

Geologisk undersøgelse og stabilitetsvurdering i forbindelse med ny vej til Qinngorput

Forundersøgelse udført for Nuuk Kommune af
GEUS og ASIAQ i samarbejde med NGI

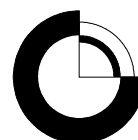
Peter Roll Jakobsen og Jens Nykjær Larsen



Geologisk undersøgelse og stabilitetsvurdering i forbindelse med ny vej til Qinngorput

Forundersøgelse udført for Nuuk Kommune af
GEUS og ASIAQ i samarbejde med NGI

Peter Roll Jakobsen og Jens Nykjær Larsen



Sammenfatning

Denne rapport omhandler en forundersøgelse i forbindelse med etablering af en ny forbindelsesvej mellem Nuuk og Qinnqorput. Undersøgelsen omfatter geologisk kortlægning samt geoteknisk analyse af skråningsstabilitet. Opgaven er løst som et samarbejde mellem Norges Geotekniske Institut, GEUS og ASIAQ. Feltundersøgelserne er forestået af GEUS og ASIAQ, og de indsamlede data danner grundlaget for NGI's analyse af skråningsstabilitet.

Sammenfatning af feltundersøgelse

Den undersøgte fjeldryg består af grå gnejs og stærkt båndet gnejs. Længst mod øst findes en metagabbro. Bjergarterne strækker sig parallelt med ryggen i ca. 30°, og hælder 76° til 78° mod nordvest. I terrænlavning mellem de to højspændingsmaster, er der antagelig en sprækkezone, der løber parallelt med bjergarternes foliation.

Der er fire sprækkesystemer

- System 1: 130°/77° SV; ofte markante i terrænet, op til 52 m lange.
- System 2: 30°/70° NV; foliationsparallelle; altid tilstede; størst intensitet i Stærkt Båndede Gnejs; intensitet stiger op mod sprækkezone i terrænlavning mellem de to højspændingsmaster.
- System 3: 30°/22° ØSØ
- System 4: 100°/80 S; ikke så hyppige som system 1 sprækker, er dog ofte markante og er op til 50 m lange.

Den samlede sprækkeintensitet og den derfra afledte 'Rock Quality Designation' (RQD) er ikke voldsom stor, men den er mærkbar forskellig i den grå gnejs og den stærkt båndede gnejs, hvor intensiteten er højest og RQD lavest i den stærkt båndede gnejs.

Sammenfatning af anbefalinger fra NGI's rapport

Det anbefales at foretage en vurdering af omkostningerne ved en forøgelse af udsprængningsvolumen ved lavere skråningsvinkel mod sikringsomkostningerne ved en stejlere skråningsvinkel:

- Den sydlige vejskrånings hældning anbefales at være mellem 10:1 og 5:1 svarende til mellem 84,2° og 78,7°.
- Den nordlige vejskrånings hældning anbefales at være på 3:1 svarende til 71,6°. I den vestlige del af den nordlige vejskråning til station 760 kan der evt. benyttes en skråningshældning på 10:1.

Såfremt et dominerende sprækkesystem står stejlt og parallelt med vejskæringen anbefales det at dimensionere sprængningerne langs sprækkesystemets brudflader.

Sammenfatning	3
Sammenfatning af feltundersøgelse.....	3
Sammenfatning af anbefalinger fra NGI's rapport.....	3
Indledning	5
Forord	5
Projektbeskrivelse	5
Metoder	6
Geologisk kortlægning	6
Sprækker	6
Flyfoto tolkning	6
Opmålingsteknik.....	6
Sprækkeparametre.....	6
RQD	7
Landmåling	7
Fotoregistrering.....	7
Resultater	8
Geologi.....	8
Geologisk ramme	8
Bjergarter i undersøgelsesområdet	10
Geologisk opbygning	13
Sprækkeopmåling	13
Flyfototolkning	13
Sprækkesystemer	14
Sprækkelængde	15
Sprækkeintensitet	15
RQD værdier	16
Fotoregistrering	17
Geoteknisk analyse.....	17
Analysemetode.....	17
Resultater	17
Referencer	19
Bilag 1, Geologisk kort	20
Bilag 2 Sprækkedata	22
Bilag 3 Fotoregistrering	33
Bilag 4 projekteret vejtrace	44

Det anbefales at projektere vejen med en såkaldt fanggrøft for nedfaldende sten og blokke ved foden af både den nordlige og sydlige vejskråning (se (NGI,2003) for specifikke dimensioner).

Det anbefales at afstanden fra den vestlige elmast til vejskæringen bliver på minimum 5 meter. Desuden anbefales det her at anvende supplerende sikring af skråningen med bolte.

Ved udsprængning anbefales skånsom kontursprængning.

Ved boring af huller til sprængning anbefales det at borehullerne kontrolleres for afvigelser.

Sikring med bolte anbefales på delstrækninger, hvor der er risiko for udvæltning eller udglidning.

Sikring med net anbefales på delstrækninger, hvor der optræder stærkt båndet gnejs.

Sikring med net anbefales ligeledes, hvor isdannelser risikerer at styrte ned på vejen.

Indledning

Forord

Denne rapport omhandler en forundersøgelse i forbindelse med etablering af en ny forbindelsesvej mellem Nuuk og Qinnqorput. Undersøgelsesområdet er vist i Bilag 1, og den projekterede vej er vist i Bilag 4.

Forundersøgelsen omfatter geologisk kortlægning samt geotekniske analyser af skråningsstabilitet. Opgaven er løst som et samarbejde mellem Norges Geotekniske Institut, GEUS og ASIAQ.

Dokumentation af de geotekniske analyser findes i rapporten

*"Veitråse i Nuuk, Grønland. Vurdering af fjellskjæringer",
Norges Geotekniske Institut, 2003.*

NGI's rapport udgør en del af den samlede afrapportering af forundersøgelsen.

Nærværende rapport omfatter dokumentation af de feltobservationer, der har udgjort grundlag for de geotekniske analyser. Ud over data fra denne undersøgelse indgår data fra en tidligere undersøgelse foretaget i samme område (Jakobsen & Karlsen, 2001). Ligeledes omfatter denne rapport en kort sammenfatning af de metoder, resultater og anbefalinger, som er beskrevet i rapporten fra NGI.

Projektbeskrivelse

I forbindelse med etablering af en vejskæring gennem fjeldryggen øst for forbrændingsanlægget i Nuuk skal der udføres en forundersøgelse af stabiliteten af fjeldryggen.

Følgende opgaver blev planlagt i relation til det område, hvor vejen skal etableres:

- Kortlægning af revner og sprækker i fjeldryggen:
 - o Indledende fotogrammetrisk analyse af flyfotos med udtegnning af større revner og sprækker.
 - o Sprækkeopmåling i felten med henblik på kortlægning af sprækkesystemer.
 - o Geologisk kortlægning med henblik på identifikation af bjergarter og at udrede den geologiske opbygning af undersøgelsesområdet.
- Geoteknisk analyse af fjeldryggens langtidstabilitet:
 - o Sammenligning af planlagte skråningers hældning og retning med sprækkesystemernes geometri.
 - o Vurdering af skredrisici for skråningerne langs vejens forløb gennem fjeldryggen.
 - o Udsprængnings- og sikringstekniske vurderinger.

Metoder

Geologisk kortlægning

I felten er bjergarter beskrevet og klassificeret. Fjeldmassivet blev systematisk gennemgået langs to øst-vest gående linier, bjergarterne langs linierne blev klassificeret, deres rummelige orientering (hældning og strygning) er målt og bjergartsgrænser blev indmålt med GPS. Ud fra kortlægningen er der udtegnet et geologisk kort over området, og der er fremstillet et tværprofil, der viser bjergarternes hældning (Bilag 1).

Sprækker

Ved stabilitetsvurdering er sprækker af stor betydning, idet de udgør de svagheder i bjergarterne, der er afgørende for hvor stabil bjergarten er. Det er især antal af sprækkesystemer, størrelsen af sprækkerne, deres orientering i forhold til en skæring, tætheden af sprækker og sprækkefladens form, der er afgørende ved en stabilitetsvurdering.

Flyfoto tolkning

I forbindelse med forundersøgelsen er der anvendt flyfoto optaget i 1999 for ASIAQ i målestoksforhold 1:5000. Billederne er fotogrammetrisk tolket på en digital fotogrammetrisk arbejdsstation (LH-Systems) ved GEUS. På baggrund af flyfoto er større sprækker kortlagt og optegnet.

Opmålingsteknik

I felten er sprækkedata indsamlet ved 5 dellokaliteter, hvor to målelinier blev udlagt omtrent vinkelret på hinanden. De subhorisontale sprækker er desuden målt i lodrette vægge i fjeldsiden ud mod Qinngorput.

Sprækkeparametre

Ved sprækkeopmåling og sprækkeanalysen er følgende sprækkeparametre anvendt:

Orientering: Strygning, hældning og hældningsretning er målt for hver sprække. Sprækkernes orientering er vist i et stereonet, hvor polen til sprækkeplanerne er udtegnet.

Sprækkesystem: Et sprækkesystem er parallelt orienterede sprækker. Sprækkesystemer defineres således ud fra sprækkernes orientering. I et stereonet vil et sprækkesystem blive udtegnet samlet. Ikke systematiske sprækker udtegnes spredt i stereonet.

Sprækkeform og ruhed: Sprækkens form beskrives i meter størrelse (ondulerende eller planar). Sprækkefladernes ruhed beskrives i cm til dm størrelse (ru, glat eller slickenside). Sprækkens form og ruhed har specielt betydning i vurdering af bjergartens stabilitet.

Sprækkeintensitet: er det gennemsnitlige antal sprækker per meter for et sprækkesystem.

Samlet sprækkeintensitet (antal sprækker/m³): er det kumulative gennemsnitlige antal sprækker per m³.

Disse parametre tjener bl.a. som input i RQD klassifikationssystemet.

