



Bollebygd

Exploateringsområde

**Bergteknisk undersökning för underlag till detaljplan
PM Bergteknik**

PM BERGTEKNIK



DOKUMENTINFORMATION

Uppdrag
Bollebygd Exploateringsområde

Datum
2025-05-22 rev 3

Uppdragsnummer
216883

Beställare
PureInfra AB

Beställarens referens
Caroline von Freymann

Uppdragsledare
Lars Holmén

Telefon
+46 (0)10-505 85 24

E-post
lars.holmen@afry.com

Upprättad av:
Lorenz de Messimy

Granskad av:
Glenn Patriksson, Stefan Sandberg

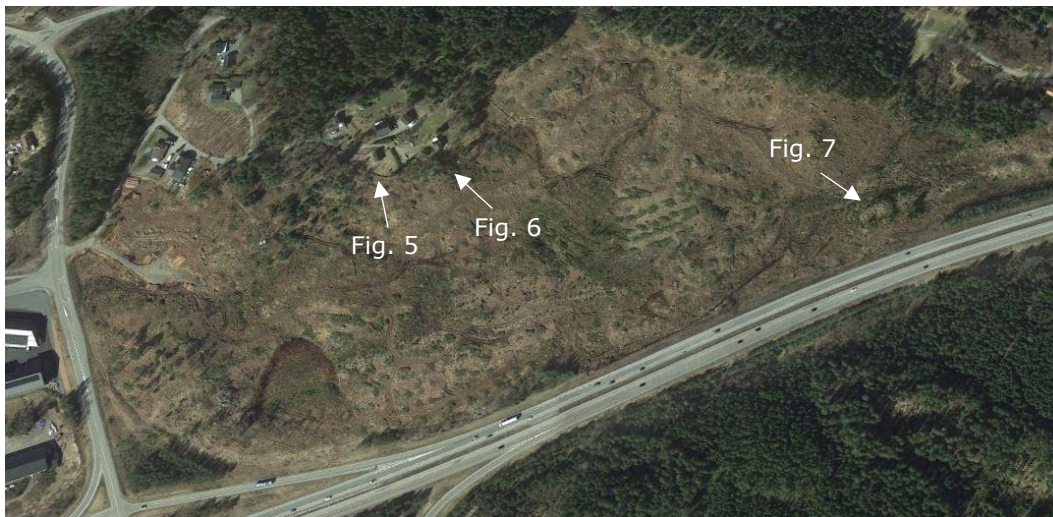
X:\Goteborg\Geoteknik - 13955\MEDARBETARMAPPAR\Lorenz de Messimy\Bollebygd logistikpark\PM Bergteknik Bollebygd Exploateringsområde_rev3.docx

1 Inledning

På uppdrag av PureInfra AB har AFRY utfört en bergteknisk undersökning för underlag till detaljplan Bollebygd Exploateringsområde vid Grönkullen i Bollebygds kommun. Området för planerad byggnation ligger öster om centrala Bollebygd och visas i Figur 1 och Figur 2.



Figur 1. Satellitbild över Bollebygd. Område där exploateringsområde planeras visas inom röd rektangel. Se Figur 2 för närbild. Bild från Google Earth®.



Figur 2. Satellitbild över området där byggnation av exploateringsområde planeras norr om Riksväg 40. Notera hänvisningar till platser där foton i figurer nedan är tagna. Bild från Google Earth®.

2 Syfte

Syftet med undersökningen är att utreda rådande bergtekniska förhållanden inom berört område inför byggnation av exploateringsområde. Befintliga risker med avseende på ras och blockutfall inom och i anslutning till planområdet har beaktats, samt risker i byggskedet.

3 Underlag

Ritningar

- M-11-1-203, Markplaneringsplan
- M-11-1-204, Illustrationsplan
- M-11-1-205, Masshanteringsplan
- DP Låddekärrsbu, Plankarta – 2025-02-10

Berggrundskarta 1:50 000 – 1:250 000, SGU. Karta Gammastrålning uran, SGU

4 Befintliga förhållanden

4.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Området för planerad byggnation utgörs av ett kalhygge (Fig. 2). Områdets area är ca 20 ha och är kuperat med höjder mellan +96 i öst och med toppar på +137 i den norra delen. Dessa toppar utgörs av berg i dagen vilka återfinns ställvis i området. Övrig mark utgörs av storblockig och blockrik morän. Våtmarksområden återfinns i de sydvästra, centrala och sydostliga delarna. En bäck rinner i den södra delen av området i östlig riktning.

