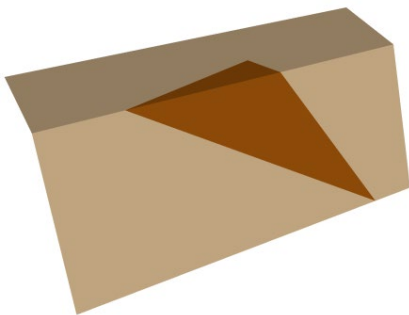
Om Figur 5 undersöks visas att slänten är stabil så länge den är flackare än 57°. Om slänten blir brantare än så finns risk för kilutfall.



Figur 6. Säkerhetsfaktor beroende på sprickornas friktionsvinkel.

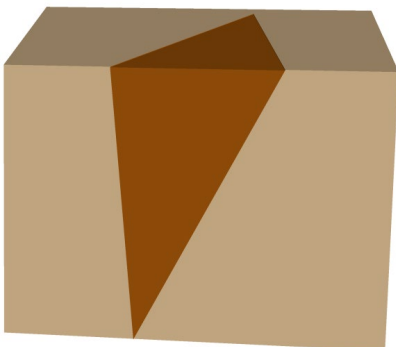
Då friktionsvinkeln ökar gör säkerhetsfaktorn likaså vilket syns i Figur 6. Däremot ökar den så pass lite att den i detta fallet inte påverkar mer än att höja/sänka säkerhetsfaktorn med ca 0,1.

Det värsta fallet sker då strykningen ligger mellan 342° och 360° samt att stupningen är brantare än 57° och friktionsvinkeln är inom sitt lägsta intervall, alltså på 31°.



Figur 7. Kilanalys på värsta fallet. Dip direction = 80°. Dip = 70°. Höjd = 5 m. $\Phi=31^\circ$. Kohesion=0 kPa.

Ett mer realistiskt fall sker då strykningen ligger mellan 230° och 340° och att stupningen är brantare än 57 med en friktionsvinkel på 33°.

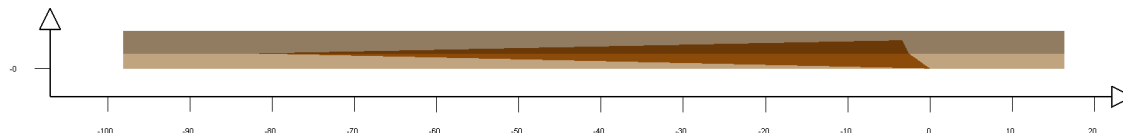


Figur 8. Kilanalys på normalfall. Dip direction = 0°. Dip = 70°. Höjd = 5 m. $\Phi=33^\circ$. Kohesion=0 kPa.

5.1 SPECIALFALL

Under produktion, om en slänt skulle bildas med strykning antingen 341-343 eller 339-337, bildas en i princip helt plan kil som kan bli upp emot 100 m lång. Teoretiskt är det möjligt men eftersom det i praktiken nästan aldrig sker att 100 m berg är helt intakt och att just den strykningen skulle uppkomma är detta ett sannoligen osannolikt utfall.

Skulle det mot förmodan uppkomma har kilen en volym på 97 m³ med en vikt på 251 500 kg. För att motverka detta med ej inspända ingjutna bultar skulle det krävas 24 st för att komma upp till en säkerhetsfaktor på 1,5.



Figur 9. Största möjliga kil. Dip direction=71°.

5.2 SLUTGILTIGA SLÄNTER

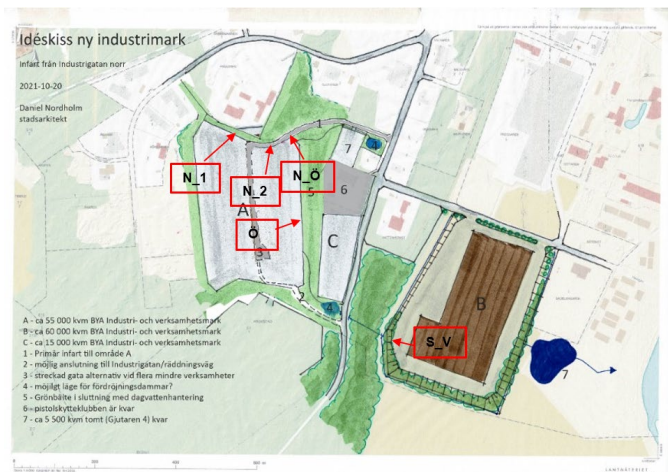
Säkerhetsfaktorerna för de slutgiltiga slänterna kan ses i Tabell 3 tillsammans med den beräknade släntens orientering taget från markmodellen för projektet. Fallen har delats in i två fall, normalt fall (NC) och Värsta fall (WC), där det är framförallt friktionsvinkeln som är den stora skillnaden. I värsta fall är den satt till 31° medan i normalt fall är den satt till 33°.

Tabell 3. Säkerhetsfaktor för slutgiltiga slänter beroende på deras strykning.