RQD

RQD står for Rock Quality Designation, og er et klassifikationssystem til at beskrive opsprækningsgraden af en bjergartsmasse. RQD er oprindeligt defineret ud fra borekerner, men kan også beregnes ud fra antal sprækker/m³ ud fra følgende formel:

$$RQD = 115 - 3,3J_v$$

hvor **J_v** er antal sprækker/m³ (samlet sprækkeintensitet).

Landmåling

I forbindelse med feltarbejdet har ASIAQ forestået indmåling med GPS, af målelinier til sprækkeopmåling og punktopmåling af bjergartsgrænser, der er bestemt i felten.

Fotoregistrering

Der er foretaget en systematisk fotoregistrering ude fra bugten. En oversigt over hvor billederne er taget fra, i hvilken retning de er taget og billederne selv er vist i Bilag 3. Positionerne hvor billederne er taget fra er målt med GPS.

Resultater

Geologi

Geologisk ramme

Bjergarterne i Nuuk området er alle arkæiske gnejser, d.v.s. at de er dannet i det ældste geologiske tidsafsnit for mere end 2500 millioner år siden. Gnejserne i Nuuk området er ca. 3000 millioner år gamle, og hører til Akia terrænet (Fig. 1). Gnejserne i Nuuk området består hovedsageligt af Nuuk Gnejs, med indslag af amfibolit og metagabbro (Fig. 2)



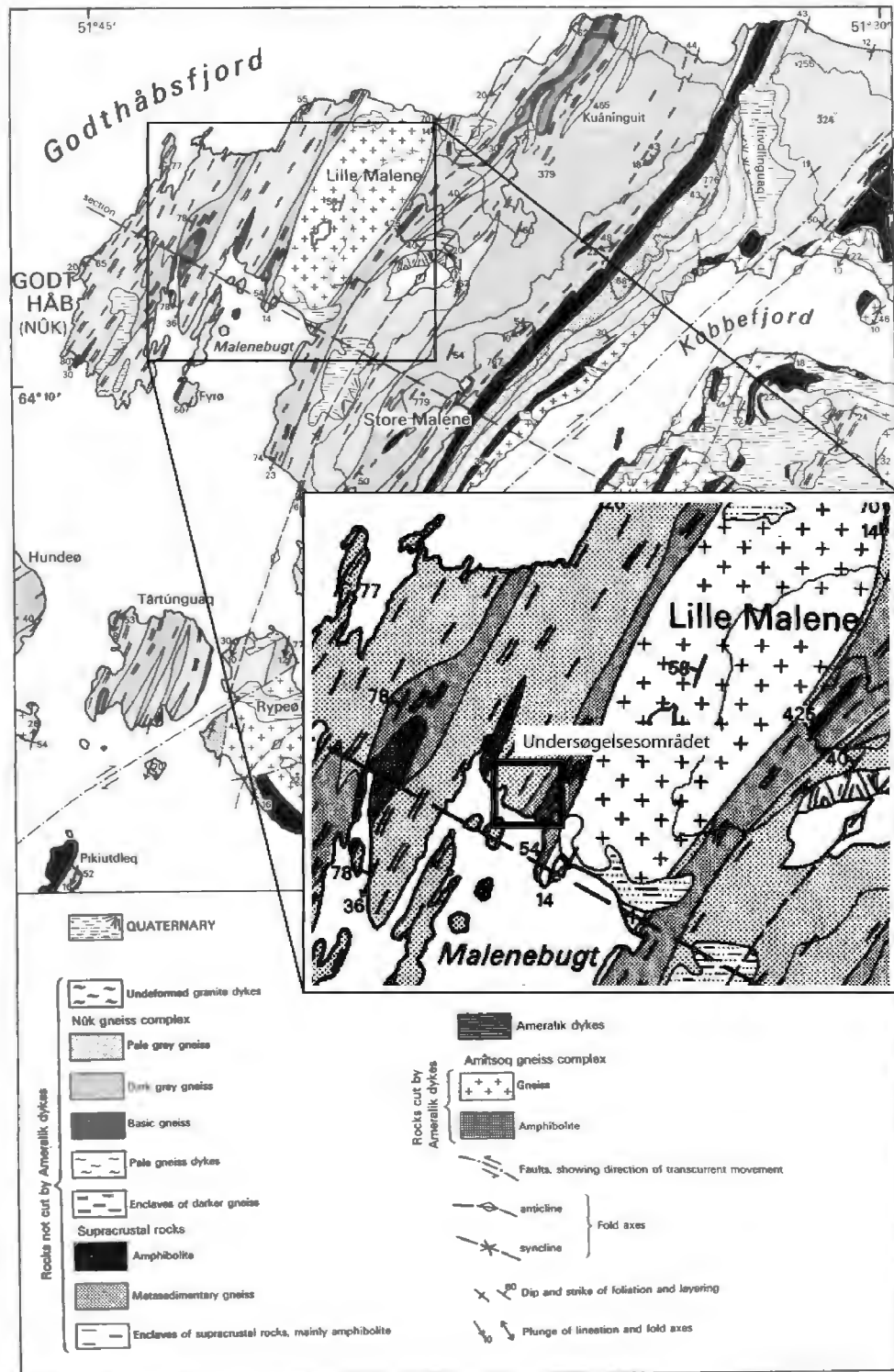
Figur 1. Kort over Godthåbsfjorden med forskellige tektoniske terræner; 1: Akia terrænet, 2: Akulleq terrænet, 3: Tasiussarssuaq terrænet (Henriksen et al., 2000).

Figur 2. Geologisk Kort over Nuuk området (McGregor, 1993).

Ngn: Nuuk Gnejs; Ndgn: Nuuk dioritisk gnejs og meta-gabbro; Agn: Amîtsoq gnejs; stiptet linie: forkastning.



På et lidt mere detaljeret geologisk kort over Nuuk området (Fig. 3) kan man se at Nuuk Gnejs er differentieret i lys grå og mørk grå gnejs (Bridgewater et al, 1976). Ifølge dette kort består den vestlige del af fjeldryggen af lys grå gnejs og den østlige del af fjeldryggen af mørk grå gnejs. Lige vest for fjeldryggen er der en metagabbro.



Figur 3. Geologisk kort over Nuuk området (delvis omtegnet fra Bridgewater et al. 1976).

Bjergarter i undersøgelsesområdet

Fjeldmassivet er systematisk gennemgået, hvor bjergarterne er blevet klassificeret og bjergartsgrænser blev indmålt med GPS. Gnejserne der opbygger den undersøgte ryg kan således adskilles i tre genotyper, en grå gnejs, en stærkt båndet gnejs og en metagabbro (bilag 1).

Den grå gnejs er en tonalitisk/granodioritisk gnejs (Henriksen et al. 2000, Bridgewater et al. 1976). Gnejsen er grå og lys rødliggrå. Den kan være båndet med lysere og mørkere bånd og migmatitårer og den kan have en svag foliation, hvor foliationen er markeret af biotitkorn. Den fremstår altid som en massiv bjergart. I den grå gnejs kan der være linser og bånd af amfibolit (Fig. 4)



Figur 4. Grå gnejs, båndet med linser af amfibolit. Foto taget ved målelinie 11, dellokalitet 5.

Den stærkt båndede gnejs er sammensat af vekslende bånd bestående af grå gnejs, amfibolit og metagabbro. (Fig. 5). Den Stærkt båndede gnejs findes som mindre enheder i den grå gnejs (se bilag 1).



Figur 5. Stærkt båndet gnejs.

Metagabbro (sensu lato) er en mørk spættet bjergart, med en svag foliation defineret af mørke mineraler. Bjergarten er gennemsat af lyse migmatitbånd (Fig. 6). Metagabroen findes i den østlige del af undersøgelsesområdet (se Bilag 1).



Figur 6. Metagabbro ved Sømærket øst for fjeldryggen.

Mellem de to elmaster er der en lavning i terrænet, hvor der er aflejret en blokrig moræne (Fig. 7). Den grå gnejs er ind mod moræneaflejringerne stærkt opsprækket (Fig. 8) og der ligger antagelig en sprækkezone under løsaflejringerne, som er blevet dybere nederoderet end den omgivne, mere massive gnejs.



Figur 7. Erosionsskår antagelig anlagt i sprækkezone, delvis fyldt med moræneaflejringer.



Figur 8. Stærkt sprækket grå gnejs, ved kontakt til moræneaflejringer.

Geologisk opbygning

Bjergartsenhederne stryger i ca. 20° - 30° og hælder ca. 70° mod nordvest. Det Geologiske kort og et tværprofil af ryggen er vist i Bilag 1. På det geologiske profil kan man se at den Grå Gnejs udgør størstedelen af den undersøgte fjeldryg. I den Grå Gnejs findes enheder af den Stærkt Båndede Gnejs i forskellig tykkelser. De ligger parallelt med foliationen i den Grå Gnejs. I den sydøstlige del af fjeldryggen udgør de Stærkt Båndede gnejser hovedparten af bjergartsmassen. I den østligste del af profilet er der en metagabbro, hvor kontakten til den Grå Gnejs er parallelt med foliationen i den Grå Gnejs.

Sprækkeopmåling

Der er opmålt og beskrevet, sprækker på 5 dellokaliteter langs to målelinier, næsten vinkelret på hinanden, og i enkelte tilfælde langs en vertikal linie. Desuden er der målt en supplerende frekvensmåling af foliationsparallelle sprækker på en stejl væg, i de båndede gnejser, under den østligste mast. Sprække-data er vedlagt i bilag 2.