4.2 Befintliga byggnader och anläggningar

Norr om planområdet återfinns ett fåtal bostadshus och i väst återfinns industri och kontorslokaler. Förekomsten av underjordiska anläggningar eller tunnlar är inte känt i nuläget.

4.3 Planerade byggnader och anläggningar

Inom området möjliggörs utveckling av marken för verksamheter. Grundläggningsnivån för området planeras till ca +120 vilket kommer medföra stora mängder bergschaktning som kommer ge upphov till höga slänter i den norra delen, upp till ca 15 m. Bergslänterna i norr planeras generellt med lutning 5:1 och resterande slänter med släntlutning 1:2 eller 1:3. De norra slänterna kommer skapas med tre olika stupningsriktningar: $\sim 65^\circ$, $\sim 155^\circ$ och $\sim 245^\circ$, vilket illustreras i Figur 4.

4.4 Gammastrålning, uran

Berggrundens uranhalt i exploateringsområdet är uppskattningsvis ca 1 – 3 ppm eller 12 – 37 Bq/kg enligt SGU:s data från flygmätningar över området (Fig. 3). Detta indikerar på en möjlig radiumaktivitet som motsvarar låg- till normalradonmark (0 – 200 Bq/kg för berg) vilket i så fall medför att byggnader ska uppföras radonskyddat. Vidare kan detta även innebära att bergmassan eventuellt kan användas som byggmaterial om radiumaktiviteten är < 100 Bq/kg. Direkta mätningar på berggrunden behöver dock utföras för ett mer noggrant resultat samt mätning av den totala strålningen från uran, torium och kalium som sammantaget utgör värdet på radiumaktivitet och aktivitetsindex.

5 Bergteknisk undersökning

5.1 Utförd undersökning

Fältundersökningen utfördes 2024-03-14 av Lorenz de Messimy och Caroline Åberg, AFRY. Totalt omfattar fältarbetet, utöver generella noteringar och bedömningar av området, nio strukturgeologiska mätningar. Samtliga områden med berg i dagen inom och angränsande till planområdet har undersökts.

5.2 Bergteknisk kartering

Den dominerande bergarten i området utgörs av en grå monzodioritisk – granodiorotisk ådergnejs av intermediär sammansättning. Den är generellt bandad men uppvisar även migmatitisk eller metatexitisk struktur. Gabbroida partier förekommer ställvis (Fig. 5).

Foliationen stryker huvudsakligen sydöst med en flack till brant ($30^\circ - 70^\circ$) stupning åt sydväst (Fig. 5). Vertikala – subvertikala sprickor med nordvästlig-sydostlig och nordostlig-sydvästlig strykning återfinns regelbundet. En tredje sprickgrupp som noterats är medelbrant med nordostlig stupning, motsatt foliationsriktningen. Utöver dessa påträffades även slumpvisa sprickset.

Gnejsen är medel- till grovkornig och bergmassan spricker upp storblockigt med sprickavstånd om 0,5 – 2 meter. Vid de hållar som undersökts bedöms bergets kvalitet generellt till Bergtyp 1 enligt TK Geo 13 (Tabell 2.6-1) och vittringsgraden bedöms till relativt låg (1 – 2 enligt ISRM).

Flera av de undersökta bergpartierna är uppspruckna med vida öppna sprickor och indikerar att blockrörelse och blockutfall skett (se Fig. 6 och 7)



Figur 5. Foto från området norra del som visar: 1) Gabbroid, 2) Gnejs med foliationsriktning.



Figur 6. Foto från områdets norra del med berg i dagen. Notera blocket som rört sig.



