

NGU Rapport 2007.041

Fjellskredkartlegging i Troms

Rapport nr.: 2007.041		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Fjellskredkartlegging i Troms			
Forfatter: Henderson, I.H.C., Saintot, A. Venvik-Ganerød, G. & Blikra, L.H.		Oppdragsgiver: Fjellskred i Troms	
Fylke: Troms		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 108	Pris:
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført: 2005 og 2006	Rapportdato: Mai 2007	Prosjektnr.: 310000	Ansvarlig:
Sammendrag: <p>Denne rapporten er en statusrapport for NGUs arbeid med prosjektet <i>Forprosjekt - Fjellskred i Troms</i> og representerer arbeidet som er utført ved slutten av feltarbeidet i 2006. 13 lokaliteter som har potensiale til å utvikle store fjellskred undersøkt har blitt undersøkt i 2005 og 2006. Detalj kartlegging av alle disse stedene viste en mulighet for bevegelse bortsett fra et sted (Svarthammer). GPS punktene var derfor lagt ut på 12 steder. Målingene dokumenterer bevegelse kun ved den nordlige deler av Nordnes og deler av Kåfjord. Det er behov for videre oppfølging av GPS målingene og det er grunn til å vurdere også andre metoder for måling av bevegelse ved enkelte av lokalitetene. Fjellpartiet på nordre Nordnesfjellet beveger seg nedover mot fjorden med ca 3 cm pr. år. Målingene er nå bekreftet over flere år. Resultatene fra NORUT sine radarsatellitt tolkning støtter opp om at det er vertikale bevegelser i området. Det kan ikke utelukkes at det kan utvikles større gjennomgående strukturer som kan fungere som glidesoner for store skred her. Derfor foreslås det å etablere flere målepunkter med ulike metoder, og med kontinuerlige målinger slik at bevegelsene kan følges gjennom hele året. Målemetoder kan inkludere laser for å måle totalbevegelsen i området og mer lokale målemetoder i sprekkesystemene. I forbindelse med oppfølgingen av Nordnes og om spørsmålet knyttet til om det bør etableres kontinuerlig overvåking og beredskap, er det også behov for andre undersøkelser. Dette vil inkludere en første analyse av mulige flodbølger. Videre bør det vurderes om det kan gjøres noe oppfølgende geofysikk, for eksempel refraksjonsseismikk for å få bedre kontroll på dypet til de ustabile områdene. Det bør også vurderes å få samlet inn bedre data på den detaljerte topografien, for eksempel gjennom bruk av laser skanner. Slike data kan også brukes til å evaluere bevegelse ved at det blir målt over flere år. En gjennomgang av eksisterende data fra fjorden bør gjøres for å få oversikt over mulige tidligere skred fra området ved Nordnesfjellet. For de andre stedene er bevegelsene små, og de ligger i grenseland for påliteligheten for GPS metoden, og det er derfor nødvendig med oppfølging av dette. Derimot, må den regionale kartleggingen og oppfølging av enkeltobjekter i form av geologiske undersøkelser og måling/etablering av overvåkingspunkt (GPS) forsette videre fremover i tid. Dette gjelder videre måling av de punktene allerede lagt ut men også flere aktuelle objekter som ennå ikke er befart i felt. En gjennomgang av data fra fjorden (batymetri og seismikk) bør gjøres i hele fylket for å få en bedre oversikt over tidligere hendelser. En fullstendig kartlegging av faren for fjellskred i fylket er et omfattende arbeid som krever en systematisk kartlegging og systematikk, og det er naturlig å inkludere dette i en nasjonal satsing på kartlegging av fare for store fjellskred.</p>			
Emneord: fjellskred	ustabilt fjellparti	GPS målinger	
Nordnes	regional undersøkelser		

## INNHOOLD

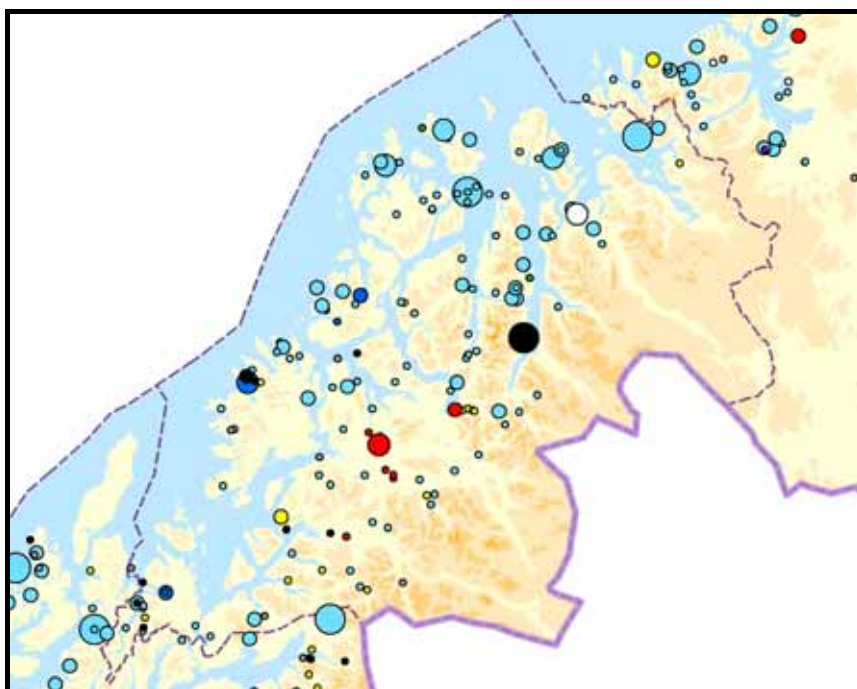
1.	Innledning.....	4
2.	Historiske fjellskredulykker og geografisk fordeling.....	4
3.	Metodikk.....	5
3.1	Database.....	5
3.2	Geologiske og geofysiske undersøkelser.....	6
3.3	Bevegelsesmålinger.....	6
3.3.1	GPS målinger.....	6
3.3.2	Sjokkloggere.....	7
3.4	Temperatur.....	8
3.5	Satellittdatatolkning.....	8
4.	Lokaliteter.....	8
4.1	Nordnes.....	9
4.1.1	Nord Nordnes.....	12
4.2	Midtre Nordnes.....	27
4.3	Indre Nordnes.....	32
4.3.1	Geologiske undersøkelser.....	32
4.3.2	GPS målinger.....	35
4.3.3	Oppsummering og forslag til oppfølging.....	37
4.4	Revdalsfjellet.....	37
4.4.1	Geologiske undersøkelser.....	38
4.4.2	GPS målinger.....	44
4.4.3	Oppsummering og forslag til oppfølging.....	46
4.5	Kåfjorddalen.....	46
4.5.1	Kåfjord Nord.....	48
4.5.2	Kåfjord Sør.....	57
4.5.3	Kåfjord Midtre.....	64
4.6	Sørfjorden.....	70
4.6.1	Ragnhildurtind.....	72
4.6.2	Svarthammar.....	78
4.6.3	Brosmebakktuva.....	81
4.7	Tromsø.....	88
4.7.1	Storsteinen.....	88
4.8	Kvæfjord.....	92
4.8.1	Skjelltinden.....	93
4.8.2	Reinfjellet.....	99
5.	Konklusjoner.....	105

## 1. Innledning

Denne rapporten gir en status for NGUs arbeid med prosjektet *Forprosjekt - Fjellskred i Troms* ved slutten av feltarbeidet i 2006. Prosjektet er et interkommunalt samarbeid med kommunene Kåfjord, Storfjord, Lyngen, Tromsø og Kvæfjord med Lyngen kommune som prosjektleder. Denne rapporten oppsummerer også arbeid utført gjennom NGUs geologiske fylkesprogram i Troms. I dette arbeidet har også Statens landbruksforvaltning v/Statens naturskadefond og Troms fylkeskommune bidratt økonomisk. Det blir utarbeidet separate rapporter fra de foretatte GPS målingene. Det er også utført og videreført i år et arbeid i samarbeid med Universitetsstudiene på Svalbard med data fra sjokk loggere i noen av de ustabile områdene. Videre er det også et samarbeid mellom Meteorologisk Institutt og Universitetet i Oslo for GPS målinger og måling av temperaturer i ulike områder ved Nordnes og i Kåfjorddalen. Et samarbeid med NORUT i Tromsø var initiert i 2006 for å kartlegge bevegelser med å sammenligne satellittbilder. Dette var påbegynt med en felles felttur i 2006. I forbindelse med søknaden til naturskadefondet for spesialmidler til detaljundersøkelser på Nord Nordnesfjellet, var det gjennomført ren felles feltbefaring med alle berørte medspillere fra kommunene, fylke, NGU og NORUT i begynnelsen av september 2006.

## 2. Historiske fjellskredulykker og geografisk fordeling

Det foreligger mange registreringer av historiske fjellskredhendelser, men noen er registrert i den nasjonale skreddatabasen som er under oppbygging ved NGU. De historiske dataene her er bygd på data i nasjonal skreddatabase (*Skrednett.no*). Figur 1 viser en oversikt over hendelsene som er registrert som fjellskred, som er antatt å ha et volum på mer enn 10000 m<sup>3</sup>. Den største hendelsen som er registrert er fjellskredet i Lyngen i 1810 fra Pollfjellet som forårsaket en voldsom flodbølge og tok 14 menneskeliv.

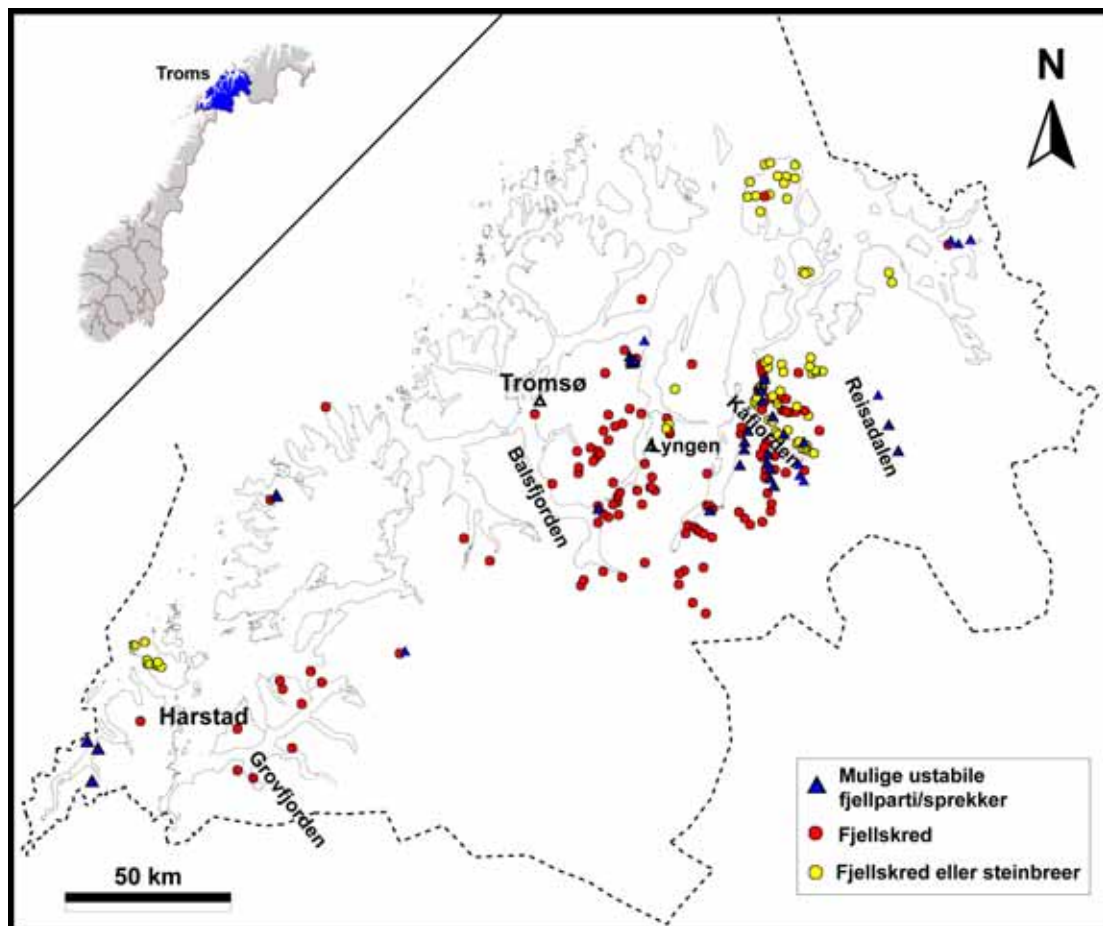


Figur 1. Oversikt over skredhendelser i Troms fylke registrert i den nasjonale skreddatabasen skrednett.no. De sorte sirkene representerer fjellskred og størrelsen angir antall omkomne.



De store fjellskredene i Troms grupperer seg i enkelte soner. Størst konsentrasjon finnes i en sone fra Balsfjord i sør til Oldervikdalen og Storslett i nord (Figur 2). Området strekker seg videre fra Lavangsdalen i vest til Reisdalen i øst, men det er klart flest fjellskred i Kåfjord. Videre er det kartlagt en del fjellskred i Sør Troms i et område fra Astafjorden til Sørreisa, og på Grytøya nord for Harstad). De fleste av fjellskredene er lokalisert i relativt svake bergarter, stort sett glimmerskifer.

De områdene dokumentert i denne rapporten dekker stort sett de største konsentrasjons områder fra hele fylket, altså Kåfjord, Nordnesfjellet, Sørfjorden og Gullesfjorden.



Figur 2. Oversikt over kartlagde fjellskred i Troms. De største konsentrasjons områder for fjellskred ligger sentrert rundt Kåfjord, Nordnes, Sørfjorden og Gullesfjorden.

### 3. Metodikk

De arbeidene som har blitt gjort de siste årene og videre fremover representerer en enestående tverrfaglig samarbeid mellom flere forskjellige fagområder og derfor må det presenteres en kort oversikt over hvilket arbeid og hvilke metoder som er benyttet i prosjektet.

#### 3.1 Database

All informasjon som NGU har oversikt over i dag i form av fjellsider som viser tegn på ustabilitet (deformasjoner og sprekker) er nå lagt inn i en database over ustabile fjellsider i Norge. Alle GPS målepunkter ligger også inne som et eget tema. For hvert ustabil område er

det lagt inn ekstra data i tabellform (volum, referanser etc.). Databasen vil bli lagt ut på *Skrednett.no* og vil være tilgjengelig for alle. Databasen oppdateres kontinuerlig og vil bli mer omfattende etter hvert den inneholder mer data.

### **3.2 Geologiske og geofysiske undersøkelser**

Dette har omfattet både kartlegging av fjellskred som har gått i tidligere tider og studier av ustabile fjellparti som viser spor etter stor bevegelse. Det blir benyttet kart, flybilder og vanlige hjelpemidler for geologisk feltundersøkelser. Helikopter har vært benyttet for både rekognoserende kartlegging og mer detaljert oppfølging.

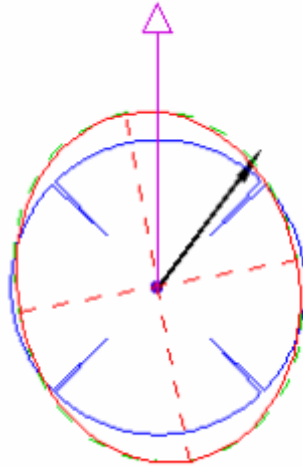
De geofysiske undersøkelsene har omfattet målinger av 2D ledningsevne/ resistivitet og georadar-målinger for å kunne verifisere utbredelsen av ustabile fjellområder og for å kunne si noe om mulig utbredelse av permafrost. Dette arbeidet er dokumentert i egen rapport (Tønnesen & Dalsegg, 2006).

### **3.3 Bevegelsesmålinger**

#### **3.3.1 GPS målinger**

Målingene av GPS punktene har blitt utført gjennom fire års intervaller altså, 5-6/9 2003, 30/9 2004, 14-15/9 2005 og 4-9/9/2006 på noen av stedene. Derfor har de tre stedene på Nordnesfjellet (Nord, Midtre og Indre) i tillegg til Kåfjord (Nord og Sør) hatt lengst målinger. Disse er totalt 4 års målinger (3 år med intervaller). Alle de andre stedene i fylket var først lagt ut i 2005 og de målingene presentert i denne rapportene representerer det første års intervallmålinger. To steder har bare blitt lagt ut i 2006 (Kåfjord Midtre og Storsteinen i Tromsø Kommune og derfor vil vi ikke ha intervallmålinger i disse stedene før målingene er gjennomført i 2007. Alle punkt er markert med bolter (5/8 UNC) som er limt fast i fjell. Gjengetypen gjør at GPS antenner ved måling kan skrues direkte på punktet med minimale feil i sentrering. I alle områder vart et punkt plassert i det en gikk ut frå var fast fjell, mens øvrige punkt vart sett ut i område som kunne ha bevegelse. Alle punkter var målt inn med GPS. Målingene er utført som statiske GPS vektorer i nett, for å få høyest mulig presisjon og kontroll mot eventuelle feil. Alle målinger som går fram av observasjonsriss er utført med Javad Legacy to frekvens GPS- mottaker. Observasjonstid for vektorer er 30 minutt eller mer, og estimert presisjon (standardavvik) på vektor komponenter er ca. 1-2 mm i N og E (plan), og 2-6 mm i høyde.

Endringene i koordinater over tid er dels fremstilt i tabeller som viser endring i koordinater mellom målinger, med retning og avstand på endringer, eller som grafiske figurer. Figurene for endringer viser alle tre dimensjoner i en figur. I tillegg til endring viser figurene konfidensnivå, dvs. hvor stor endringen må være for at den skal være statistisk signifikant. Som signifikansnivå er valgt 99%. Dette tilsvarer om lag 3x standardavviket for den funnet endringen. I horisontal er endringene vist med en svart pil (Figur 3) og signifikansnivået vises med en rød ellipse. Dersom en endringspil går utenfor ellipsen er endringen signifikant, om spissen ligger innenfor er endringen ikke signifikant.



Figur 3: Eksempel av figur som viser endringer av GPS målinger over tid i både horisontal og vertikal retninger.

For høyde er endringene fremstilt med sirkler; blå sirkler med ”tagger” innover representerer nedsenking (bevegelse nedover), røde sirkler med ”tagger” utover representerer heving (bevegelse oppover). Grensen for signifikant endring er gitt med en vertikal pil. Dersom sirkelen ligger utenfor pilspissen er endringen signifikant, om pilen havner innenfor sirkelen er den ikke signifikant. Dette er den viktigste testen som har vært utført for å undersøke om det er virkelig bevegelse i punktet, eller om variasjonen i koordinatene viser tilfeldige feil. Den eksempel som er vist i Figur 3 har en horisontal bevegelse mot NØ som er tett opp mot signifikansgrensen og vertikal bevegelsen er nedover men ikke er signifikant.

### 3.3.2 Sjokkloggere

I september 2005 ble 4 små bevegelsesfølere med tilhørende dataloggere satt ut i det ustabile fjellpartiet på den nordre delen av Nordnesfjellet (Figur 4). Målerne er miniloggere av typen *Tinytag high sensitivity shock loggers*. De er selvopererende enheter på bare ca. 5 x 5 x 3 cm, som måler bevegelse i enheten i form av akselerasjon ( $m/s^2$ ). Data fra disse loggere må innsamles en gang årlig, og instrumentene må ha nytt batteri hvert år. Disse var byttet ut i September 2006 og de første dataene er presentert i denne rapporten.

De registrerer kontinuerlig bevegelse vinkelrett på fjelloverflaten som de er skruet fast på, og lagrer data om maksimal bevegelse i punktet for hver time. Loggerne står nært ved de to GPS punktene som har målt størst bevegelse. Det er også montert et kamera ved den ene sprekken som tar bilde en gang i døgnet. Dette gjør det mulig å følge med snøforholdene og smelteprosessen i selve sprekken. Kameraet har også blitt tomt for data i September 2006 og er presentert i denne rapporten.



*Figur 4. Venstre foto: To sjokk loggere (gul boks) på sida av en aktiv sprekk på Nordnesfjellet. GPS antennen ses montert på GPS målepunktet på samme fjellblokk. Høyre foto: Gul sjokk logger montert på siden av sprekken. Begge bilder er fra 14 september 2005.*

### **3.4 Temperatur**

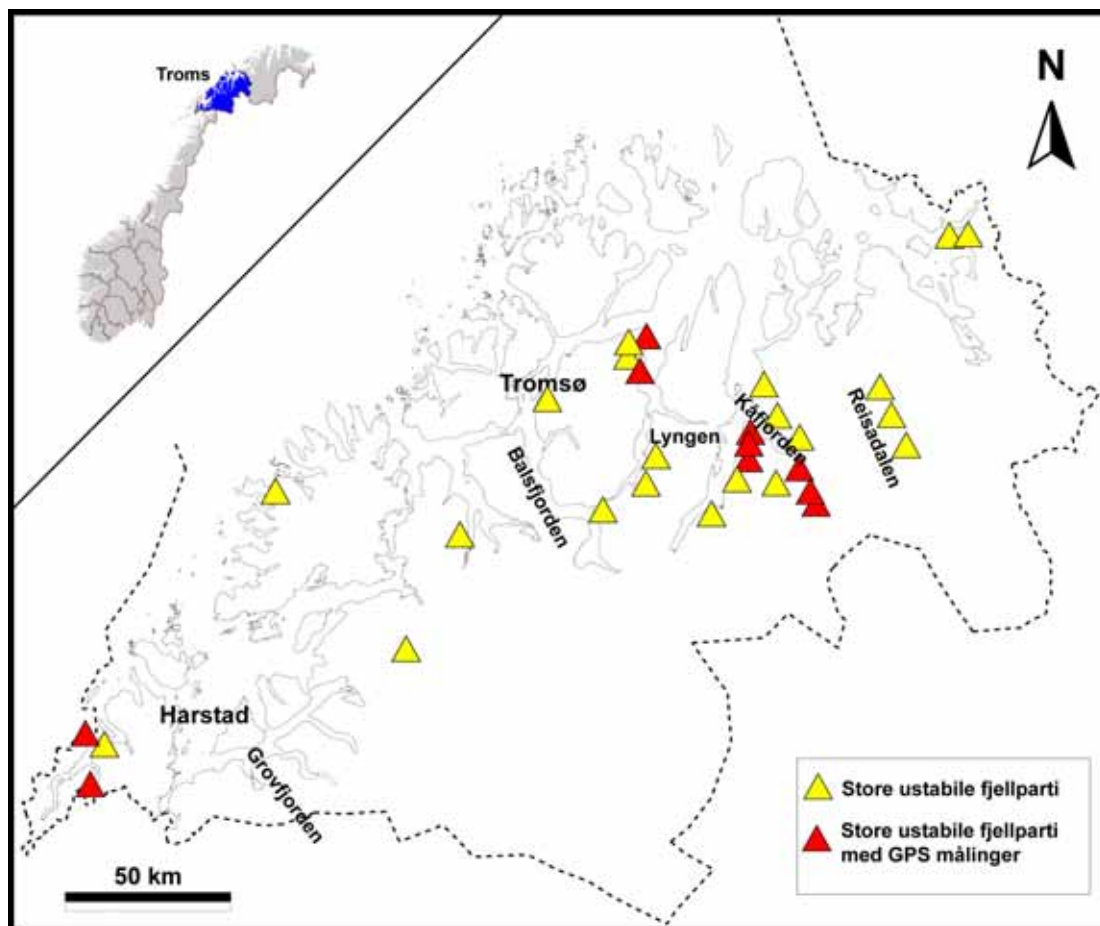
En rekke temperaturloggere er utplassert i ulike høyder både på Nordnesfjellet og i Kåfjord. Dette er utført for å se om det er permafrost i noen av de ustabile fjellpartiene. En smelting av permafrost er kjent å kunne destabilisere fjellsider, slik at det er viktig å få en oversikt over dette i Troms. Det kan se ut som de ustabile partiene som ligger høyest, slik som i Kåfjord, har permafrost. Disse dataene var først hentet inn i September 2006 og er presentert under.

### **3.5 Satellitdatatolkning**

I løpet av høsten 2006 var det satt i gang et samarbeid med NORUT i Troms for å bruke data fra satellitt med en sammenstilling av bilder fra 1992 og fremover. Dette skulle kunne kartlegge bevegelsene i enkelte fjellsider over en lengre periode enn har vært mulig med GPS målingene. Dette arbeidet skulle hovedsakelig dreie seg om Nordnesfjellet men dataene skulle skaffes fra flest mulig av de områdene som har blitt undersøkt i denne rapporten. Dataene har blitt fremskaffet av NORUT i slutten av 2006 og arbeidet skulle pågå i løpet av vinteren 2006/2007.

## **4. Lokalteter**

Det er påvist en rekke mulige ustabile fjellparti i Troms fylket som kan føre til store fjellskred (Figur 5). Det blir her gitt en status for de ulike områdene hvor det er gjort undersøkelser. Det er foretatt undersøkelser i de ustabile objektene på Nordnes og Kåfjorddalen som involverer kommunene Kåfjord, Storfjord og Lyngen. Videre er det foretatt noe oppfølging av objekter i Sørfjorden (Ragnhildsurtind, Svarthammar og Brosmebakktuva) og Tromsø kommune (Storsteinen) og i Gullesfjorden (Kvæfjord kommune: Skjelltinden og Reinfjellet).



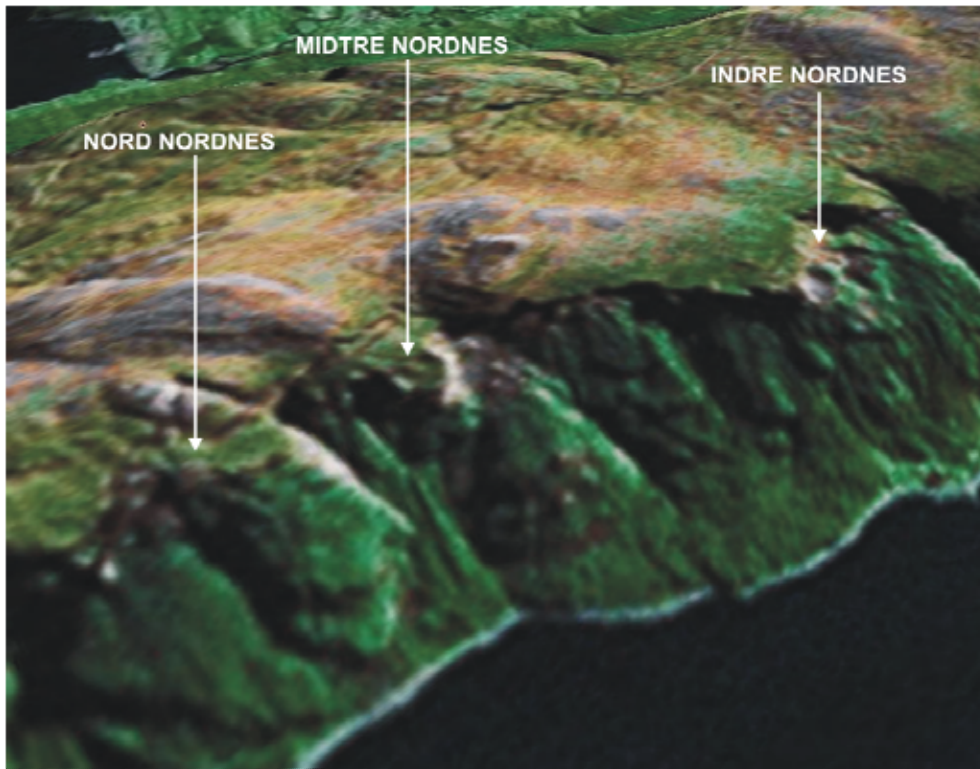
Figur 5. Store ustabile fjellparti i Troms. Røde trekkanter viser hvor det er etablert GPS punkt for periodisk måling av bevegelse.

#### 4.1 Nordnes

Nordnesfjellet er en N-S fjellsiden som strekker seg opp til en 750-800m høyde på østsiden av Storfjorden (Figur 6). Flere potensielle ustabile blokker har blitt identifisert i dette området basert på flyfoto og rekognoseringsarbeid hvor store fjordparallelle sprekker med mange titalls meter åpninger har blitt sett. Hele fjellsiden har vært kartlagt i passende detalj fra før (Figur 7). Hva gjenstår med hensyn til kartlegging i de tre områder er :

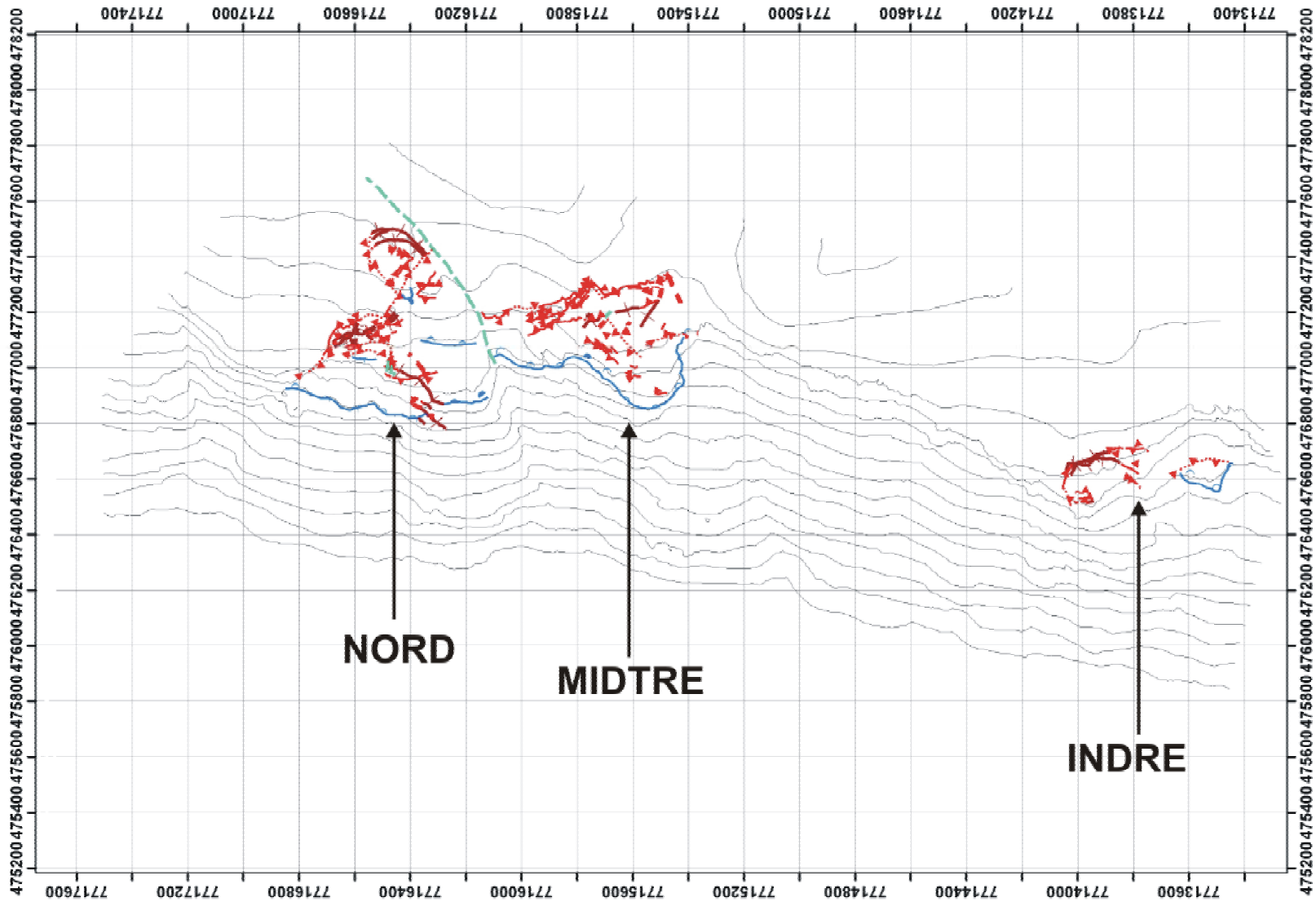
- Kartlegging av bevis for nylig bevegelse i forhold til forbedring av GPS nettet for å videre begrense de ustabile områder og for å kontrollere komplekse bevegelse av flere blokker eller del-blokker.
- Kartlegge kinematisk bevis for fjordrettet bevegelse.
- Finne bevis og dokumentere småmålestokk eksempler på geometrier som kan motsvare de som operere på målestokken av hele fjellsiden. Dette er viktig med hensyn til beregning av blokk geometri og derfor størrelse.
- Kartlegge forskjellene mellom sprekke åpninger fra år til år.

Nordnesfjellet har derfor blitt undersøkt for første gang i denne sammenheng i sommeren 2006 og vi kommer med flere nye og spennende observasjoner, som er diskutert under.



*Figur 6: Googlemap kart av Nordnesfjellet som viser de tre forskjellige fjellpartier som er mulig ustabile.*





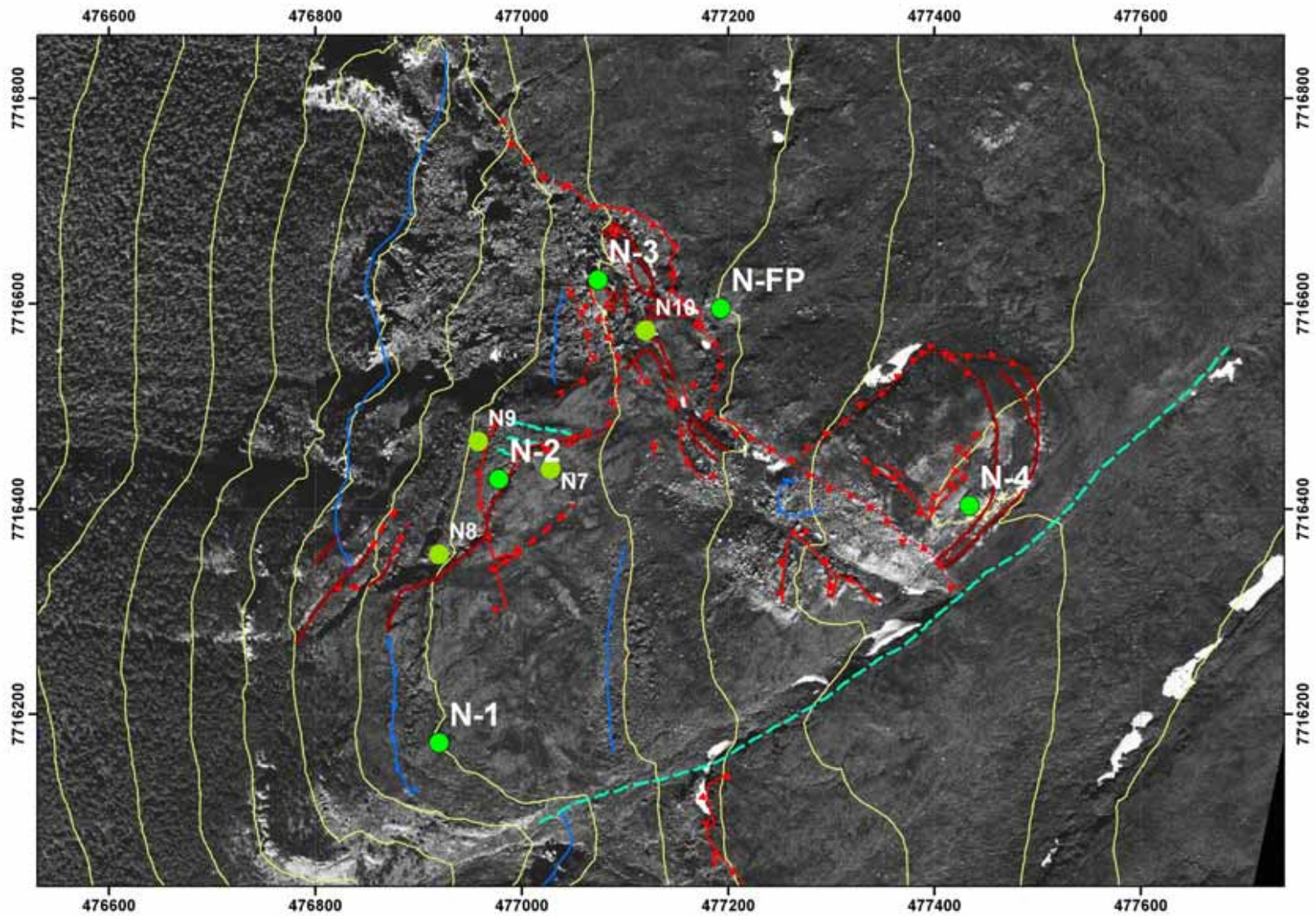
Figur 7: Oversiktskartlegging av hele Nordnesfjellet utført av Karlsen et al., 1999 som viser de tre viktige områder.