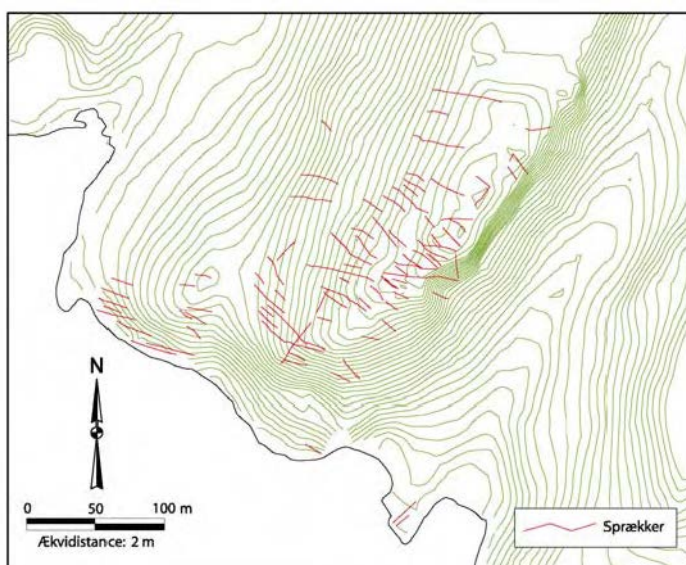
Flyfototolkning

På baggrund af stereoskopisk tolkning af flyfoto, er store markante sprækker optegnet i undersøgelsesområdet (Fig. 9). I området er der to markante sprækkesystemer, der kan optegnes fra flyfoto. De to sprækkesystemer stryger ca. 130° og 100° , og sprækkesystemet der stryger 130° er det mest dominerende. Ud over disse to sprækkesystemer er der enkelte der stryger ca. 30° , hvilket er parallelt med foliationen i bjergarterne (Bilag 1).

De lange sprækker der er tolkede fra flyfoto er udtegnet med ArcView. Gennemsnitslængden for de optegnede sprækker er beregnet til at være 18 m med max længde på 52 m og min længde på 2,8 m. I højden kan de følges op til 20 m (aflæst på højdekurver).

Ved den stejle skråning ned mod Malenebugten var der problemer med at se stereoskopisk, hvorfor der her ikke er optegnet så mange sprækker.

Figur 9. Kort over undersøgelsesområdet, hvor de store sprækker i området er optegnet fra flyfoto.

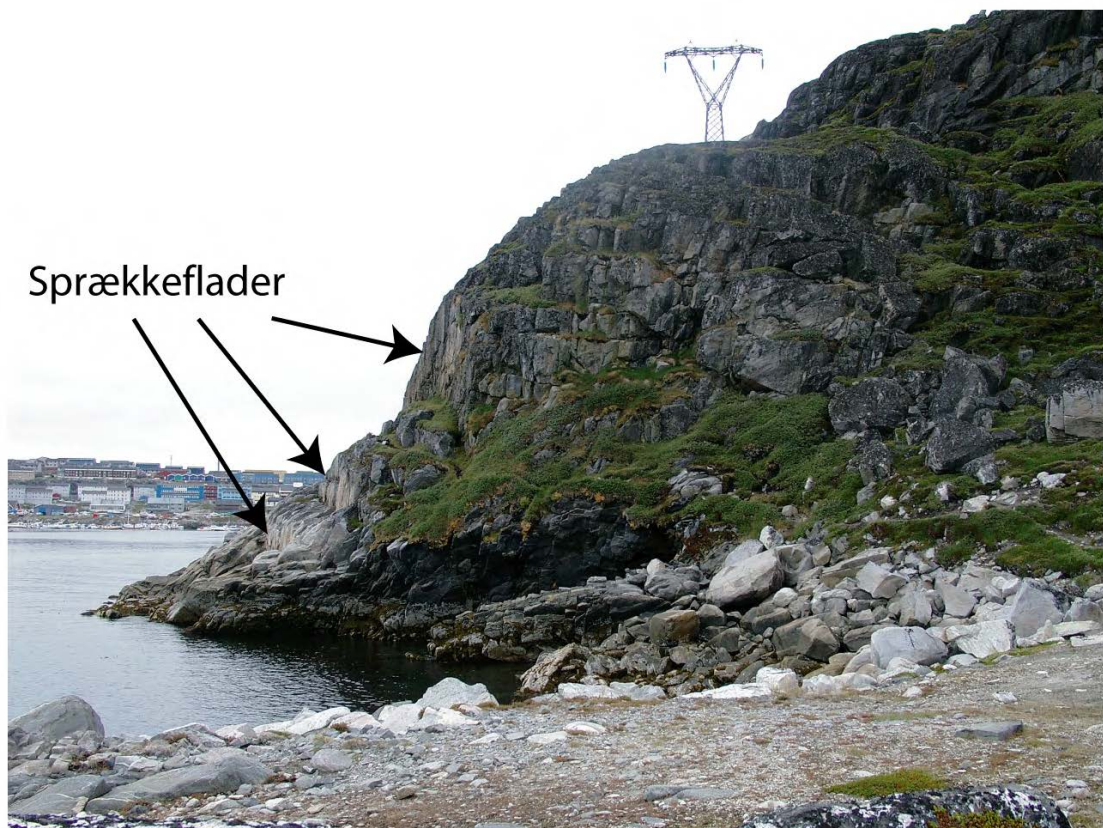


Sprækkesystemer

Der er observeret 4 sprækkesystemer (se Bilag 1), hvor system 1, 2 og 3 er de mest dominerende, og de kan ses ved alle dellokaliteter.

System 1 sprækkerne stryger ca. 130° . De længste sprækker markerer sig tydeligt i terrænet, de kan være op til 50 m og mere, og de kan erkendes på flyfoto (Fig. 9). Ud mod kysten ses sprækkefladerne som store rødbrune, stejltstående flader. Farven skyldes belægning eller omdannelse i sidestenen ud mod sprækken (Fig. 10).

System 1 sprækkerne har en gennemsnitlig hældning på 77° mod SV, varierende fra 58° til 86° .



Figur 10. Store sprækkeflader ud mod Qinngorput. Fladerne hører til system 1 sprækkerne.

System 2 sprækkerne er foliationsparallelle sprækker, der er styret af bjergarternes foliation. Der findes således flere system 2 sprækker i de stærkt bandede gnejser end i den grå gnejs, idet foliationen i de bandede gnejser er mere markant. System 2 sprækkerne stryger ca. 30° og hælder gennemsnitlig 70° mod NV.

System 3 sprækkerne er svagt hældende sprækker, der stryger ca. 30° med en gennemsnitlig hældning på 22° mod ØSØ, og som står næsten vinkelret på system 2 sprækkerne (Fig. 11 og Bilag 1).



Figur 11. Foliationsparallelle (system 2) sprækker og svagt hældende (system 3) sprækker i blotning ud mod kysten.

System 4 sprækkerne stryger i ca. 100° . System 4 sprækkerne kan også erkendes på flyfoto (Fig. 9).

Sprækkelængde

Ved de 5 dellokaliteter er sprækkelængden målt i hele meter og op til 10 m. Sprækker længere end 10 m er benævnt >10 m. Alle sprækkedata er vist i Bilag 2.

De lange sprækker, der er udtegnet fra flyfoto, findes som digitale data, og de er udtegnet med ArcView (Fig. 9). I ArcView er de store sprækkes gennemsnitslængde beregnet til at være 18 m med max længde på 52 m og min længde på 2,8 m.

Sprækkeintensitet

Sprækkeintensiteten er forskellig i den Grå Gnejs og den Stærkt Båndede Gnejs. Sprækkeintensiteten er størst i den Stærkt Båndede Gnejs, hvilket skyldes de hyppige bjergarts-skift inden for denne gnejstype, der medfører mange foliationsparallelle sprækker. Til gengæld er system 1 sprækkerne, der er næsten vinkelrette på foliationen, mindre hyppige end ved den Grå Gnejs. De foliationsparallelle sprækker er ikke altid tydelige at se på bjergarten, men ved en af de store system 1 sprækkeflader kunne man se en meget høj sprække

frekvens af de foliationsparallelle system 2 sprækker (Fig. 12). Der må derfor forventes flere sprækker end der umiddelbart er konstateret i de Stærkt Båndede Gnejser under sprængning.

Figur 12. Stærkt Båndet Gnejs med mange stejltstående system 2 (foliationsparallelle) sprækker. Fladen som målebåndet hænger langs er en sprækkeflade fra en system 1 sprække.



Ved lokalitet 1 er sprækkeintensiteten markant højere i starten af linie 1 (Bilag 2, lok 1 og Fig. 8). Det er op mod sprækkezonen, der formodentlig findes under den blokriige moræne i lavningen mellem lokaliteterne 1 og 5 (Bilag 1).

RQD værdier

RQD værdierne for de undersøgte delområder ligger på 103 til 109. Resultater fra lokaliteterne er vist i Bilag 2.

I de stærkt båndede gnejser er der udført en supplerende frekvensmåling langs en sprækkeflade hørende til en system 1 sprække, lige under dellokalitet 3. Her kunne man se væsentligt flere foliationsparallelle sprækker (system 2) (Fig. 12) end ved målelinierne, hvilket betyder at RQD værdien her er 77.

Fotoregistrering

Bilag 3 omfatter en systematisk fotoregistrering af den undersøgte fjeldryg fra søsiden. Der er udført to fotoserier fra faste positioner syd for fjeldryggen samt en fotoserie taget fra positioner langs en linie parallelt med kysten.

Geoteknisk analyse

Vejstrækningen fra Nuuk til Qinngorput planlægges at gennemskære fjeldryggen langs kystlinien (se Bilag 4). Ved etableringen af vejen i kote 14,0 – 15,0 meter vil der langs kystlinien blotlægges stejle fjeldskråninger med højder på op til ca. 30 meter over vejens niveau.

På grundlag af den geologiske kortlægning og opmålingen af sprækker har Norges Geotekniske Institut (NGI) gennemført geotekniske analyser af fjeldryggens langtidsstabilitet (se NGI, 2003)).

I det følgende præsenteres kort metoder, resultater og anbefalinger fra NGI, som kan findes i større detalje i rapporten ” *Veitræse i Nuuk, Grønland*” (se (NGI, 2003).

Analysemetode

Fjeldryggens sprækkesystemer opdeler fjeldmassivet i mindre enheder, som kan frigøres under eller efter anlægsarbejdet og styrte ned på vejen. De typiske skredrisici omfatter udvæltning (eng.: Toppling), plan udglidning (eng.: Planar sliding) og kileformet udglidning (eng.: Wedge sliding) (se [1], s.161, ff.).