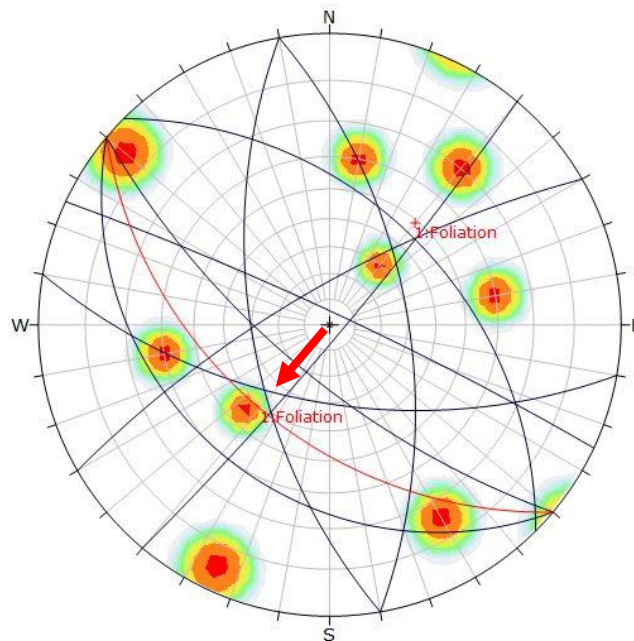
Figur 7. Foto från områdets sydöstra del visar ett uppsprucket bergparti. Block som fallit ut återfinns i släntfot (röd markering).

5.3 Sprickkartering

Sprickorna i Tabell 1 har mätts in i fält med kompass enligt högerhandsregeln (strykning/stupning). De presenteras även i ett poldensitetsdiagram som skapats med *Dips 8.0* (Fig. 8). Dessa motsvarar de generella sprickorna som observerats och representerar således de dominerande sprickseten. En förenklad kinetisk analys har utförts med *Dips 8.0*. Resultaten presenteras i Bilaga 1 och visar sannolikheten för tre typer av förekommande brott (kilbrott, planbrott och stjälpning) i de tre stupningsriktningarna för de planerade slänterna i norra delen av planområdet.

Tabell 1. Inmätning av generella sprickor enligt högerhandsregeln, avrundat till närmaste 5°-värde.

Sprickinmätning	Strykning (°)	Stupning (°)	Kommentar
1	315	45	Medelbrant spricka
2	295	85	Subvertikal spricka
3	170	60	Brantstående spricka
4	100	60	Ven i diabasgång
5	130	70	Följer foliation
6	130	30	Följer foliation
7	40	85	Subvertikal spricka
8	240	75	Brantstående spricka
9	350	60	Brantstående spricka



Figur 8. De inmätta sprickorna presenterade i ett poldensitetsdiagram. Röd pil visar foliationens stupningsriktning och röd linje stupningens medelvärde.

5.4 Bergteknisk bedömning

Befintliga risker

Generellt bedöms risken för ras inom och i anslutning till planområdet till låg, förutom i den sydöstra delen där risk för ras föreligger (Fig. 7). Åtgärdsförslag är till exempel skrotning av lösa block, alternativt motfyllning. De övriga bergpartierna bedöms stabila i nuläget men om ingrepp skulle ske i slänkfot i form av schaktning ska de åter synas av bergsakkunnig i samband med arbetet.

Risker i byggskedet

Toppen på bergpartiet i Figur 7 ligger i höjd med den planerade grundläggningsnivån i området (+120) och behöver således troligtvis inte schaktas utan kommer förmodligen att motfyllas. Om bergschaktningsarbeten ska utföras i detta område rekommenderas skrotning av lösa block innan arbeten påbörjas. Särskild försiktighet bör vidtas när arbete utförs i detta område.

När bergschaktning till planerad grundläggningsnivå utförs inom planområdet kommer nya bergslänter skapas, främst i norr, med slänthöjder upp till 15 m. Enligt den förenklade kinetiska analysen föreligger risk för blockutfall när slänterna skapas. Sannolikhet för olika typer av blockutfall beroende på släntriktning redovisas i Bilaga. Förförstärkning av slänterna rekommenderas för att minska risken för bakåtbrytning utanför teoretisk kontur. Beroende på metodval vid schaktning av konturer rekommenderas ett avstånd på 1 – 2 m mellan teoretiskt krön och den i plankartan utpekade egenskapsgränsen mot bestämmelsen N2 (område där marken inte får sänkas). Kartering av bergöverytan ska utföras av bergsakkunnig inför schaktning efter att avtäckning skett. Detta ska utföras för att exempelvis kunna upptäcka svaghetszoner i berget som behöver tas hänsyn till.