#### 4.1.1 Nord Nordnes

##### 4.1.1.1 Geologiske og geofysiske undersøkelser

Figur 8 viser en oversikt over den nordre delen av Nordnesfjellet ut ifra flyfoto og motsvarende geologiske kartlegging. Området er kartlagt tidligere, men det er gjort en geologisk oppfølging i felt i de nedre deler av feltet i 2005 og noen detalj kinematisk og geometrisk arbeid i 2006 i baksprekken. Geofysiske målinger har også blitt utført her (Figur 15 og Figur 16) som indikerer at baksprekken som avgrenser det ustabile fjellpartiet kan være over 100 m dyp i sin bakre del. Opprinnelig var det lagt ut 5 GPS punkter på den nordligste del av Nordnesfjellet i 2003 (Figur 8). Disse er i to områder; det større området lengst fram på fjellsiden og et mindre område ved GPS punkt N-4. Det vist seg at de var ikke noen betydelig bevegelse på den bakerste blokken og heller ikke på de fleste punkter på den fremste blokken. Derimot var de påvist store bevegelser på punkt N-2 og N-3 lengst fram. Da var det bestemt å sette ut flere punkter (N-7/10) på den fremste blokken i 2005 for å bedre kartlegge den blokken som var i bevegelse. Disse punkter også vist seg til å være i bevegelse som tillat videre avgrensing av en blokk på mellom 8-16Mm<sup>3</sup> (Figur 9). Dybden på blokken har delvis blitt beregnet ut ifra de geofysiske studier som har allerede blitt utgjort på Nordnesfjellet. Disse viser at dybden på baksprekken til denne ustabil blokken er minst 100m (Figur 15 og Figur 16). GPS punktene er diskutert i mer detalj i avsnitt 4.1.1.2.

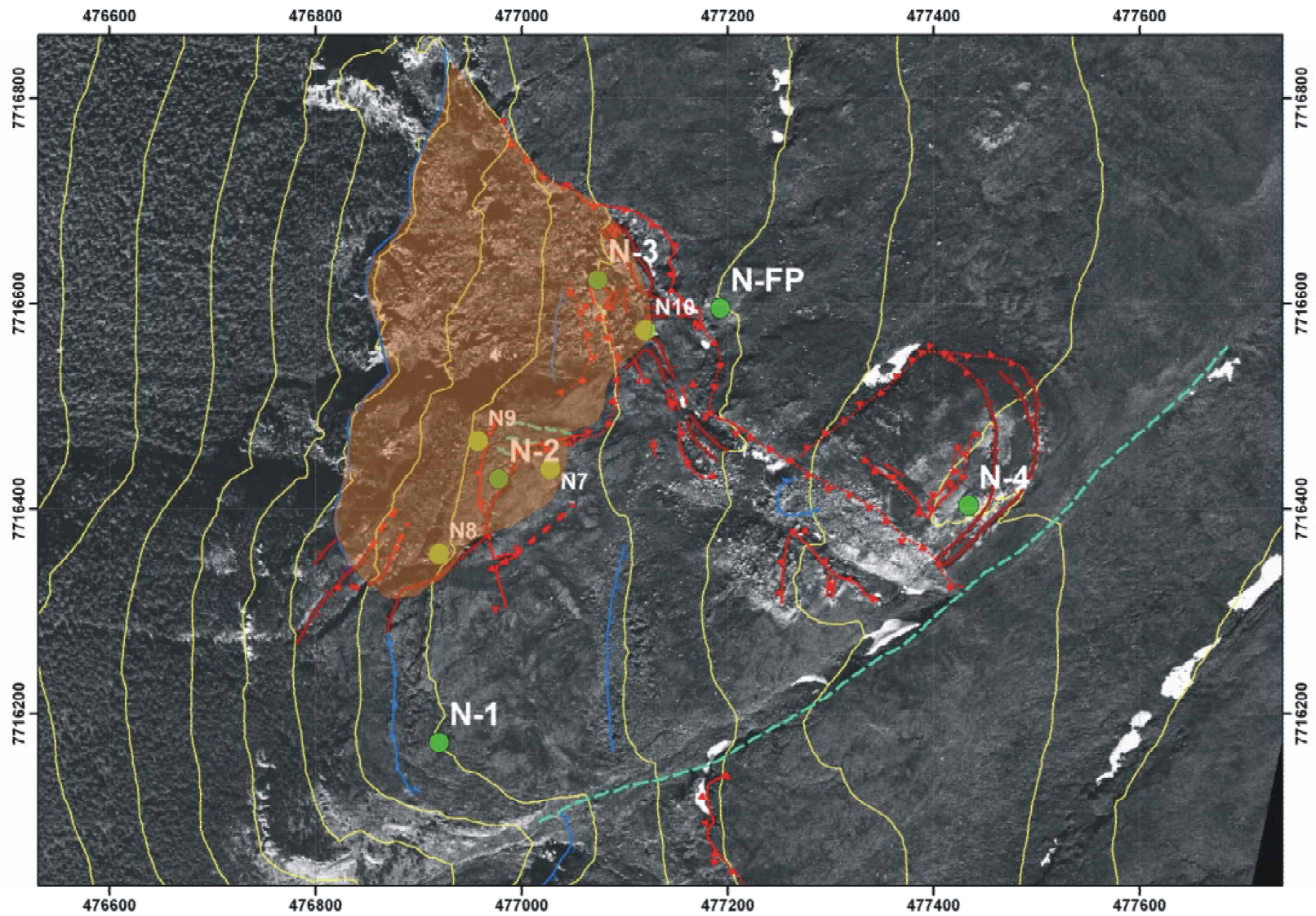




Figur 8: Detalj geologisk kartlegging over den nordre delen av Nordnesfjellet. De røde linjer representerer åpne sprekker og de blå linjer er mulig utglidningsplaner. GPS punkter vises med de grønne prikker. De opprinnelige GPS punkter er i mørker grønn og de som var tilføyet i 2005 er i lysere grønn.

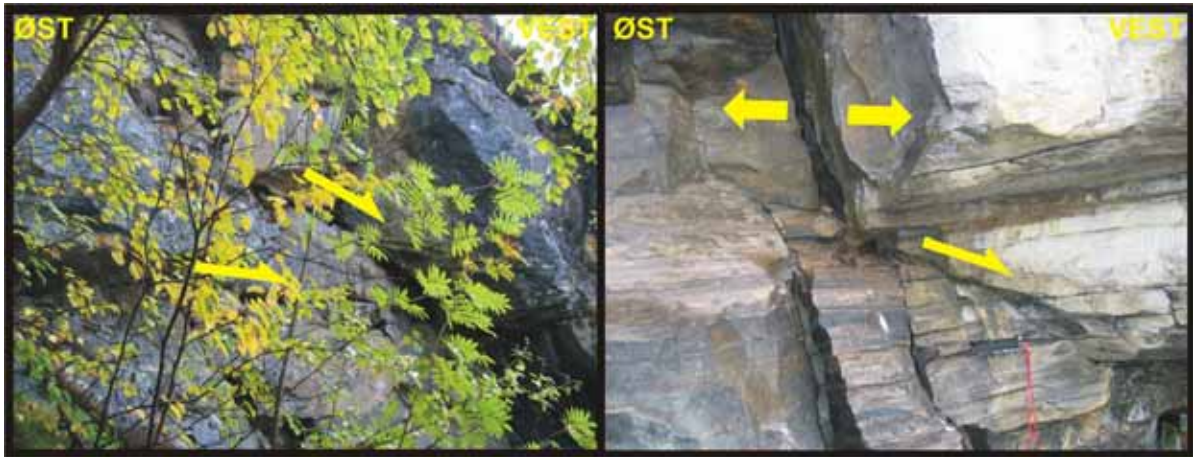
Det er gjort noe feltundersøkelser i nedre deler av Nordnes, på sørsiden av feltet der det var tilgjengelige fjellblotninger. Formålet var å finne årsaken og strukturer som kunne forklare de store vertikale og horisontale bevegelsene oppe på platået i form av de store åpne sprekkene. Det ble konstatert store ekstensjonsforkastninger (strek) i fjellblotninger som viser både horisontal og vertikal bevegelse utover og nedover mot fjorden (Figur 10). Disse forskyvningene ser ut til å være kontrollert av lavvinklede ( $20-30^\circ$ ) glideplan. Disse er observert noen få steder, særlig lavt nede i fjellsiden. Videre feltarbeid må gjøres for å kartlegge disse strukturene i detalj, spesielt høyere oppe i fjellsiden.



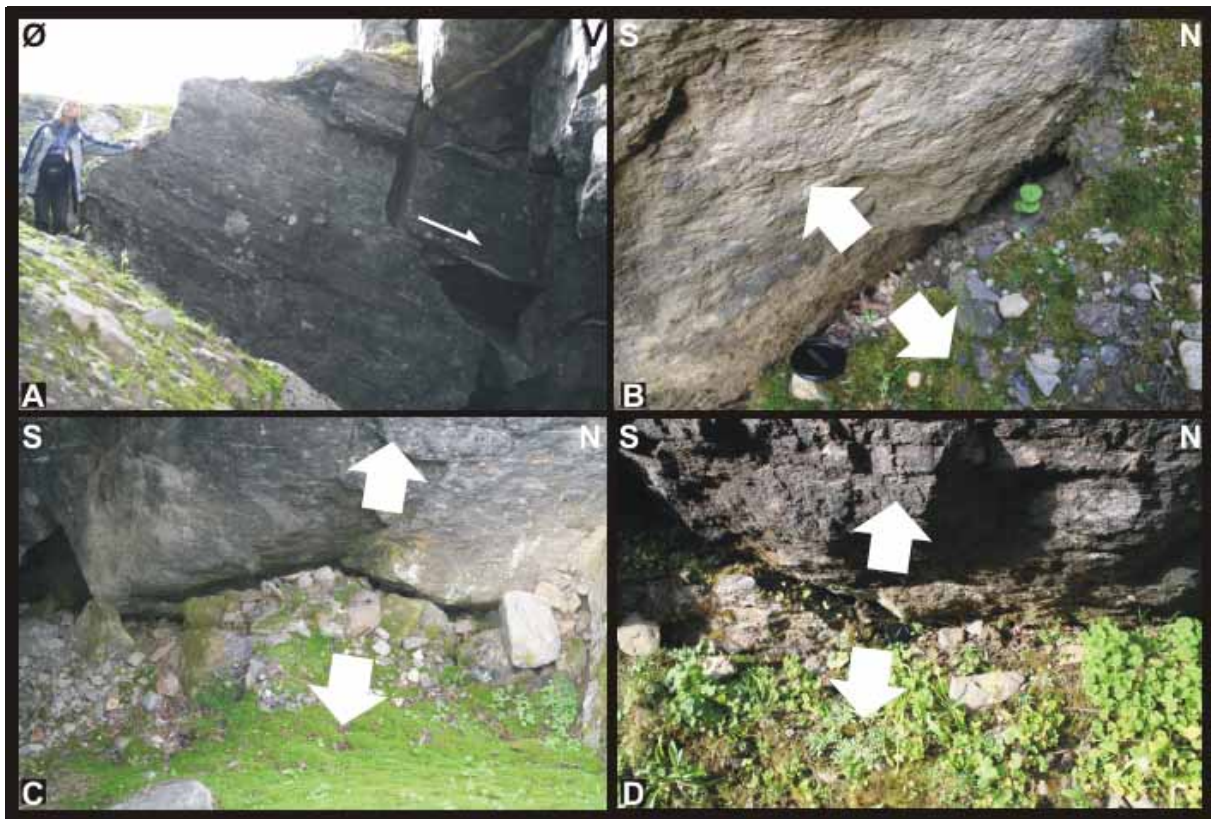


Figur 9: Geologisk kartlegging av Nordnes med bevis fra GPS for blokk bevegelse tyder på et område som går gjennom aktiv bevegelse.





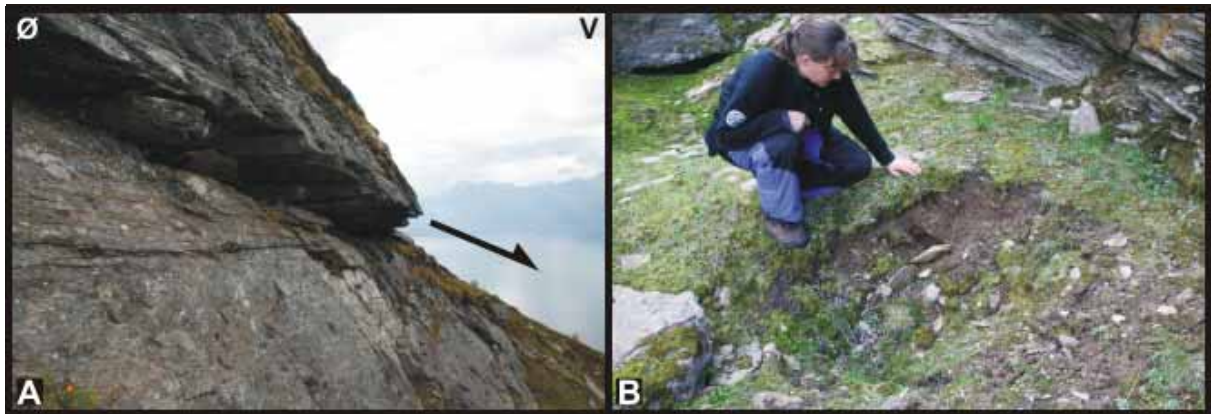
Figur 10. Strukturene sett på den sørlige delen av Nordnes. Venstre bilde: Lavvinklet skjærstruktur med flere centimeter bevegelse mot fjorden (ned mot høyre). Høyre bilde: Steiltstående strekkstrukturer som er utviklet pga skjærbevegelse langs lavvinklede glidesoner med bevegelser ned fjellsiden mot høyre.



Figur 11: Bevis for nylig bevegelse i sprekkene på Nordnes. Alle bilder er i sprekkene i nærheten av GPS punkt N2 (se Figur 13). A- Kinematisk bevis for fjordrettet bevegelse av enkelte blokker på vestsiden av sprekkåpningen. B- Østsiden av sprekkene har beveget seg noen få centimeter bort fra vegetasjonen ned mot fjorden. C- Østsiden av sprekkene har beveget seg noen få centimeter bort fra vegetasjonen ned mot fjorden. D- Østsiden av sprekkene har beveget seg noen få centimeter bort fra vegetasjonen ned mot fjorden og sprekkene fortsetter inn i vertsbergarten så at sprekkene er 'fjell-mot-fjell'.

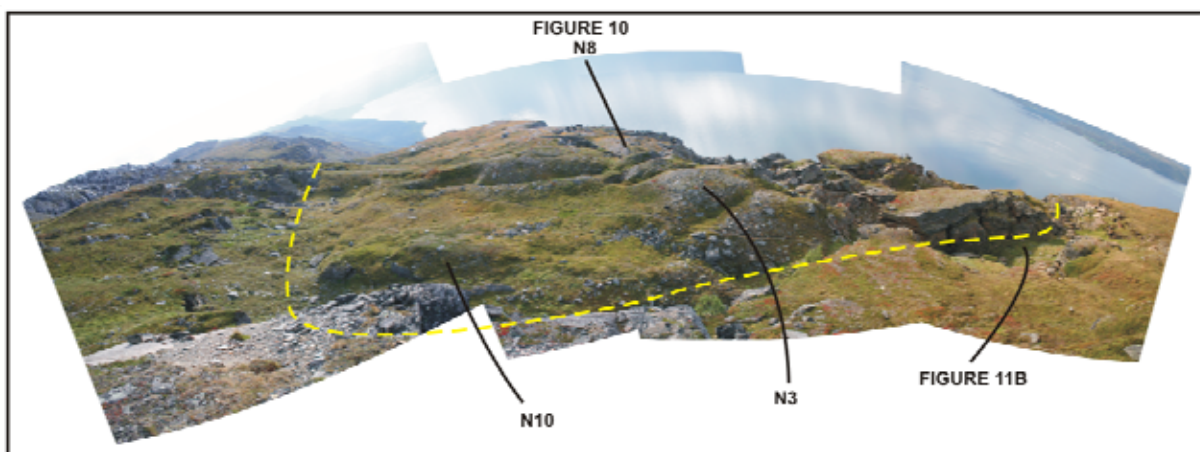
Selv om sprekkene på store deler av hele Nordnes fjellsiden er ganske breie, mange av sprekkene er meget igjengrodd og det er ikke noen utvetydige tegn på nylig bevegelse på en stor

målestokk. Derimot, på en mindre målestokk, når mann går inn på detalj observasjoner, viser mange av sprekkesystemer flere tegn på nylig bevegelse hvor sprekken har beveget seg bort fra vegetasjonene i bunnen av sprekkeåpningen (Figur 11) med utvetydig bevegelse mot fjorden og nedover (Figur 11a). Disse åpningen er en brakdel av den total åpningen på sprekken, for eksempel den sprekken som er vist i Figur 11 har en total åpning på c.8m men har bare maksimum 10cm som nylig åpning, men når disse åpningen mellom vegetasjonen og sprekken er sett, spesielt når sprekken går over i en 'fjell-mot-fjell' sprekke (Figur 11d) så er det ingen tvil a disse få centimeter representerer bevegelse som pågår nå.



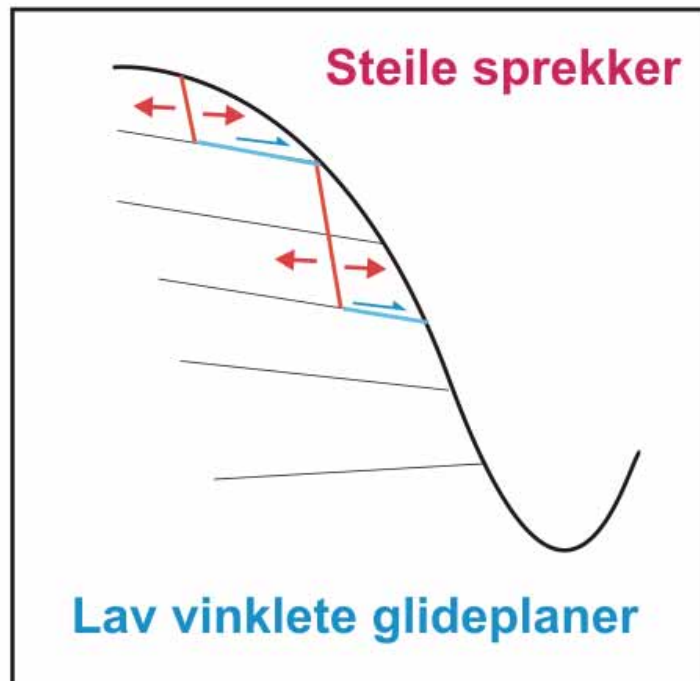
Figur 12: Bevis for nylig bevegelse på nord Nordnesfjellet. A- Utglidning av en mindre blokk i SV hjørnet av den større blokk identifisert på

Andre bevis for nylig bevegelse enn de på selve sprekkene er også dokumentert. For eksempel, på glideplanene. Figur 12a viser en mindre glideplan i en blokk som tilhører den store blokk som utgjør den 8-16Mm<sup>3</sup> nevnt ovenfor. Utvidelsen av denne blokken på overflaten er vist i Figur 13. Her har blokken forskjøvet seg opp til en meter mot fjorden og nedover på glideplanen. Sirkulære innsynkninger i de igjengrodd delene av sprekkebunnen er også en tegn på nylig bevegelse (Figur 12b). Disse er ganske hyppige på de sprekkene bak den 8-16Mm<sup>3</sup> blokk nevnt ovenfor men ikke noen annet sted på Nordnesfjellet.



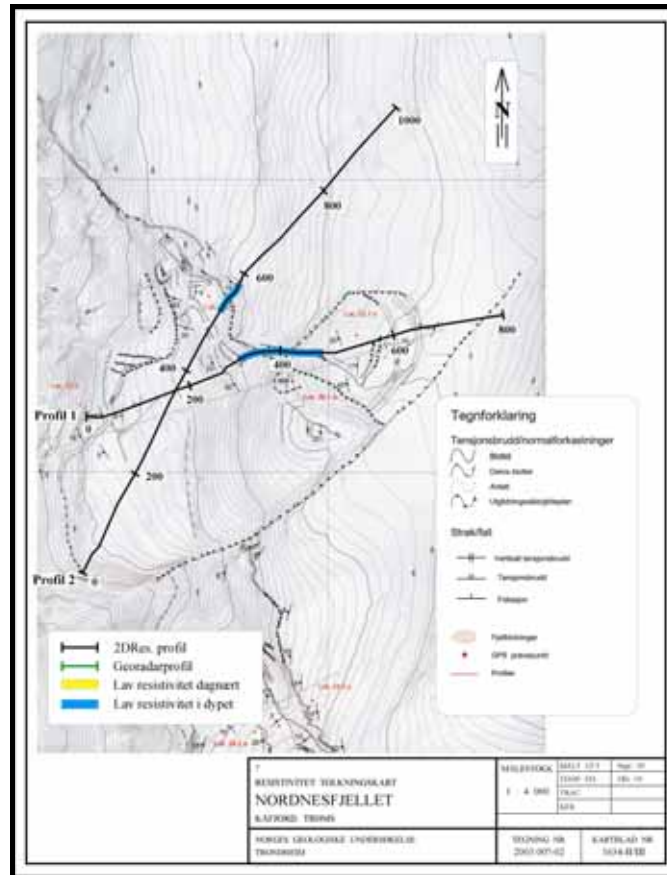
Figur 13: Fotomontasje over den ustabil blokk identifisert på nord Nordnesfjellet. Den gule linjen viser omfanget av den ustabil blokk. Bildet er tatt fra GPS fastpunktet (N-FP i Figur 9).



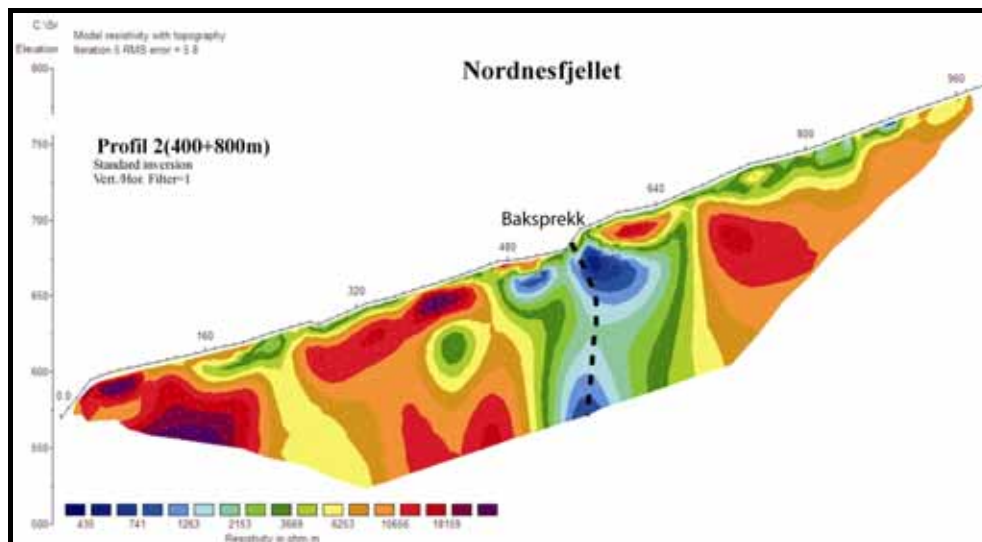


Figur 14: Skisse over de mulige strukturmønstrene på Nordnesfjellet. Glideplanene er veldig lavvinklede på grunn av lavvinklede lagdelingen i vertsbergarten og i noen tilfelle skråner lagdelingen inn mot fjellet. Sprekkemønstrene på overflaten viser en ganske kompleks mønster med flere sprekker. Alt dette betyr at det er mest sannsynlig at fjellsiden deles opp i mindre blokker med forskjellige sannsynligheter for utglidning.

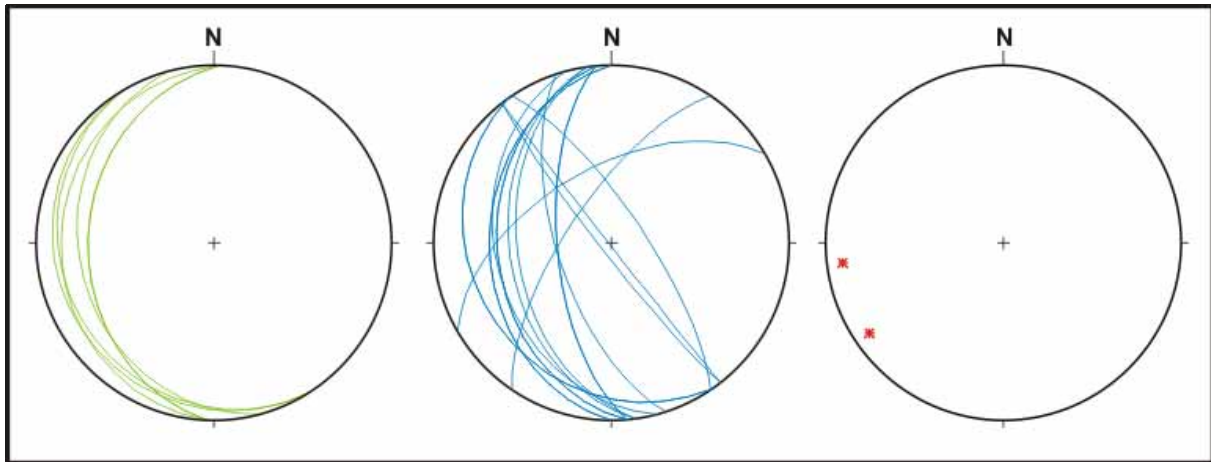
Observasjoner av sprekkemønstrene, bevegelsesretninger og sprekkegeometri i forhold til lagdelingen gjør det mulig å komme med noen antydninger for stabilitet. Figur 14 viser en mulig geometri av strukturene på nord Nordnesfjellet. Glideplanene som er målt viser en veldig lavvinklede skråning på grunn av lavvinklede lagdelingen i vertsbergarten (Figur 17). I noen deler av fjellsiden skråner lagdelingen inn mot fjellet og dette betyr at de delene av fjellsiden må anses som stabil, selv om det er noen glideplan og sprekker utviklet der. Sprekkemønstrene som er kartlagt på overflaten (Figur 8) er ganske kompleks med utvikling av flere sprekker. Disse bevisene tyder på at det er mest sannsynlig at fjellsiden deles opp i mindre blokker med forskjellige sannsynligheter for utglidning og at fjellet er ikke understøttet av en enkel glideplan som er gjennomgående hele fjellsiden. Hva er mest sannsynlig er at flere mindre blokker ligger på en kompleks trappetrinn geometri av flere glideplaner. Sånne strukturer er sett på Midtre Nordnesfjellet, selv om de er på en mindre målestokk (Figur 23).



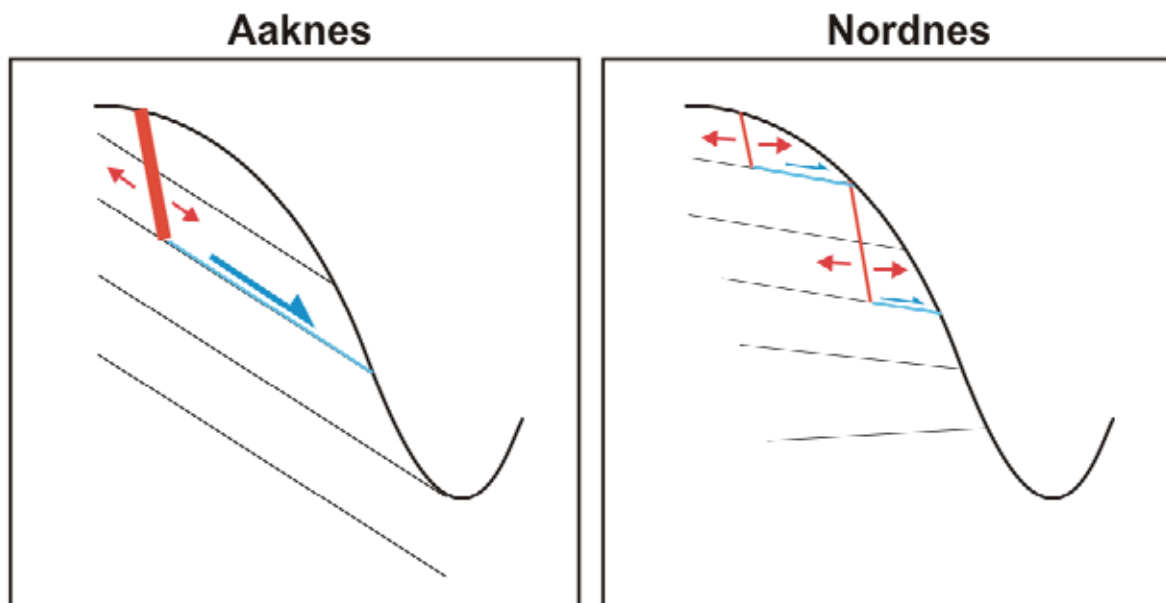
Figur 15. Geofysiske undersøkelser utført på Nordnesfjellet (Tønnesen & Dalsegg, 2006). Profil 2 er presentert i Figur 16.



Figur 16. Geofysikk profil (2D Resistivitet) som viser resistivitet eller ledningsevne i dypt (Tønnesen & Dalsegg, 2006). Blå farger angir høy ledningsevne, røde farger lav ledningsevne. Det blå feltet sentralt i profilet er tolket til å være baksprekken av hele det ustabile fjellpartiet som er vannholdig. Se lokalisering av profil 2 i Figur 15.



Figur 17: Stereonett data for nordre Nordnesfjellet.



Figur 18: Sammenligning av strukturene sett på nordre Nordnes med Åknes i Møre og Romsdalen.

For å sette de sprekkemønstrene, geometrier og derfor antydninger til stabiliteten ut ifra en strukturgeologisk vinkel, er det kanskje interessant og i noen tilfeller nødvendig å sammenligne nordre Nordnes med andre kjente områder. Åknes, for eksempel, i Møre og Romsdalen er desidert den mest studert fjellside i Europa, hvis ikke i verden. Den ustabile fjellsida ved Åknes viser en liknende bevegelse og et sammenlignbar volum. De to strukturtypene på Nordnes og deres geometrisk forhold (stor strekksprekk i bakkant og fjordstupende utglidninger parallelt med foliasjonen) er identiske med de på Åknes. Derimot er foliasjonen og dermed utglidningsstrukturenes forhold til fjorden annerledes. Foliasjonen på Åkneset stuper 30-35° mot fjorden, og lange sammenhengende utglidningsstrukturer er utviklet parallelt med foliasjonen. På Nordnes går foliasjonen med mindre fall mot fjorden (5-10°) og er noen ganger stupende inn mot fjellet. Det er dermed mindre sannsynlig at en får utviklet store og sammenhengende utglidningsplan. Det mest sannsynlige er at en får utviklet flere mindre partier med en trappetrinn geometri med mange utglidningsplan (Figur 18). Dette stemmer med de manglende bevis på større utglidningssoner i nedre deler, selv om noen små



avgrensede områder er registrert med fjordstupende utglidningsplan. Dette må imidlertid undersøkes og dokumenteres bedre.

En enkel sammenligning av strukturene gir noen umiddelbare treknninger som man kan fastslå.

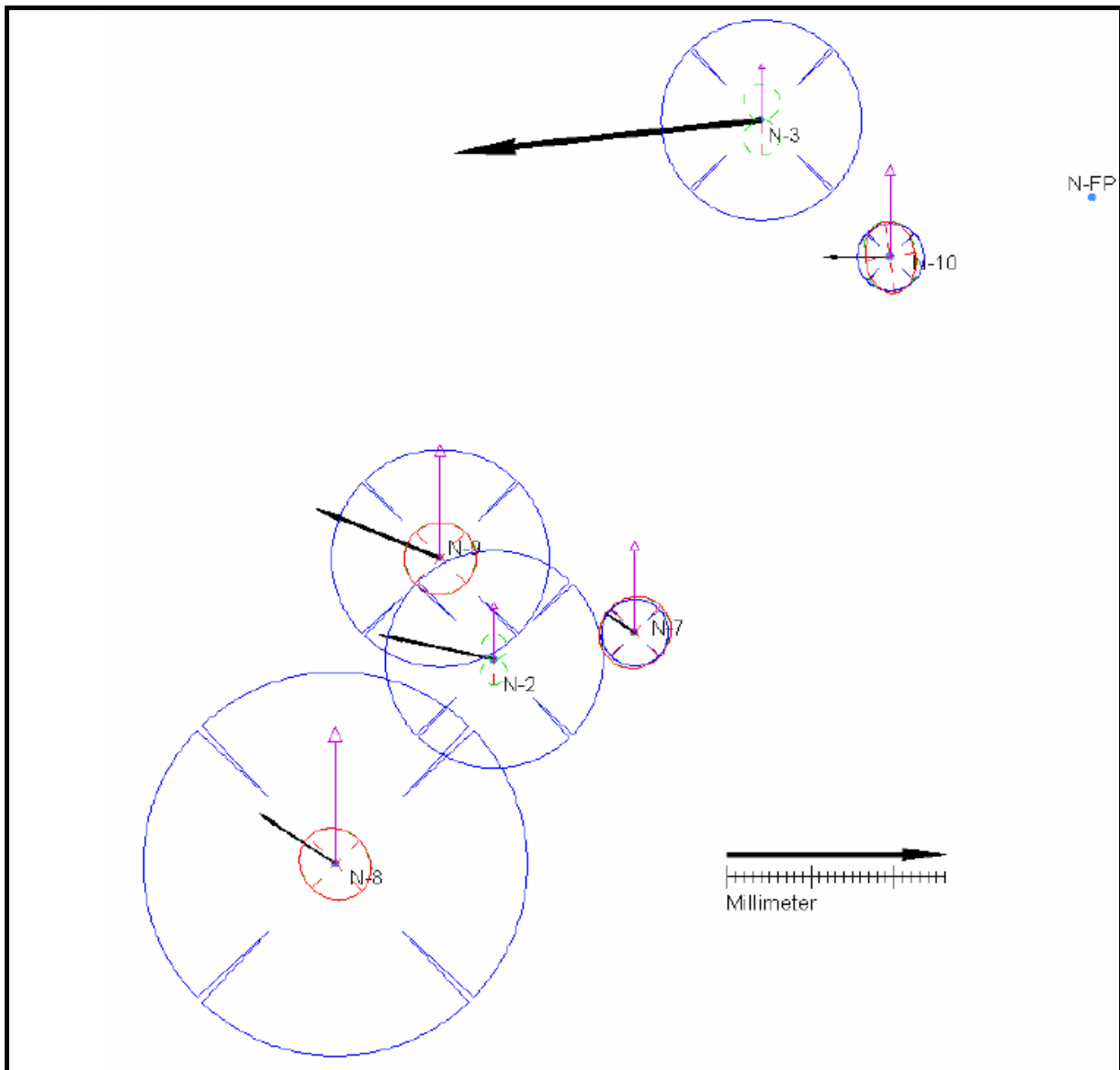
- Lagdeling på Åknes skaper en ideell vinkel for store, gjennomgående utglidninger. Både vinkelen og retning på nordre Nordnes er langt i fra optimale for store utglidninger.
- Åknes viser én stor sprekke i bakkanten som tyder på store utglidningsblokker, mens nordre Nordnes viser flere med en kompleks geometri. Dette, i tillegg til muligheten for flere glideplan og derfor mindre blokker men flere blokker, tyder på at faren er til noen grader mindre på Nordnesfjellet enn på Åknes.

#### 4.1.1.2 GPS målinger

Resultatene av årets målinger med hensyn til de målingene som har blitt kartlagt tilbake til 2003 vises i Tabell 1. Bevegelsene målt i intervallen 2005-2006 vises i Figur 19. Resultatene for Nordnesfjellet i år er i relativt konsistent samsvar med det som er kartlagt fra tidligere år. Punkt N-3 har klart den største bevegelse, men det er også en del bevegelse i punkt N-2. De nye punktene lagt ut i 2005 (N-7 til N-10), som er sett ut i nærheten av N-2 og N-3 i 2005 viser en tilsvarende bevegelse. Det ser ut til at horisontal bevegelser er mindre sørover fra N-3, mens vertikale bevegelser kan se ut til å øke. Punkt N-9 er ikke signifikant i høyden. Punktet N-7 som ligger ovenfor sprekke (ved N-2) har ikke signifikant bevegelse, men retnings-vektoren viser litt horisontal endring i samme retning som de andre punktene, selv om endringen ikke er signifikant. I vertikal retning er ikke endringen signifikant i N-7. Punktet N-10 som ligger ovenfor det markerte sprekkområdet ved N-3 har signifikant horisontal men ikke vertikal endring. Endringen i punktet er og vesentlig mindre enn i N-3, og indikerer at den store endringa i N-3 er avgrenset i det kraftige sprekkområdet like ved N-3. Punkt N-1 viser ingen signifikant bevegelse, mens punktene N-4 og N5 i årets resultater viser indikasjoner på bevegelse, selv om endringene er svært små.