Med grundlag i sprækkeopmålingen er skredrisici langs det planlagte vejtrace fra station ca. 700 meter til station ca. 910 meter blevet vurderet.

Når sprækkeplanernes poler afbildes sammen med planerne for vejskæringens skråning i en stereografisk projektion, er det muligt at se om spækkesystemernes geometri kan medføre en skredrisiko for en given orientering (retning og hældning) af en skråning.

Resultater

Da vejstrækningen forløber med en krumning gennem undersøgelsesområdet, er skredanalyserne opdelt i tre sektioner langs vejen:

- Den vestlige del (station ca. 700 meter til ca. 780 meter).
- Den midterste del (station ca. 780 meter til ca. station 840 meter).
- Den østlige del (station ca. 840 meter til ca. station 910 meter).

Der er udført en skredanalyse for hver af de tre ovennævnte skredtyper langs vejskæringens nordlige og sydlige skråning. Analyserne er udført for skråninger med hældninger på 65° og på 80°.

Det bemærkes, at en del af vejskæringens sydlige skråning formentlig bortsprænges fuldstændigt, hvor vejen forløber tæt ved kystlinien.

En sammenfatning af resultaterne findes i Tabel 1 og Tabel 2.

Tabel 1. Skredrisici i vejskæringens <i>nordlige</i> skråning.						
Delstrækning	Skråningsvinkel 65°			Skråningsvinkel 80°		
	Udvæltning	Plan Udglidning	Kileformet Udglidning	Udvæltning	Plan udglidning	Kileformet udglidning
Vestlige	NEJ	JA	NEJ	NEJ	JA	JA
Midterste	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	JA	JA
Østlige	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	JA	NEJ

Tabel 2. Skredrisici i vejskæringens <i>sydlige</i> skråning.						
Delstrækning	Skråningsvinkel 65°			Skråningsvinkel 80°		
	Udvæltning	Plan Udglidning	Kileformet Udglidning	Udvæltning	Plan udglidning	Kileformet udglidning
Vestlige	JA	NEJ	NEJ	JA	NEJ	NEJ
Midterste	JA	NEJ	NEJ	JA	NEJ	NEJ
Østlige	JA	NEJ	NEJ	JA	NEJ	NEJ

Opmærksomheden rettes imod, at risiko for udvæltning i den sydlige skråning ikke fjernes ved at sænke skråningsvinklen til 65°.

For den nordlige skråning ses vedkommende ses risikoen for plan- og kileformet udglidning at reduceres væsentligt ved at sænke skråningsvinklen til 65°.

Referencer

[1] Engineering geology and rock engineering. Handbook No. 2. Norwegian Group for Rock Mechanics, 2000.

Bridgwater, D., Keto, L., McGregor, V.R. & Myers, J., 1976: Archean Gnejs Complex of Greenland. I: Escher, A. & Watt, W.S. (Eds.) 1976: Geology of Greenland. København: Grønlands Geologiske Undersøgelse.

Henriksen, N., Higgins AK., Kalsbeek, F. & Pulvertaft, C.R., 2000. Greenland from Archean to Quaternary, Descriptive text to the Geological map of Greenland, 1:2 500 000. Geology of Greenland Survey, Bulletin 185-2000.

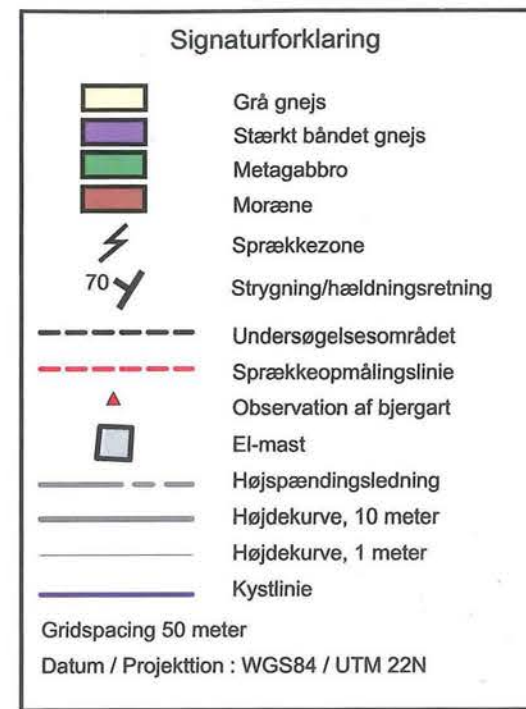
Jakobsen, P.R. & Karlsen, H.G., 2001: Sprækkeundersøgelse og beskrivelse af fjeldbeskaffenhed ved Nuuk. En forundersøgelse af to tunneler, henholdsvis til Qinnqorput og Ulaajuk, udført for Nuuk Kommune af GEUS og ASIAQ. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport 2001/95.

McGregor, V.R., 1993: Geological Map of Greenland, 1:100 000, Qôrput 64 V1 Syd. Descriptive text, 40 pp. Copenhagen: Geological Survey of Greenland.

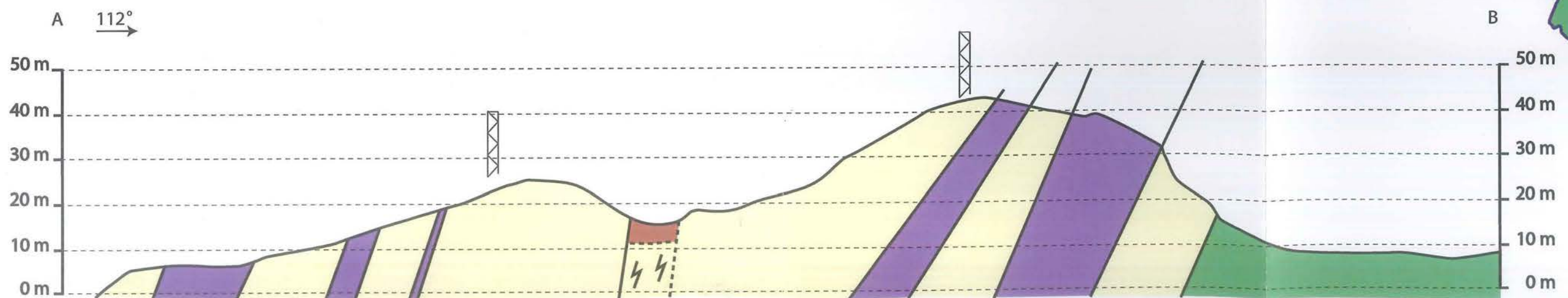
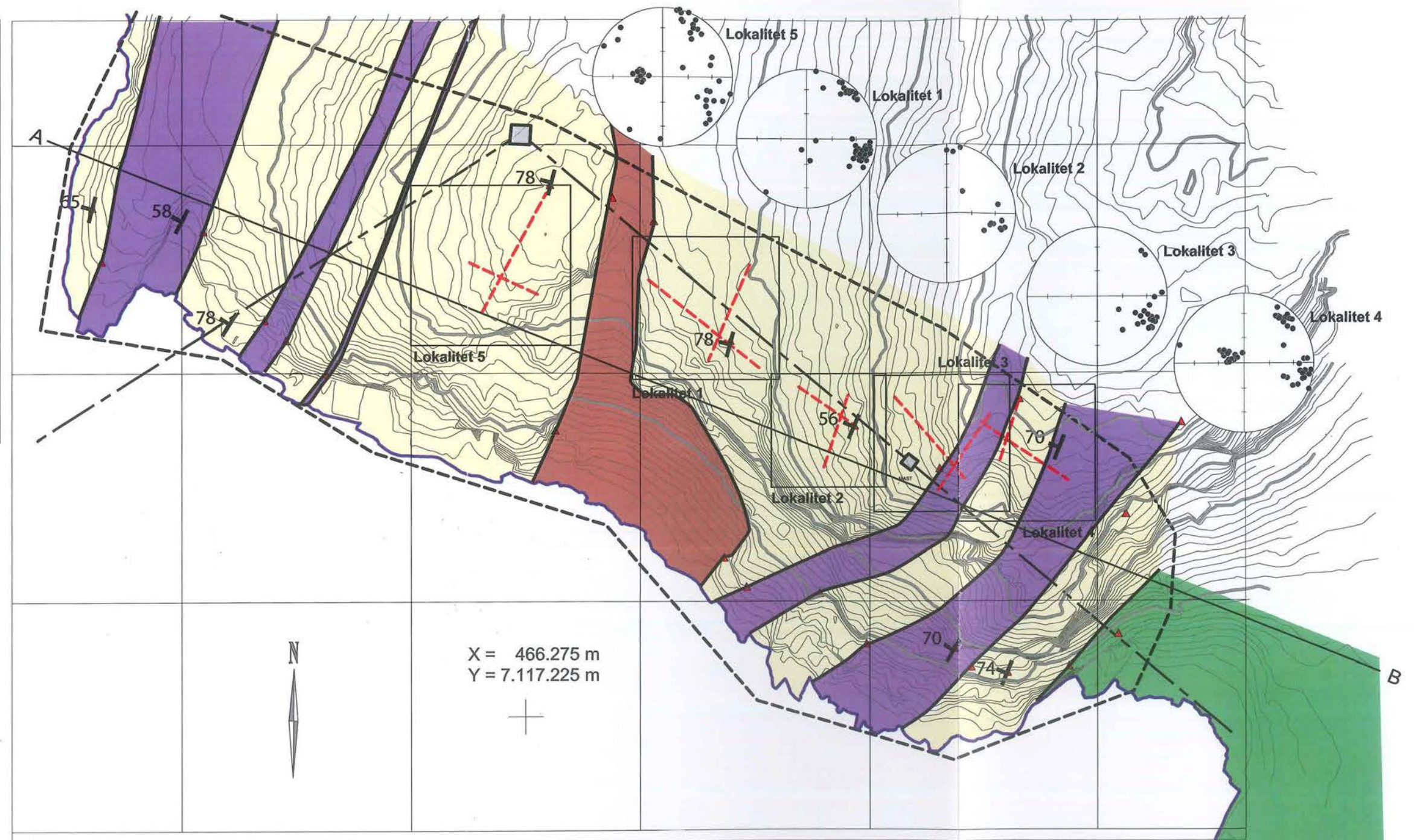
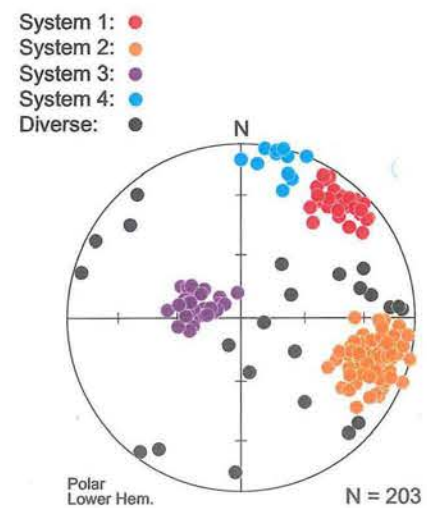
NGI, 2003: *Veitråse i Nuuk, Grønland*. Vurdering av fjellskjæringer. Norges Geotekniske Institut, 2003.