När bergschaktningsarbetena färdigställts ska bergsakkunnig involveras för att avgöra behov av permanentförstärkning för att säkerställa kort- och långsiktig stabilitet med avseende på rådande strukturer. Underhåll av slänter ska utföras med regelbundet intervall och bedöms kunna utföras från lift.

6 Slutsats och rekommendationer

Den befintliga risken för ras är generellt låg inom och i nära anslutning till planområdet, dock behöver åtgärder vidtas vid området i Figur 7 innan markarbeten påbörjas. Höga slänter kommer skapas i byggskedet vilket medför att förförstärkning bedöms nödvändigt för att säkerställa att bakåtbrytning inte sker. Bergsakkunnig ska involveras i både projekterings- och produktionsskedet för att säkerställa att rekommenderade åtgärder utförs. Då stora mängder berg kommer schaktas rekommenderas följande kompletterande undersökningar i projekteringsfasen:

1 Radonmätning på berg

- Säkerställande av bergets totala gammastrålning som kan ge upphov till radon
- Säkerställande om bergmassan kan användas som byggmaterial

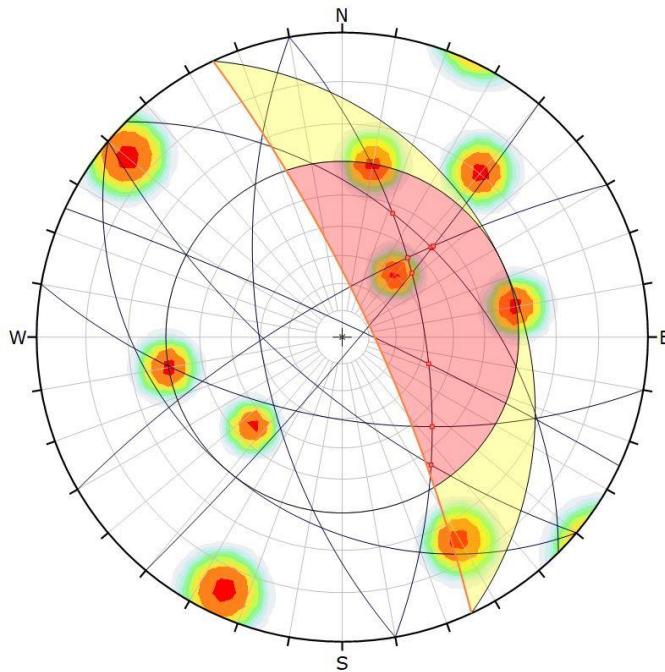
2 Bergprovtagning

- Kemisk analys av total svavelhalt och tungmetaller
- Ballasttester för bestämning av bergets mekaniska och fysikaliska egenskaper (e.g. kulkvarn, microDeval, LA-tal) och analys av fritt glimmer

Bilaga

2.1 Slänt mot ONO (65°)

Kilbrott



Symbol	Feature
■	Critical Intersection

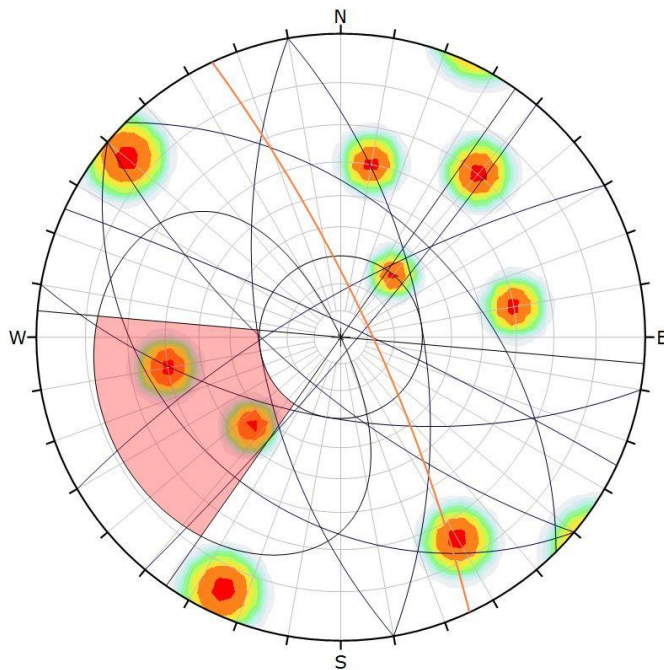
Color	Density Concentrations
0.00 - 1.20	
1.20 - 2.40	
2.40 - 3.60	
3.60 - 4.80	
4.80 - 6.00	
6.00 - 7.20	
7.20 - 8.40	
8.40 - 9.60	
9.60 - 10.80	
10.80 - 12.00	