PUNKT	År	N	E	H	sN	sE	sH	dN	dE	Dist	Retn	dH
N-FP	2003	7716595.594	477193.002	727.864								
N-FP	2004	7716595.594	477193.002	727.864								
N-FP	2005	7716595.594	477193.002	727.864								
N-FP	2006	7716595.594	477193.002	727.864								
N-1	2003	7716172.457	476920.177	630.524	0.001	0.001	0.003					
N-1	2004	7716172.458	476920.176	630.511	0.001	0.001	0.002	0.001	-0.001	0.001	350.00	-0.013
N-1	2005	7716172.458	476920.176	630.515	0.001	0.001	0.002	0.001	-0.001	0.001	0.00	-0.009
N-1	2006	7716172.459	476920.178	630.516	0.001	0.000	0.001	0.002	0.000	0.002	0.00	-0.008
N-2	2003	7716429.737	476978.001	648.641	0.001	0.001	0.003					
N-2	2004	7716429.740	476977.991	648.623	0.001	0.001	0.002	0.003	-0.010	0.010	318.55	-0.018
N-2	2005	7716429.742	476977.979	648.622	0.001	0.001	0.003	0.005	-0.022	0.023	314.23	-0.019
N-2	2006	7716429.745	476977.966	648.609	0.001	0.000	0.001	0.008	-0.035	0.036	0.00	-0.032
N-3	2003	7716623.634	477074.040	685.369	0.001	0.001	0.002					
N-3	2004	7716623.629	477074.004	685.344	0.001	0.001	0.002	-0.005	-0.036	0.036	291.21	-0.025
N-3	2005	7716623.620	477073.972	685.338	0.001	0.001	0.002	-0.014	-0.068	0.069	287.07	-0.031
N-3	2006	7716623.616	477073.935	685.326	0.001	0.000	0.001	-0.018	-0.105	0.107	0.00	-0.043
N-4	2003	7716403.989	477434.489	832.053	0.001	0.001	0.002					
N-4	2004	7716403.988	477434.488	832.052	0.001	0.001	0.002	-0.001	-0.001	0.001	250.00	-0.001
N-4	2005	7716403.988	477434.486	832.053	0.001	0.001	0.002	-0.001	-0.003	0.003	279.52	0.000
N-4	2006	7716403.990	477434.482	832.045	0.001	0.000	0.001	0.001	-0.007	0.007	0.00	-0.008
N-5	2003	7715712.756	477088.999	740.445	0.001	0.001	0.005					
N-5	2004	7715712.758	477088.999	740.444	0.001	0.001	0.002	0.002	0.000	0.002	0.00	-0.001
N-5	2005	7715712.760	477088.998	740.445	0.001	0.001	0.003	0.004	-0.001	0.004	384.40	0.000
N-5	2006	7715712.759	477088.996	740.434	0.001	0.001	0.002	0.003	-0.003	0.004	0.00	-0.011
N-7	2005	7716439.381	477028.522	667.200	0.001	0.001	0.003					
N-7	2006	7716439.383	477028.519	667.195	0.001	0.001	0.002	0.002	-0.003	0.003	339.49	-0.005
N-8	2005	7716356.185	476920.893	624.013	0.001	0.001	0.005					
N-8	2006	7716356.192	476920.884	623.991	0.001	0.001	0.002	0.007	-0.009	0.011	342.69	-0.022
N-9	2005	7716466.099	476958.626	635.614	0.001	0.001	0.003					
N-9	2006	7716466.105	476958.612	635.600	0.001	0.001	0.002	0.007	-0.014	0.016	328.07	-0.014
N-10	2005	7716574.342	477120.302	699.646	0.001	0.001	0.003					
N-10	2006	7716574.343	477120.295	699.640	0.001	0.000	0.002	0.001	-0.007	0.007	306.44	-0.005

Tabell 1: GPS data for nordre Nordnes. Se lokalisering av punkter i Figur 8. Endringsvektorer (retning og avstand) og høyde endring for den nordre del av Nordnesfjellet. Tabellen viser endringer fra 2003-2004, 2004-2005, 2005-2006 og 2003-2006.



Figur 19: Kart over GPS punktene på nord Nordnesfjellet som viser både horisontale og vertikale bevegelser.

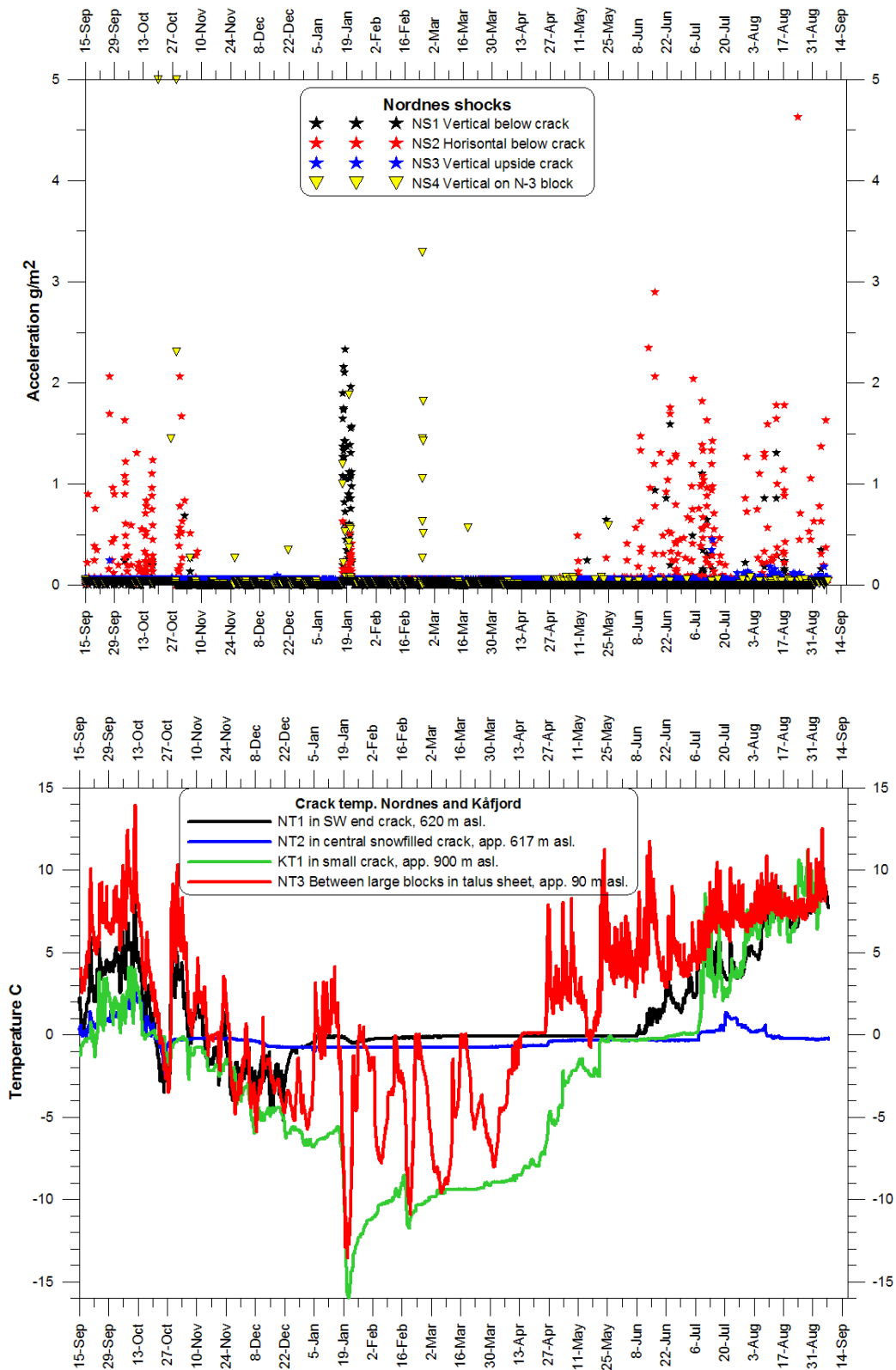
#### 4.1.1.3 Temperatur, sjokkloggere og bildeovervåking

De 4 mini bevegelsesfølere med tilhørende dataloggere, som ble satt ut i det ustabile fjellpartiet på Nordnesfjellet i september 2005, blev tilsett og data innsamlet i september 2006. Målerne registrerer kontinuerlig bevegelsen vinkelrett på fjelloverflaten som de er skruet fast på, og lagrer data om maksimal bevegelse i punktet for hver time. Metoden har også vært testet i samme periode på Åknes fjellet i Møre og Romsdal, med noenlunde samme opplegg, med bevegelsesfølere montert på både vertikale og horisontale deler av det ustabile fjellparti for om mulig at skjelne mellom vertikal og horisontal bevegelse. Figur 20 viser akselerasjonen ( $m/s^2$ ) som ble målt på Nordnesfjellet. Samtidig ble det også målt temperaturer to steder på bunnen av sprekken på Nordnesfjellet, og i en av sprekken på Nordnesfjellet, samt i et større hulrom mellom store fjellblokke ved foten av Nordnesfjellet (Figur 20). Et automatisk kamera har fotografert snøforholdene i sprekken hvor også sjokkloggerne og temperaturmålingene foregikk (Figur 21).

Der ser generelt ut til å være mest vedvarende bevegelse i det horisontaleplanet, og dette fra slutten av mai og frem til slutten av oktober (Figur 20). Denne periode er sammentreffende med perioden med positive temperaturer målt i sprekken, og der hvor snøen

i sprekken smelter. Den daglige bildeovervåking viser at rask snøsmelting starter omtrent midt til slutten av mai, og i løpet av 2 måneder smelter snøen i store dele av sprekken vekk. I den dypeste del av sprekken ligger snøen gjennom hele sommeren. Dette ses bla. på den meget stabile temperatur omkring  $0^{\circ}\text{C}$  målt ved N-2 ved bunnen av den dypeste del av sprekken, hvor det lå snø igjen både i september 2005 og september 2006. Det er kun registrert liten bevegelse på oppsiden av sprekken, hvilket passer med at denne siden ligger over det antagelig ustabile fjellparti. Det er kun liten bevegelse igjennom vinteren med unntagelse av to episoder. En omkring 16-21 januar, hvor begge vertikale sjokkloggere registrerer bevegelse gjennom disse 5 dager. Dette betyr at fjellet antagelig beveget seg mest i horisontal retning. Det var under stormen Narve med kraftig sørvestlig vind parallelt med den ustabile fjellsiden. Bildet fra 19 januar viser kraftig vind med bølger med skumtopper på Storfjorden. Samtidig ble det registrert de laveste temperaturer ved sensorene i Kåfjord og nederst på Nordnes, mens begge sensorene i bunnen av sprekken oppe på Nordnes fjellet målte snøtemperaturen c.  $0^{\circ}\text{C}$ . Utover har sjokkloggeren på blokk N-3 registrert bevegelse 24 februar gjennom en halv dag.

Temperatur målingen i fjellet ved Kåfjord i ca. 900m høyde viser at denne sensor antagelig har vært snødekket i store deler av vinteren fra omtrent slutten av oktober til begynnelsen av juli, da det ikke er store temperaturendringer. I denne perioden er temperaturen negativ og relativt stabil c.  $-10^{\circ}\text{C}$  sist på vinteren fra sist i februar til midt i april, hvor snødekket antagelig var tykkest, som ved Nordnesfjellet. Dette kan tyde på at det kan være permafrost i fjellet under denne sprekken i dette område.



Figur 20: Øverst: Sjokklogger data fra de 4 loggere på Nordnesfjellet. Nederst: Temperaturmåling i revna oppe på Nordnesfjellet, i hulrom i tallus ved foten av Nordnesfjellet, og i en av revna på Kåfjordfjellet.



Figur 21: Bilder av snøforhold gjennom året ved sprekken på Nordnes fjellet. Fotoretning er mot sørvest. På bildet fra 7 september ses flere personer midt i bildet som målestokk.

#### 4.1.1.4 Oppsummering og forslag til oppfølging

Selv om fjellet er veldig bra kartlagt fra før, feltarbeidet i sommeren 2006 har tilføyet flere kritiske observasjoner.

- Det er mye bevis for en 'trappetrinn' geometri, både på toppen av fjellet hvor sprekkene er observert men også i bunnen av fjellsiden.
- Geologien/geometrien indikerer størst sannsynlighet for mindre skred og at fjellsiden består av flere forskjellige blokker.
- Den dype baksprekken og relativ stor bevegelse i nordlige deler viser at store volum har og er i bevegelse.
- Vi har utilstrekkelige data og metoder for å kvantifisere sannsynlighet.
- På grunn av sannsynlighets spørsmålet, kan det ikke utelukkes at det kan gå et stort fjellskred fra Nordnesfjellet.
- De GPS målingene fra 2006 bekrefter og er i takt med de målingene som har blitt gjort fra 2003 til 2005 og forsterker hvor mening om den delen av fjellsiden som er aktiv.

Siden det kan ikke utelukkes at det kan initieres betydelig store fjellskred på Nordnes og vi anbefaler følgende oppfølging.

- Oppfølgende geofysikk (Resistivitetsmålinger og seismikk) i fjordparallelle profiler og profiler vinkelrett på fjorden for å bestemme strukturene på dybden og variasjon i dybdestruktur som en resultat av en trappetrinn geometri.
- Siden det er dokumentert til dels betydelige bevegelser i et stort volum fjell, og at det ikke kan utelukkes at det finnes store gjennomgående strukturer, anbefales det å sette i gang en begrenset overvåking i dette området. Dette kan trolig best gjøres ved bruk av lasere og reflektorer oppe på plataet. Det bør undersøkes om strømforsyning og overføring kan utføres ved å legge kabler fra stasjonen oppe på Nordnesfjellet.
- På grunn av sannsynlighets spørsmålet, en gjennomgang av alle data fra fjordbotn for å kartlegge eventuelle tidligere hendelser skal sette tall på muligheten for videre skredhendelser. Kontinuerlig måling av bevegelse med GPS for å få dokumentasjon i flere områder, retning og vinkel på bevegelse og for å få sesongvariasjoner.
- Måling av vertikal bevegelse ved bruk av radardata fra satellitter. NGU har begynt et samarbeid med NORUT i 2006 og dette skal fortsett i 2007. Vi anbefaler bruk av laserskanning teknologi i sommeren 2007 for å kartlegge fjellsiden og strukturene som ligger i fremkanten av blokken, særlig utglidningsplaner, som er utilgjengelig til fots. NGU har gode samarbeidstilknøyninger med Universitet i Lausanne hvor dette type arbeid pågår i forbindelse med skredundersøkelser i Møre og Romsdalen.

## 4.2 Midtre Nordnes

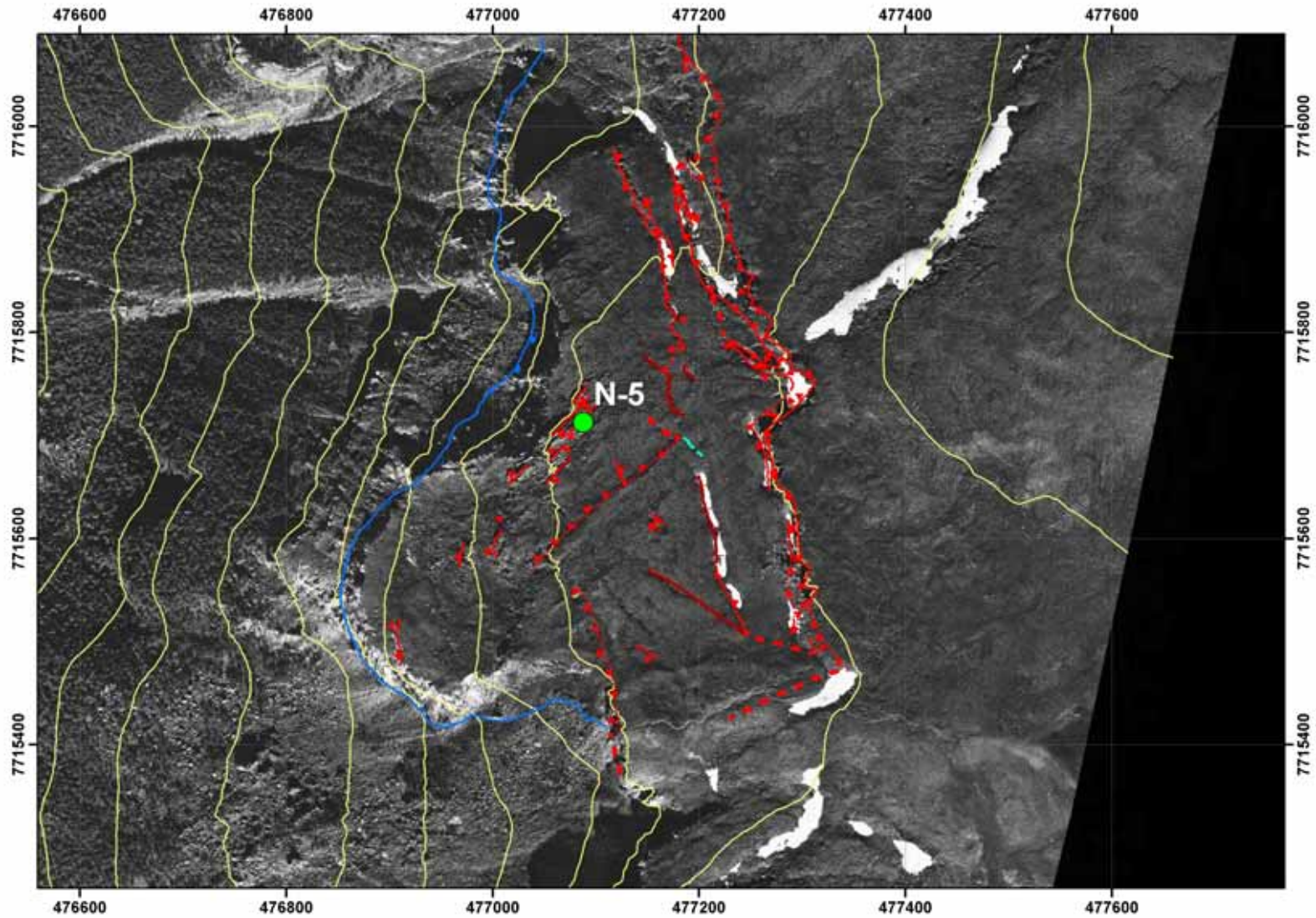
### 4.2.1.1 Geologiske undersøkelser

Midtre Nordnes har blitt kartlagt fra før i passende detalj av Karlsen et al., 1999 (Figur 22) og mer omfattende kartlegging på en stor målestokk er unødvendig.

Her tilføyer vi noen enkelte observasjoner om kinematikk og geometri som også hjelper med tolkningen på nord Nordnesfjellet. Figur 23 viser flere forskjellige observasjoner angående kinematikk og geometri på Midtre Nordnesfjellet. Figur 23a viser utvikling av en kompleks, multi-geometrisk sprekk som viser både lavvinklede segmenter og steilstående segmenter og bekrefter teorien om muligheten for trappetrinn geometri glideplanene (se avsnitt 4.1.1.1 om den nordre delen av Nordnesfjellet). Her er bevegelsen noen få centimeter men rettet nedover og mot fjorden. Figur 23b viser gjennomgående en-echelon skjærbrudd strukturer som er en resultat av utglidning mot vest langs lagdelingen. Sånne små sprekker, hvor det er mange, kan gi mange meters bevegelse uten at det merkes. Figur 23c og Figur 23d viser steilstående

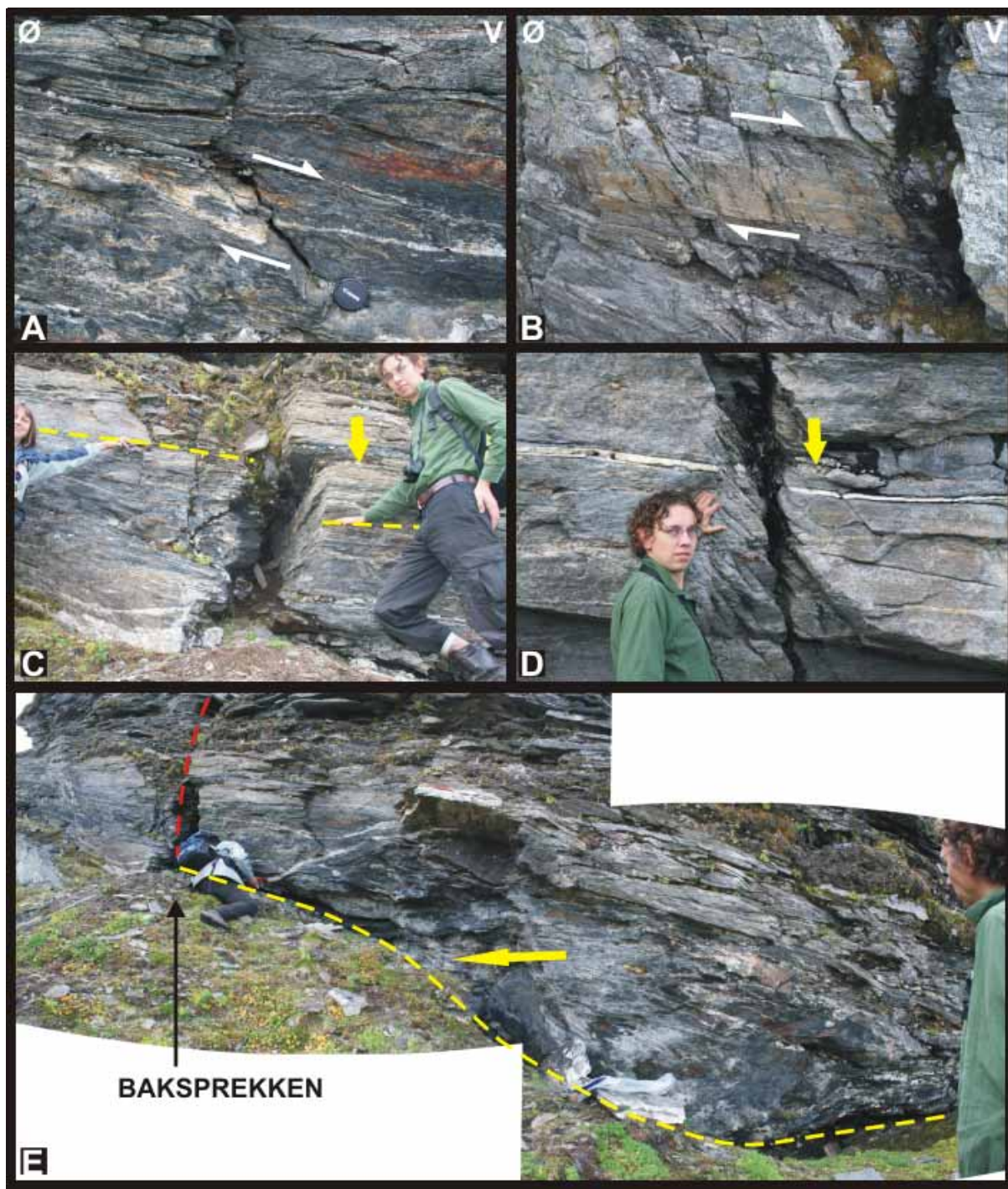
sprekker som har mange centimeters nedover bevegelse mot fjorden. Figur 23e er en fotomontasje av en trappetrinn geometri i en lavvinklede glideplan.





Figur 22: Geologisk kartlegging over Midtre Nordnesfjellet. Kartlegging er utført av Karlsen et al., 1999. De røde linjer representerer åpne sprekker og de blå linjer er mulig utglidningsplaner. GPS punkter vises med de grønne prikker.



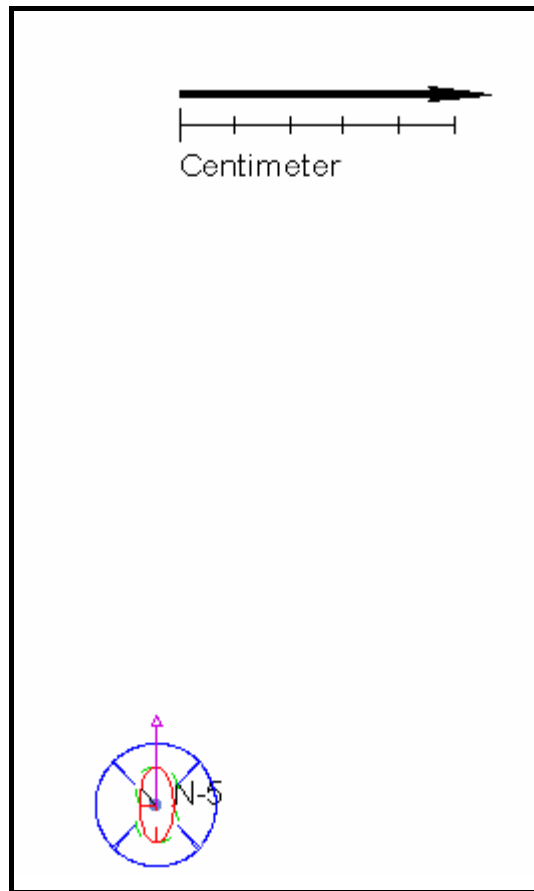


Figur 23: Fotobevis for bevegelse på deler av Midtre Nordnesfjellet. A- Trappetrinn geometri i en enkel sprekk som viser bevegelse nedover og er fjordrettet mot vest. B- En-echelon sprekker som viser glidning langs lagdelingen. C- Nedover og utover bevegelse rettet mot fjorden på en steilstående sprekk. D- Nedover og utover bevegelse rettet mot fjorden på en steilstående sprekk. E- Fotomontasje av en mindre glideplan som viser en trappetrinn geometri. Merk at i trappetrinnet, skjærer glideplanen gjennom lagdelingen.

#### 4.2.1.2 GPS målinger

Resultatene fra målingene på de ene GPS punktet på Midtre Nordnesfjellet er vist i Tabell 1 og på Figur 24. Bare et punkt er lagt ut på Midtre Nordnesfjellet (N5) og i årets resultat har så

vidt indikasjoner på bevegelse. Punktet viser en liten bevegelse opp mot signifikansgrense mot NØ, samme som de endringene på Nord Nordnesfjellet, men en vertikal nedsenking som er langt under signifikansgrensen. Det er derfor en usikker konklusjon med omsyn til dette punktet, selv om det kan være en indikasjon på at det er bevegelse i et større område.



Figur 24: Bevegelsen i punktet N-5 på Midtre Nordnesfjellet. Bevegelsen er mot NV, på skrå av fjellside skråningen og horisontalt er det omtrent på signifikansgrensen. Vertikal bevegelsen er nedsenking men er langt under signifikansgrensen.

#### 4.2.1.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- Ingen nye kartlegging har blitt gjort på Midtre Nordnesfjellet siden det er bra kartlagt fra før.
- Vi har tilføyet noen nye og viktige observasjoner på geometrier og kinematikk som forsterker teoriene om den trappetrinn geometri som kan finnes på Nord Nordnesfjellet.
- Mange av sprekke som var observert på Midtre Nordnesfjellet har veldig lite tegn til nylig bevegelse med mange igjengrodd sprekkeoverflater.
- GPS målinger gjennomført i 2006 går i takt med hva har blitt sett fra 2003-2005, altså at det er ingen nylig eller aktiv bevegelse på Midtre Nordnesfjellet eller at bevegelsen er så lite at det ligger meget nært signifikansgrensen

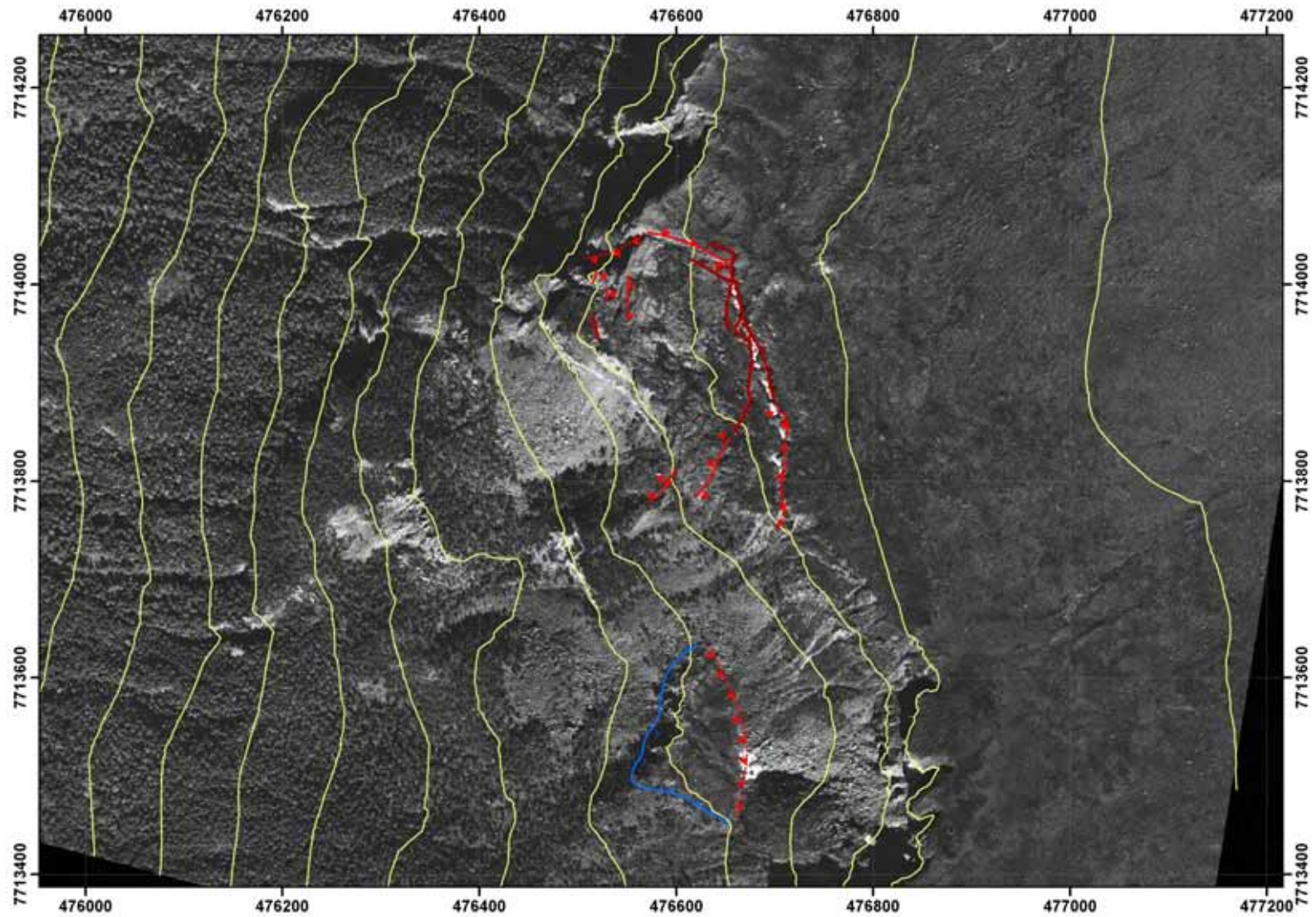
## 4.3 Indre Nordnes

### 4.3.1 Geologiske undersøkelser

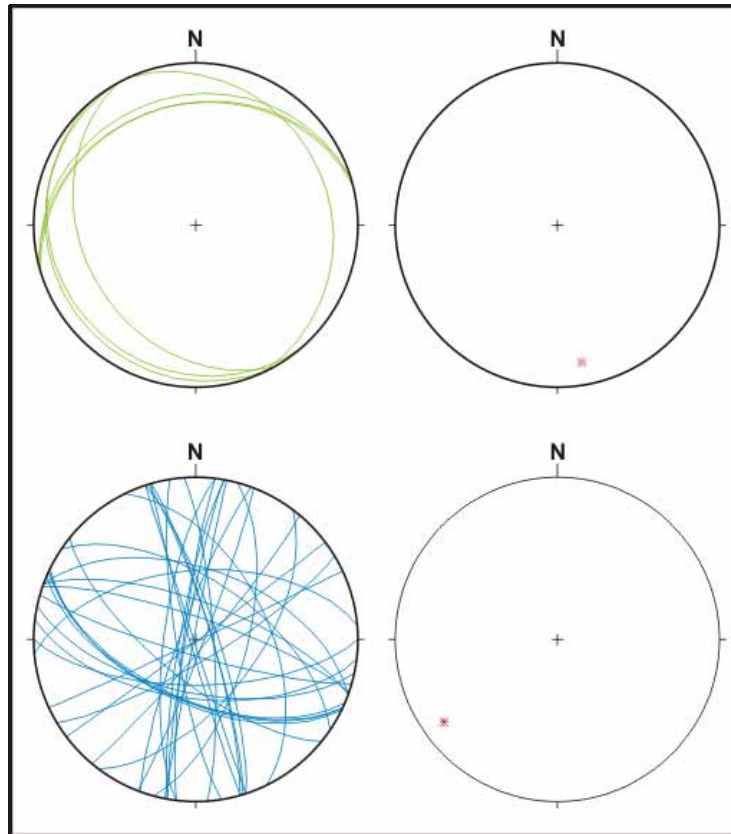
Det er påvist store vertikale og horisontale bevegelser langs steilstående strekkbrudd på Indre Nordnes. Ingen flere detaljkartlegging har blitt gjennomført fordi kartlegging utført av Karlsen et al., 1999 er meget bra. I feltsesongen 2006 har det blitt gjort målinger av sprekkene i nærhetene av de store sprekker for å fastsette stabilitet. Resultatene er vist i Figur 26 og Figur 27. I feltsesongen 2005 ble undersøkelsene fokusert på strukturene i nedre deler av fjellsiden for å fastsette om det var store strukturer (lavvinklede skjærsoner) som forårsaker bevegelsene på de øverste strukturene. Noe tid ble brukt til å undersøke skråningene under Indre Nordnes som er bratt og vanskelig å ta seg frem i. Noen av strukturene som ble funnet er vist i Figur 27, Figur 28 og Figur 29. Figur 28 viser ekstensjonsbrudd (strekkbrudd) som er ganske hyppige i den midtre delen av fjellsiden, men den viser verken stor horisontal eller vertikal bevegelse. Derimot finns det mer bevis for bevegelse i den midtre til øverste del av fjellet, rett under de store klippene som utgjør den store baksprekken. Strukturene her vises i Figur 29. To forskjellige typer strukturer er funnet her. Først er det en reaktivert ekstensjonsforkastning som stuper på skrå nedover fjellsiden mot sørvest og tilsynelatende har beveget seg flere meter nedover i nyere tid. En kraftig forkastningsbreksje, i form av nedknust materiale, vitner om denne bevegelsen. Videre nedover fjellsiden er det observert andre typer strukturer. Her er det bevis på bevegelse på en 100mx50m stor blokk langs steilstående sprekker med forsenkninger i plataet ovenfor. Det er imidlertid ikke observert noen større lavvinkla glideplan under denne blokken som kan forklare de store åpne sprekken på plataet.

Det ustabile fjellpartiet ved Indre Nordnes er tidligere blitt kartlagt i øvre deler, og det er utarbeidet et detaljert kart fra dette arbeidet. Området og lokalisering av GPS punktene er illustrert i Figur 30.