Bilag 1, Geologisk kort

Bilag 1

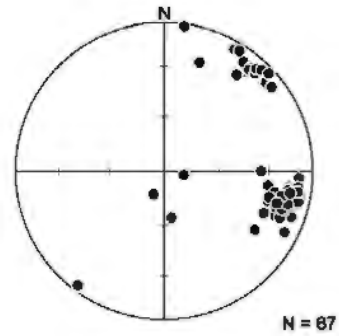
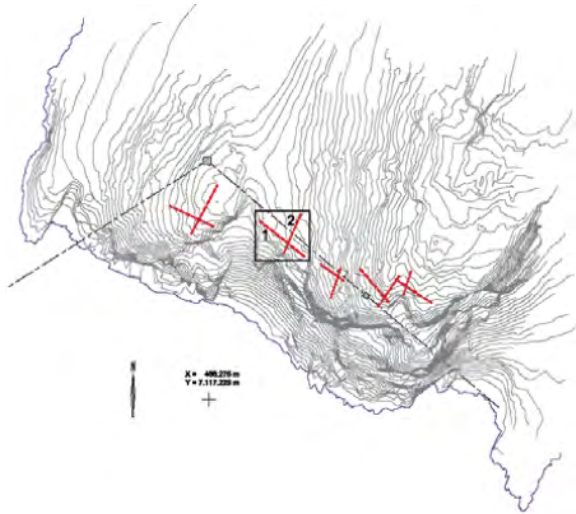


Sprækkesystemer:



Bilag 2 Sprækkedata

Lokalitet 1



Sprækkefrekvens (sprækker/m)

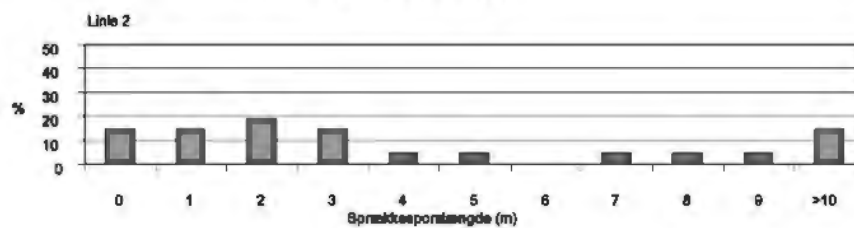
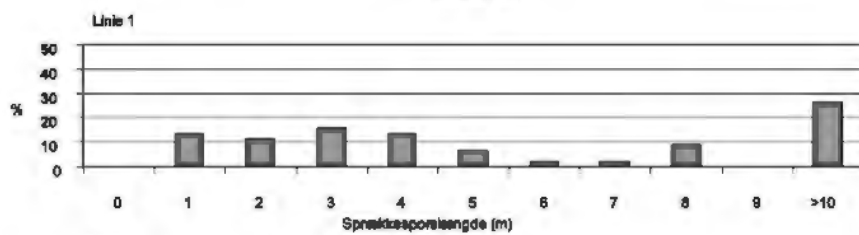
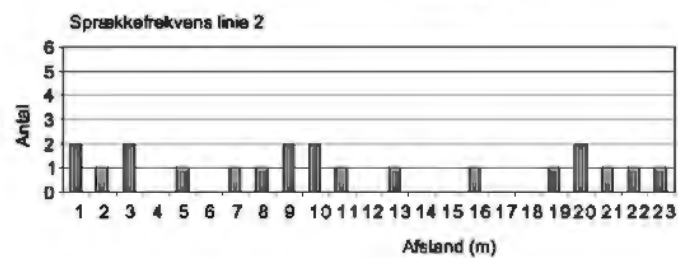
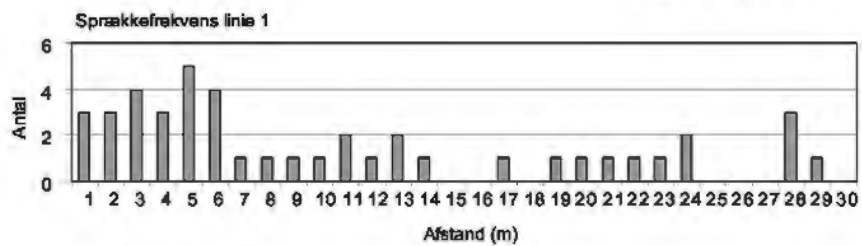
Linie 1: 1,6

Linie 2: 0,9

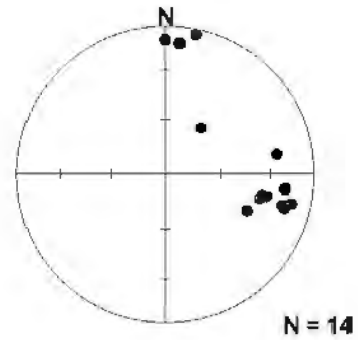
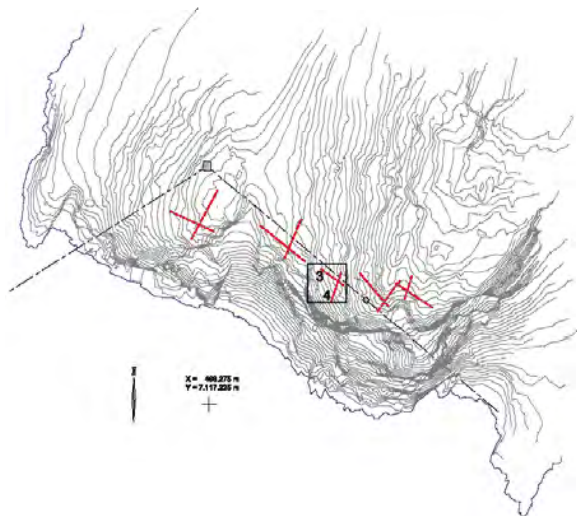
Vertikal: 1 (anslået p.b.a. foto)

Jv: 3,5

RQD: 15-3,3Jv: 103



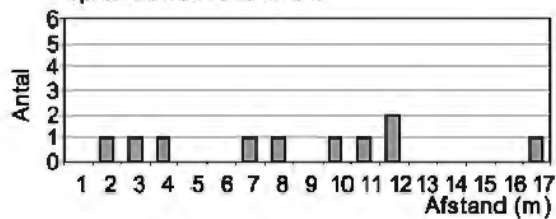
Lokalitet 2



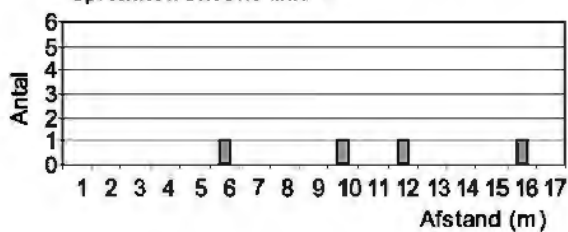
Sprækkefrekvens:
Linie 3: 0,63
Linie 4: 0,24
Vertikl: 1 (anslået p.b.a foto)
Jv: 1,87

RQD: 115-3,3Jv: 109

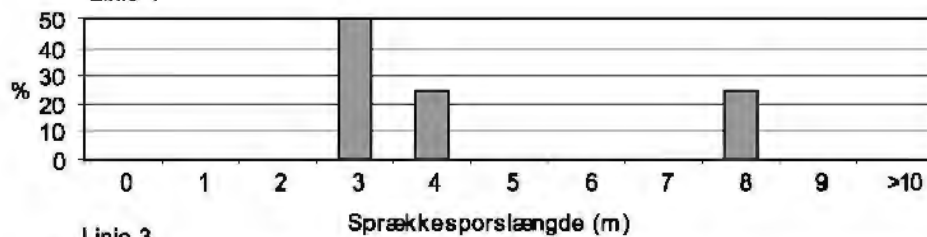
Sprækkefrekvens linie 3



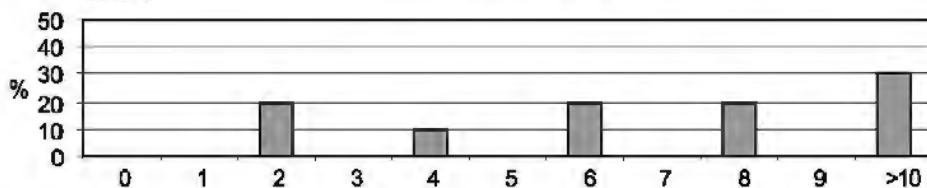
Sprækkefrekvens linie 4



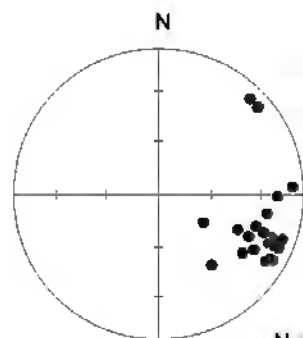
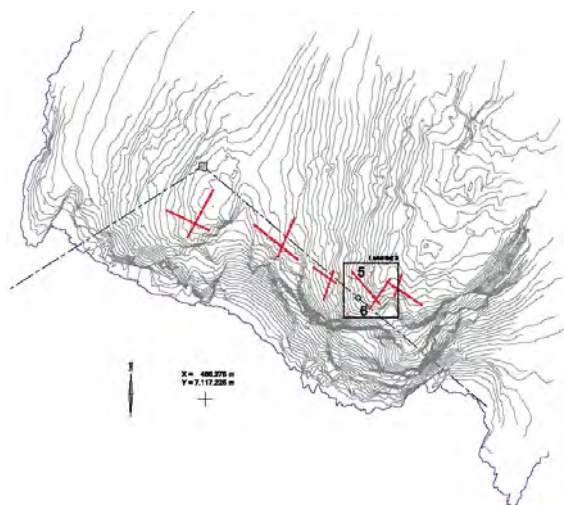
Linie 4