Contour Data		Pole Vectors
Maximum Density	11.05%	
Contour Distribution	Fisher	
Counting Circle Size	1.0%	

Kinematic Analysis		Wedge Sliding		
Slope Dip	79			
Slope Dip Direction	65			
Friction Angle	30°			
		Critical	Total	%
Wedge Sliding		9	36	25.00%

Plot Mode		Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)	
Intersection Mode	Grid Data Planes	
Intersections Count	36	
Hemisphere	Lower	
Projection	Equal Angle	

Planbrott



Color	Density Concentrations
0.00 - 1.20	
1.20 - 2.40	
2.40 - 3.60	
3.60 - 4.80	
4.80 - 6.00	
6.00 - 7.20	
7.20 - 8.40	
8.40 - 9.60	
9.60 - 10.80	
10.80 - 12.00	

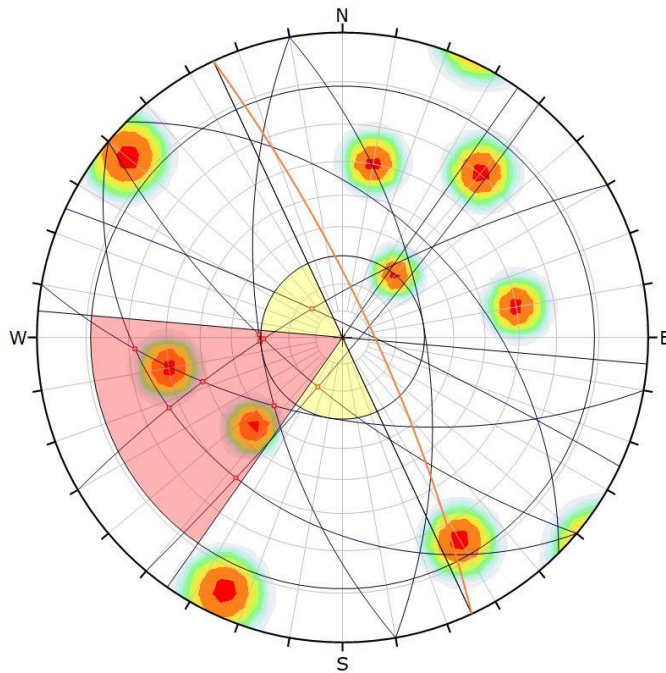
Contour Data		Pole Vectors
Maximum Density	11.05%	
Contour Distribution	Fisher	
Counting Circle Size	1.0%	

Kinematic Analysis		Planar Sliding		
Slope Dip	79			
Slope Dip Direction	65			
Friction Angle	30°			
Lateral Limits	30°			
		Critical	Total	%
Planar Sliding (All)		2	9	22.22%

Plot Mode		Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)	
Hemisphere	Lower	
Projection	Equal Angle	

X:\Goteborg\Geoteknik - 13955-\MEDARBETARMAPPAR\Lorenz de Messimy\Bollebygd logistikpark\PM Bergteknik Bollebygd Exploateringsområde_rev3.docx

Stjälpning



Symbol	Feature
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
Blue	0.00 - 1.20
Light Blue	1.20 - 2.40
Green	2.40 - 3.60
Yellow-Green	3.60 - 4.80
Yellow	4.80 - 6.00
Orange	6.00 - 7.20
Red-Orange	7.20 - 8.40
Red	8.40 - 9.60
Dark Red	9.60 - 10.80
Black	10.80 - 12.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	11.05%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