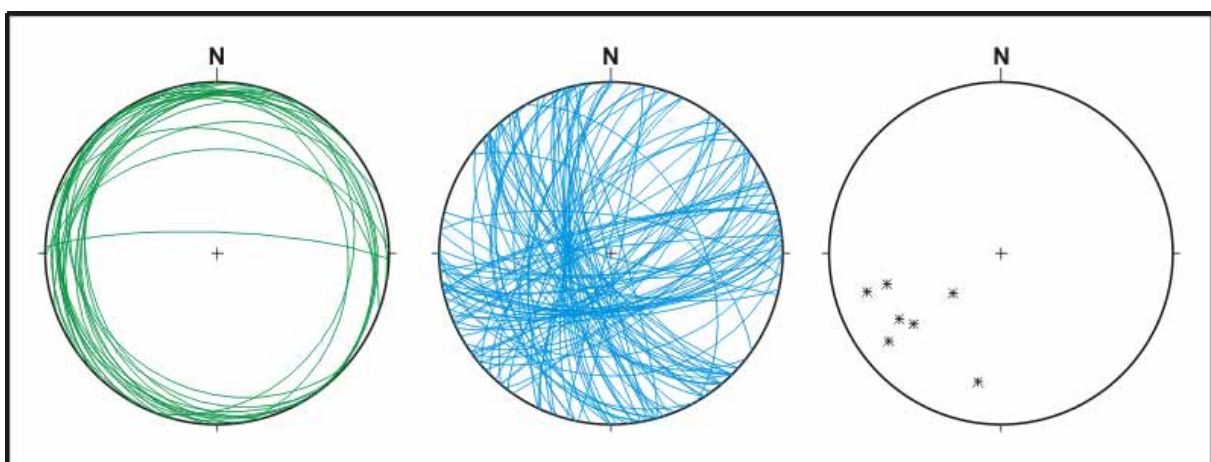




Figur 25: Geologisk kartlegging over Indre Nordnesfjellet.



Figur 26: Stereonett data for Indre Nordnesfjellet på fjelltoppen. Foliajonen er i grønt og sprekkene er i blå. Forskjellige bevegelsesvektorer er i rødt. Foliajonen på fjelltoppen danner ikke en ideell situasjon for utglidning. Dette kan sammenlignes med dataene fra lenger ned på fjellsiden i Figur 27.

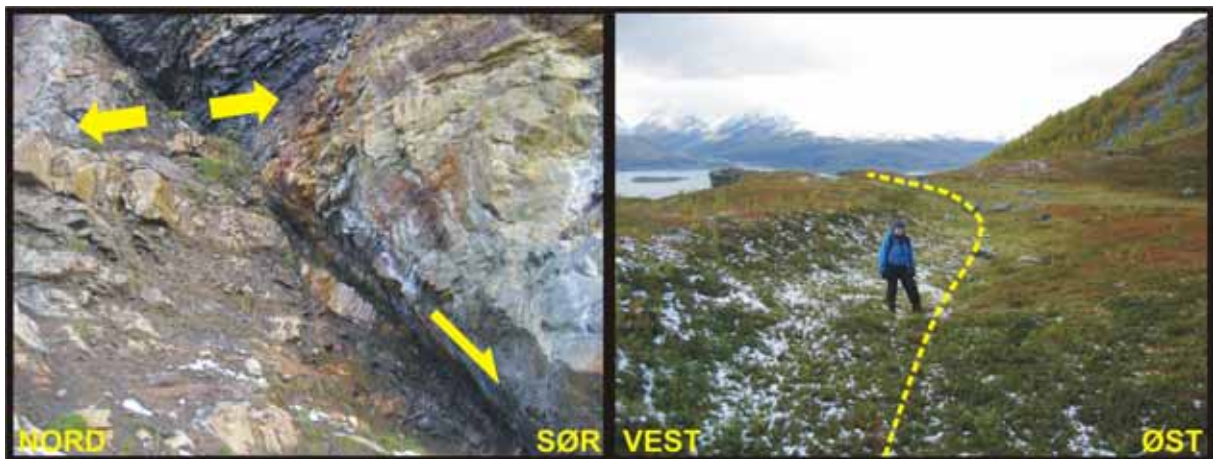


Figur 27: Strukturdata fra Indre Nordnes i underkanten av den ustabile blokken. Foliajon (lagdelingen) her danner en mer ideell situasjon for utglidning enn opp på fjelltoppen. Bevegelsesvektorer (t.h.) viser en fjordrettet bevegelse.





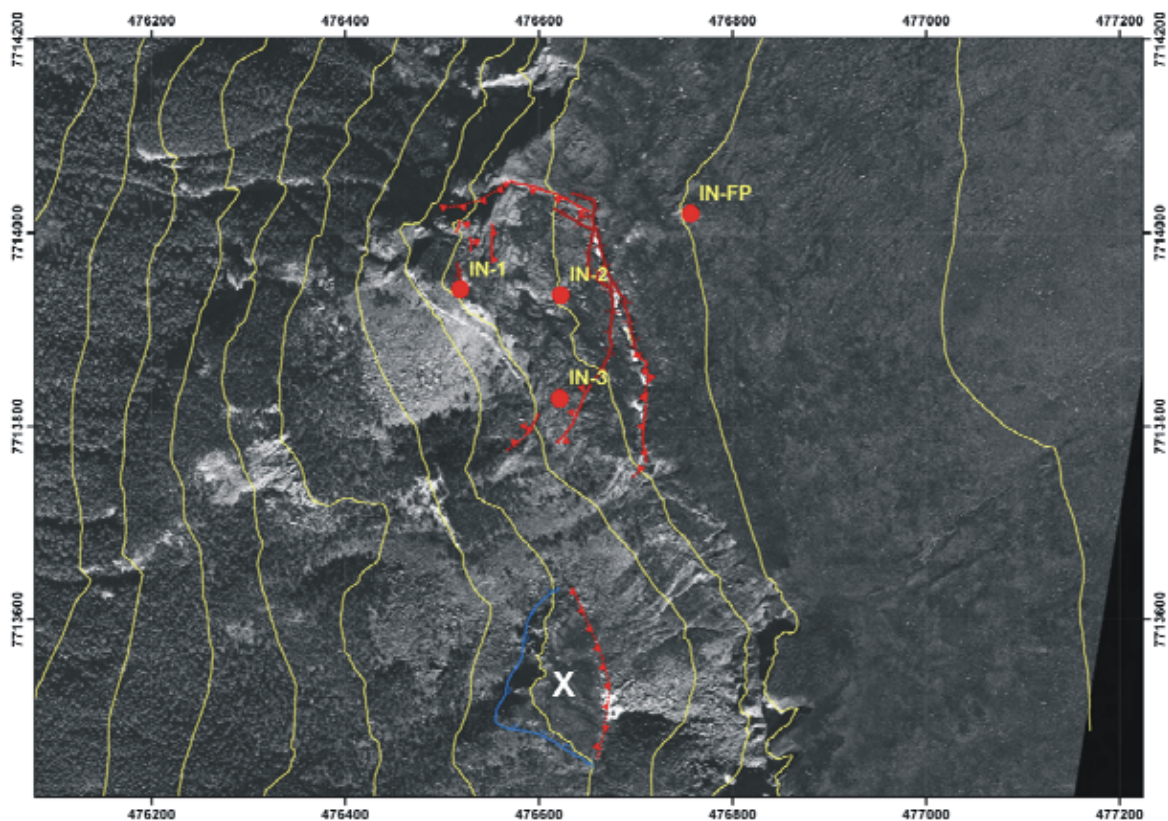
Figur 28. Steiltstående sprekker som er observert i den nedre del av Indre Nordnes. Det er antatt at fjellpartiet beveger seg på et lavvinkla skjærplan.



Figur 29. Strukturene sett på den midtre delen av Indre Nordnes. Dette området er Venstre: Eksisterende forkastningsstruktur som stuper mot SV (på skrå mot fjorden). Denne forkastningen har blitt reaktivert og viser flere meters forskyvning ned mot fjorden. En prøve av det nedknuste materialet (brekksjia) er tatt fra forkastningen. Høyre: Sonen vest for forkastningen til venstre(nedover skråningen). Dette viser en 100mx50m blokk med en stor forsenkning i bakkanten som er 5m bred og 1m dyp. Hele blokken er oppskjært av disse depresjonene og er sannsynligvis sprekker som er dekket av vegetasjon. Framkanten av blokken er preget av steiltstående strekksprekker, men det er ikke funnet noen større glideplan (lavvinkla skjærsoner) som kan forklare utglidning av blokkene. Det anbefaler at hengveggen til forkastningen og den overnevnte store blokken blir overvåket med GPS utstyr fra 2006.

#### 4.3.2 GPS målinger

GPS målingene fra Indre Nordnes er vist i Tabell 2 og Figur 30. Endringen fra 2003 til 2006 er vist i Figur 31. Endringene er små, og de er bare signifikante hvis alle målingene tilbake til 2003 er tatt i betraktningen. Tabell 2 viser at resultatene i 2003 har et større avvik fra de tre andre år, enn det som er observert i årene etter. Figur 31 viser at fra 2003 til 2006 er det signifikant endring i både IN-1 og IN-2, men endringen er veldig små. Endringene som er observert fra 2004 og utetter er ikke signifikante. Figur 31 også viser endringer fra 2005-06, som også inkluderer det nye punktet IN-3. Det er ikke signifikante endringer.

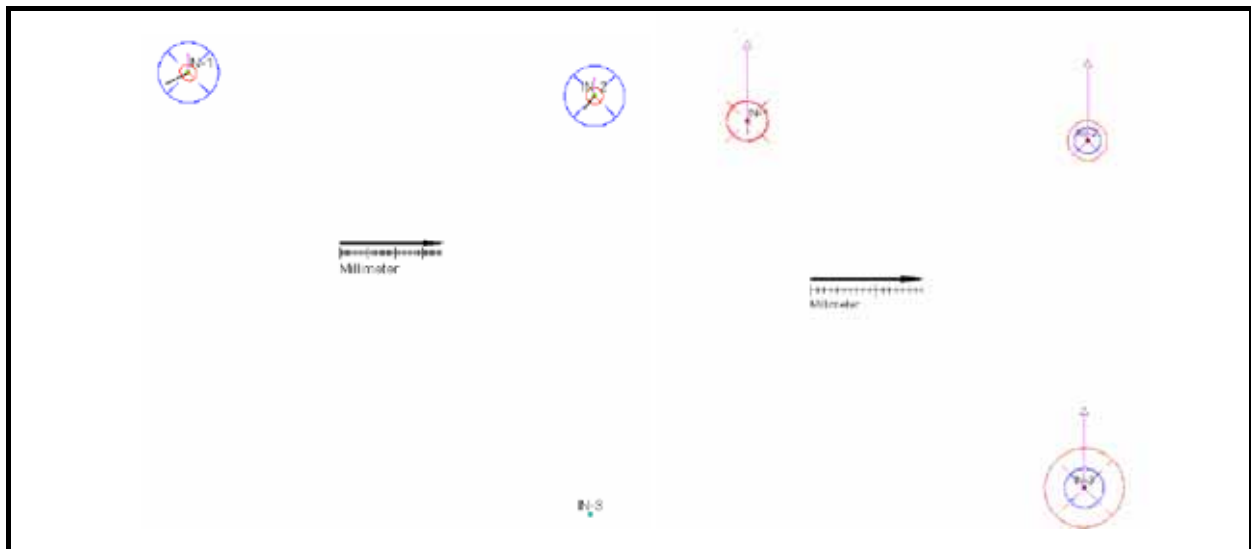


Figur 30: Kart over GPS punktene på Indre Nordnesfjellet.

PUNKT	År	N	E	H	sN	sE	sH	dN	dE	Dist	Retn	dH
IN-FP		7714019.561	476757.225	731.840								
IN-1	2003	7713942.615	476519.289	639.977	0.001	0.001	0.002					
IN-1	2004	7713942.613	476519.277	639.969	0.002	0.002	0.004	-0.002	-0.012	0.012	289.49	-0.008
IN-1	2005	7713942.613	476519.281	639.963	0.001	0.001	0.004	-0.002	-0.008	0.008	284.40	-0.014
IN-1	2006	7713942.611	476519.281	639.966	0.000	0.000	0.001	-0.004	-0.008	0.009	270.48	-0.011
IN-2	2003	7713936.591	476623.333	680.808	0.001	0.001	0.002					
IN-2	2004	7713936.590	476623.328	680.804	0.002	0.002	0.004	-0.001	-0.005	0.005	287.43	-0.004
IN-2	2005	7713936.587	476623.328	680.799	0.001	0.001	0.004	-0.004	-0.005	0.006	257.04	-0.009
IN-2	2006	7713936.586	476623.329	680.798	0.000	0.000	0.001	-0.005	-0.004	0.006	242.96	-0.010
IN-3	2005	7713829.578	476622.358	666.238	0.002	0.002	0.004					
IN-3	2006	7713829.578	476622.359	666.234	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	100.00	-0.004

Tabell 2: GPS data fra Indre Nordnes. Endringsvektorer (retning og avstand) og høyde endring for indre Nordnes. (resultat fra "Pinnacle"). Kolonnene viser bevegelse mellom årene 2003-04 / 2004-05 / 2003-05.





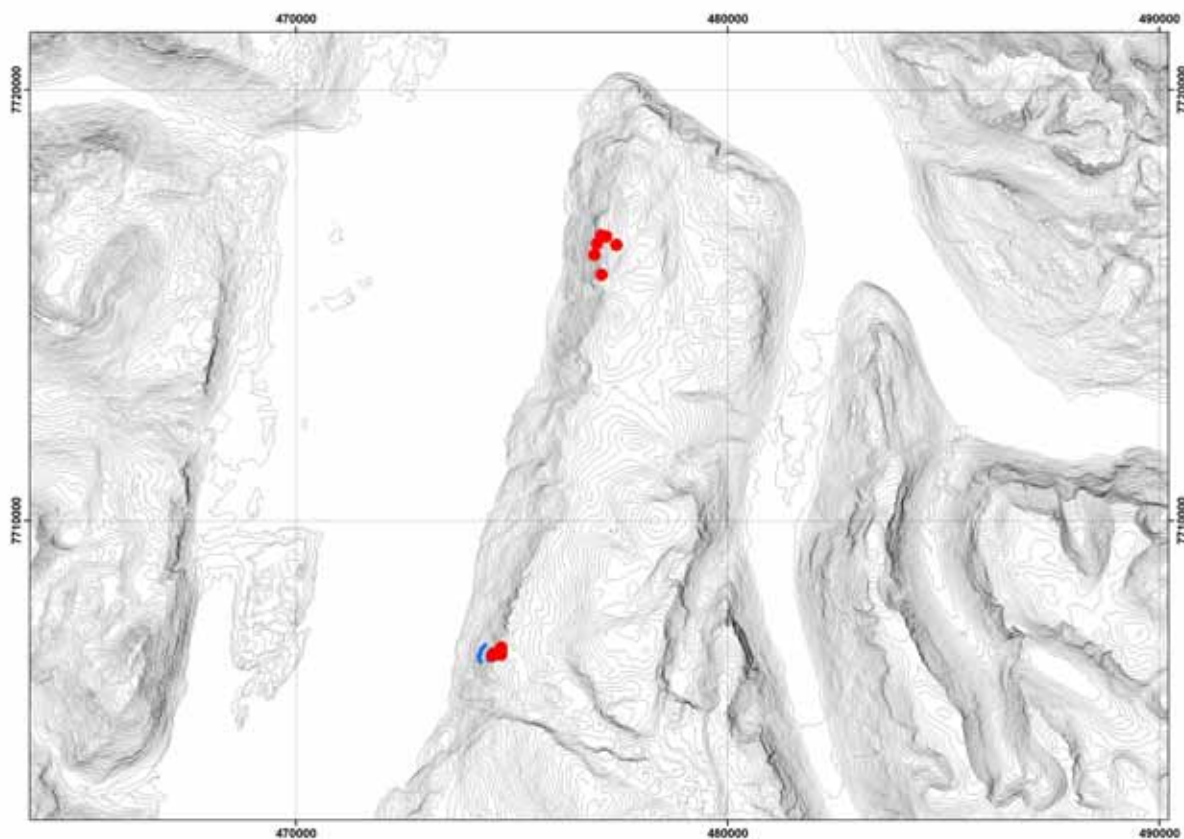
Figur 31: Kart over endringene i GPS punktene på indre Nordnesfjellet. På venstre siden er målingene fra 2003-2005 og på høyre siden er målingene fra 2005-2006.

#### 4.3.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- Ingen videre kartlegging har blitt gjort på fjelltoppen enn det som var gjennomført av Karlsen, et al., 1999. Et lavt platå nedenfor dette området har flere depresjoner som kan representere ekstensjonssprekker, men det er ikke funnet noe bevis for større utglidningsplan.
- Det totale volumet ved indre Nordnes er vurdert til å ligge mellom 10 og 20 millioner  $m^3$ . Utenfor den markert sprekken ved GPS punkt IN-1 er volumet anslått til mellom 0,5 og 1 million  $m^3$ .
- Endringene på GPS målinger er forskjellige fra år til år, noe som tyder på at bevegelsene er ikke reelle. Hvis bevegelsene er faktisk virkelig, de er tett opp mot signifikansgrensen. Området bør overvåkes videre med GPS målinger i 2007.

#### 4.4 Revdalsfjellet

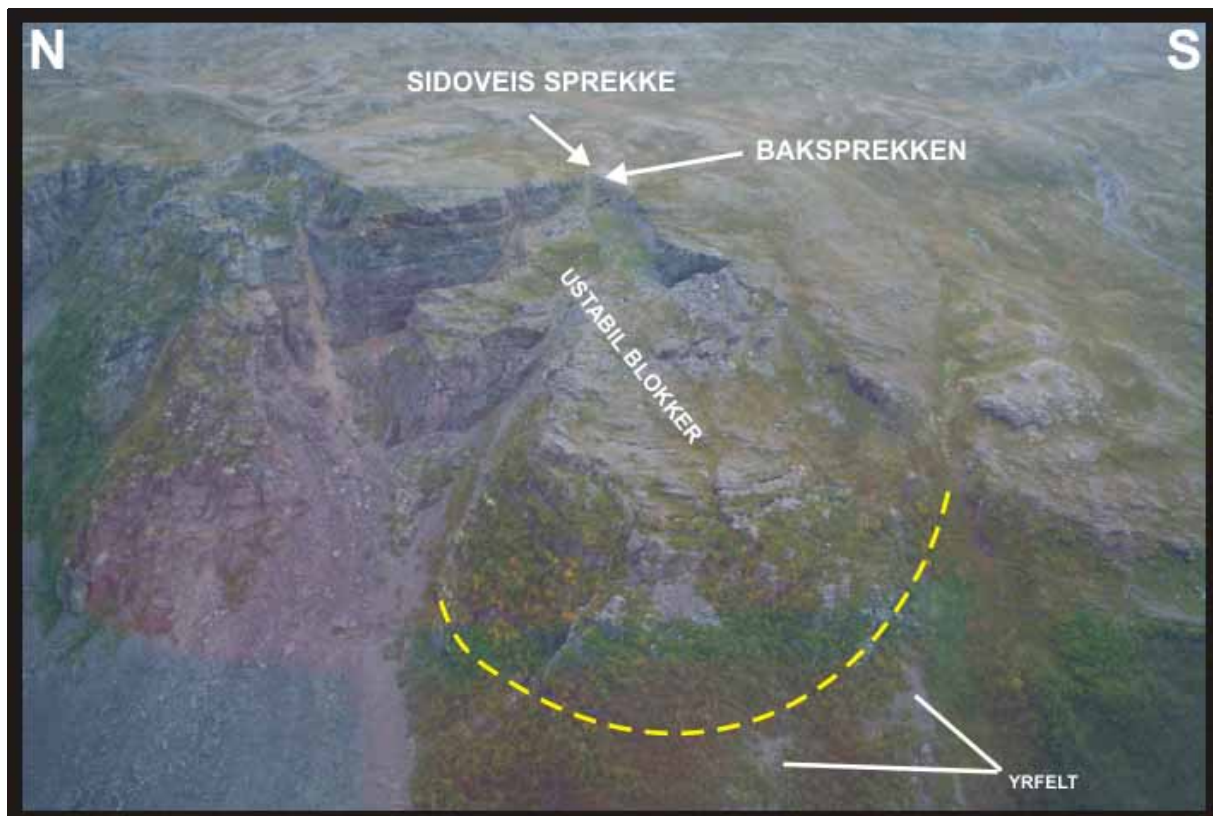
Det ustabile området ligger sør for Indre Nordnes, mot Skibotn (Figur 32 og Figur 33). Området er undersøkt ved bruk av flybilder, helikopterbefaringer og feltbefaring. Flere store fjellparti viser tydelige spor etter deformasjoner og bevegelse. Det er foretatt geologiske feltundersøkelser i et av disse feltene.



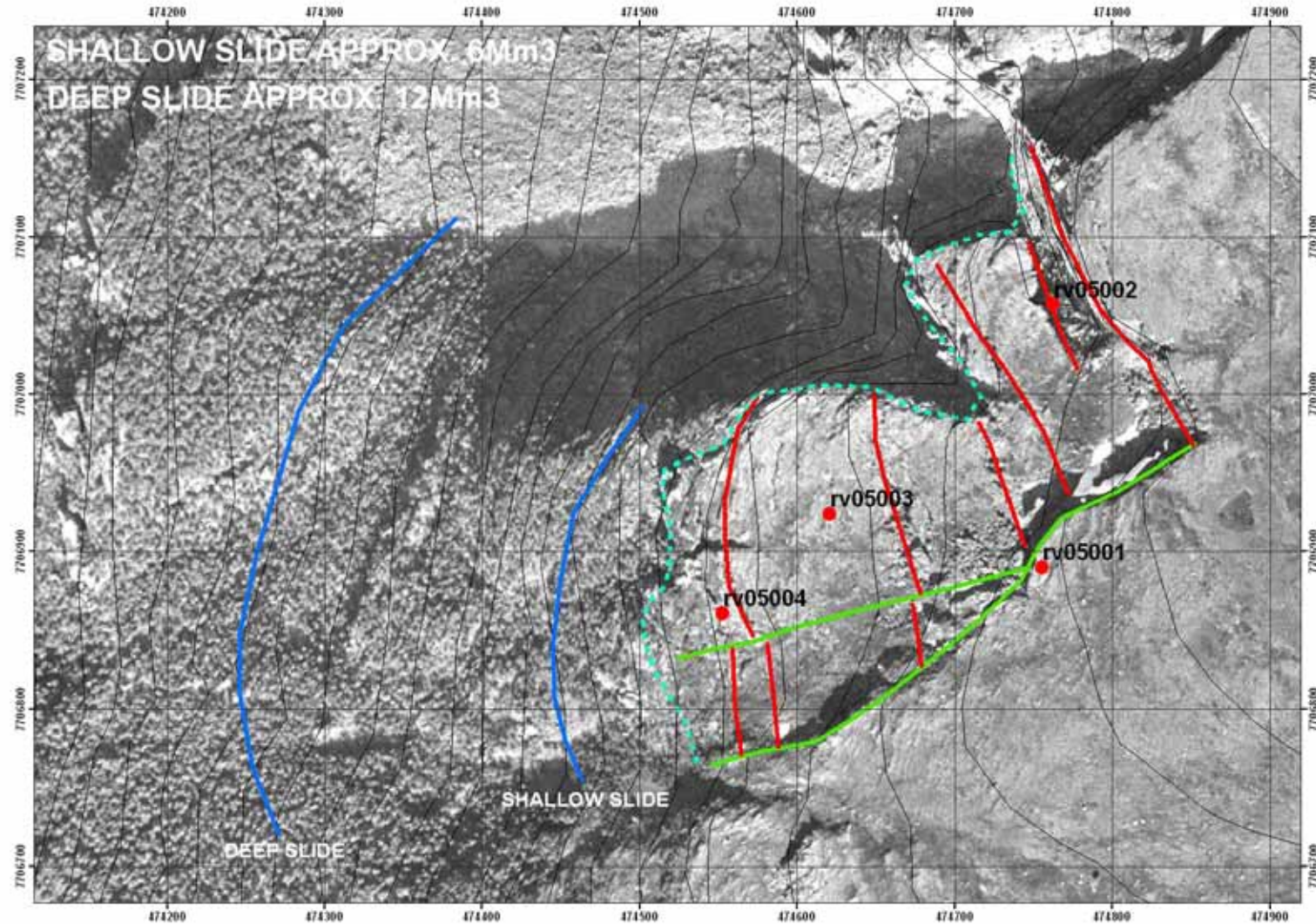
Figur 32. Kart over Revdalsfjellet (punktene i sør) som viser den med hensyn til Nordre Nordnesfjellet (punktene i nord). Revdalsfjellet er c. 10km lengre mot sør men har identiske strukturer og geometrier.

#### 4.4.1 Geologiske undersøkelser

Feltbefaringen i et av fjellpartiene på Revdalsfjellet har gitt data om strukturer som er av stor betydning for de utglidningssystemene som er dokumentert øverst på platået. Figur 35 viser en fotomontasje av de viktige strukturene. En stor blokk på omtrent 200m x 100m ser ut til å være i bevegelse. Denne blokken er delt opp i 5 blokker av 4 store strekksprekker (ekstensjon). Disse sprekkene kan følges over hele feltet og er over 100 m lange, flere meter brede og flere titalls meter dype. Disse sprekkene er knyttet til en sideveis forkastning (transfer fault, Figur 35) som begrenser blokken mot sør. Langs denne strukturen har det vært en markert strekkbevegelse og med minst 5 meter vertikal bevegelse.



Figur 33. Revdalsfjellet sett fra vest. Blokken er delt opp i minst 5 mindre blokker av store, steilstående sprekker, noen med mange meters bredde. Blokkene er avgrenset mot sør ved en sidoveis, steilstående, Ø-V forkastning. Det er mange yr felt i fremkanten av blokken men disse er gamle.



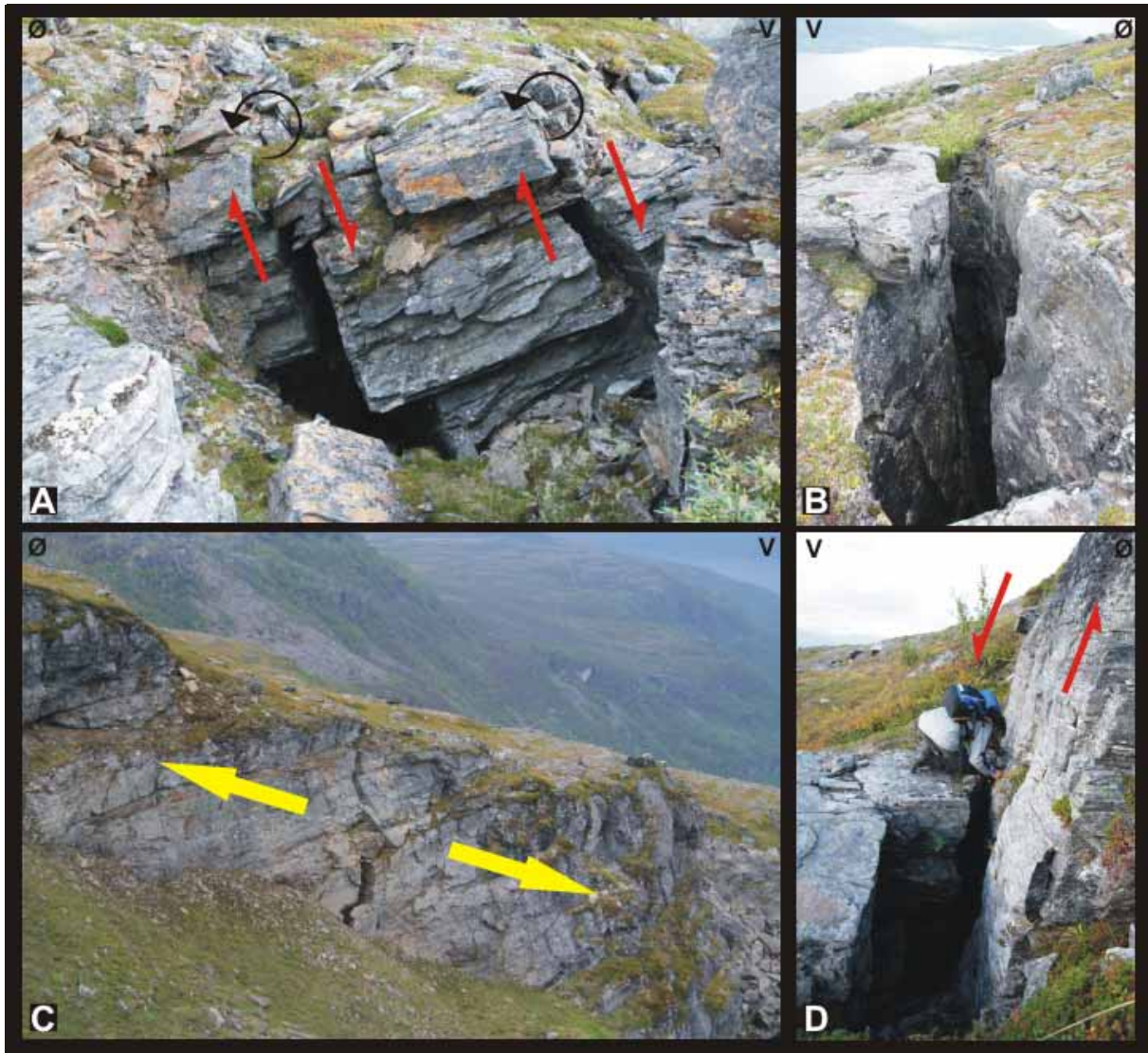
Figur 34: Geologisk tolkning av Revdalsfjellet fra flyfoto. Åpne sprekker er i rødt, sidveis forkastninger er i grønt og de mulig glideplanene er blå. De to mulig utglidningsplaner gir to forskjellige potensielle volumer for blokken. Den som er lengst vest er vesentlig større volum. Disse utglidningsplaner er basert enkelte blotninger sett i skogen nedenfor blokken.





*Figur 35. Fotomontasje av Revdalsfjellet som viser de forskjellige kritiske strukturer. Fire store strekksprekker er observert med en lengde på mer enn 100 m. Utgående av disse er markert med hvite piler. Disse har et horisontalt strekk på flere meter og dybden på flere titalls meter.*

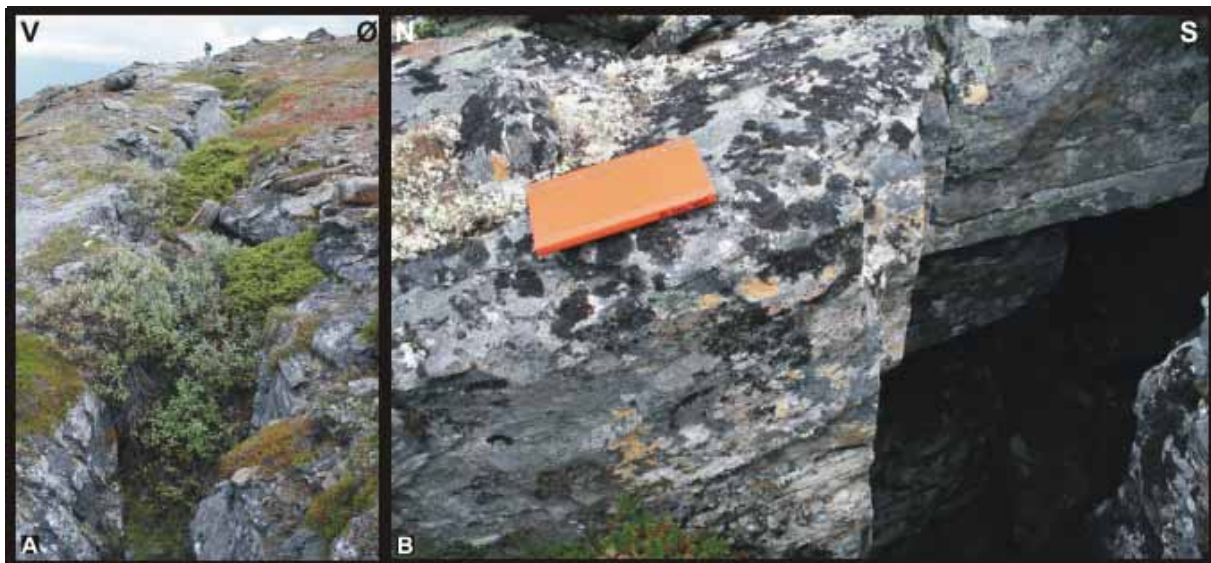
I bunnen av fjellet under disse strukturene finner vi bevis på lavvinklede utglidningsplan som skjærer gjennom lagdelingen i bergarten. Noen av disse strukturene har utviklet nedknusningssoner (breksjer) som er et resultat av nyligere bevegelser (Figur 37). Det er høyest sannsynlig at det er bevegelsen på disse lavvinklede strukturer som har forårsaket de store sprekkene lenger opp på fjellsiden.



Figur 36: Strukturer observert i feltet på Revdalsfjellet. A- Ekstensjonsforkastninger som er rotert bakover. Det er mest sannsynlig at dette har skjedd på en utglidningsplan som ligger under forkastningene. B- En av de store NNV-SSØ sprekker som er flere titals meter dype. C- Bevis for fjordrettet bevegelse. D- Bevis for både horisontal og vertikal bevegelse rettet mot fjorden på en av de store NNV-SSØ sprekker.

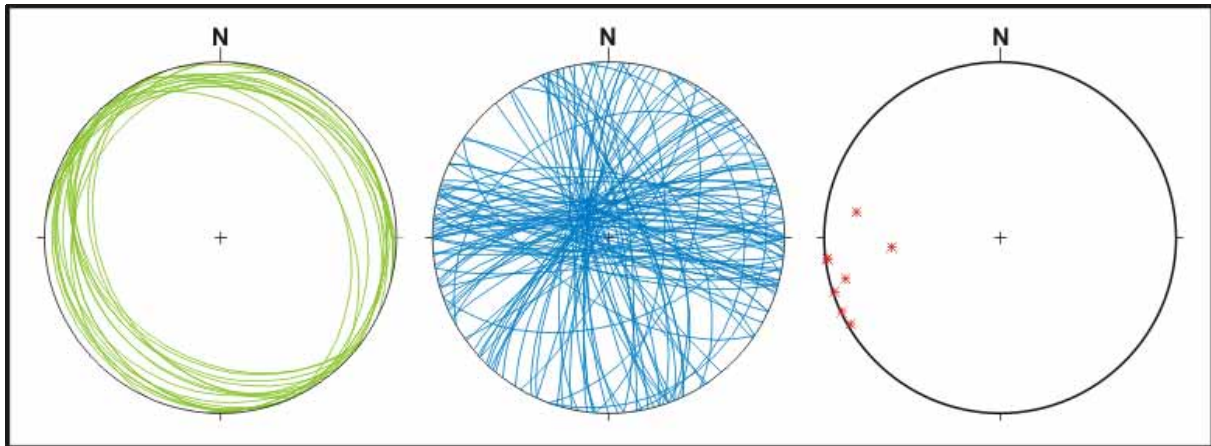


Figur 37. Noen tynne nedknuste soner (breksjer) som ligger langs fjordstupende strukturer med lav til moderat vinkel. Disse er observert ned skråningen fra de store ekstensjonsblokkene som er vist i Figur 35. Breksjene er klare bevis for nylig bevegelse og disse strukturene kan være årsaken til de store åpningene på de steilstående strukturene.



Figur 38: Bevis for igjengrodd sprekkeoverflater som tyder på at sprekken er ikke aktive. Dette er bekreftet av GPS målingene.





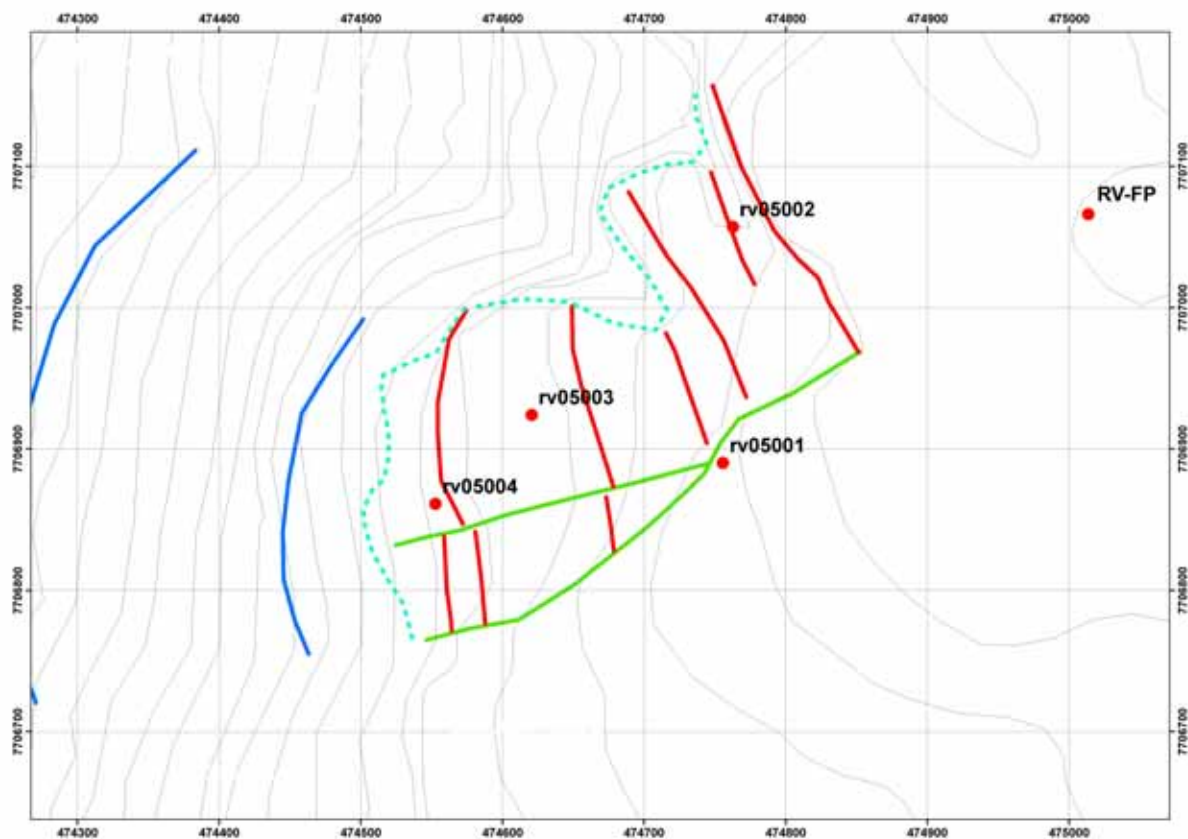
Figur 39: Stereonett data for Revdalsfjellet.