Linie 3



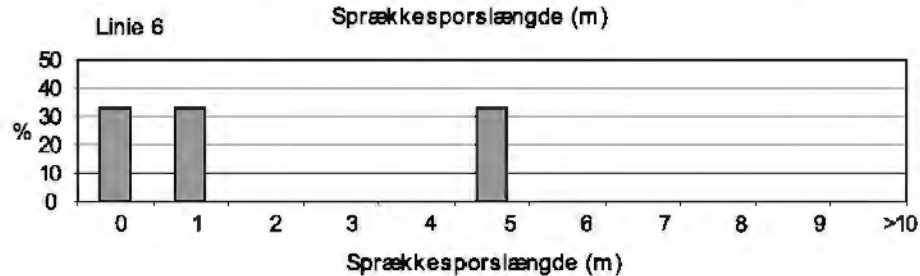
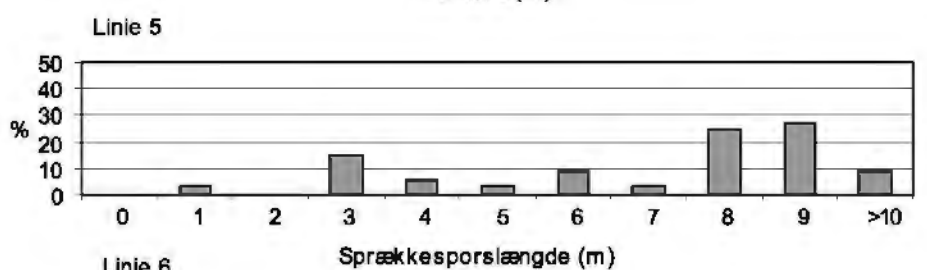
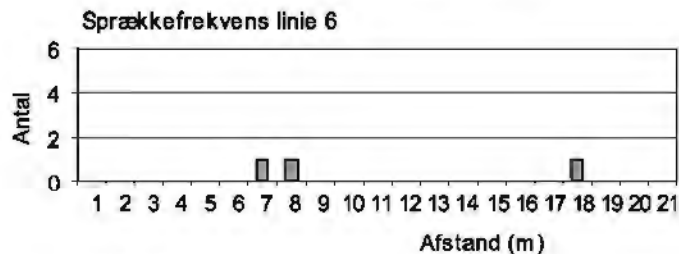
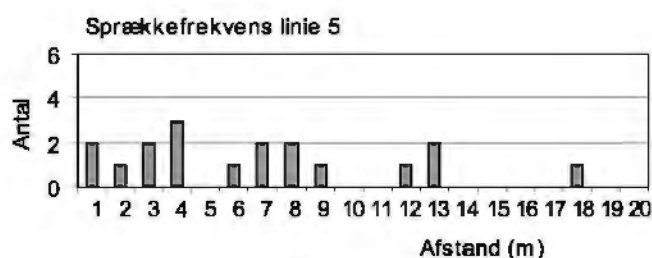
lokalitet 3



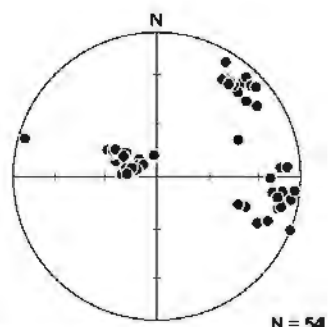
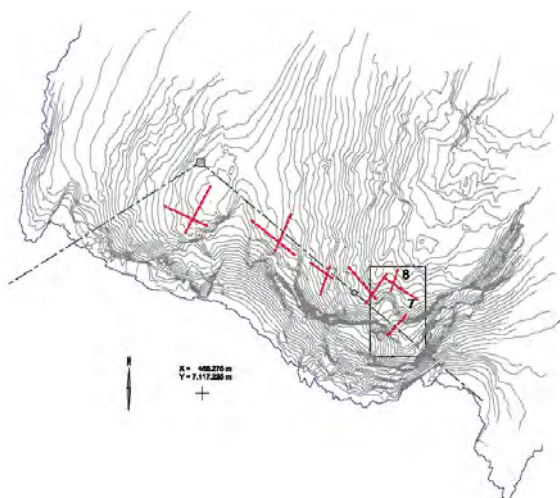
N = 24

Sprækkefrekvens:
Linie 5: 0,95 sprækker/m
Linie 6: 0,1
Vertikal: 1,45 (Samme som lok. 4)
Jv: 2,5 sprækker/m³

RQD: 115-3,3Jv: 107



Lokalitet 4



Sprækkefrekvens (sprækker/m):

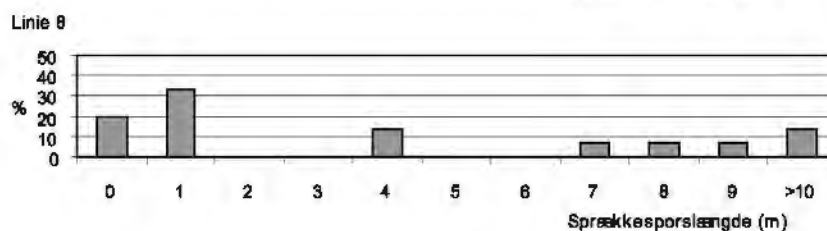
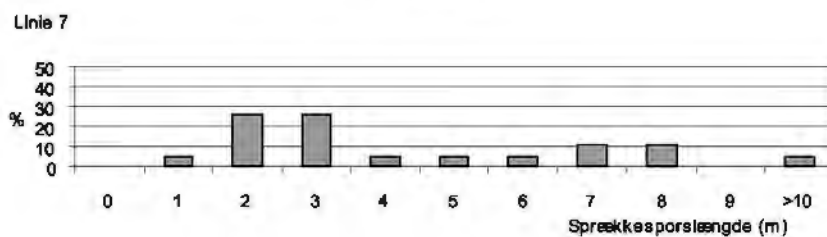
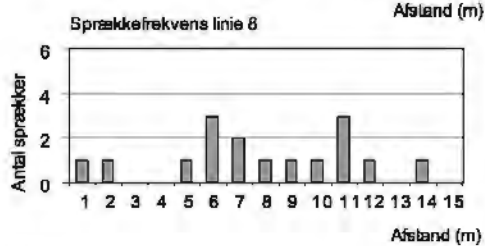
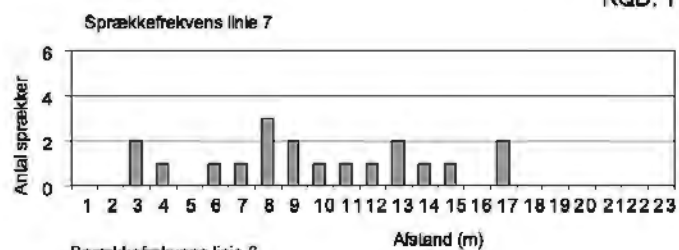
Linie 7: 1,2

Linie 8: 1

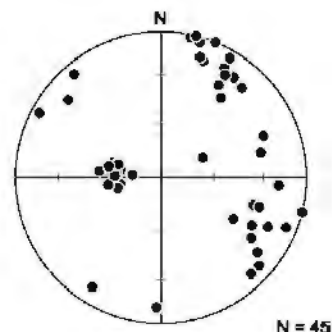
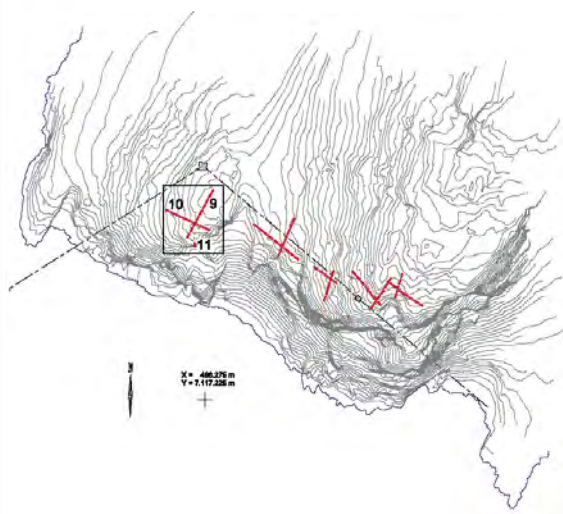
Vertikal: 1,45

Jv: 3,65 sprækker/m3

RQD: 115-3,3Jv: 103



Lokalitet 5



N = 45

Sprækketæthed (sprækker/m)