Slänt	SF WC	SF NC	Volym	Vikt	Dip Direction	Strykning	Stupning
			m ³	Kg	°	°	°
Norr 1	0,7863	0,8498	8,613	22 400	15	285	70
Norr 2	-	-	-	-	158	68	70
Nordöst	0,7863	0,8498	11,774	30 600	42	312	70
Öst	0,3902	0,4217	0,501	1 300	87	357	70
Sektion B, Sydväst	0,7863	0,8498	25,133	65 300	354	64	70

5.2.1 ÖVERSIKT SLÄNTER

En översikt över de slutgiltiga slänterna kan ses i Figur 10 där slänternas ungefärliga läge och riktning kan ses. Uppgifter om riktning, höjd och lutning på de slutgiltiga slänterna är hämtade från markmodellen för projektet.



Figur 10. En översiktsskarta med utritade slänter.

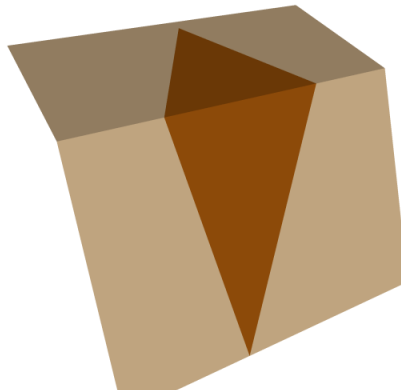
5.2.2 NORR 1

Factor of Safety: 0.7863



Figur 11. Kil vid slutgiltig slänt i norr. Värsta fall.

Factor of Safety: 0.8498



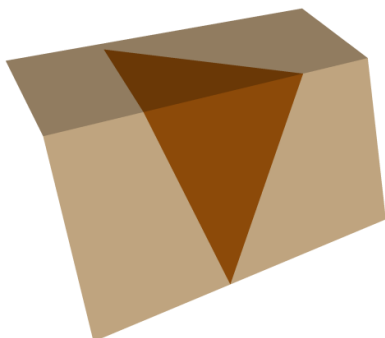
Figur 12. Kil vid slutgiltig slänt i norr. Normalt fall.

5.2.3 NORR 2

Ingen kil som bildas.

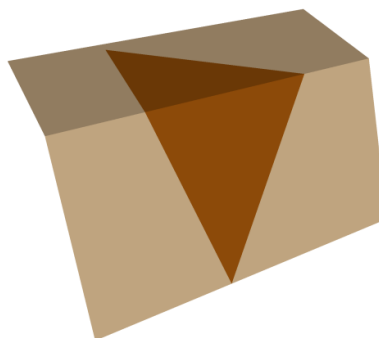
5.2.4 NORDÖST

Factor of Safety: 0.7863



Figur 13. Kil vid slutgiltig slänt i nordöst. Värsta fall.

Factor of Safety: 0.8498



Figur 14. Kil vid slutgiltig slänt i nordöst. Normalt fall.

5.2.5 ÖST

Factor of Safety: 0.3902



Figur 15. Kil vid slutgiltig slänt i öst. Värsta fall.

Factor of Safety: 0.4217

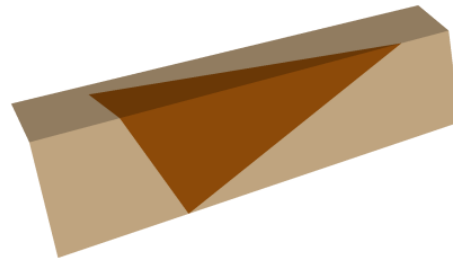
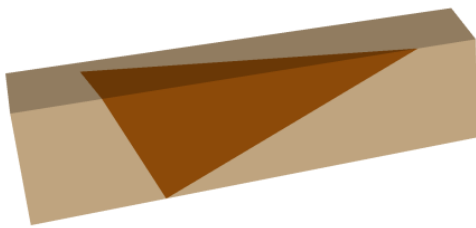


Figur 16. Kil vid slutgiltig slänt i öst. Normalt fall.

5.2.6 SEKTION B, SYDVÄST

Factor of Safety: 0.7863

Factor of Safety: 0.8498



Figur 17. Kil vid slutgiltig slänt i område B. Värsta fall. Figur 18. Kil vid slutgiltig slänt i område B. Normalt fall.

6. PLANT BROTT

Då släntens lutning kan komma att variera under produktionen har risken för plant brott analyserats. Detta sker alltså då slänten stryker i samma riktning som sprickgrupperna och har en brantare stupning än sprickgrupperna. Mest sannolikt blir då ett plant brott längs SG2, med en stupning på 57°.

Det plana brottet är utvärderat analytiskt med Mohr-Coulombs brottvillkor. Som stöd till de analytiska utvärderingar har en modell i SWedge utförts.

6.1 MOHR COULOMB

Analysen har utgått ifrån

$$F_s = \frac{\sum F_{\text{mothållande}}}{\sum F_{\text{pådrivande}}}$$

Där $F_{\text{mothållande}}$ är de mothållande krafterna och $F_{\text{pådrivande}}$ är de pådrivande.