#### 4.4.2 GPS målinger

På grunnlag av de geologiske undersøkelsene, og bevisene på større utglidningsplan var det etablert 5 GPS punkter i 2005. Et ekstra fastpunkt var lagt ut i 2006 flere hundre meter mot øst etter en mindre sprekke var sett i nærheten av det opprinnelig fastpunktet. Resultatene av de første års målinger er vist i Tabell 3 og Figur 40.

Tabell 3 viser at det er litt variasjon i endringene i punktene. Horisontal endring i er så vidt over grensen for signifikans men ikke er signifikant i de to andre punktene. I alle tre punktene er horisontal bevegelsen mot NØ som er parallelt med strøket av bruddene, noe som ikke stemmer med de målte vektorene på selve bruddene som er mot VSV. Endringene i høyde er ikke signifikante for noen av punktene, men alle viser sannsynlig heving.

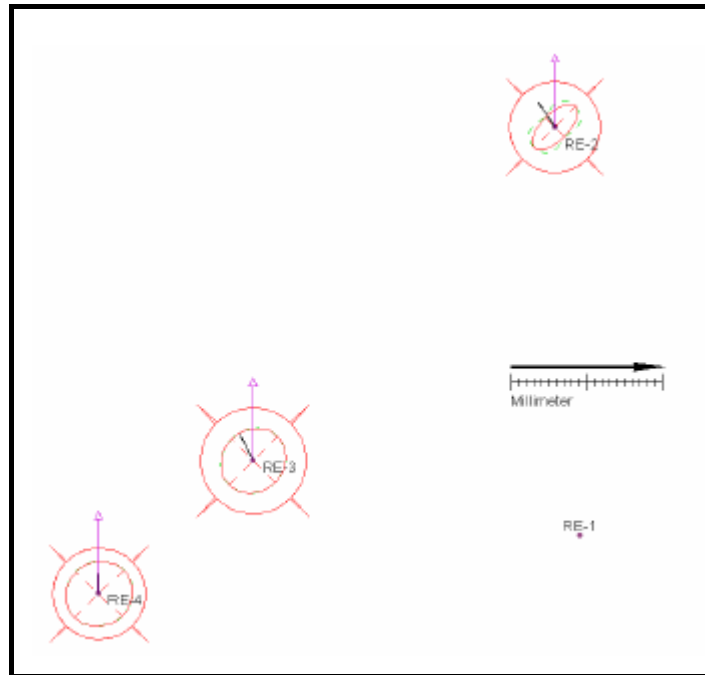




Figur 40: Geologisk kart over Revdalsfjellet som viser de GPS punktene lagt ut i 2005 og 2006.

PUNKT	År	N	E	H	sN	sE	sH	dN	dE	Dist	Retn	dH
RE-FP	REV-06	7707066.026	475014.161	712.574	0.001	0.001	0.002					
RE-1	REV-05	7706887.936	474754.206	667.355								
RE-1	REV-06	7706887.936	474754.206	667.355								
RE-2	REV-05	7707050.611	474744.098	638.394	0.001	0.001	0.003					
RE-2	REV-06	7707050.614	474744.096	638.400	0.000	0.000	0.001	0.003	-0.002	0.004	365.00	0.006
RE-3	REV-05	7706917.908	474624.137	603.011	0.001	0.001	0.003					
RE-3	REV-06	7706917.912	474624.135	603.018	0.001	0.001	0.002	0.004	-0.002	0.005	367.99	0.007
RE-4	REV-05	7706864.995	474563.215	584.467	0.001	0.001	0.003					
RE-4	REV-06	7706864.998	474563.215	584.473	0.001	0.001	0.002	0.003	0.000	0.003	392.08	0.006

Tabell 3: GPS data for Revdalsfjellet. Se lokalisering av punkter i Figur 41. Tabellen viser endringer fra 2005-2006.



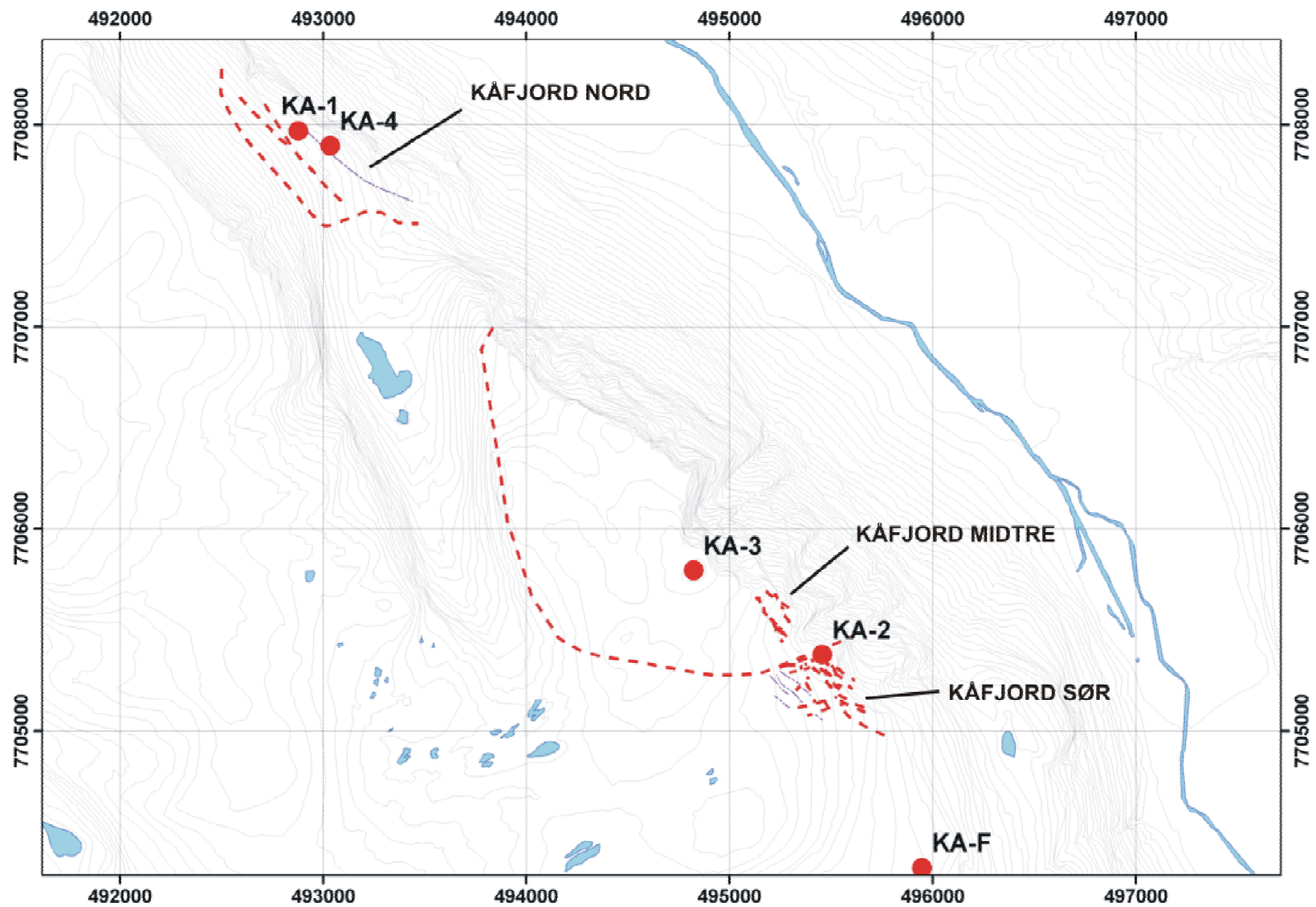
Figur 41: Kart over GPS punktene lagt ut på Revdalsfjellet. De viser at de er ingen påvist bevegelse i noen av de blokkene. RE-" er så vidt over signifikansgrense men det andre to punkter er under signifikansgrense for horisontal bevegelse. Alle punkter viser en meget liten heving i vertikal retning men alle er langt under signifikansgrensen.

#### 4.4.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- De geologiske undersøkelsene påbegynt i 2005 og ferdiggjort i 2006 viser en tilsynelatende stor ustabil blokk som er delt opp i flere mindre blokker på steilstående, meget åpne brudd. Det er my bevis for lavvinklede skjærsoner som skrånere ut mot fjorden som kan være årsaken til utglidningen.
- To mulige utglidningsplaner er observert i skrånningen nedover i fremkanten av blokken. Disse gir to potensielle volumer på enten  $6 \text{ Mm}^3$  eller  $12 \text{ Mm}^3$ .
- GPS målinger gjort i 2006 viser ingen vesentlige bevegelse i noen av punktene som var lagt ut i 2005. Det viste seg at fastpunktet ligger i nærheten av en mindre sprekke. Det var derfor bestemte å flytte fastpunktet lenger øst opp fjellsiden. Målingene bør gjøres om igjen i 2007.
- Forklaringen at det er ikke noen samsvar mellom observert strukturer og at det er ingen bevegelse i GPS punktene kan ligge i mulighetene at fjellsiden har engang (for eksempel når det har vært større nedbørsmengde) vært ustabil men har nå stoppet opp. Fjellsiden burde uansett undersøkes videre fra år til år med GPS.

### 4.5 Kåfjorddalen

Områdene i Kåfjord er delt opp i tre deler (Figur 42). Disse er Kåfjord Nord (tidligere Kåfjord 1) Kåfjord Midtre og Kåfjord Sør (tidligere Kåfjord 2). Alle lokaliteter har blitt befart med helikopter og Kåfjord Nord har blitt undersøkt til fots i bunnen av fjellsiden i 2005, hvor noen kritiske strukturer har blitt sett. Nord og Sør var først befart i 2003 og GPS punkter var lagt ut på disse i 2004. Midtre var først identifisert i 2006 og GPS punkter har blitt nylig lagt ut, i tillegg til rekognoserings feltarbeid.



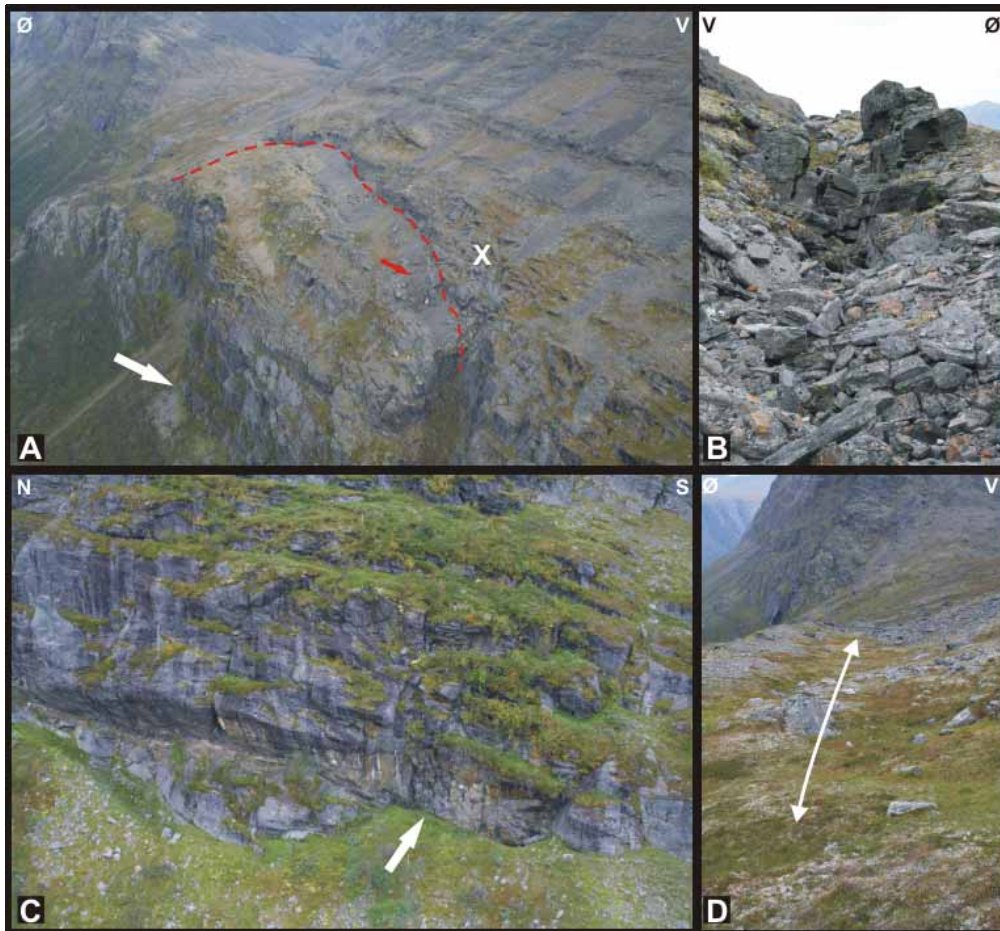
Figur 42. Oversikt over de ustabile fjellpartiene på sørvest siden av Kåfjorddalen. Sirklene viser GPS punkter. Se lokalisering i Figur 5.

## 4.5.1 Kåfjord Nord

### 4.5.1.1 Geologiske undersøkelser

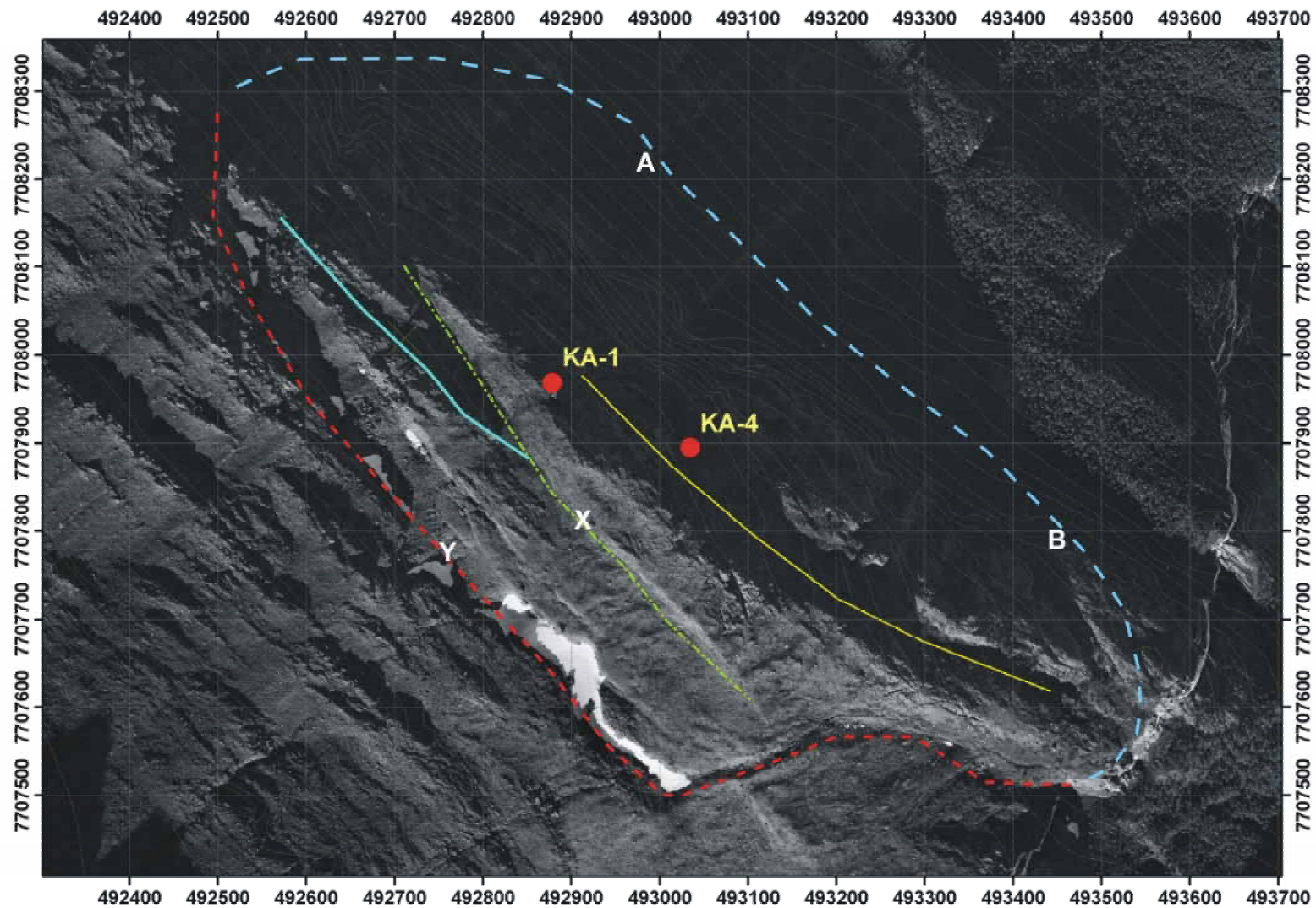
Dette området, som ligger nord for Oksfjellet på kanten av stupet ned til Kåfjordbotn (Figur 43a), har hatt et GPS punkt lagt ut siden 2003 (KA-1) men ingen geologiske kartlegging. Et ekstra punkt var lagt ut i 2005 og det første årets målingsintervall er nå ferdig (se avsnitt 4.5.1.2 under). En enkel geologisk kartlegging har blitt gjennomført i 2006 (Figur 44). Baksprekken viser en markant forskyving (Figur 45b) av nesten 10m men det er ikke særlig tegn til horisontal åpning. Bruddet ser ut til å være aktiv med hensyn til de ferske blokker som er sett i yren som ligger i nærheten (Figur 43a Figur 45b). To interne sprekker som har en VNV-ØSØ trend er sett i feltet og tolket ut ifra flyfoto (Figur 44) som viser mindre tegn til bevegelse enn hovedsprekken. For eksempel, Figur 43b viser en av sprekkene. Dette har c. 2m horisontal bevegelse og nesten ingen vertikal bevegelse. Sprekken er veldig igjengrodd og viser ikke særlig mye tegn til bevegelse. Lenger ned på fjellsiden er det en VNV-ØSØ depresjon (Figur 43d) som er tolket som et ekstensjonsbrudd som er i en tidlig utviklingsfase. Her er det også ingen særlig tegn til nylig bevegelse.

Det var utført en dags feltundersøkelse i den nedre delen av dette området i 2005. Målet med dette var å se om det var potensielle glideplan som kunne forklare de store bevegelsene som er dokumentert i den bakre vertikale sprekket øverst. Observasjonene viser et komplekst sprekkesystem som muligvis kan forklare både de store bevegelsene som eksisterer øverst i fjellsiden og de merkelige resultater fra GPS målingene (diskutert i avsnitt 4.5.1.2). Vanligvis er store utglidninger et resultat av bevegelse langs markerte skjærsoner som går parallelt med foliasjonen eller lagdelingen i fjellet og som faller i samme retningen som fjellsiden. I dette området finner vi imidlertid lagdeling som faller mot fjellet. Figur 47 viser eksempler på de sprekkene som er observert i felt. De er to hovedsprekkeretninger som dominerer i dette området. De viser en steiltstående sprekkeretning som tydeligvis viser en ekstensjon eller strekk som er parallelt med fjellsiden. Den andre retningen er parallelt med lagdelingen, og med en bevegelse ned fjellsiden, men opp i luften. Dette type av geometri har muligheten til å skape både ekstensjonsbrudd og heving på noen av sprekkene på samme sted.

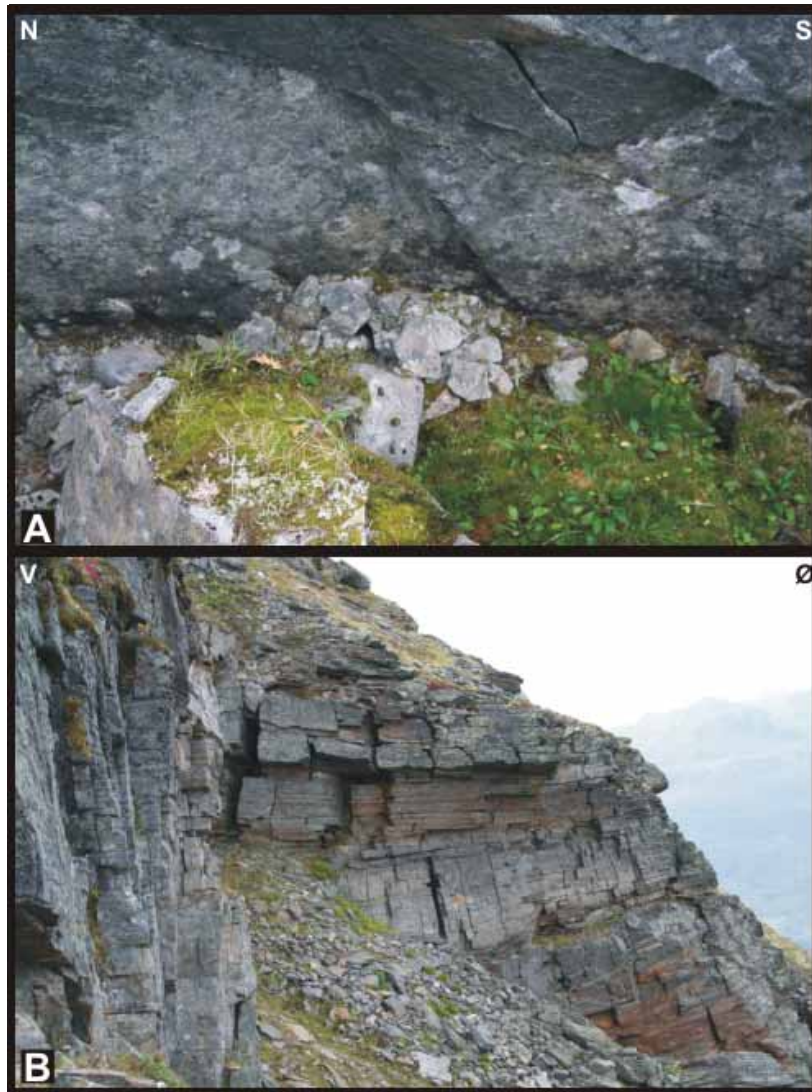


Figur 43: Fotobevis for strukturene på toppen av den ustabile blokken på Kåffjord Nord. A- Blokken sett fra luften. Den røde pilen viser et område med yr under baksprekken. I området markert 'X' er det en konsentrasjon av mindre sprekker bak baksprekken. Den hvite pil viser en mulig utglidningsplan. B- En interne sprekke som har omtrent 2m horisontal bevegelse og veldig lite vertikal bevegelse. Sprekken ser ikke særlig aktiv ut. C- Mulig utglidningsplan sett fra luften. D- Depresjonen i fremkanten av blokken som kunne være en utviklende brudd struktur.



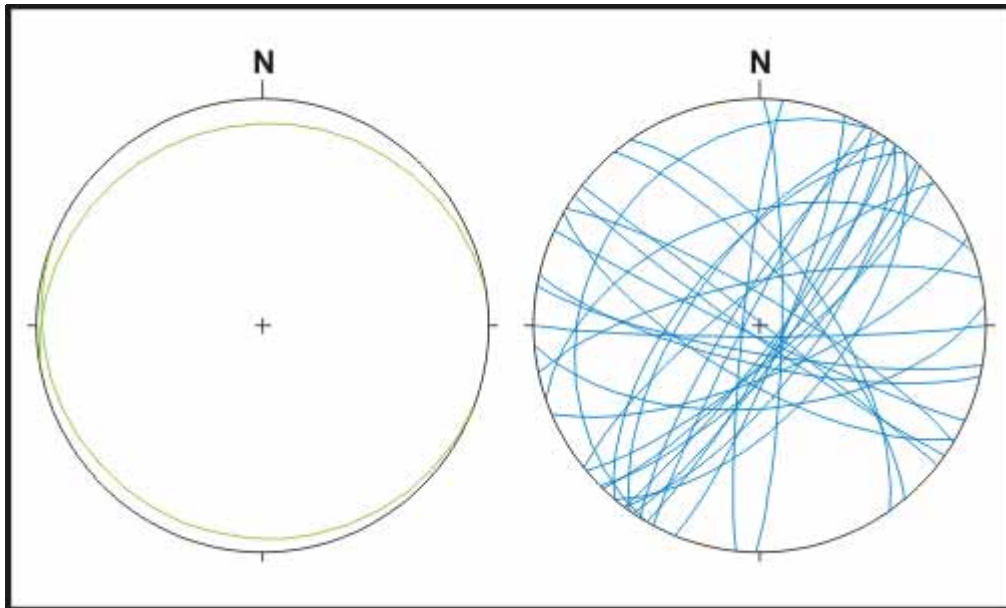


Figur 44: Geologisk kartlegging gjennomført på Kåfjord Nord i 2006. Den røde linjen er hovedbaksprekken. Den grønne linjen og den lysblå er sekundær sprekker internt i blokken. Den gule linjen er en depresjon som har ikke utviklet seg til en sprekk. Den mørkblå linjen lengst nord en mulig glideplan for blokken i stupet sett fra luften.

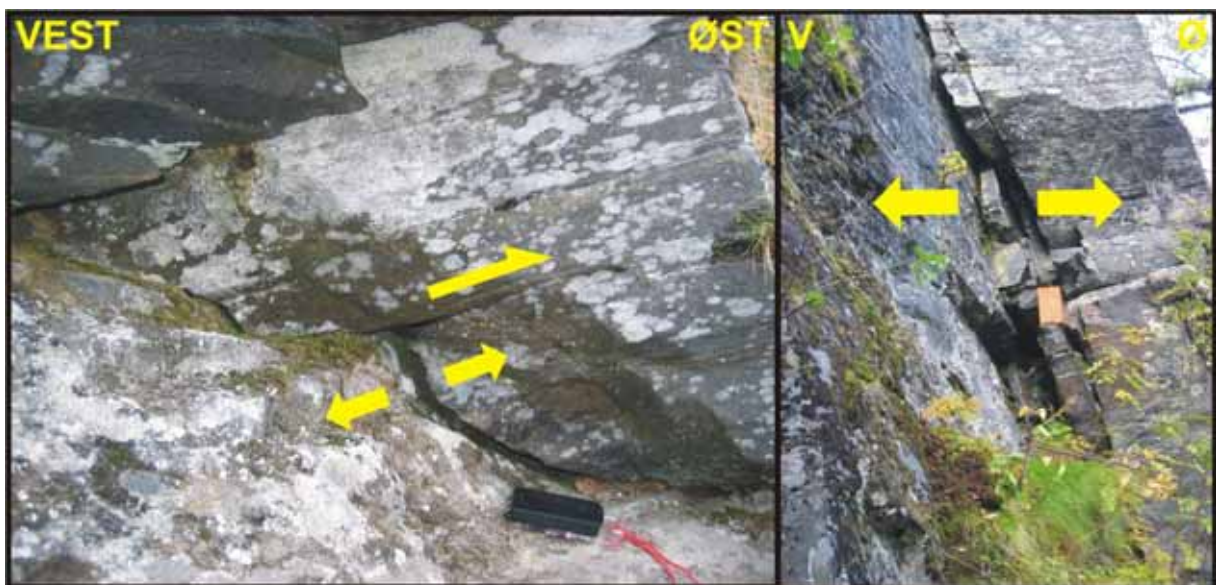


*Figur 45: Motstridende indikasjoner for bevegelse fra Kåfjord Nord. A- Den interne sprekke markert 'X' på Figur 44. Kontakten mellom sprekkeveggen og vegetasjonen i bunnen av sprekken tyder på at sprekken er ikke nylig aktiv. B- I nærheten av baksprekken ved 'Y' på Figur 44. Her er det mye bevis for løse blokker og ferske blokker i yren og tyder på nylig bevegelse.*





Figur 46: Stereonett data for Kåffjord Nord i den øvre delen av fjellsiden.



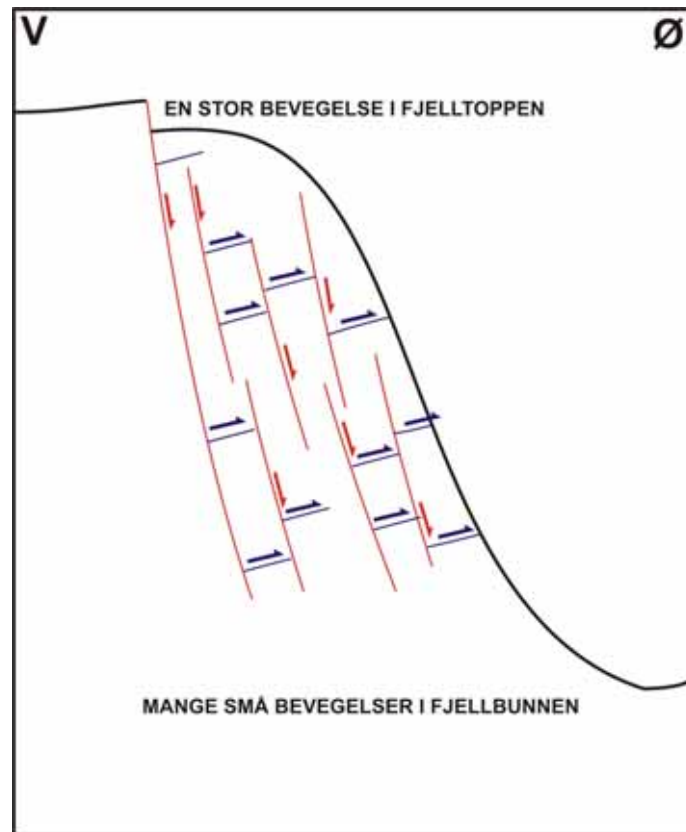
Figur 47. Eksempler på sprekker observert i felt i nedre deler av fjellsiden ved Kåffjord Nord. T.V.- Utover bevegelse langs foliasjonen (båndingen) i retning ned dalsida (høyre). Det er sannsynlig at denne bevegelsen kan forklare store strekkbevegelsene; T.H.- En kombinasjon av begge sprekketypene; der små bevegelser i hele fjellsiden kan lede til de store bevegelsene som er dokumentert i toppen av fjellet. Både blotninger er nord for punktet markert 'A' på Figur 44. Disse type av strukturer kan forklare de merkelige resultater fra GPS målinger som viser oppover bevegelse i avsnitt 4.5.1.2.

Disse er derfor skjærsprekker. Bevegelsen som er påvist i skjærsprekke bety at strekk og vertikal forskyvning kan pågå på de steiltstående sprekke. Hvis hele fjellsiden består av slike sprekker, og hvis en relativt liten bevegelse kan bli tatt opp på hver sprekke, kan de samlet føre til en stor bevegelse i den øverste sprekke (se Figur 48). Dette er en type bevegelse som gjør det svært vanskelig å skape store og sammenhengende utglidningsplan og derfor utglidninger av store fjellparti. Det vil derimot favorisere mindre blokkutglidninger av begrenset volum. Fremdeles er det imidlertid behov for å teste denne modellen for å være

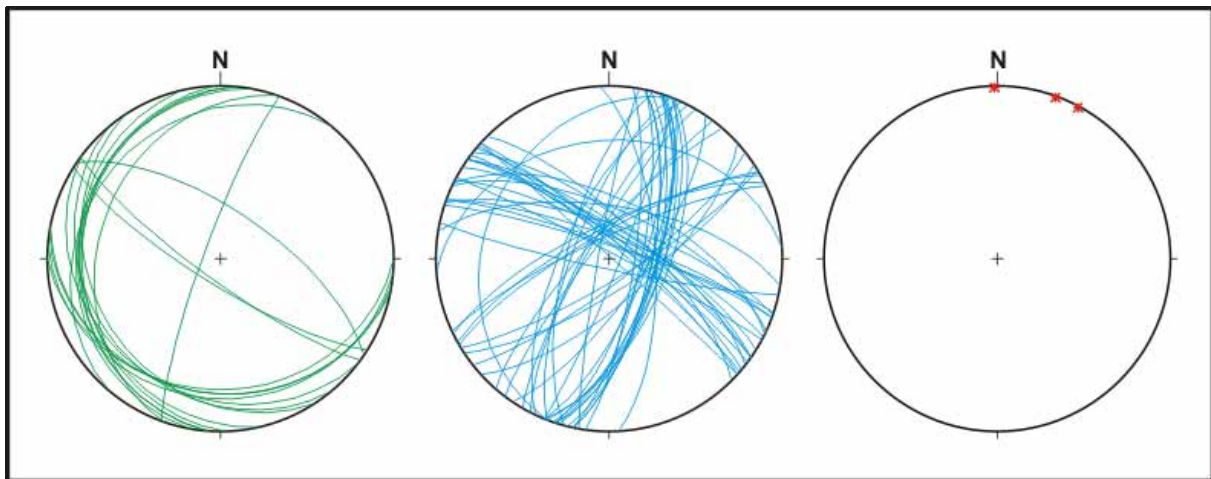


sikker på at det ikke kan utvikles sammenhengende svakhetssoner som kan føre til større utglidninger.

I rapporten i 2006 var det fastsatt et volum på mellom 5 og 10 millioner m<sup>3</sup> for Kåfjord Nord. Avgrensning av den øverste delen med bedre kartlegging i forbindelse med identifisering av en mulig glideplan lenger ned på fjellet (Figur 43c) mener at dette volumet kan revideres opp til c. 16 Mm<sup>3</sup> siden lengden på blokken er c.800m, bredden er på c.200m og dybden til den potensielle utglidningsplan er c. 100m.



Figur 48. Foreløpig arbeidsmodell for dannelsen av to forskjellige sprekketyper på Kåfjord Nord. Nedadgående bevegelser på mange små ekstensionssprekker (rød) har ledet til dannelsen av skjærsprekker som tillater dannelse og bevegelse av blokker mot dalen. Mange små bevegelser kan akkumuleres til en tilsynelatende stor bevegelse helt øverst. Denne modellen var først tydet på etter rekognoseringsarbeid på den nedre delen av fjellsiden i 2005. Denne modellen var først foreslått i 2005 ut ifra feltobservasjonene. Etter feltarbeidet i 2006 er det ingen grunn til å avkrefte denne modellen.



Figur 49: Stereonett data for nordre Kåfjorddalen i den nedre delen av fjellsiden.

#### 4.5.1.2 GPS målinger

To GPS punkter er etablert på Kåfjord Nord. Disse er KA-1 og KA-4. KA-1 var etablert i 2003 og KA-4 i 2005. Et nytt fastpunkt var planlagt plassert sørvest for KA-3 for å styrke nettet geometrisk å gi kortere og mer presise vektorer til punktene på Kåfjord Nord.

Dessverre, grunnet dårlig vær, var det umulig å etablere punktet. Et nytt punkt her bør etableres i 2007 for å forsterke målingene på Kåfjord Nord.