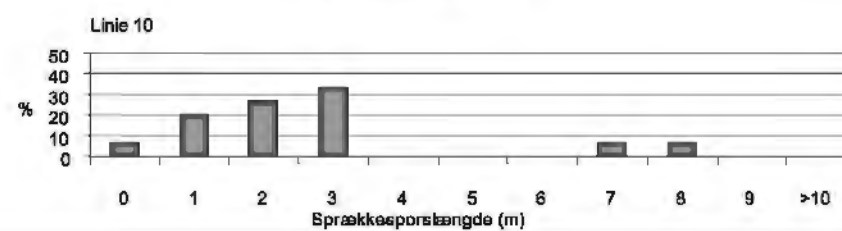
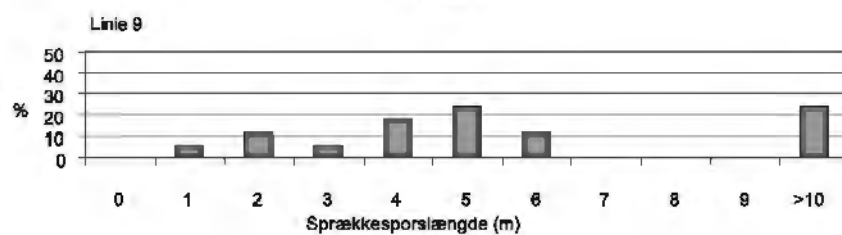
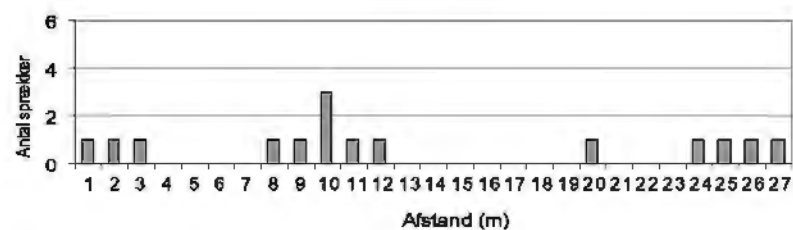
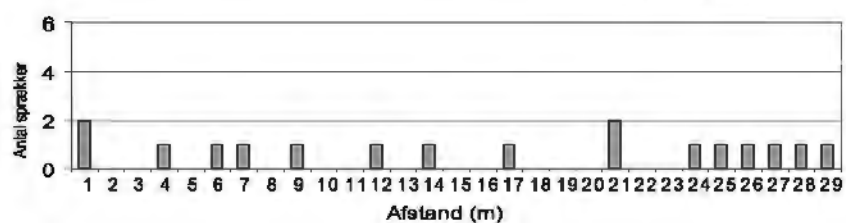
Linie 9: 0,57

Linie 10: 0,56

Linie 11: 1,3

Jv: 2,43 sprækker/m³

RQD: 115-3,3Jv: 107



Qinngorput; lokalitet 1

Linie: 1 Retning: 132 Længde: 23 m Dato:31-08-2003

Linie: 2 Retning: 20 Længde: 23 m Dato:31-08-2003

LINIE 1

Afstand	Strygning	Hældning	Retning	Længde	Max/Min	Form	Flade	Fyld	System	Bemærkninger
0	0	55	W	8	B	ON	RU			
0,5	7	74	W	3	A	ON	RU		2	
0,8	10	78	W	4	B	ON	RU		2	
1	3	80	W	3	B	ON	RU		2	
1,2	15	63	W	4,5	A	ON	RU		2	
1,9	10	82	W	7,5	A	ON	RU		2	
2,3	8	75	W	11	A	ON	RU		2	
2,45	8	60	W	1	A	ON	RU		2	
2,55	7	80	W	4	A	ON	RU		2	
2,85	15	74	W	2,5	A	ON	RU		2	
3,1	14	78	W	2	A	ON	RU		2	
3,3	18	70	W	6	B	ON	RU		2	
3,7	33	62	W	1	A	ON	RU			
4,05	18	64	W	11	A	ON	RU		2	
4,4	22	70	W	1	A	ON	RU		2	
4,65	16	62	W	4	A	ON	RU		2	
4,8	23	62	W	1	A	ON	RU		2	
4,95	17	70	W	11	A	ON	RU		2	
5,1	27	80	W	2	A	ON	RU		2	
5,5	19	75	W	3	B	ON	RU		2	
5,75	15	71	W	3	B	ON	RU		2	
5,95	20	80	W	2	B	ON	RU		2	
6,1	20	80	W	1	B	ON	RU		2	
7,7	12	69	W	11	A	LI	RU		2	
8,3	13	82	W	4	B	LI	RU		2	
9,55	22	73	W	11		ON	RU		2	
10	18	74	W	5	B	ON	RU		2	
10,6	18	68	W	5	B	ON	RU		2	
11,3	11	72	W	8	C	ON	RU		2	
12,15	14	62	W	8	C	ON	RU		2	
12,3	15	70	W	3	A	ON	RU		2	
13,45	12	68	W	11		ON	RU		2	0,5 m zone 20/0,5m
16,85	14	68	W	11		LI	RU		2	
18,05	9	73	W	11		ON	RU		2	
19,1	13	64	W	11		ON	RU		2	
20,2	11	65	W	11		ON	RU		2	
20,65	18	72	W	8	B	ON	RU		2	
21,3	15	75	W	11		ON	RU		2	
22,75	14	62	W	4	B	ON	RU		2	
23,25	12	70	W	5	C	ON	RU		2	
23,55	16	68	W	3	C	ON	RU			
27,25	98	88	S	11		LI	GL	JA		Åben 5-10 cm
27,6	10	75	W	2,5	B	ON	RU		2	
27,9	9	80	W	1	B	ON	RU		2	
28,55	10	75	W	3,5	B	ON	RU		2	

Qinngorput; lokalitet 1

Linie: 1 Retning: 132 Længde: 23 m Dato:31-08-2003

Linie: 2 Retning: 20 Længde: 23 m Dato:31-08-2003

LINIE 2

Afstand	Strygning	Hældning	Retning	Længde	Max/Min	Form	Flade	Fyld	System	Bemærkninger
0	130	78	SW	2,5	C	ON	RU		1	
0,55	130	76	SW	2	C	IR	RU		1	
1,15	127	70	SW	9,5	C	PL	RU		1	
2,1	81	26	N	1	A	PL	RU			
2,45	129	80	SW	3	A	ON	RU		1	
4,45	120	84	SW	11		PL	RU		1	
6	126	80	SW	5	B	PL	RU		1	
7,3	122	85	SW	11		ON	RU		1	
8,5	137	85	SW	1	A	PL	RU		1	
8,8	108	66	S	3,5	C	ON	RU			
9,2	139	80	SW	4	C	ON	RU		1	
9,65	130	80	SW	2	C	ON	RU		1	
10,3	130	78	SW	2	C	PL	RU		1	
12,5	133	79	SW	11		PL	RU		1	
15,8	114	14	N	0,5	A	PL	RU		1	
18,8	142	82	SW	8	B	PL	RU		1	
19,2	142	81	SW	0,5	C	PL	RU		1	
19,95	132	82	SW	3	A	PL	RU		1	
20,35	134	84	SW	0,5	B	PL	RU		1	
21,8	137	86	SW	7	A	ON	RU		1	
22,8	127	86	NE	1,5	A	ON	RU		1	

Qinngorput; lokalitet 2

Linie: 3 Retning: 130 Længde: 16 m Dato:31-08-2003

Linie: 4 Retning: 11 Længde: 17 m Dato:31-08-2003

LINIE 3

Afstand	Strygning	Hældning	Retning	Længde	Max/Min	Form	Flade	Fyld	System	Bemærkninger
185	170	65	W	2	A	ON	RU			
2,65	13	76	W	11		ON	RU		2	
3,4	7	70	W	2	B	ON	RU		2	
6	24	50	W	6	C	ON	RU		2	
7,1	12	58	W	6	A	ON	RU		2	
9,9	12	58	W	11		ON	RU		2	
10,8	15	70	W	4,5	A	ON	RU		2	
11,25	14	55	W	8	C	ON	RU		2	
11,8	12	56	W	8	C	ON	RU		2	
16	16	72	W	11		ON	RU		2	

LINIE 4

Afstand	Strygning	Hældning	Retning	Længde	Max/Min	Form	Flade	Fyld	System	Bemærkninger
5,7	96	78	S	3	B	ON	RU		4	
9,7	102	86	S	8	B	PL	RU		4	
11,3	127	32	S	4	B	ON	RU		1	
15,7	90	80	N	3	B	ON	RU		4	

Qinngorput; lokalitet 3

Linie: 5 Retning: 136 Længde: 20 m Dato:31-08-2003

Linie: 6 Retning: 30 Længde: 21 m Dato:31-08-2003

LINIE 5

Afstand	Strygning	Hældning	Retning	Længde	Max/Min	Form	Flade	Fyld	System	Bemærkninger
0	30	65	NV	5	A	ON	RU			
0,75	30	80	NV	9	B	ON	RU			
1,85	10	65	V	1	A	ON	RU			
2,1	33	78	NV	3	B	ON	RU			
2,35	24	72	NV	3	A	ON	RU			
3,05	32	70	NV	7	C	ON	RU			
3,65	22	72	NV	6	C	ON	RU			
5,2	24	70	NV	11		ON	RU			
6,2	25	58	NV	3	B	ON	RU			
6,55	35	60	NV	6	C	ON	RU			
8,8	24	50	NV	4	B	ON	RU			
8,9	30	65	NV	3,5	B	ON	RU			
9,85	1	71	V	1,5	A	ON	RU			
12	32	76	NV	11		ON	RU			Pegmatit
13,3	18	60	NV	3,5	A	ON	RU			
13,8	20	80	NV	6	A	ON	RU			
17,7	43	51	NV	4	A	ON	RU			
18,35	24	80	NV	8	A	ON	RU			
20	20	66	NV	11		ON	RU			1-10 cm tykke bånd

LINIE 6

Afstand	Strygning	Hældning	Retning	Længde	Max/Min	Form	Flade	Fyld	System	Bemærkninger
6,15	134	80	S	1	A	ON	RU			
7,6	139	80	S	0,5	A	ON	RU			
17,9	177	82	V	5,5	A	ON	RU			

Qinngorput; lokalitet 4

Linie: 7 Retning: 122 Længde: 23 m Dato:01-09-2003

Linie: 8 Retning: 12 Længde: 15 m Dato:01-09-2003

LINIE 7

Afstand	Strygning	Hældning	Retning	Længde	Max/Min	Form	Flade	Fyld	System	Bemærkninger
0 - 2	Stærkt båndet gnejs									
2,65	15	76	V	1	A	ON	RU		2	
2,8	16	85	Ø	2	C	ON	RU		2	
3	22	90	V	3	C	ON	RU		2	
5,9	156	52	SV	2,5	C	ON	RU			
6,8	19	55	V	4,5	B	ON	RU		2	
7,2	9	80	V	6	B	ON	RU		2	
7,55	10	84	V	2	B	ON	RU		2	
7,65	6	86	V	11		ON	RU		2	
8	176	75	V	3	B	ON	RU		2	
8,35	176	80	V	2,5	B	ON	RU		2	
9,6	7	77	V	5	A	ON	RU		2	
10,3	25	66	V	3,5	A	ON	RU		2	
11,65	1	68	V	3	A	ON	RU		2	
12,4	14	78	V	3	A	ON	RU		2	
12,55	14	72	V	2,5	A	ON	RU		2	13m: Grå Gn/Bånd Gn
13,9	8	70	V	7	B	ON	RU		2	
14,5	10	74	V	8	A	ON	RU		2	
16,25	19	50	V	7	A	ON	RU		2	
16,5	22	72	V	8	A	ON	RU		2	

16,9 - 23 Stærkt båndet gnejs. De mafiske bånd eroderes dybere end lyse. Ingen tydelige åbne sprækker, men bjergarten vil formentlig sprække op langs litologiske lagrænsere.