Tabell 4. Indata

Indata	Värde	Enhet
Släntens Höjd, H	10	m
Sprickans lutning	57	°
Släntens lutning	60-80	°
Tunghet, γ_{berg}	26	kN/m ³
Partialkoefficient γ	1,1	-
Kohesion, c	0	MPa
Sprickfriktionsvinkel, ϕ_j	31-35	°

Genom att använda indatan från Tabell 4 kan både de pådrivande och mothållande krafterna beräknas.

Tre säkerhetsfaktorer har beräknats, ett min-värde, ett max-värde och ett medelvärde där residualfriktionsvinkeln varierats.

6.1.1 PÅDRIVANDE KRAFTER

De pådrivande lasterna för de olika släntlutningarna kan ses i Tabell 5.

Tabell 5. Pådrivande laster beroende på släntens lutning.

Släntens lutning [°]	Pådrivande last, F [kN]
60	208,9
70	321,2
80	535,6

6.1.2 MOTHÅLLANDE KRAFTER

De mothållande krafter beror på vilken residualfriktionsvinkel som används. Dessa har sedan beräknats utifrån tre fall, min, max och medel och kan ses i Tabell 6.

Tabell 6. Mothållande krafter beroende på släntens lutning och residualfriktionsvinkeln.

Släntens lutning [°]	Fall [-]	Residualfriktionsvinkel [°]	Mothållande kraft F [kN]
60	Min	20,6	56,1
	Max	56	221,2
	Medel	40	125,2
70	Min	20,6	86,8
	Max	56	342,3
	Medel	40	193,7
80	Min	20,6	143,8
	Max	56	567,3
	Medel	40	321,1

6.1.3 SÄKERHETSFAKTOR

Den slutgiltiga säkerhetsfaktor blir alltså samma för samtliga slänter, däremot skiljer sig vikten och volymen på kilen betydligt.

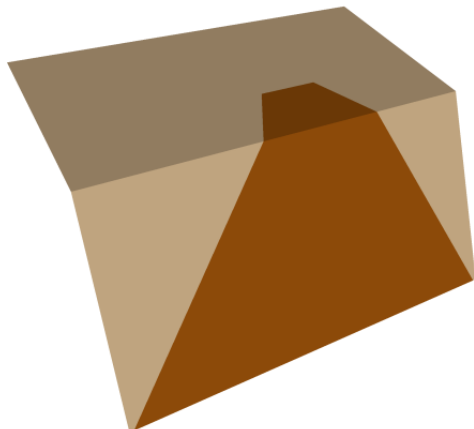
Tabell 7. Säkerhetsfaktor beroende på släntens lutning och fall.

Släntens lutning [°]	Fall [-]	Säkerhetsfaktor [-]
60	Min	0,27
	Max	1,06
	Medel	0,60
70	Min	0,27
	Max	1,06
	Medel	0,60
80	Min	0,27
	Max	1,06
	Medel	0,60

6.2 SWEDGE

Mohr-Coulombs beräkningsmetod är relativt konservativ så en till beräkning för det plana brottet utfördes i SWedge, där sprickan simulerades med hjälp av en "basal joint". Det är ingen perfekt liknelse men ger ändå grepp om situationen. Samma inparametrar som WC användes, dock ändrades SG2 till en godtycklig vinkel för att bilda ett plant brott.

Factor of Safety: 0.4547



Figur 19. Plant brott simulerat i SWedge med basalt joint. SF=0,4547

7. FÖRSLAG PÅ FÖRSTÄRKNING

Om det ej finns några krav på släntens utseende eller markanspråksproblem är ett alternativ att plocka ner blocken. Dock kan det innebära extra hantering av blocken men då krävs ingen förstärkning.

Från känslighetsanalysen på släntens lutning framgår att kilen ej bildas så länge slänten är under 57°. Detta medför att så släntens lutning är under 1,5:1 borde inte kilutfall vara möjligt. Detta ska jämföras med lutningarna på slänterna i markmodellen för projektet som är ca 18°, eller ca 1:3.

Det andra förslaget, om släntvinkeln önskas vara brantare än 57°, är att montera bergbultar för att hålla blocken på plats. Genom att förstärka modellerna med ej inspända, ingjutna bultar med en effektiv draghållfasthet på 213 kPa och 3 m långa (motsvarar 25 mm i diameter) så krävs det 1-2 bultar för att komma upp på en säkerhetsfaktor över 1,5.

Slutligen kan det konstateras att trots de låga säkerhetsfaktorerna från både modell och handberäkningar så kommer kilar ej att trilla ut så länge slänterna inte blir brantare än vad som är projekterat. Kilarna blir först ett problem då slänterna börjar stupa mer än 57° vilket motsvarar ungefär en lutning på 1,5:1. Jämfört med de föreslagna lutningarna i markmodellen på 1:3 (18°) är risken för kilutfall minimal.