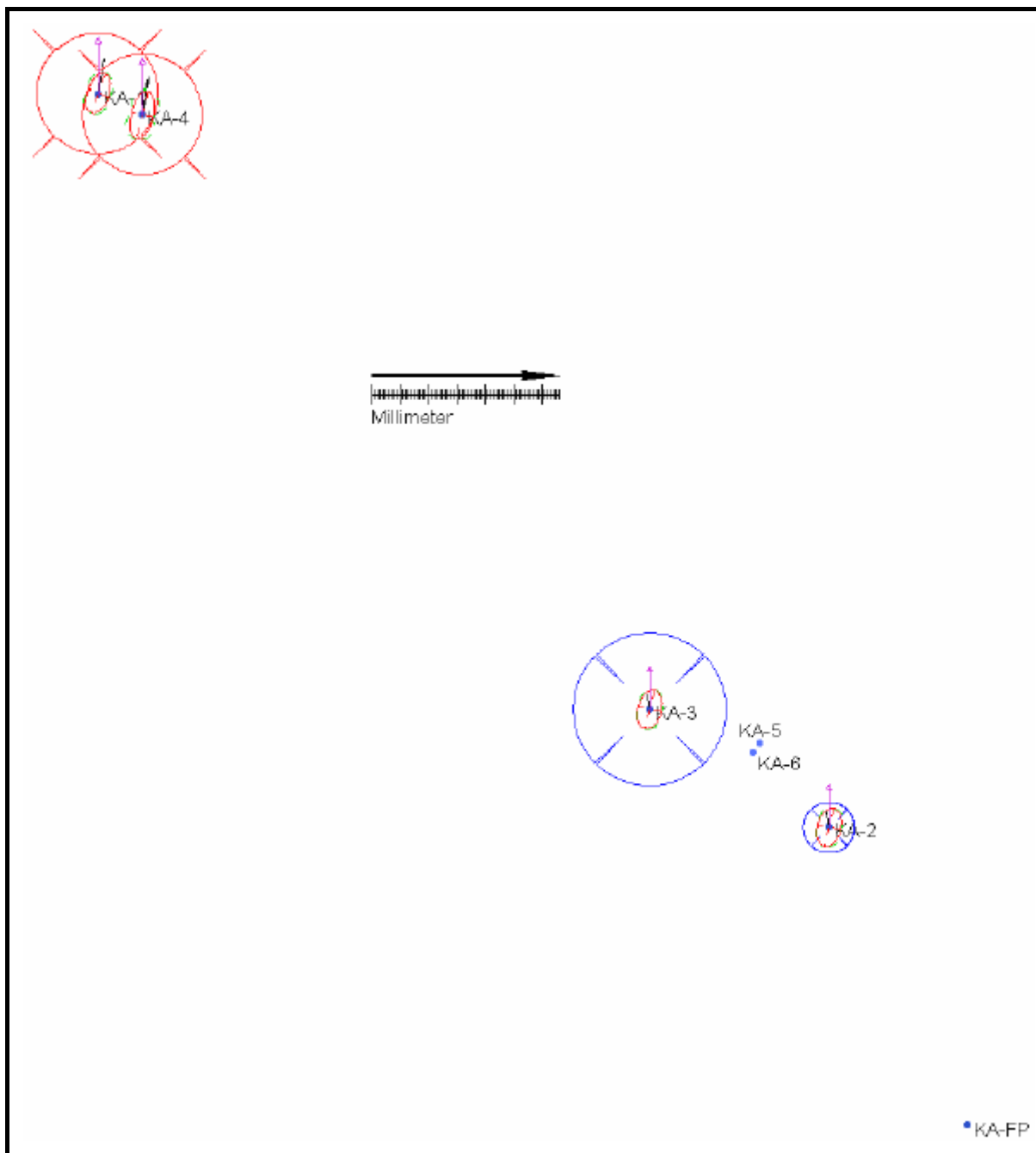
Resultatene fra Kåfjord Nord har vært lite entydige så langt i måleintervallene 2003-2006 og målingene i år gir heller ikke klart entydige resultater (Tabell 4 og Figur 50). I vertikal retning er resultatene fremdeles meget usikre, noe som skyldes lange vektorer og dermed langt høyere standardavvik på resultatene sammenlignet med de andre områdene. Resultatene viser at bevegelsene i punktene er lite konsistente over tid (dette gjelder også Kåfjord Sør), noe som også kan tyde på at bevegelsene er ikke reelle. Retning på vektor er kanskje det enkleste å se. Her ser en at retningene varierer mye, og til dels er i motsatt retning fra år til år. Dette kan også tyde på at bevegelsene er ikke reelle.

For 2003-06 er det signifikant horisontal bevegelse i alle punktene, men ikke vertikal bevegelse (Figur 50). For 2005-06, som tar med det nye punktet KA-4 er det signifikante endringer i horisontal bevegelse i KA-1 og KA-4 men ikke i KA-1 og KA-2. I den siste perioden er det signifikant reduksjon i høyden til KA-2 og på grensen til signifikant positiv høydeendring (hevning) i KA-1 og KA-4.

Konklusjon på endringene så langt er at det er klare indikasjoner på horisontal bevegelse i punktene, men det er usikkert om det er vertikale endringer.

PUNKT	Periode	Resultat Pinnacle					Resultat Grafnet				
		Endring mellom målinger					Endring mellom målinger				
		dN	dE	Dist	Retn	dH	dN	dE	Dist	Retn	dH
KA-1	2003-04	0.015	0.011	0.019	40.28	-0.007	0.013	0.009	0.016	38.55	-0.015
KA-1	2004-05	-0.013	-0.011	0.017	244.71	0.004	-0.012	-0.010	0.016	244.23	-0.002
KA-1	2005-06	0.012	0.002	0.012	12.26	0.021	0.008	0.000	0.008	2.39	0.021
KA-2	2003-04	0.007	0.007	0.010	50.00	-0.018	0.006	0.003	0.007	29.52	-0.018
KA-2	2004-05	-0.001	0.000	0.001	200.00	0.024	-0.005	0.003	0.006	165.60	0.014
KA-2	2005-06	0.006	-0.001	0.006	385.17	-0.009	0.003	-0.001	0.004	383.98	-0.010
KA-3	2003-05	0.005	0.001	0.005	12.57	0.032	0.003	-0.002	0.004	362.57	0.012
KA-3	2005-06	0.005	-0.001	0.005	383.16	-0.027	0.002	-0.001	0.002	382.28	-0.023
KA-4	2005-06	0.013	0.003	0.013	11.92	0.021	0.010	0.001	0.010	5.66	0.021

Tabell 4: Endringer for punktene ved Kåffjord Nord og Sør for 2003-06. Tabellen viser endring i posisjon mellom årene, og retning og størrelse til endringsvektoren. Punktet KA-3 er ikke målt i 2004.



Figur 50: Kart som viser GPS punktene fra Kåffjord fra 2005 til 2006. Punktene fra Kåffjord Nord er KA-1 og KA-4. Disse viser en horisontal endring i retning mot NNØ som er å vidt over signifikansgrensen. Både punktene viser en vertikal heving som er tett opp mot signifikans grenser. Dataene fra 2003-2006 viser en mer komplisert endring av punktene både vertikalt, horisontalt og i retning en bilde viste ovenfor (se Tabell 4).

#### 4.5.1.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- Geologisk kartlegging har vært påbegynt på toppen av blokken på Kåffjord Nord i løpet av 2006. For dette, har det ikke blitt gjort noen kartlegging her, selv om det har vært lagt ut GPS punkter i flere år.
- Kartlegging viser en stor sprekke på bakkanten av blokken som har tilsynelatende flere meters vertikal bevegelse men ikke noen særlig horisontal åpning.



- Flere sprekker er sett internt i blokken men disse viser veldig lite tegn til nylig bevegelse.
- Observasjon av fremsiden av blokken viser noen tegn til lavvinklede plan utover mot nord (dalen) men disse viser veldig lite tegn til bevegelse eller glidning.
- I de interne blokker er det tegn til oppover bevegelse (heving) med hensyn til naboblokken. Dette passer med geometrien av arbeidsmodellen som var presentert i 2006 og delvis med de resultater fra GPS målingene som viser tegn til oppover bevegelse nært signifikansgrensen.
- Antydning til en mulig utglidningsplan gir en svært usikkert tyding til volum på blokken av c. 15Mm<sup>3</sup>.

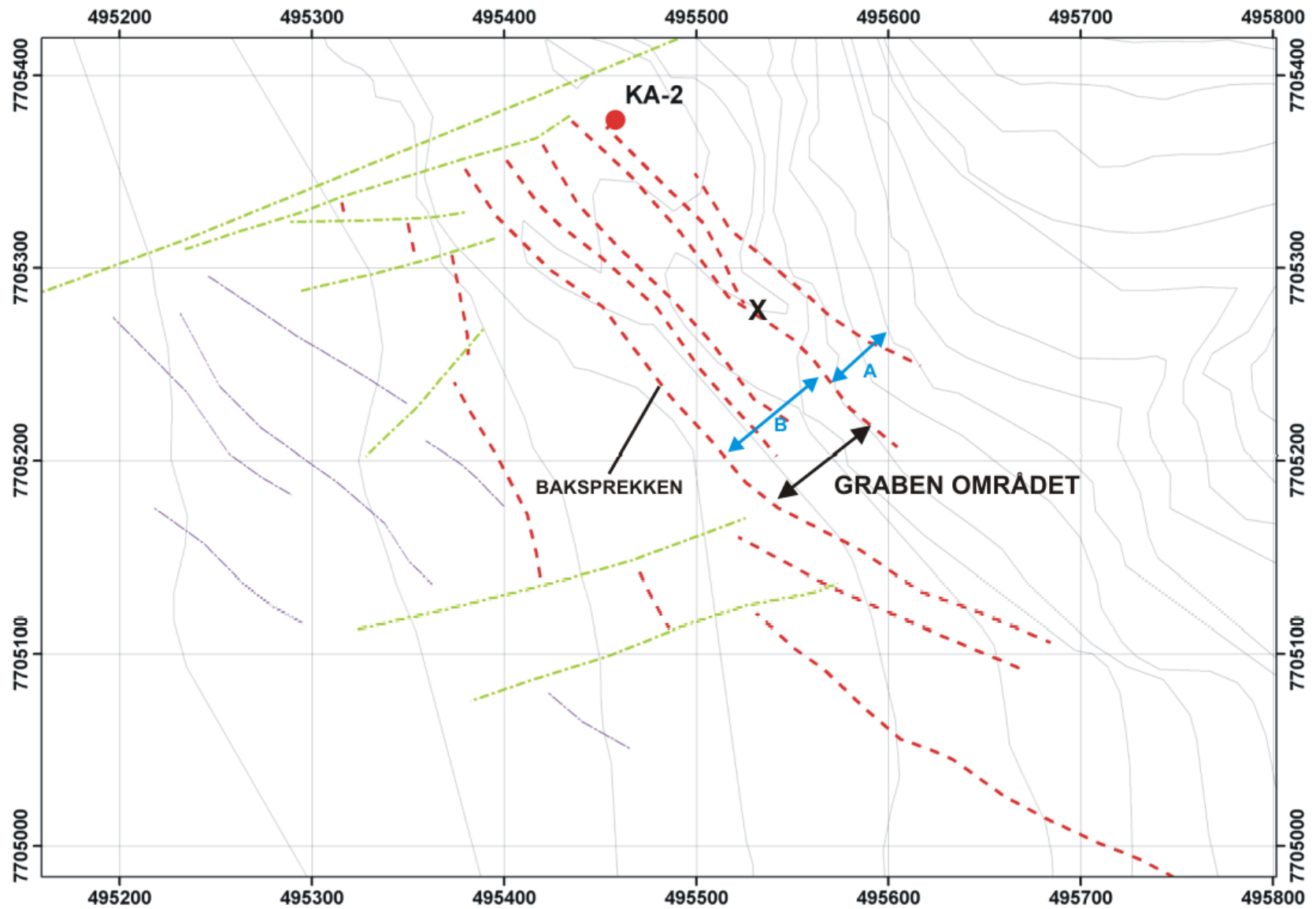
#### 4.5.2 Kåfjord Sør

##### 4.5.2.1 Geologiske undersøkelser

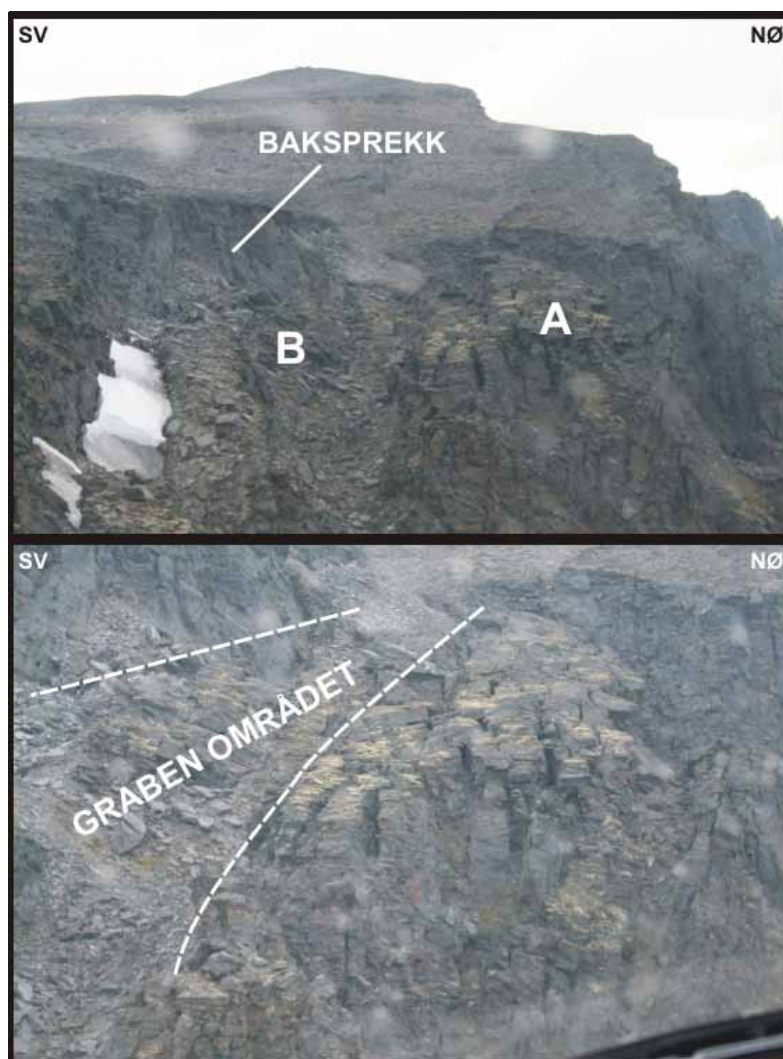
Dette området (Figur 51) ligger på ca. 1000 moh og ligger trolig i områder med permafrost. Som kjent, kan endring i permafrost høydegrense har stor betydning for stabilitet av allerede ustabile fjellsider. Området er karakterisert av en serie med åpne sprekker i et stort utglidningsområde. Før 2006, hadde området kun blitt kartlagt ved bruk av helikopter og det ikke hadde blitt utført noen feltundersøkelser. I den forrige rapporten i 2006, var det anslått et volum mellom 10 og 25Mm<sup>3</sup>. Det første rekognoserings geologiskkartlegging var utført i sommeren 2006 og viser en veldig oppsprukket og komplisert ustabil blokk (Figur 52). Over en strøklengde på 200m er det minst 5 forskjellige ekstensjonsbrudd. I midten av denne sonen er det et større område hvor de enkelte blokker har gjennomgått felles nedsynking til å danne en 'graben' struktur (Figur 56 og Figur 53). Her har det nedsenket et området på c. 80m bred og c.250 lang har senket ned på gjennomsnitt 10-15m. Den ustabil fjellpartiet kan derfor deles opp i to mindre deler, nemlig område A og område B (Figur 52). Område A består av den nedsenket 'graben' og område B består av den delen av blokken som har hevet seg relativ til område B på utsiden av fjellet. De interne sprekker i arealet har tvetydige tegn på nylig bevegelse. Baksprekken, som også ser ut til å ha den største bevegelse, er den eneste som har klar tegn til nylig bevegelse, dvs at sprekkeoverflaten er fersk (Figur 54b), uten noen vokst av mose eller lav (Figur 56). Flere steinfall var også hørt fra baksprekken i løpet av feltundersøkelsene.



*Figur 51. Oversikt over det ustabile fjellpartiet på vestsiden av Kåfjorddalen, sør for Oksfjellet (Kåfjord 2, se Figur 42). Den stipla røde linja viser bakkanten av utglidningen. Den røde sirkelen viser lokalisering av GPS punkt.*



Figur 52: Geologiske kartlegging over Kåfjord Sør. De røde linjer representerer ekstensionsbrudd. De grønne linjer er sidoveis forkastninger.



Figur 53: Kåfjord Sør sett fra luften. Øverst :Viser baksprekken og oppdeling av blokken inn i to forskjellige områder. Nederst: Viser 'graben' eller nedsenket området bak framkanten av fjellet.

De fleste av sprekkenes i dette området, derimot viser ikke noen særlig tegn til nylig bevegelse (for eksempel Figur 54c) siden sprekkenes er veldig igjengrodd med gress og mose i bunnen og med mye lav på sprekkeoverflatene. De fleste sprekker viser mye tegn til vertikal bevegelse men, som vist i Figur 56, de fleste viser minimalt horisontal utglidning. Denne observasjonen stemmer med skråningen av lagdeling, eller foliasjonen, som lar seg ikke danne store horisontale utglidninger mot fjorden (Figur 55). Derimot er det noen få sprekker som viser både horisontal og vertikal bevegelse. Denne eksemplet i Figur 54a viser en vertikal bevegelse på c. 1m og en horisontal bevegelse på 150cm. Denne sprekken er lengst fram på blokken og er markert 'X' på Figur 52.

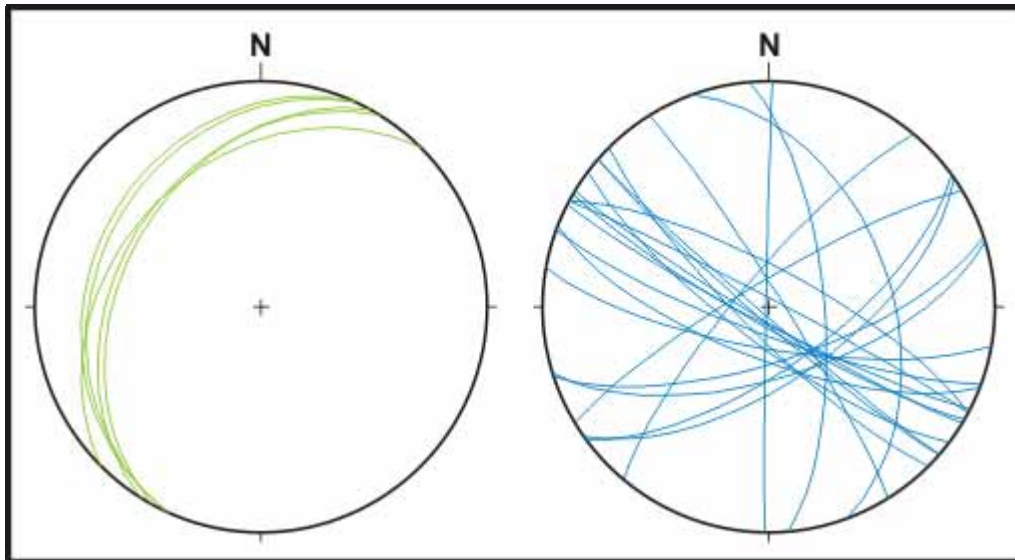
Området ser ut til å bli avgrenset mot nord hvor den stor N-S ikke-lineær forkastning (heretter kalt Oksefjellet forkastningen) på baksiden av Oksefjellet (Figur 42), svinger rundt til en Ø-V trend. Her deles Oksefjellet forkastningen opp i flere mindre forkastninger og de NV-SØ sprekkenes på Kåfjord Sør er tilsynelatende kuttet av ved forkastningsmønsteret (Figur 52). Oksefjellet forkastningen ser ut til å bli en gammel forkastning som kutter på tvers av lagdelingen og har flere meters vertikal relieff (Figur 57a) og c.1m horisontal åpning. Observasjoner viser at forkastningen er forskjøvet c.75cm nedover og utover mot dalen. De er uklart om forkastningen har noen nylig bevegelse, men hvis den er like steil som den er i bakkanten av Oksefjellet, er det mange hundre meter under bunnen av Kåfjord dalen. Dette



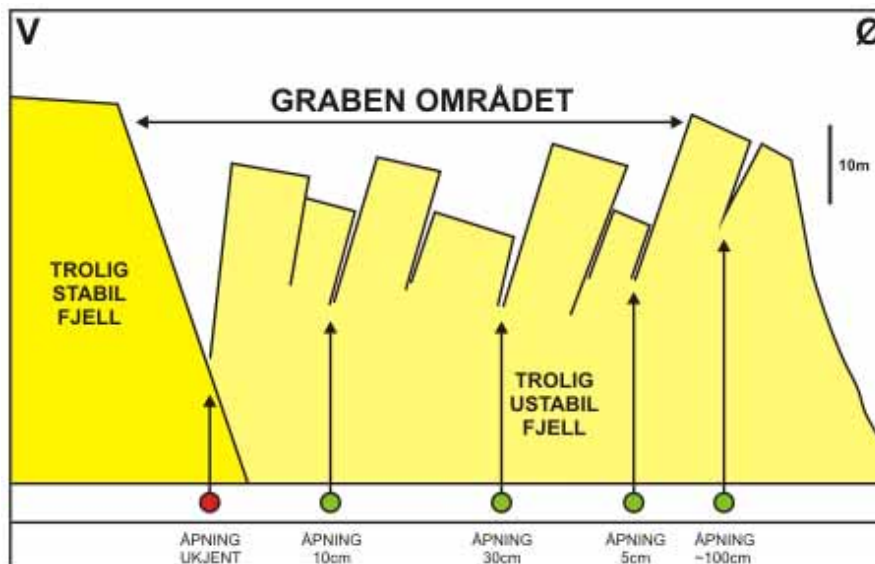
må bety at den har ingen påvirkning på stabiliteten av dalsiden. Denne strukturen bør undersøkes videre i 2007 og GPS punkter bør settes ut her.



Figur 54: Eksempler av fotobevis for bevegelsene og strukturene på Kåfjord Sør. A- En av de sprekkene som ligger lengst frem (mot øst) på fjelltoppen. Sprekken har både vertikal og horisontal bevegelse. B- Baksprekken som viser nylig bevegelse og c.20m vertikal bevegelse. Steinsprang var hørt flere ganger herfra i løpet av feltarbeidet. C- En av sprekkene i 'graben' området som viser lite tegn til nylig bevegelse, med gress, mose og lav vokst i bunnen av sprekken.



Figur 55: Stereonett data for Kåfjord Sør. Foliasjonen eller lagdelingen er i grønt og sprekkene er i blå.



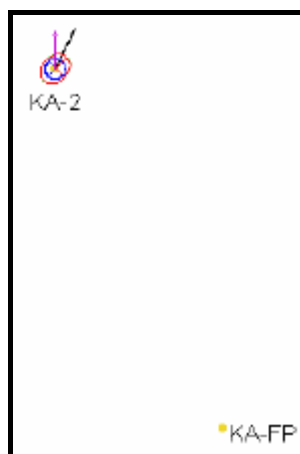
Figur 56: Skisse (til rett målestokk) som viser et snitt gjennom fjellsiden av Figur 52 i området som betegnes 'graben området'. Dette viser at det er overveiende nedsenkning av den midtre del av det ustabile området med mange flere sprekker. De røde sirklene betegner sprekker som har bevis for nylig aktivitet, mens de grønne har ikke noen bevis for nylig aktivitet. Den kontakten mellom ustabil og stabil fjell langs baksprekkene har en ukjent i geometri.



Figur 57: Detalj av Oksefjellet forkastningen som omringer baksiden av Oksefjellet. Forkastningen har en generelt NV-SØ trend men er meget ulineær.

#### 4.5.2.2 GPS målinger

Resultatene fra GPS målingene er vist i Tabell 4 og i utsnittformat i Figur 58. Resultatene fra Kåfjord Sør, som fra Kåfjord Nord, er på ingen måte entydige. Selv om bildet fra 2005-2006 viser en klar tegn til horisontal bevegelse mot nord, når man tar i betraktningen resultatene fra flere år tilbake er resultatene mer motstridende, med flere bevegelses retninger og både opp og nedover bevegelse. Totalbildet av retninger på indikert bevegelse og størrelse er så sprikende at en konklusjon i alle tilfeller blir svært usikker. Resultatene er helt klart preget av at det er lange og tilsvarende mer usikre vektorer, som kombinert med svak geometri på grunn av få punkt gir et lite sikkert resultat. Relativt store sprik mellom resultatene fra de to ulike programvarene gjør bildet mer uklart. Derfor kan det ikke fastslås at resultatene fra Kåfjord Nord dokumentere reelle bevegelser. Derimot er den geologisk-geometrisk bild som er skapt fra feltarbeidet viser en komplisert sprekke system med mange flere opp og nedover bevegelser. Derfor foreslås det å gjøre mer feltarbeid og videre innmålinger i 2007.



Figur 58: Utsnitt av GPS resultater fra Kåfjord Sør fra hele datasettet over Kåfjord (se Figur 50) fra 2005 til 2006. Dataene viser en horisontal bevegelse over signifikansgrense mot NNØ, som er parallelt med maksfallet på lagdelingen, selv om sprekkene viser en mer østlig komponent av åpning. Vertikal bevegelsen er nedover men ikke er signifikant.

#### 4.5.2.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

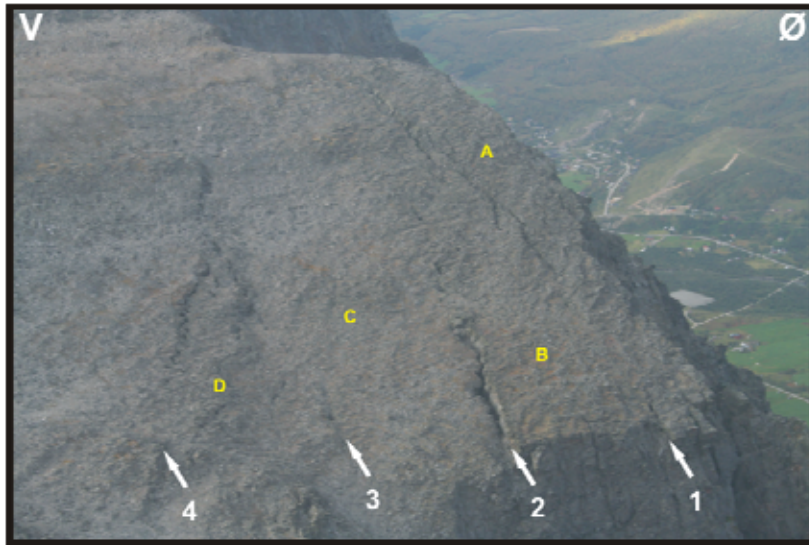
- Kåfjord Sør har blitt identifisert fra før og har GPS punkter fra 2003, men de første geologiske undersøkelser av fjellsiden har blitt gjennomført i 2006.
- Området viser en mengde med N-S sprekker med store vertikale bevegelser, opp til flere titals meter. Horisontal bevegelse er nokså mindre.
- Det finns ikke noen bevis for nylig bevegelse på de fleste av sprekkene bortsett fra den bakerste som viser ferske overflater og mye løse materiale.
- Lagdelingen i fjellet er på tvers av sprekkene og det er derfor ansett som vanskelig å danne store utglidningsplaner i dette området.
- Rekognoseringskartlegging kan begrense volumet til nokså mindre enn det som var antatt i 2005 ( $10\text{-}25\text{Mm}^3$ ) til  $12\text{Mm}^3$  hvis maksimum dybden på blokken er 100m.
- GPS målingene er tvetydig og viser at punktet har sannsynligvis beveget seg både oppover og nedover siden 2003 med flere forskjellige retninger. Det er ikke sikkert om disse bevegelsene er reelle og derfor må målingene forsette fremover.

### 4.5.3 Kåfjord Midtre

#### 4.5.3.1 Geologiske undersøkelser

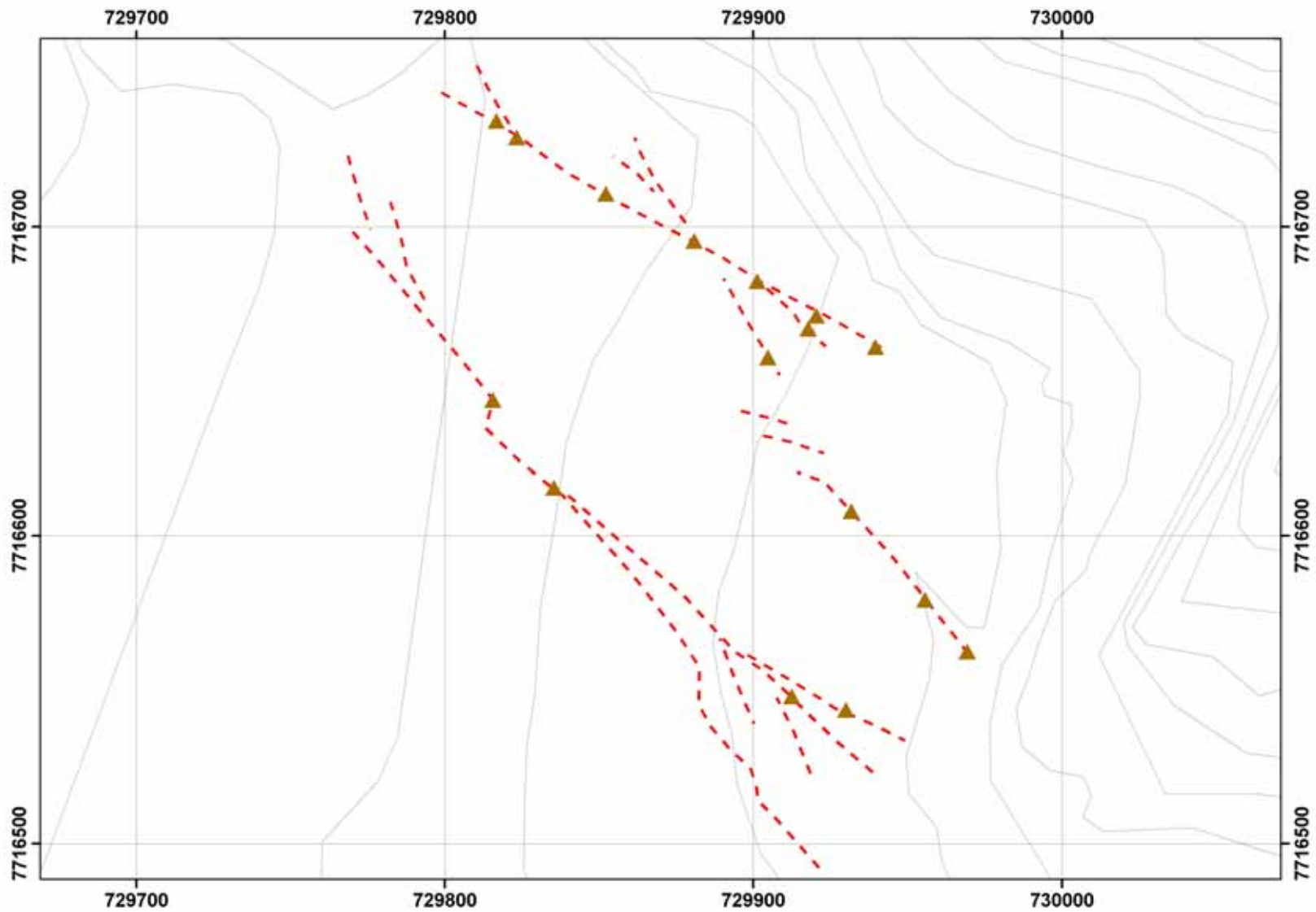
Dette er et nytt området som har først blitt identifisert fra helikopter og undersøkt med rekognoseringsfeltarbeid i sommeren 2006. Dette området består av 4 vesentlige NNV-SSØ sprekker (1-4) med lengde fra 50-200m (Figur 59 og Figur 60) som deler fjellsiden opp i fire mindre blokker (A-D). Den tilsynelatende bevegelsen på de forskjellige forkastninger er annerledes, noe som tyder på at den total bevegelsen på fjellsiden har en kompleks mønster og kinematikk. De hovedsprekkene har sekundære sprekker som er mindre i størrelsen og har en Ø-V trend (Figur 60).





*Figur 59: Oversikts bild av Kåffjord Midtre fra luften.*

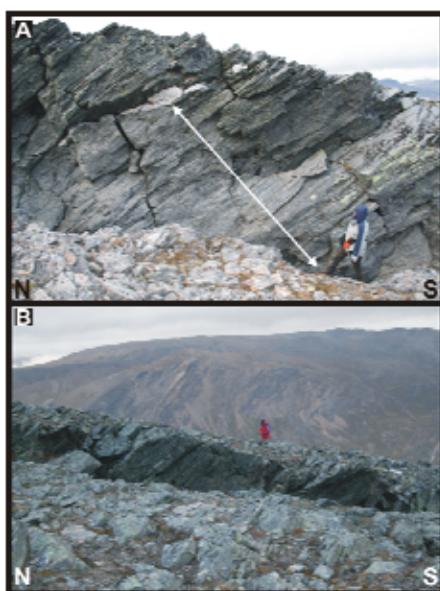
De er også motstridende bevis for nylig bevegelse på noen av disse sprekker. For eksempel Figur 61a viser sprekke overflatene fra den nordligste delen av sprekke 1 og viser lite tegn til nylig bevegelse, mens Figur 61b viser den sørligste delen av sprekke 2 som har utvetydig bevis på bevegelse (ferske blokker i yren og ferske sprekke overflater).



Figur 60: Geologisk kart over Midtre Kåfjord, som viser de forskjellige blokker og NV-SØ sprekk system. Observasjonspunkter hvor bildebevis kommer fra og geologiske målinger vises med brune trekkanter.



Figur 61: Forskjellige bevis for nylig bevegelser på sprekke. A- Nordligste delen av sprekke 1 som viser lite tegn til bevegelse. Sprekke overflatene er lavbevokst og sprekkebunnen er fult med mose. B- Den sørligste delen av sprekke 2 som viser mye tegn til nylig bevegelse; ferske blokker som ligger i bunnen av sprekken. Sprekkeoverflatene er ferske, uten vegetasjon.

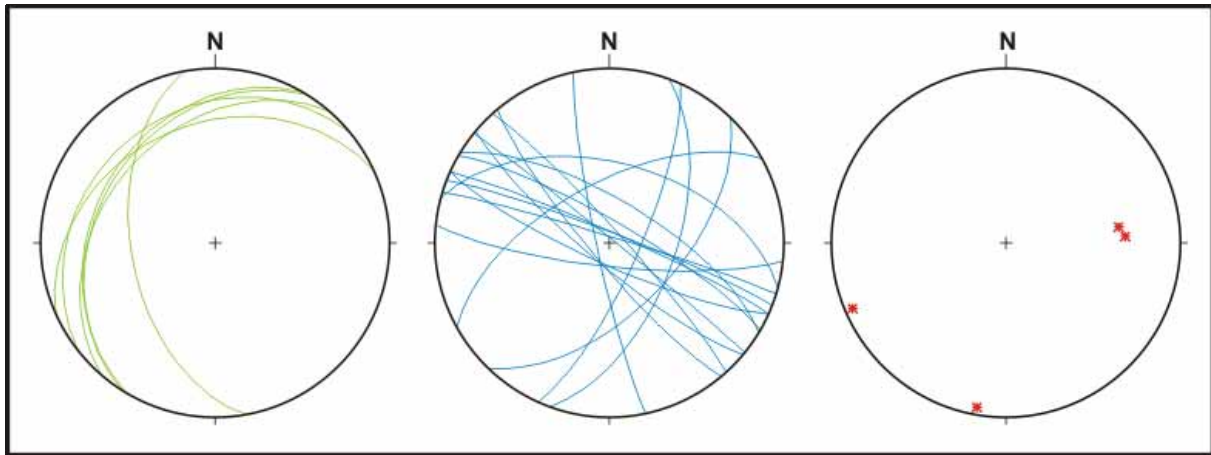


Figur 62: Kompleks kinematikk på sprekke. A- Oppover bevegelse og bevegelse mot NØ på sprekke 2. Bevegelsen er totalt c. 4m. B- Den samme type av bevegelsen på sprekke 1, men med mindre total bevegelse (c. 2m).



Figur 63: Detaljkinematikk på sprekk 4 som viser bevegelse mot dalen og nedover. Det er motstridende bevegelses retning med hensyn til sprekk 1 og 2 som viser sidoveis og oppover bevegelse. De to gule prikker tillater utrekningen av en vektor på sprekkbevegelsen.