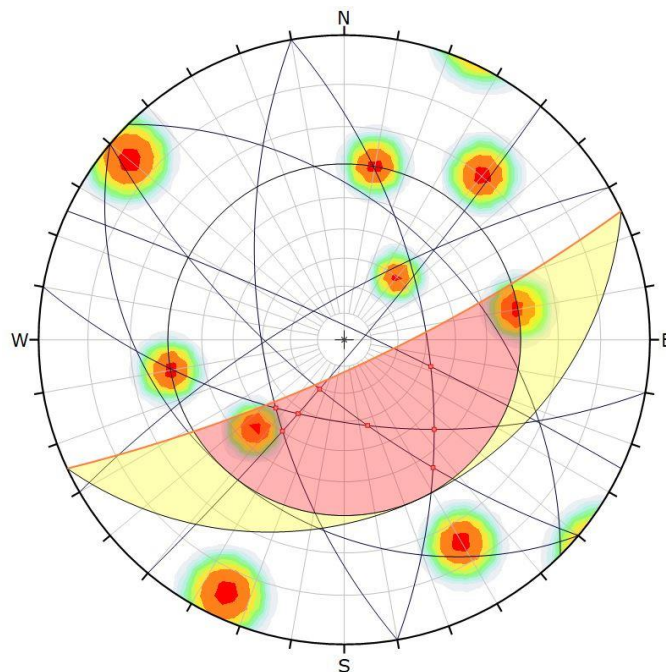
Kinematic Analysis	Direct Topping
Slope Dip	79
Slope Dip Direction	65
Friction Angle	30°
Lateral Limits	30°

	Critical	Total	%
Direct Topping (Intersection)	8	36	22.22%
Oblique Topping (Intersection)	2	36	5.56%
Base Plane (All)	2	9	22.22%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	36
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

2.2 Slänt mot SSO (155°)

Kilbrott



Symbol	Feature
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
Blue	0.00 - 1.20
Light Blue	1.20 - 2.40
Green	2.40 - 3.60
Yellow-Green	3.60 - 4.80
Yellow	4.80 - 6.00
Orange	6.00 - 7.20
Red-Orange	7.20 - 8.40
Red	8.40 - 9.60
Dark Red	9.60 - 10.80
Black	10.80 - 12.00

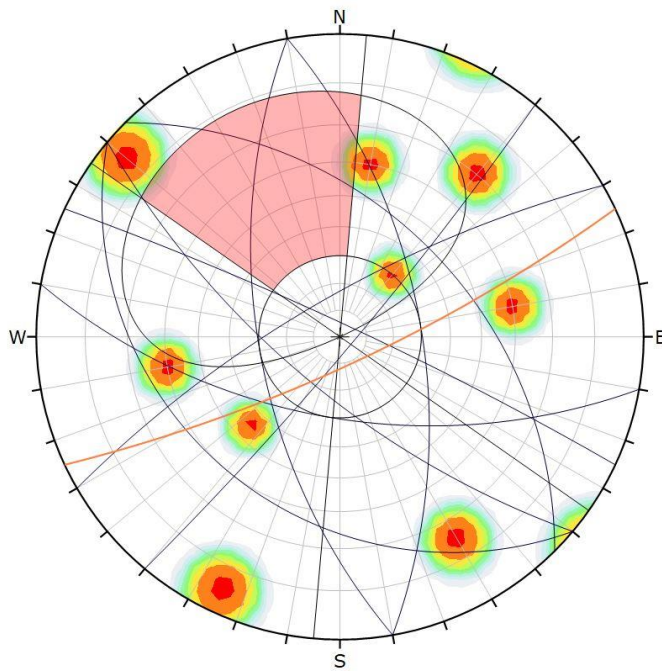
Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	11.05%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	79
Slope Dip Direction	155
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	8	36	22.22%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	36
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Planbrott



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00

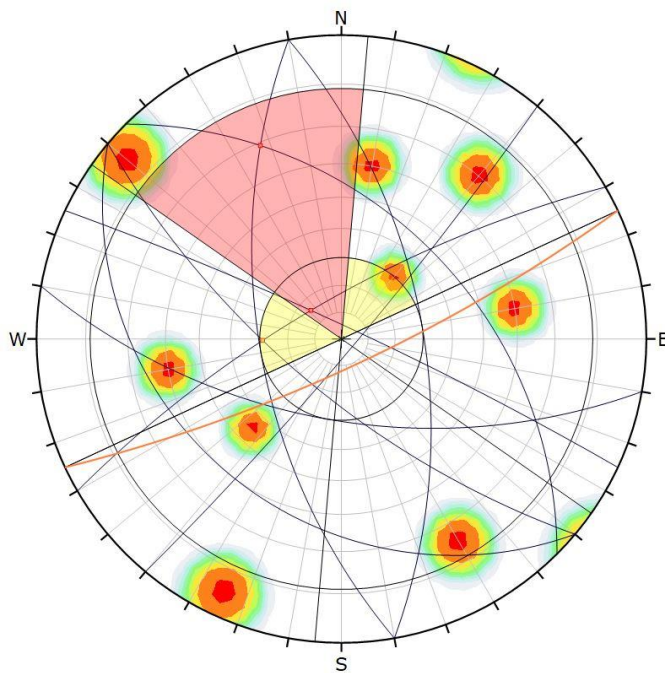
Contour Data		Pole Vectors	
Maximum Density	11.05%		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		