LINIE 8

Afstand	Strygning	Hældning	Retning	Længde	Max/Min	Form	Flade	Fyld	System	Bemærkninger
0,9	134	78	SV	7	A	ON	RU		1	
1,85	132	76	SV	4,5	A	ON	RU		1	
4,2	126	72	SV	11		ON	RU		1	
5,1	140	70	SV	1,5	B	ON	RU		1	
5,35	132	76	SV	0,5	A	ON	RU		1	
5,55	124	70	SV	0,5	A	ON	RU		1	
6,05	134	70	SV	1	B	ON	RU		1	
6,65	132	82	SV	1	A	ON	RU		1	
7	145	74	SV	1,5	C	ON	RU		1	
8	136	80	SV	0,5	C	ON	RU		1	
9,9	130	72	SV	11		ON	RU		1	
10,5	128	76	SV	8	A	ON	RU		1	
10,75	128	70	SV	4	A	ON	RU		1	
11	138	82	SV	0,5	A	ON	RU		1	
13,4	121	82	SV	9	B	ON	RU		1	

Qinngorput; lokalitet 5

Linie: 9 Retning: 28 Længde: 30 m Dato:01-09-2003

Linie: 10 Retning: 116 Længde: 27 m Dato:01-09-2003

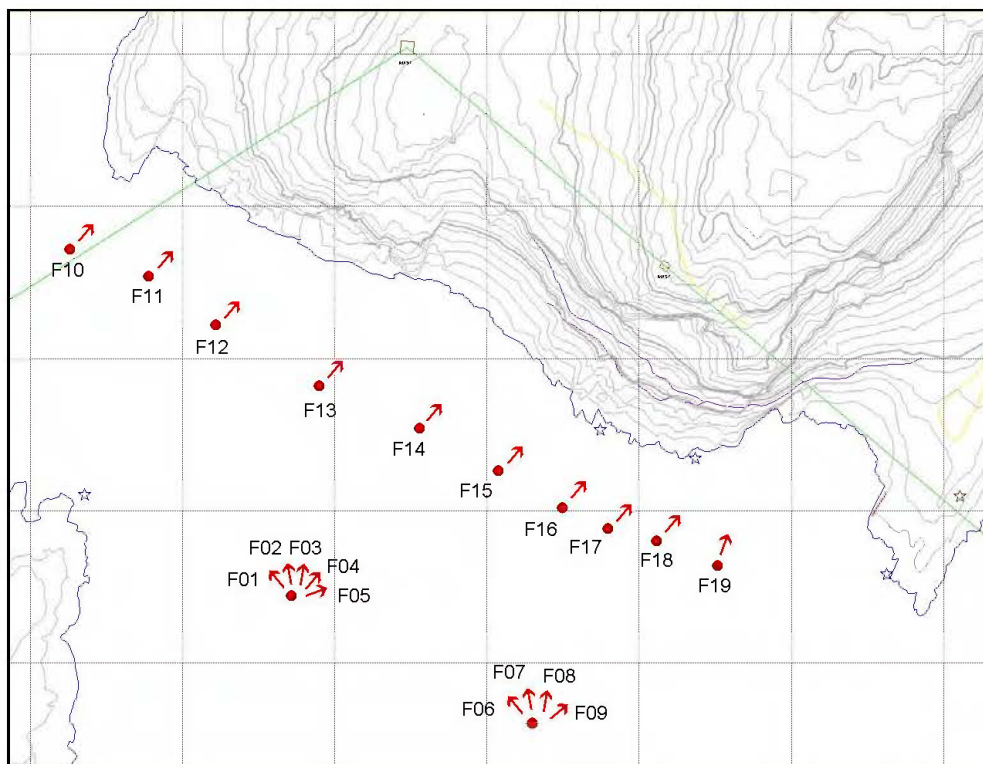
LINIE 9

Afstand	Strygning	Hældning	Retning	Længde	Max/Min	Form	Flade	Fyld	System	Bemærkninger
0	126	74	S	6,5	A	ON	RU		1	
0,75	110	84	S	4,5	A	ON	RU			
3,4	102	88	S	>10		ON	RU			
5,95	68	76	S	2	A	ON	RU			
6,95	50	82	S	4	C	ON	RU			
8,7	122	64	S	>10		PL	RU		1	
11,55	120	76	S	4	A	ON	RU		1	
13,5	132	72	S	>10		ON	RU		1	
16,8	106	86	S	3	B	ON	RU			
20,45	122	72	S	5	A	ON	RU		1	
20,55	120	84	S	5	A	ON	RU		1	
23,1	112	90	S	>10		ON	RU			
24,3	122	78	N	2	B	ON	RU		1	
25,8	104	90	S	6	B	ON	RU			
26,45	92	78	N	5	B	ON	RU			
27,25	127	58	S	1	B	ON	RU		1	
28,05	158	65	SØ	5	C	ON	RU			

LINIE 10

Afstand	Strygning	Hældning	Retning	Længde	Max/Min	Form	Flade	Fyld	System	Bemærkninger
0,45	47	80	NV	0,5	A	ON	RU		2	
1,1	40	72	SØ	1,5	A	ON	RU		2	
2,1	166	60	V	2,5	B	ON	RU			
7,95	22	82	Ø	3	C	ON	RU		2	
8,15	28	84	V	2,5	C	ON	RU		2	
9	30	48	V	2	B	ON	RU		2	
9,1	34	64	V	1,5	C	ON	RU		2	
9,6	38	73	V	2	A	ON	RU		2	
10	17	56	V	1,5	A	ON	RU		4	
11,7	42	80	NV	3,5	A	ON	RU		2	
19,1	28	60	V	3,5	C	ON	RU		2	
23,45	25	70	V	8	C	ON	RU		2	
24,65	14	90	V	7	A	ON	RU		4	
25	17	60	V	3	A	ON	RU		4	
26,3	4	70	V	3,5	B	ON	RU		4	

Bilag 3 Fotoregistrering



Kortudsnit med angivelse af fotostationer samt fotoretninger.
Fotoregistrering gennemført fra søsiden syd for undersøgelsesområdet.



Foto F01. Serienr. 1 af 5

Opgave: Fjeldkvalitet, Kystvej, Nuuk – Qinngorput.
Lokalitet: Fjeldryg øst for forbrændingsanlæg, Nuuk.



Foto F02. Serienr. 2 af 5



Foto F03. Serienr. 3 af 5

Opgave: Fjeldkvalitet, Kystvej, Nuuk – Qinngorput.
Lokalitet: Fjeldryg øst for forbrændingsanlæg, Nuuk.



Opgave: Fjeldkvalitet, Kystvej, Nuuk – Qinngorput.
Lokalitet: Fjeldryg øst for forbrændingsanlæg, Nuuk.



Foto F06. Serienr. 1 af 4



Foto F07. Serienr. 2 af 4

Opgave: Fjeldkvalitet, Kystvej, Nuuk – Qinngorput.
Lokalitet: Fjeldryg øst for forbrændingsanlæg, Nuuk.



Foto F08. Serienr. 3 af 4



Foto F09. Serienr. 4 af 4

Opgave: Fjeldkvalitet, Kystvej, Nuuk – Qinngorput.
Lokalitet: Fjeldryg øst for forbrændingsanlæg, Nuuk.



Foto F10. Serienr. 1 af 10



Foto F11. Serienr. 2 af 10

Opgave: Fjeldkvalitet, Kystvej, Nuuk – Qinngorput.
Lokalitet: Fjeldryg øst for forbrændingsanlæg, Nuuk.



Foto F12. Serienr. 3 af 10



Foto F13. Serienr. 4 af 10

Opgave: Fjeldkvalitet, Kystvej, Nuuk – Qinngorput.
Lokalitet: Fjeldryg øst for forbrændingsanlæg, Nuuk.



Opgave: Fjeldkvalitet, Kystvej, Nuuk – Qinngorput.
Lokalitet: Fjeldryg øst for forbrændingsanlæg, Nuuk.



Foto F16. Serienr. 7 af 10



Foto F16. Serienr. 7 af
Foto F17. Serienr. 8 af 10

Opgave: Fjeldkvalitet, Kystvej, Nuuk – Qinngorput.
Lokalitet: Fjeldryg øst for forbrændingsanlæg, Nuuk.



Foto F18. Serienr. 9 af 10



Foto F19. Serienr. 10 af 10

Opgave: Fjeldkvalitet, Kystvej, Nuuk – Qinngorput.
Lokalitet: Fjeldryg øst for forbrændingsanlæg, Nuuk.

Bilag 4 projekteret vejtracé