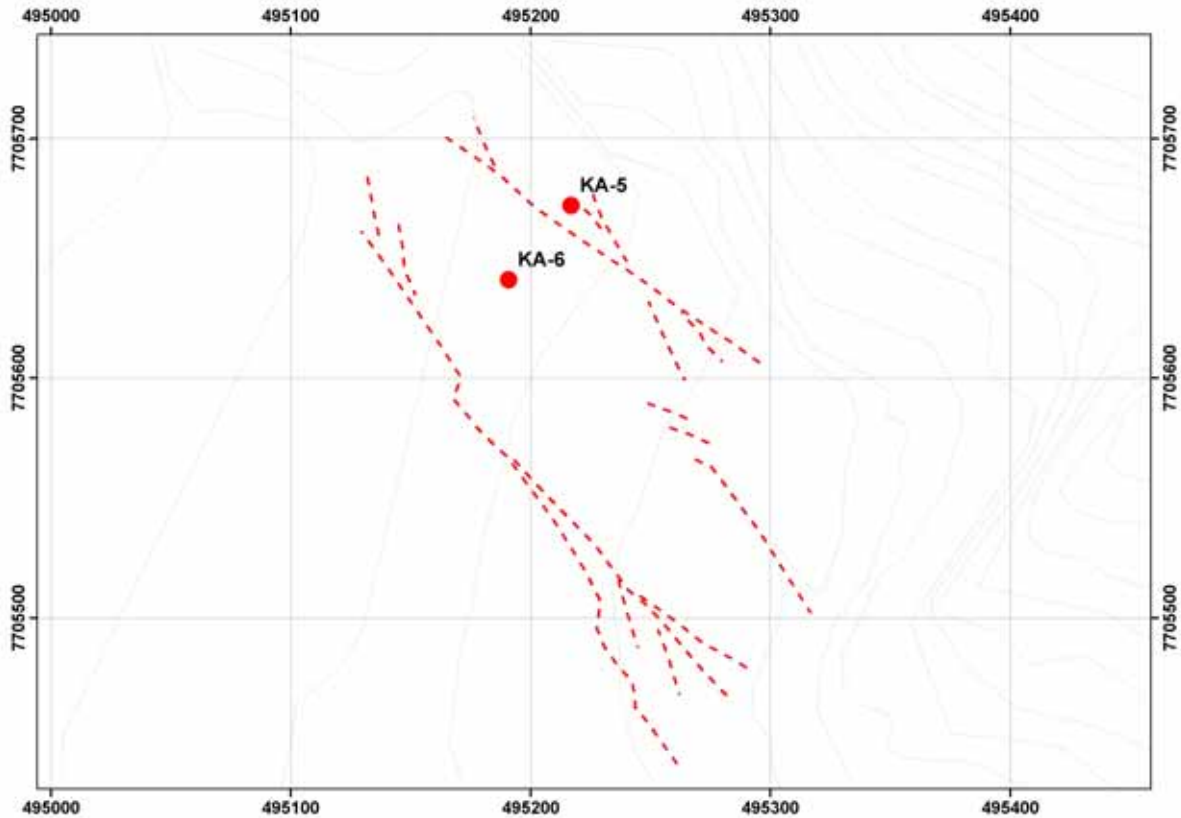


Figur 64: Stereonett data for midtre Kåfjord. Foliasjonen eller lagdeling er grønn, sprekkeene er blå og målte bevegelsesvektorer er rødt. Legg merke til at vektorene er veldig sprett i retning. Det viser at bevegelsene av blokkene er veldig kaotisk.

Den bevegelsesretning (kinematikk) på de forskjellige sprekker er veldig kompleks og detaljobservasjoner på alle de sprekkeene viser at sprekke 3 og 4 viser helt forskjellige bevegelsesmønstre enn sprekke 1 og 2. For eksempel Figur 63 viser detaljobservasjoner på sprekke 4 som viser flere meters horisontal bevegelse mot NØ og c. 50cm nedover mot dalen. Dette strider imot det bevegelsesmønster som er kartlagt på sprekke 1 og 2 som viser oppover bevegelse mot NV. Det er ikke hittil klart grunnen til forskjellen, men slike kompleksiteter betyr en veldig kompleks total blokk bevegelse og kan på noen måte forklare de tvetydige resultater fra GPS målingene på de andre områder i Kåfjord (se avsnitt 4.5.1.2 og avsnitt 4.5.2.2). Tvetydigheten i bevegelsesretninger er også forsterket av bevis fra vektor analyse (Figur 64) som viser en kaotisk bevegelses mønster.

#### 4.5.3.2 GPS målinger

Basert på de geologiske rekognoseringsarbeid som er diskutert ovenfor var det bestemt og sette ut to GPS punkter for å fastsette om det er noen bevegelse på Kåfjord Midtre. Mønsteret på disse punktene er vist i Figur 65. Punktene KA-5 og KA-6 er utplassert på blokk A (den ytterste del-blokk, og på blokk C, den største av de del-blokkene. Disse bør innmåles igjen i 2007 for å kartlegge bevegelsene.



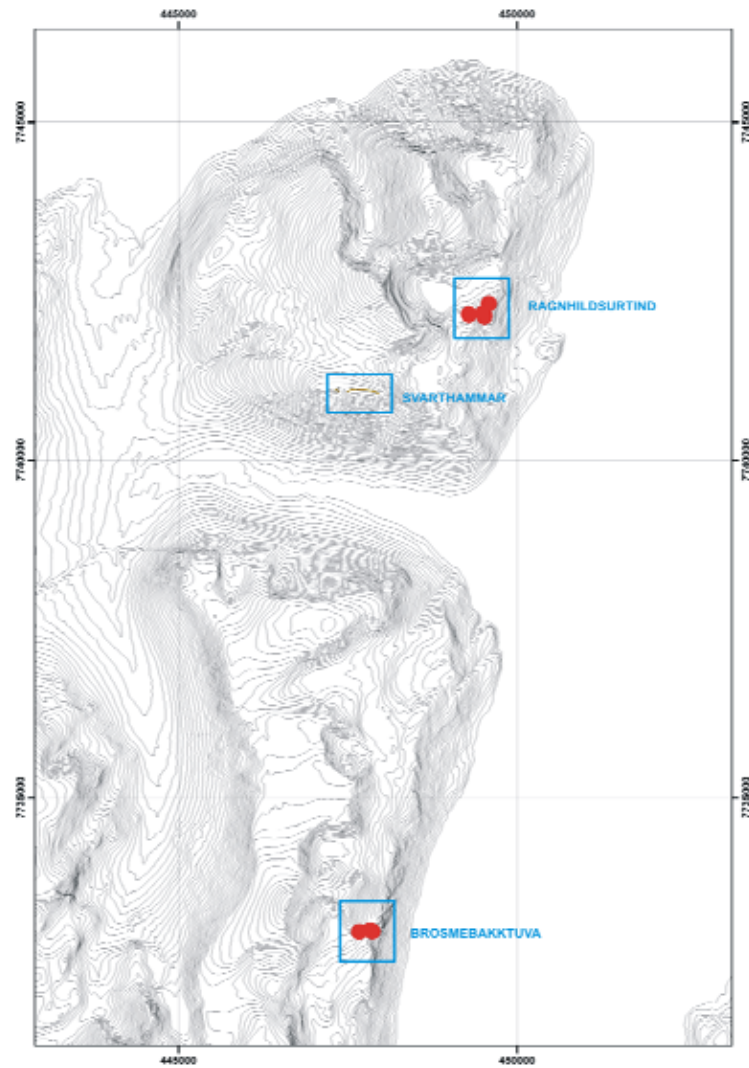
Figur 65: Kart som viser utplassering av GPS punkter på midtre Kåfjord. To punkter har blitt lagt ut i 2006 på blokk a og blokk C. Punktene må måles inn igjen på nytt i 2007.

#### 4.5.3.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

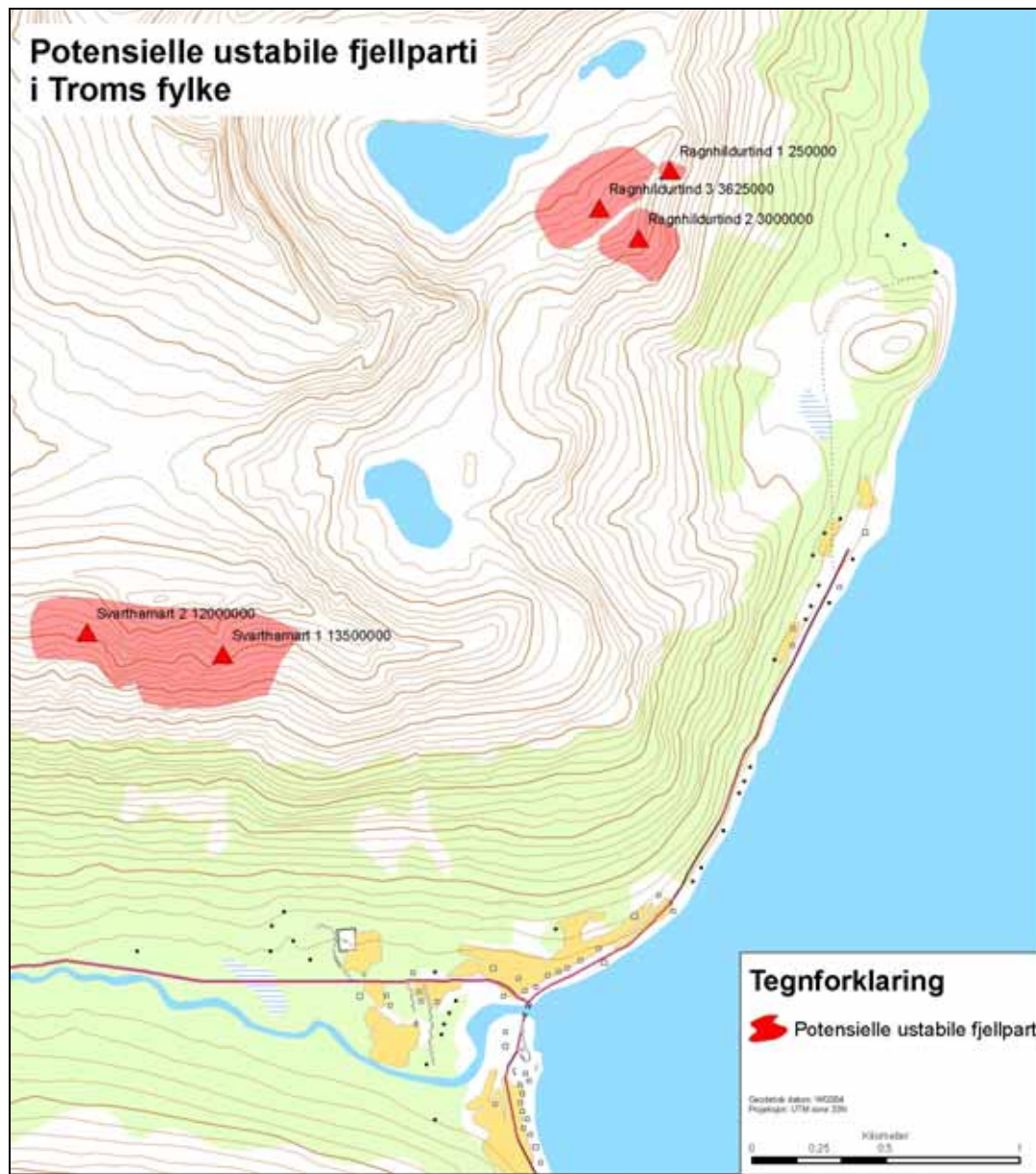
- Kåfjord Midtre er et nytt område som har blitt først identifisert fra helikopter i 2006 og ligger litt nord fra Kåfjord Sør.
- Flere sprekker er observert over et område begrenset til 100m x 300m. Noen av sprekkeene ser uaktive ut men noen av dem har klare tegn til aktiv bevegelse, med ferske sprekkeoverflater og mye løst materiale.
- Blokkbevegelsen ser ut til å være kompleks fordi noen av blokkene viser en oppoverbevegelse i motsatt retning til tyngnekraften. Dette kan på, noen måte, forklare kompleksiteten med forrige årets GPS målinger.
- To nye GPS punkter har blitt lagt ut. Disse er KA-5 og KA-6 og bør måles inn i 2007.

## 4.6 Sørfjorden

Flere ustabile fjellparti er identifisert ved helikopter befaring. (Figur 66 og Figur 67) i Sørfjorden. Av disse, Ragnhildurtind og Svarthammer i nord (Figur 67) og Brosmebakktuva er befart i felt og det er satt ut GPS punkter i 2005 på både Ragnhildurtind og Brosmebakktuva.



Figur 66. Oversikt over ustabile fjellparti som er identifisert ved helikopter befarings i Sør fjorden. De stedene med GPS punkter allerede lagt ut vises med røde prikker.



Figur 67. Ustabile fjellparti nord for Oldervik og ved Ragnhildurtind. Se lokalisering i Figur 66.

#### 4.6.1 Ragnhildurtind

##### 4.6.1.1 Geologiske undersøkelser

Området ble feltbefart med helikopter i både 2005 og 2006 og den geologiskkartlegging anses avsluttet i 2006. Figur 68 viser strukturene som er observert fra helikopter. Tre store, lineære innsynkninger eller depresjoner er observert, som har en NNØ-SSV trend. Den største av disse er lengst vest. Dybden og bredden på depresjonene blir mindre mot øst. Alle innsynkningene er tolket som bevokste strekksprekker. Sprekkene viser en bevokst av lysere og tykkere gress i bunnen av depresjonen (Figur 72a) som kan tyder på at de er forhøyet sirkulasjon av vann i sprekken, dvs at sprekken er åpen på dybden selv om det er bevokst på overflaten. Alle sprekkenes er tilsynelatende hengslet mot sør, siden dybden og bredden av sprekkenes avtar mot sør. Det finns tilstrekkelig bevis for at fjellsiden er under ekstensjon. Figur 70 viser sekundære sprekker som stryker i retning NØ-SV og ligger på tvers av de store strekksprekkene. Disse strukturer viser en kombinert bevegelse med strekk og en sideveis



bevegelse, og disse sannsynligvis tar opp det meste av oppsprekkingen mellom de store ekstensjonssprekkene.

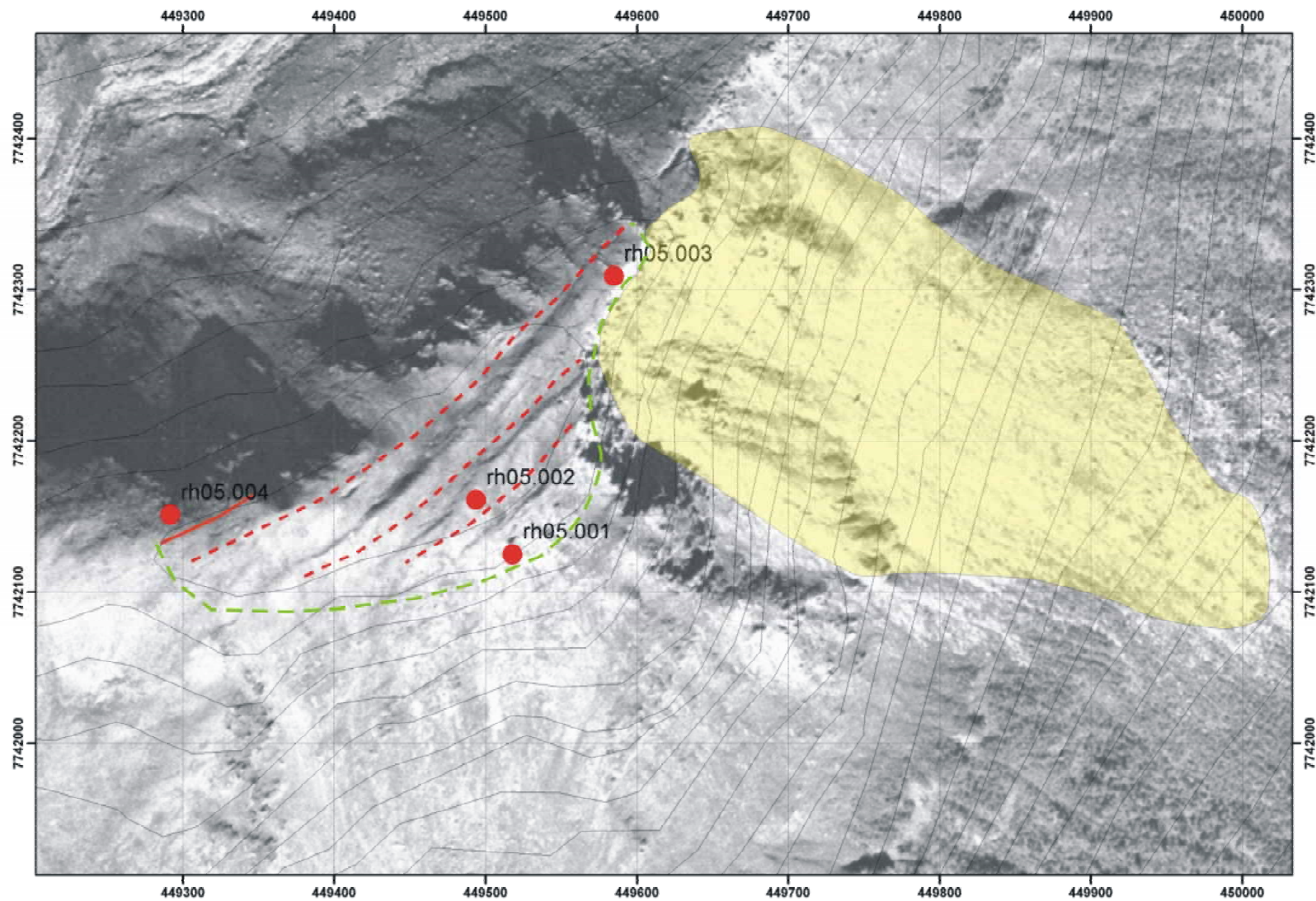
Lavvinklede strukturer er også funnet i selve fjellsiden (A på Figur 71). Disse faller i en retning mot sørøst og kan være strukturer som påvirker bevegelsen på de steiltstående ekstensjonsstrukturene (B på Figur 71). De to steiltstående hovedsprekkeretningene (NNØ-SSV og NØ-SV) er enklest å observere fra luften (Figur 71). Dette viser at fjellet er ganske oppsprukket, selv om det ser ikke særlig oppsprukket ut på den igjengrodde overflaten. Selv om det er flere bevis for oppsprekking av fjellet, er det ikke noe spor etter aktiv bevegelse.

Det er tvetydig bevis for nylig bevegelse på Ragnhildsurtind. I historiske tider har det vært en vesentlig fjellskredepisode rett nord for forekomsten (Figur 69). Derimot er det lite tegn til nylig bevegelse på de depresjoner i senere tid. I noen lokale deler av depresjonsbunnene er det sirkulær nedsenkninger (Figur 72c) som er en utvetydig tegn på nylig bevegelse siden de forstyrrer jorden. Disse er identisk til de som er sett i den aktive sprekk på Nord Nordnesfjellet. På fremkanten av den ytterste blokken er det noen mindre blokker som har sprekker bak seg som forstyrrer vegetasjonen (Figur 72b), men disse handler om så små volumer at det er på en nivå med steinsprang. Selv om foliasjonen skråner feil veg (Figur 73) for å danne stor utglidninger (den faller mot fjellet) er det mange lav vinklede sprekker som faller med 30-40 graders vinkel mot fjorden (Figur 71a og Figur 73). Dette kan være nok til at fjellet kan bli ustabil.



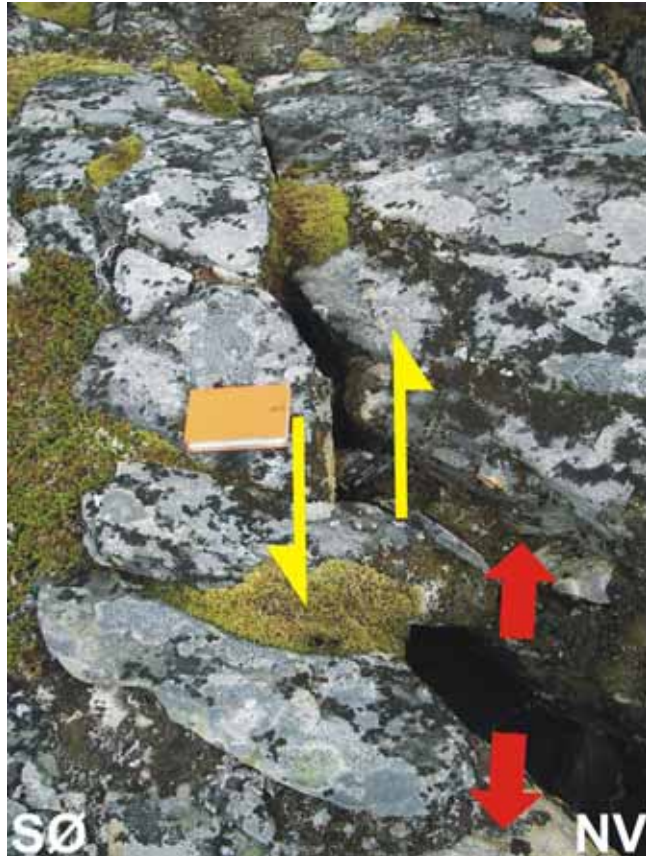
*Figur 68. Ragnhildurtind sett fra luften. Tre store depresjoner har blitt sett som stryker NNØ-SSV. De motsvarer de tre depresjoner sett på kartet i Figur 69. Den største er den på venstre (vest) side og de blir gradvis mindre mot øst. Depresjonene er tolket som bevokste ekstensjonssprekker. Alle sprekkene er tilsynelatende hengslet mot sør siden dybden og bredden av sprekkene avtar mot sør.*

Med hensyn til volum er det vanskelig å regne siden det som skjer på dybden med utglidningsplaner er meget usikkert. Hvis man regner arealet på toppen av fjellet som er avgrenset av de tre store depresjoner det gir dimensjoner på 300m lang x 100m breidd med en antatt dybde på 100m. Dette gir et volum på c.  $3Mm^3$ .



Figur 69: Geologisk kartlegging over Raghildstind. Den røde linje representerer observert sprekker. De hakkete røde linjer representerer depresjoner sett på toppen av fjellet i den trolig ustabil blokk. Den grønne linjen representerer den mulig ustabil arealet. Omfanget av en gammel utglidningsområdet er vist i gul.





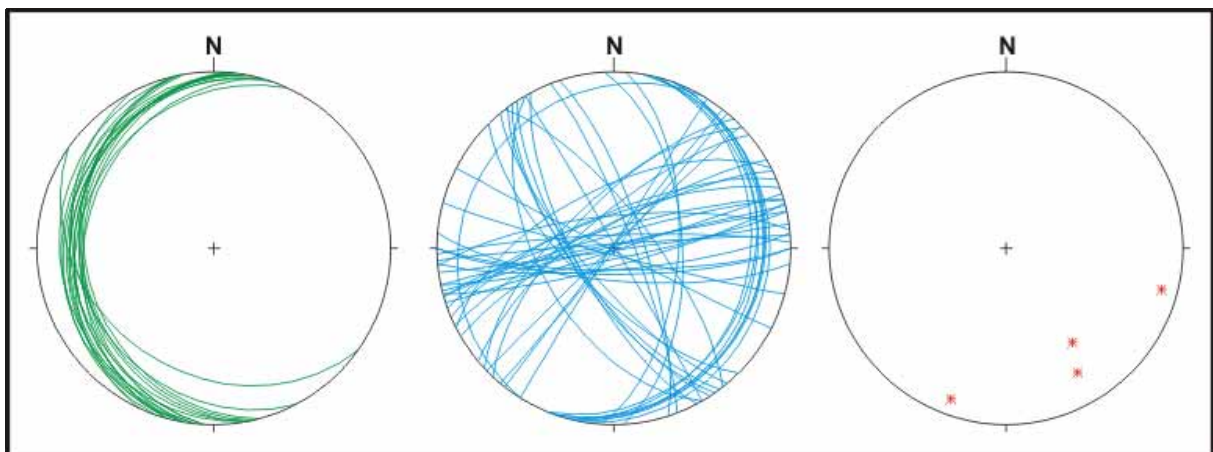
Figur 70. Sekundær sprekker på Ragnhildurtind som ligger på tvers av de store ekstensjonssprekkene. De viser en kombinert sideveis og ekstensjonsbevegelse og tar sannsynligvis tar opp det meste av bevegelsen i oppsprekkingene mellom de store ekstensjonssprekkene.



Figur 71. Strukturere sett på Ragnhildurtind. Venstre: Bevis for oppsprekking av fjellet på et blotningsnivå. Ekstensjonssprekker som stryker NØ-SV (sekundær ekstensjon) ser ut til å bli kontrollert av lavvinkla, SØ stupende skjærstrukturer. Høyre: Strukturere sett på en stor målestokk fra luften. De prikka linjene er parallelt med depresjonene på overflaten og er de primære NNØ-SSV gående ekstensjonssprekkene. De stiplede linjene er sekundære, NØ-SV ekstensjons/skjær strukturer.



Figur 72: Eksempler av depresjonene og bevis for bevegelse på Raghildsurtind. A- En av N-S depresjonene som viser en bevokst av gress i bunnen. Dette kan bety at det er mer vannføre i depresjonene og at det gjenspeiler på overflaten en sprekke på dybden, men det er ikke nødvendigvis nylig bevegelse. B- Bevis for nylig bevegelse på en mindre sprekke på fremkanten av blokken. Sprekken tar med seg vegetasjonen. C- Sirkulære nedsenkninger i depresjonene som forstyrrer jordsmonnen. Dette er klar bevis på nylig bevegelse men ikke på størrelsen av bevegelsen.



Figur 73: Stereonett data for Raghildsurtind. Folasjonen er i grønt, sprekken er i blå og bevegelses vektorer er i rødt.



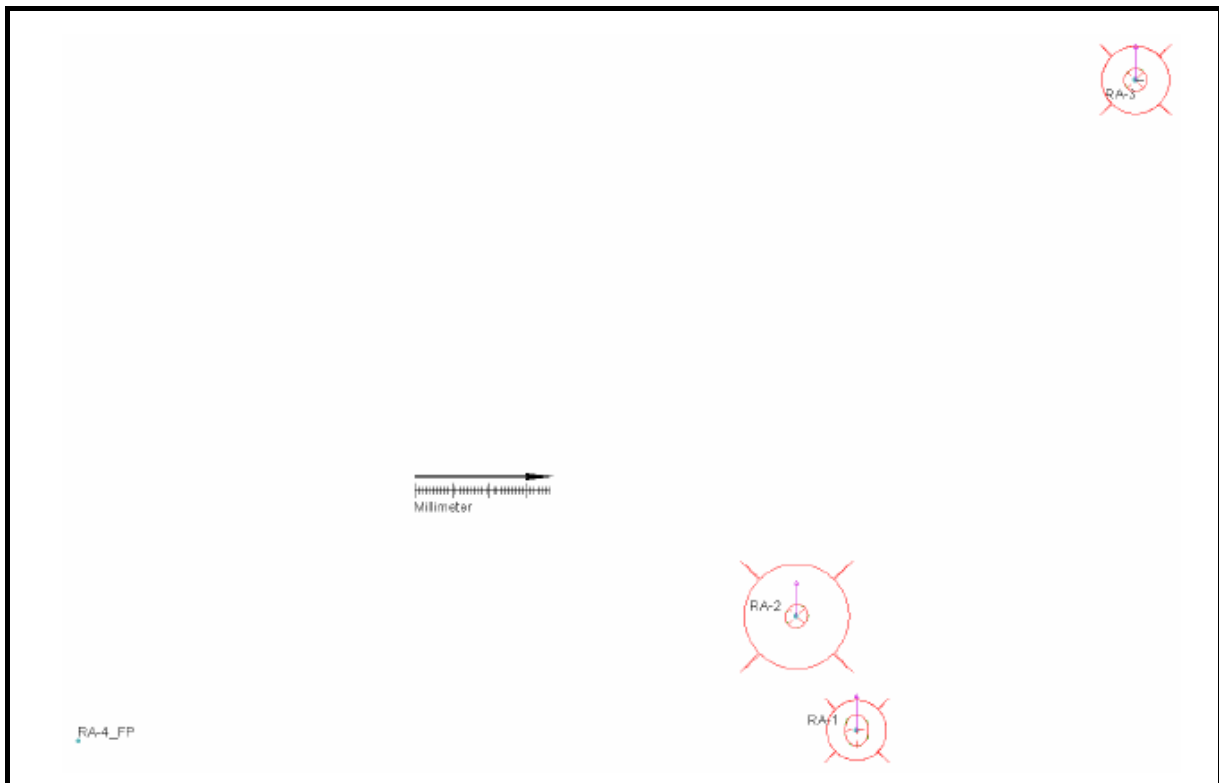
#### 4.6.1.2 GPS målinger

Det var etablert 4 GPS punkter i 2005. En fastpunkt var lagt ut vest for den vestligste depresjonen og tre lenger mot øst på de forskjellige ekstensjonsblokkene mellom depresjonene. Disse ble målt inn i Oktober 2005 og var målt inn på nytt i 2006 for å bestemme størrelse og retningsmønster for eventuelle bevegelser. Dataene vises i Tabell 5 og Figur 74.

Ingen av punktene viser signifikante endringer i horisontalplanet, men alle tre punkter har hevet seg en del, men kun en av hevingene er signifikant. Målingene i 2005 hadde en kort observasjonstid, og resultatene viser vesentlig høyere standardavvik for høydene. Det er derfor usikkert om endringene i høyden er reelle. Den kan være et geometrisk utslag på grunn av den korte måletiden. Målinger burde skje i 2007 for å bekrefte disse bevegelsene.

PUNKT	Ar	N	E	H	sN	sE	sH	dN	dE	Dist	Retn	dH
RA-4_FP	2005	7742134.774	449302.418	631.408								
RA-4_FP	2006	7742134.774	449302.418	631.408								
RA-1	2005	7742137.666	449509.911	616.432	0.001	0.001	0.003					
RA-1	2006	7742137.666	449509.910	616.440	0.001	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.001	310.51	0.008
RA-2	2005	7742168.118	449493.847	619.563	0.001	0.001	0.003					
RA-2	2006	7742168.119	449493.847	619.577	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001	387.43	0.014
RA-3	2005	7742311.063	449584.423	606.100	0.001	0.001	0.003					
RA-3	2006	7742311.063	449584.425	606.109	0.001	0.000	0.001	-0.001	0.002	0.002	116.38	0.009

Tabell 5: GPS data for Ragnhildsurtind. Dataene viser et års målingsintervall og er tvetydige siden de tre punktene viser forskjellige horisontal retninger og alle tre viser heving. Bare en av de er over signifikansgrensen.



Figur 74: Kart over GPS målingsdata for Ragnhildsurtind. Punktene viser vertikal havning (bare en av de er signifikant) og tvetydig tegn til mindre horisontal bevegelse.

#### 4.6.1.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

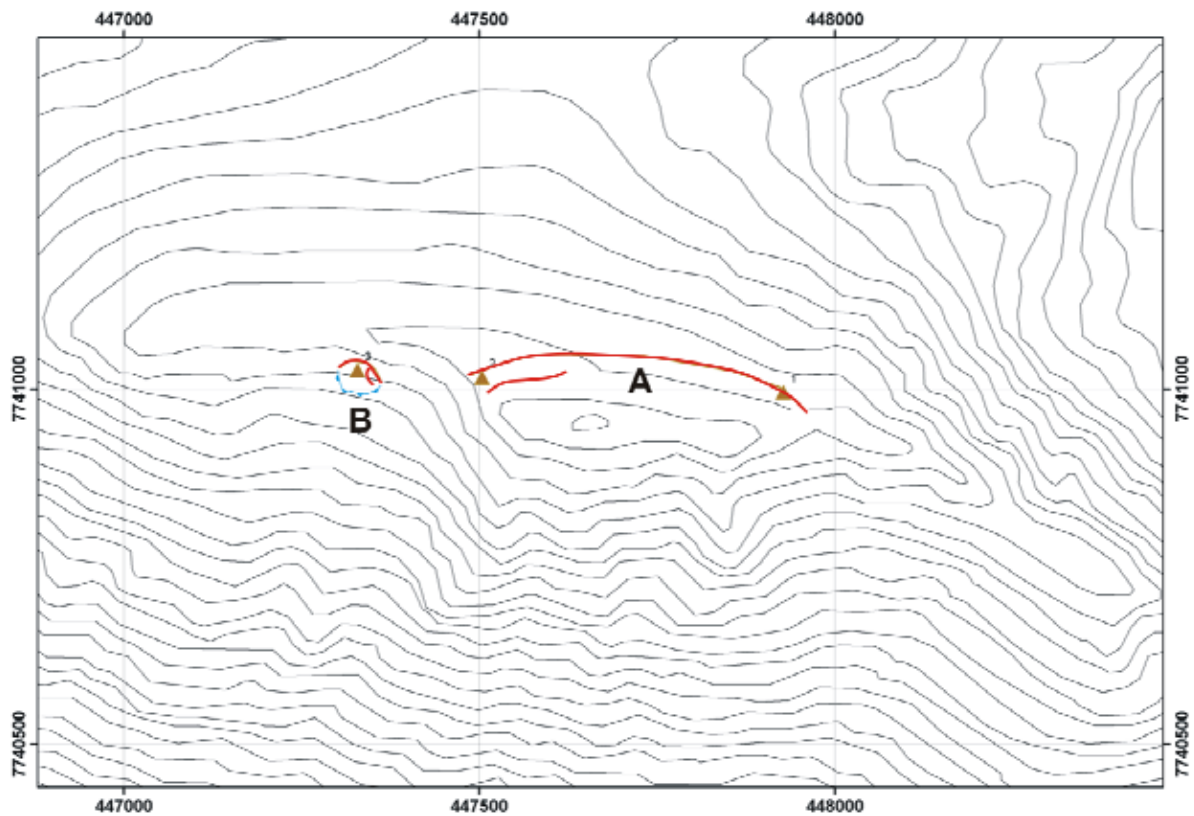
- Kartlegging påbegynt i 2005 har blitt avsluttet i 2006, uten at det er funnet noen tegn til større bevegelser.
- Tre NNØ-SSV depresjoner er kartlagt parallelt med fjorden som er mulig tegn til bevegelse selv om det er bare noen lokale sirkulære nedsenkinger i depresjonene som er entydige tegn til bevegelse.
- Noen entydige tegn til bevegelse er sett lengst fram på fjellsiden hvor blokkene beveger seg utover og nedover og forstyrre vegetasjonen, men disse blokker er meget begrenset i volum (noen fa tusentals  $m^3$ ). Det beregnet volum for det større området som angår de tre depresjoner er på c.  $3Mm^3$ .
- De tre GPS punktene viser ingen signifikant horisontal bevegelse men alle tre punkter viser heving, to av disse på signifikansgrense og en som er over signifikansnivået. Det er ikke klart ennå hvis dataene viser en reelle bevegelse. Målinger bør derfor fortsettes i 2007.

#### 4.6.2 Svarthammar

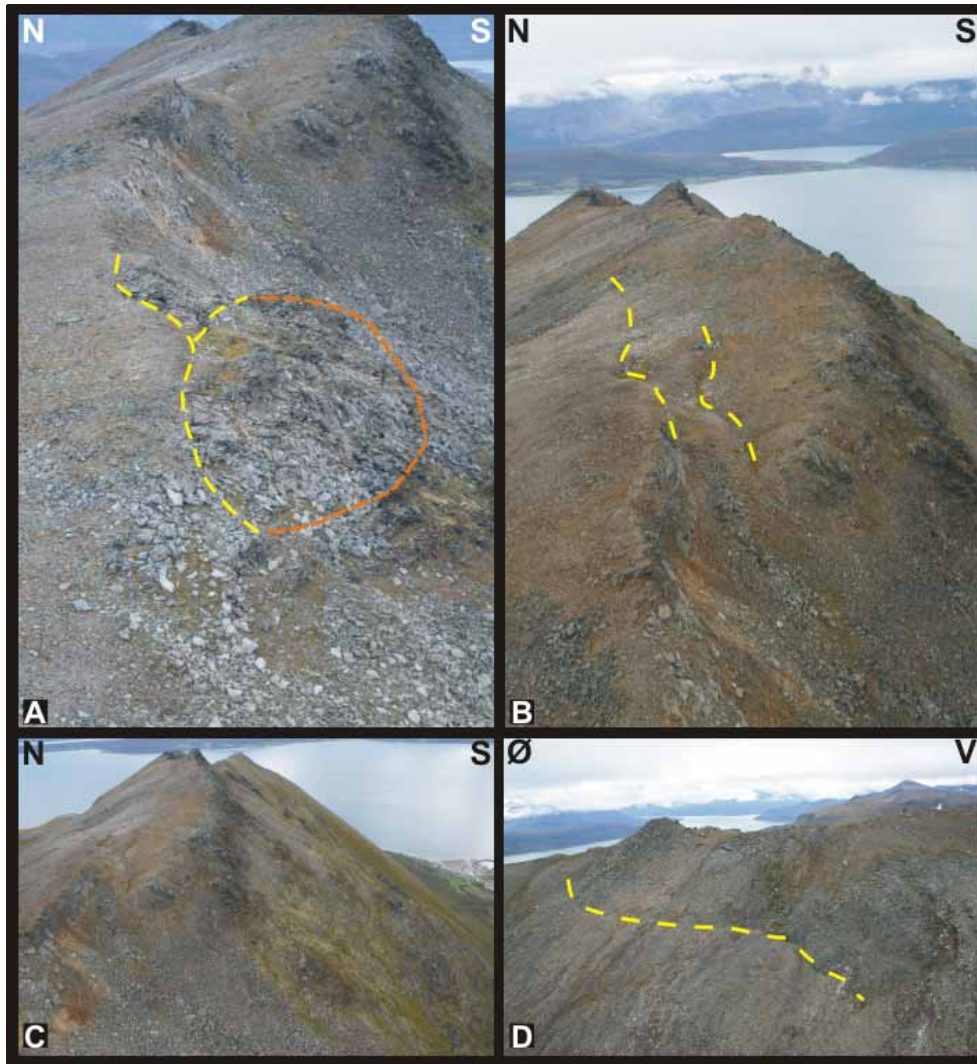
##### 4.6.2.1 Geologiske undersøkelser

Dette området var først identifisert fra flybilder som en mulig ustabil fjellside på forkant av feltarbeid i 2005. Dessverre, var det ikke noen tid til å gjennomføre feltarbeid her i 2005. I 2006 var det utført rekognoseringsarbeid fra helikopter. Dette området var bestemt å være av mindre prioritet etter den første observasjoner fra luften og derfor var det bare utført en enkel geologisk tolkning fra luften som vises i Figur 75. To områder er identifisert, både områder er avgrenset i bakkanten av mindre depresjoner som er rettet Ø-V. Området A er lengst øst og er

c. 400m lang og c.60m bred. Derimot er depresjonen i bakkanten veldig liten og det er ingen bevis i fremkanten av fjellet for ustabilitet (Figur 76). Området B viser en større depresjon i bakkanten men viser en mye mindre volum (Figur 76) og heller ikke noen aktivitet i fremkanten av fjellet. Det var derfor bestemt at Svarthammar ligger veldig lavt i prioriteringsliste for videre arbeid. Området anses å være stabilt.