Kinematic Analysis		Planar Sliding	
Slope Dip	79		
Slope Dip Direction	155		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	30°		

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	9	0.00%

Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count	9 (9 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	EqualAngle		

Stjälpning



Symbol	Feature
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00

Contour Data		Pole Vectors	
Maximum Density	11.05%		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		

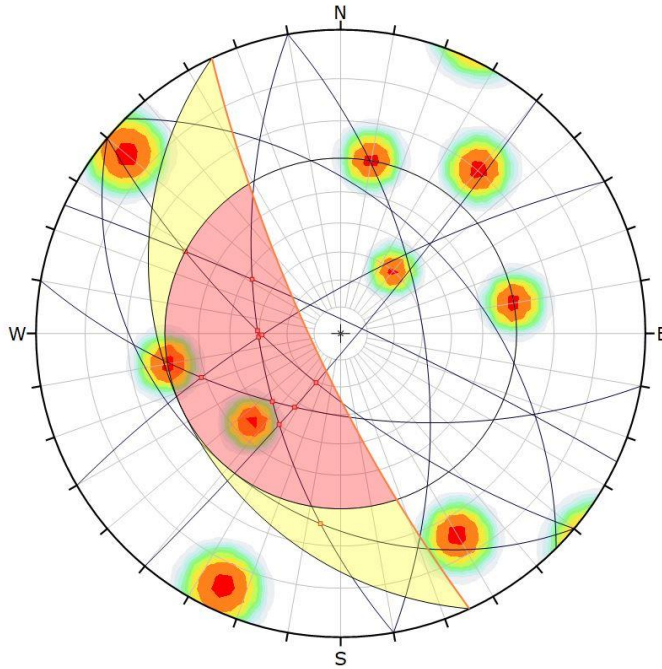
Kinematic Analysis		Direct Toppling	
Slope Dip	79		
Slope Dip Direction	155		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	30°		

	Critical	Total	%
Direct Toppling (Intersection)	2	36	5.56%
Oblique Toppling (Intersection)	1	36	2.78%
Base Plane (All)	1	9	11.11%

Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count	9 (9 Entries)		
Intersection Mode	Grid Data Planes		
Intersections Count	36		
Hemisphere	Lower		
Projection	EqualAngle		

2.3 Slänt mot VSV (245°)

Kilbrott



Symbol	Feature
■	Critical Intersection

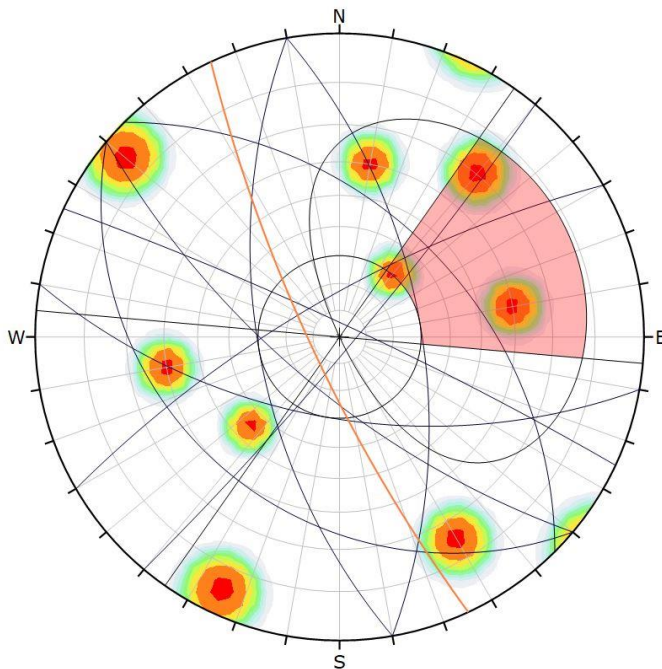
Color	Density Concentrations
Blue	0.00 - 1.20
Light Blue	1.20 - 2.40
Light Green	2.40 - 3.60
Green	3.60 - 4.80
Yellow-Green	4.80 - 6.00
Yellow	6.00 - 7.20
Orange	7.20 - 8.40
Red-Orange	8.40 - 9.60
Red	9.60 - 10.80
Dark Red	10.80 - 12.00

Contour Data		Pole Vectors
Maximum Density	11.05%	
Contour Distribution	Fisher	
Counting Circle Size	1.0%	

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	79		
Slope Dip Direction	245		
Friction Angle	30°		
		Critical	Total
Wedge Sliding		11	36
			30.56%

Plot Mode		Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)	
Intersection Mode	Grid Data Planes	
Intersections Count	36	
Hemisphere	Lower	
Projection	Equal Angle	

Planbrott



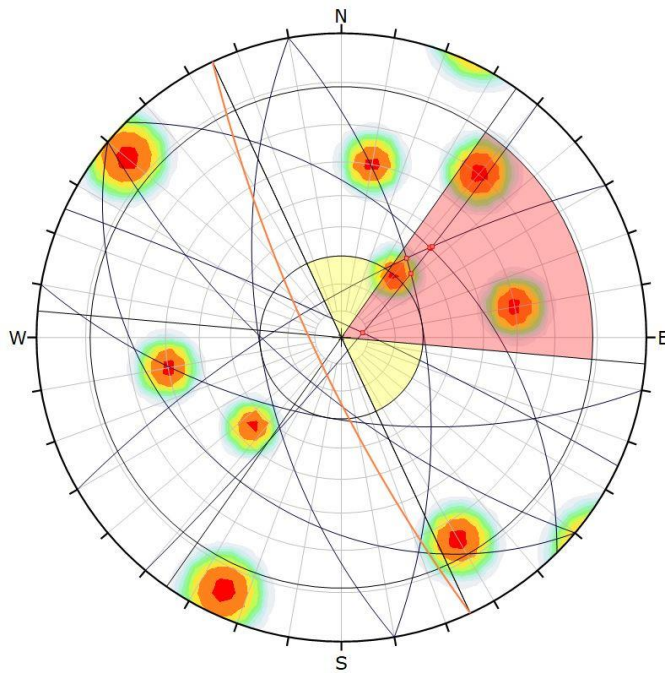
Color	Density Concentrations
Blue	0.00 - 1.20
Light Blue	1.20 - 2.40
Light Green	2.40 - 3.60
Green	3.60 - 4.80
Yellow-Green	4.80 - 6.00
Yellow	6.00 - 7.20
Orange	7.20 - 8.40
Red-Orange	8.40 - 9.60
Red	9.60 - 10.80
Dark Red	10.80 - 12.00

Contour Data		Pole Vectors
Maximum Density	11.05%	
Contour Distribution	Fisher	
Counting Circle Size	1.0%	

Kinematic Analysis		Planar Sliding	
Slope Dip	79		
Slope Dip Direction	245		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	30°		
		Critical	Total
Planar Sliding (A/B)		3	9
			33.33%

Plot Mode		Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)	
Hemisphere	Lower	
Projection	Equal Angle	

Stjälplning



Symbol	Feature
	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
Blue	0.00 - 1.20
Light Blue	1.20 - 2.40
Light Green	2.40 - 3.60
Green	3.60 - 4.80
Yellow-Green	4.80 - 6.00
Yellow	6.00 - 7.20
Orange	7.20 - 8.40
Red-Orange	8.40 - 9.60
Red	9.60 - 10.80
Dark Red	10.80 - 12.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	11.05%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Direct Toppling
Slope Dip	79
Slope Dip Direction	245
Friction Angle	30°
Lateral Limits	30°

	Critical	Total	%
Direct Toppling (Intersection)	6	36	16.67%
Oblique Toppling (Intersection)	0	36	0.00%
Base Plane (A-I)	3	9	33.33%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	9 (9 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	36
Hemisphere	Lower
Projection	EqualAngle