Figur 75: Geologisk tolkning av de strukturene sett fra luften på Svarthammaren. Et større område A ligger foran en begrenset Ø-V depresjon. Området B viser en større depresjon men er et veldig lite volum. De var derfor ikke prioritert å gjennomføre videre arbeid på Svarthammar. Fremtiden av fjellet ser veldig stabilt ut.



Figur 76: Oversiktsbilder over Svarthammar fra helikopteret. A- Område B som har en større depresjon i bakkanten, men volumet er meget liten. B- Utsikt mot øst av depresjonen bak område A. C- Utsikt mot øst som viser fremkanten av område A. Fjellet ser veldig stabilt ut. D- Utsikt mot sør av depresjonen bak område A. Depresjonen ser veldig begrenset ut.

#### 4.6.2.2 GPS målinger

Dette området har blitt sett fra luften og strukturene og stabilitet har derfor blitt vurdert fra helikopter. Observasjonene viser at det var ingen grunn til mer detaljert feltarbeid. Derfor var det ikke prioritert å sette ut GPS punkter.

#### 4.6.2.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- Området var først befart i 2006 og en enkel geologisk kartlegging var utført fra luften.
- To områder er sett som er begrenset i bakkanten av mindre depresjoner. I fremkanten av både områder er fjellet stabilt. Derfor har dette området veldig lite prioritet for videre arbeid. Området anses som stabilt.
- Ingen GPS punkter var derfor lagt ut.



### 4.6.3 Brosmebakktuva

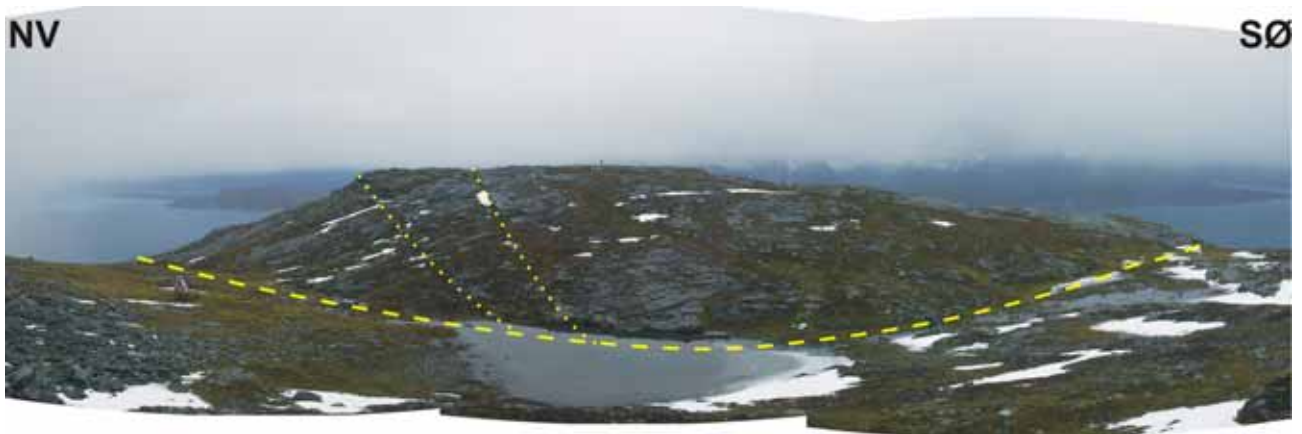
#### 4.6.3.1 Geologiske undersøkelser

Brosmebakktuva ligger omtrent 6km sør for Oldervik (Figur 66). Området har vært undersøkt av NGI og det er gjort manuelle målinger mellom en serie bolter.

Området ble feltbefart av NGU med helikopter og feltarbeid påbegynt i 2005 og anses som avsluttet i 2006. Figur 77 viser en oversikt sett fra bakken. På samme måten som ved Ragnhildurtind, finnes det en stor nord-sør gående forsenkning eller depresjon som skiller ut en blokk som ligger øst for depresjonen som avgrenser et område c. 250m x 100m ut mot stupet. En enkel geologiskkartlegging er presentert i Figur 79 som viser den ulineær form av baksprekken eller depresjonen. Forsenkningen er tolket som en strekksprekk men viser en ulineær form. På samme måte som Ragnhildurtind, vokser en mye grønnere gress i depresjonen (Figur 81b) som tyder på at det er økt vann sirkulasjon i depresjonen, som kan bety at den er åpen på dybden. Blokken ser ut til å avgrense unge strekksprekker som stryker NØ-SV.

Ved Brosmebakktuva er det flere bevis for aktive bevegelser helt ute på kanten av fjellstupet, men det er uklart om bevegelsene strekker seg lengre bak på fjellet til depresjonen. Figur 78 viser sprekke mønstrene på framkanten av fjellet. To typer strukturer ser ut til å være karakteristisk. Disse er steiltstående ekstensjonssprekker (prikket) og lavvinkla skjærstrukturer (stiplet).

Bevegelsen på skjærstrukturene forårsaker trolig åpningen på de steiltstående ekstensjonssprekkene. Ekstensjonssprekkene har to forskjellige retninger slik at blokkene som er i ferd med å utløses fra fjellsiden skaper en geometri som kalles kileutglidning ('*wedge failure*').

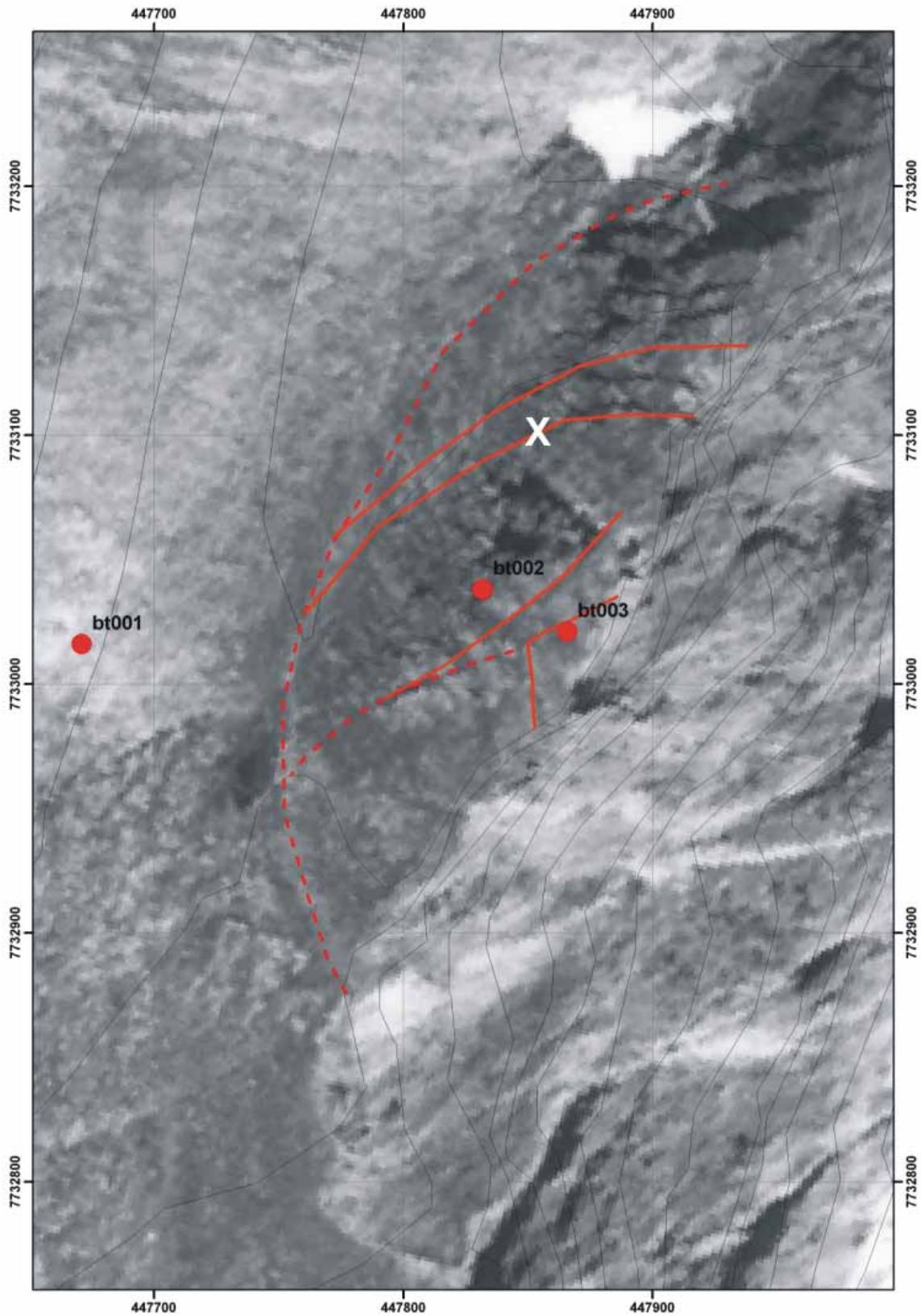


Figur 77. Fotomontasje av Brosmebakktuva. Den stiplet linjen viser trenden av en nord-sør depresjon som ligger i bakkanten av en blokk som kan være under bevegelse. Depresjonen er sannsynligvis en sprekk. Blokken ser ut til å være delt opp av flere tverrsprekker som stryker NØ-SV (prikka linjer).

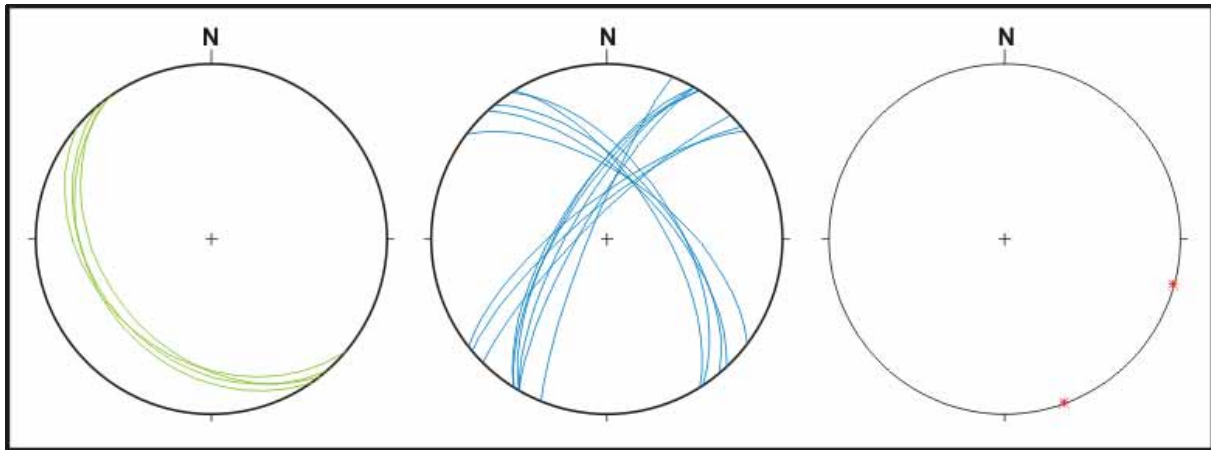


Figur 78. Framkanten av Brosmebaktuva sett fra luften. Strukturene viser steiltstående ekstensjonssprekker (prikket) og lavvinkla skjærstrukturer (stiplet).

Det er mye tegn til bevegelse på de forskjellige sprekker men beviset for nylig bevegelse er tvetydig. For eksempel, den mindre blokken helt på fremkanten av fjellet (Figur 82) har to sprekker, en ØNØ-VSV og en N-S. Både sprekker har blitt målt fra før med gamle jernbolter. Den ØNØ-VSV sprekken viser en horisontal bevegelse mot SSØ av noen få millimeter men ingen vertikal bevegelse (Figur 81e og Figur 81f). Vi observert alle bolter i 2005 og det har ikke vært noen bevegelse på boltene i løpet av 2006.



Figur 79: Geologiske kartlegging over Brosmebukktuva. De stiplede linjer viser depresjoner i landskapet som er tolket som overdekket sprekker. De solide røde linjer er åpne sprekker. Figuren også viser utlegg av GPS punktene. Punkt X er den reversbevegelse forkastning vist i Figur 81e.

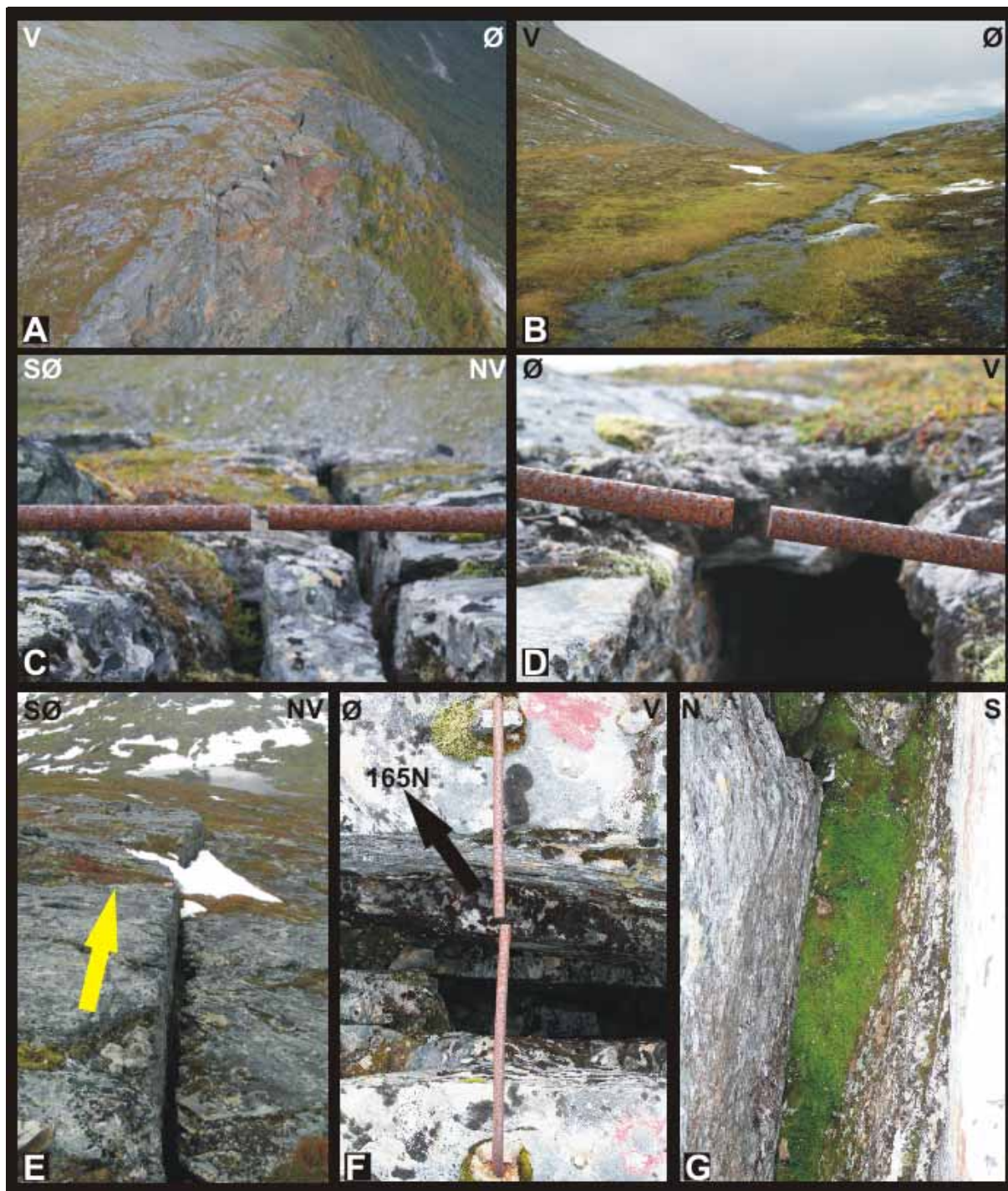


Figur 80: Stereonett data for Brosmebakktuva. Foliasjon eller lagdeling er i grønt, sprekkeene er i blå og målte bevegelsesvektorene er i rødt. Vektorene viser en nesten horisontal bevegelse mot SØ.

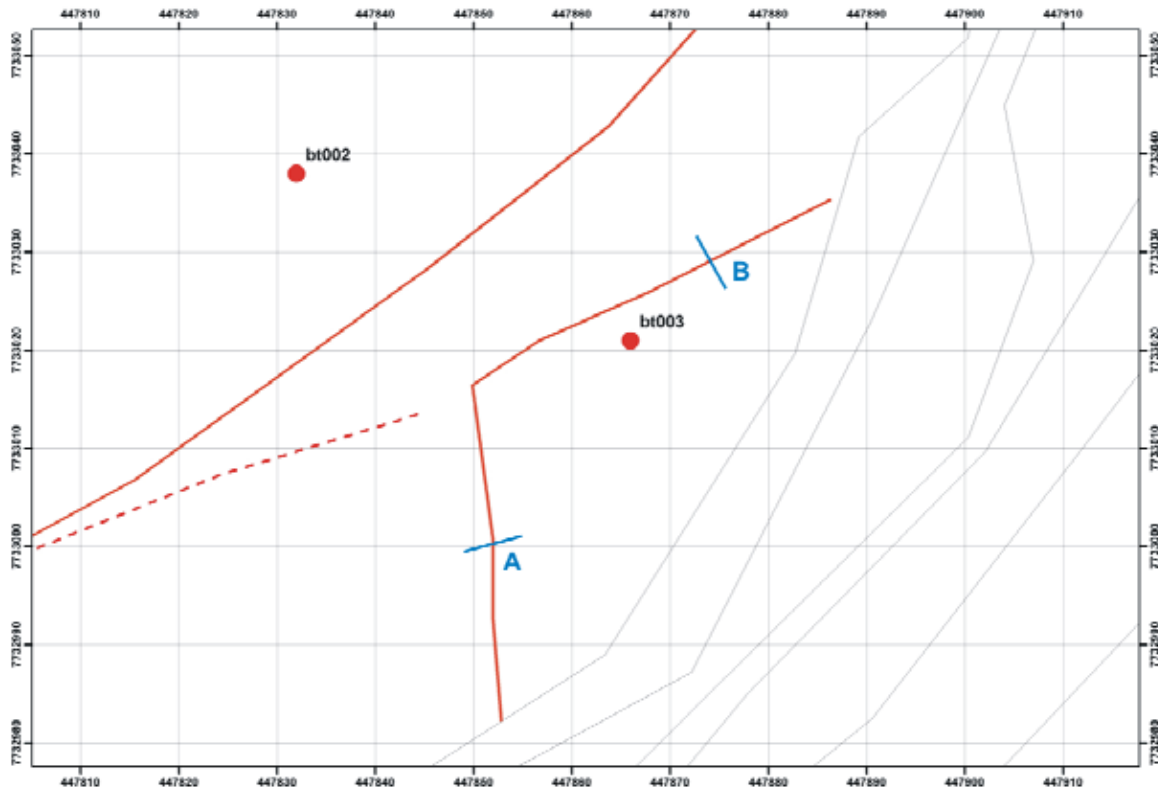
Den N-S sprekken viser veldig lite horisontal bevegelse og en antydning til litt vertikal heving (Figur 81d). Muligheten for heving på noen av sprekkeene er forsterket når man observerer sprekken som ligger bak fremkanten. Denne sprekken (markert 'X' på Figur 79) har en reversbevegelse, i motsatt retning til gravitasjon, mot vest. Denne type av bevegelsen er noenlunde bekreftet av de GPS målingene presentert i avsnitt 4.6.3.2 under. Derimot er det ikke særlig mye tegn til nylig bevegelse på noen av sprekken siden nesten alle sprekkebunnene er igjengrodd (Figur 81g).

Med hensyn til volum er det vanskelig å regne siden det som skjer på dybden med utglidningsplaner er meget usikkert. Derimot er det lett å se at de mindre blokker som ligger på fremkanten av stupet utgjør ikke særlig mye volum (noen få 10 000 tals  $m^3$ ). Derimot, hvis man regner et areal på den større blokk som angår den bakerst depresjon, det gir dimensjoner på 300m lang x 100m bredd med en antatt dybde på 100m. Dette gir et volum på c.  $3Mm^3$ .





Figur 81: Strukturene sett på Brosmebakktuva. A- Utsikt fra sør fra luften. Legg merke til de åpne sprekker som er bare i fremkanten av fjellet. B- Depresjonen som tyder på en baksprekk. C- Gammel bolt på en Ø-V baksprekk som viser lite horisontal bevegelse og ingen vertikal bevegelse. Dette er bolt B på Figur 82. D- Bolt A på Figur 82. Lite horisontal bevegelse og et par millimeter heving av blokken på øst (fjord) siden. E- Hevning av den østlig blokken bak fremkanten. Dette tyder på reversbevegelse og er støttet av GPS målingene. F- Sidoveis bevegelse av bolt B noen få millimeter. G- Bunnen av den Ø-V sprekk i D. Sprekken viser ikke noen tydelig tegn til nylig bevegelse.



Figur 82: De gamle boltene på Brosmebakktuva. A og B refererer til bildene i Figur 81.

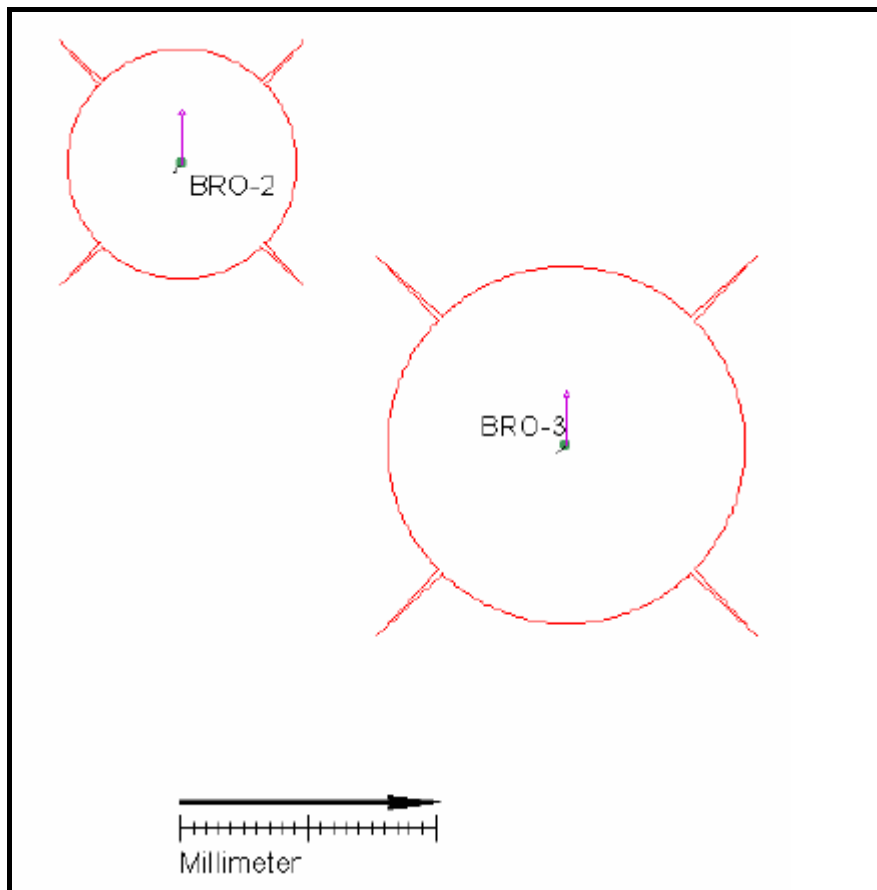
#### 4.6.3.2 GPS målinger

Flere store blokker er i ferd med å utløses fra den fremste del av stupet. Tre GPS målepunkter var etablert på Brasmebakktuva i 2005. Et punkt er plassert vest for den store depresjonen som et fastfjellspunkt. Et punkt er etablert øst for den store depresjonen og et punkt på en av de store blokkene fremst på stupet. Disse punktene var målt inn på nytt i 2006. Dataene vises i Figur 83 og i Tabell 6.

Punktene viser ingen signifikante horisontale endringer, men både BRO-2 og BRO-3 viser signifikant endring i høyden. Grensen for signifikans er i dette tilfellet nokså overestimert fordi det er bare tre punkter. Med såpass korte måletider som det er gjort i punktene var det vanskelig å unngå stor korrelasjon mellom vektorene. Dette fører til at standardavviket er estimert til å være for små. Derfor er grensene for signifikans mindre enn de bør være. Men det er fremdeles tegn til vertikal bevegelse i punktene. Dette kan være på grunn av flere årsaker, det mest sannsynlig av de er lokal oppfrysing av fjellet. Både punktene er i relativt oppsprukket og lagdelt fjell, slik at frost ikke kan utelukkes. Derimot er det bevis fra både jernboltene og en vertikal-revershevning på en av de interne sprekker at dataene kan gjenspeile noen reelle bevegelser. Målingene burde derfor pågå i flere år til for å bekrefte dette.

PUNKT	År	N	E	H	sN	sE	sH	dN	dE	Avst.	Retn.	dH
BRO-1_FP		7733004.752	447691.538	602.305								
BRO-2	2005	7733042.342	447834.818	602.146	0.000	0.000	0.001					
BRO-2	2006	7733042.341	447834.817	602.155	0.000	0.000	0.001	-0.001	-0.001	0.002	238.55	0.009
BRO-3	2005	7733020.305	447864.950	604.738	0.000	0.000	0.001					
BRO-3	2006	7733020.304	447864.949	604.752	0.000	0.000	0.001	-0.001	-0.001	0.001	259.03	0.014

Tabell 6: GPS data for Brosmebakktaua.



Figur 83: Kart over GPS data for Brosmebakktaua. Både punktene viser positiv vertikal bevegelse langt over signifikansnivået. Dette er enten feil i data på grunn av dårlig målings oppsett eller kna være i overensstemmelse med observert reversbevegelse forkastninger.

#### 4.6.3.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- Fjellsida ser ut til å være i aktiv bevegelse i et begrenset volum helt ute på fjellstupet, men det er uklart om det er aktiv bevegelse knyttet til den store depresjonen som er tolket som en baksprekk eller om de er bevegelse på de tydelige forkastninger som er internt i blokken.
- De gamle jernbolter viser tegn til noen små bevegelser men vi merker igjen endring i dem i løpet av intervallen mellom 2005-2006. Disse bevegelsene derfor gjenspeiler gamle bevegelser. Dette er i samsvar med observasjoner i sprekkene som tilsier at det er ikke noen særlig tegn til nylig bevegelse.



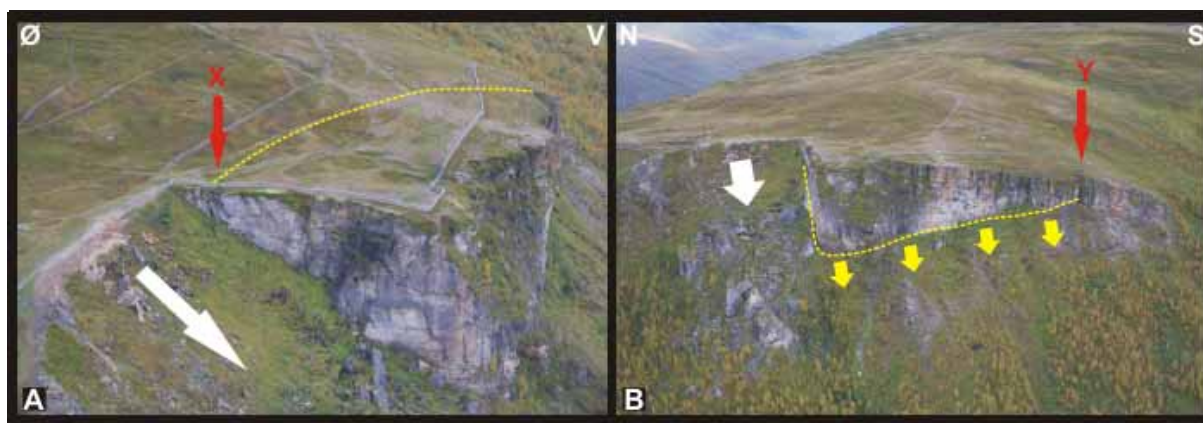
- Blokkene på fremkantene har uvesentlige volumer med hensyn til store fjellskred men den større blokk som angår den bakerste depresjon gir et volum på c.  $3\text{Mm}^3$ .
- Tre GPS punkter etablert i 2005 og innmålt på nytt i 2006 viser ikke signifikant horisontal bevegelse men signifikant heving i vertikal retningen. Det er uklart om dette representerer reelle bevegelser eller er noen feil i dataene. Målingene burde derfor fortsettes i flere år.

## 4.7 Tromsø

### 4.7.1 Storsteinen

#### 4.7.1.1 Geologiske undersøkelser

Storsteinen var først befart i 2006 og en enkel rekognoseringskartlegging var utført. Fjellet består av en c. 200m lang x 70m bred x 50m tykk blokk som ligger på en lavvinklede skjærsone som skråner ut mot fjorden. Dette gir et volum av c.  $0.7\text{Mm}^3$ . Skjærplanen (vist i Figur 84b med en gul linje) har en fall av c. 25 grader mot vest (Figur 85a) og ser ut til å ha noen gang i tiden tatt opp noen bevegelse på blokken som ligger over den, og forårsaket dannelse av noen steilstående ekstensjonssprekker i selve blokken (Figur 85). Det er mange små tegn på bevegelsesretning (eller kinematikk) som viser denne fjordrettet bevegelsen (Figur 85c). Blokken er avgrenset mot nord av en Ø-V brudd som skiller blokken ut fra et område lenger nord hvor det har vært en gammel utglidning siden siste istiden. Disse Ø-V bruddene er ganske hyppige i fjellsiden (Figur 86). Den utløste blokken gled ut på den samme utglidningsplan. Den gamle rasblokken er avgrenset mot sør av den Ø-V brudd som nå er den nordligste delen av Storsteinen. I virkeligheten har Storsteinen vært mye større i fortiden.



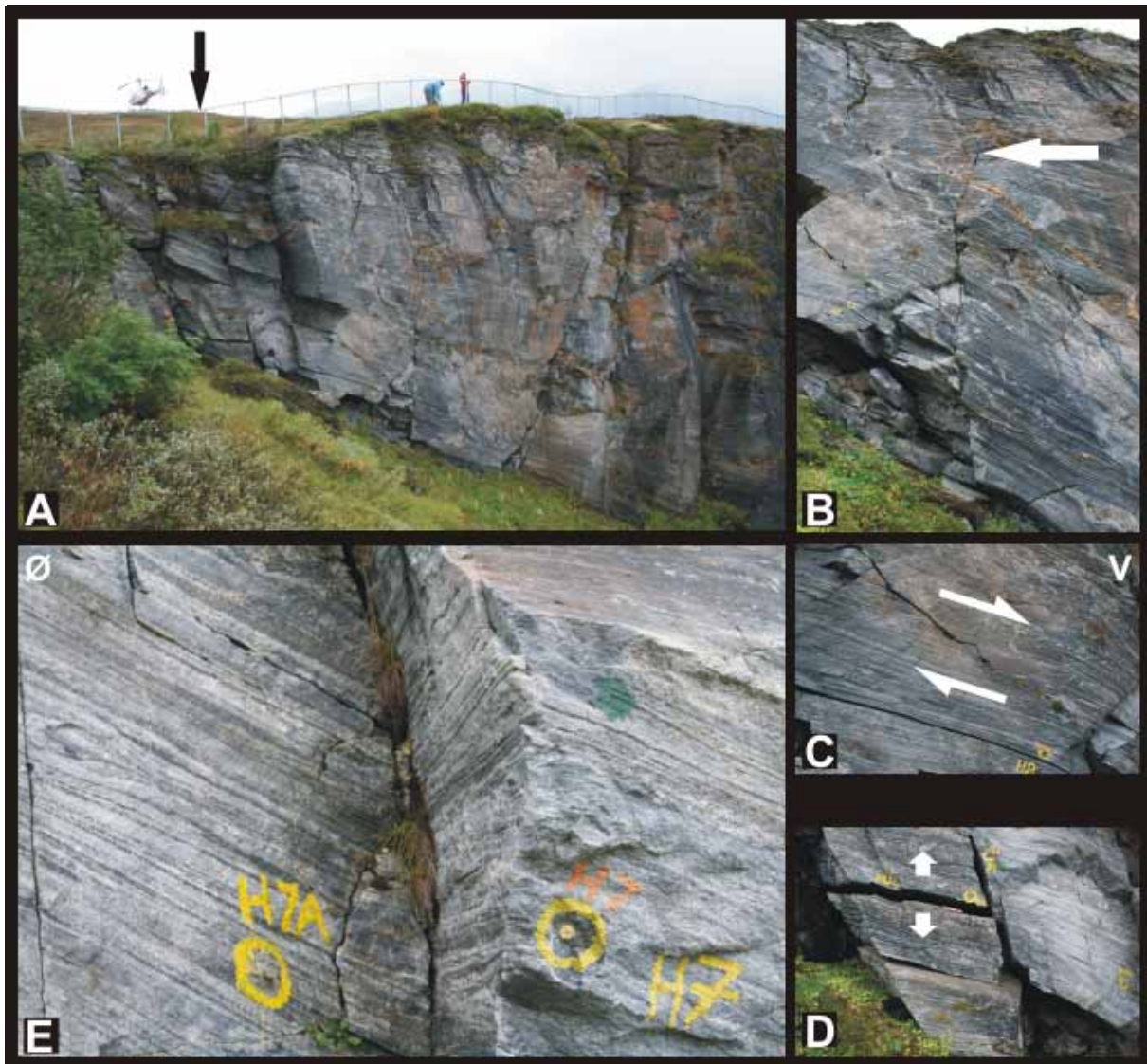
Figur 84: Oversikts bilder over Storsteinen fra luften. A- Storsteinen sett fra nord. Den gamle utglidningen vises med den hvite pilen. Den gule linjen viser bakkanten av blokken. Den røde pilen (X) viser den meste oppsprukket del av blokken som ligger nær bakkanten. B- Storsteinen sett fra vest. Den gule linjen viser mulig utglidningsplan og den røde pilen (Y) viser en betydelig sprekk i sør mot bakkanten av blokken.

Det er ingen tegn til en baksprekk i bakkanten av blokken (Figur 84 og Figur 85a). Det er noen enkelte mindre sprekker i bakkanten men ingenting som ser ut til å løsne blokken. På overflaten er det heller ikke noen tegn til en sprekk eller en depresjon. Dette betyr at blokken er langt i fra utløst, selv om det er bevis for bevegelse i nordveggen av blokken.

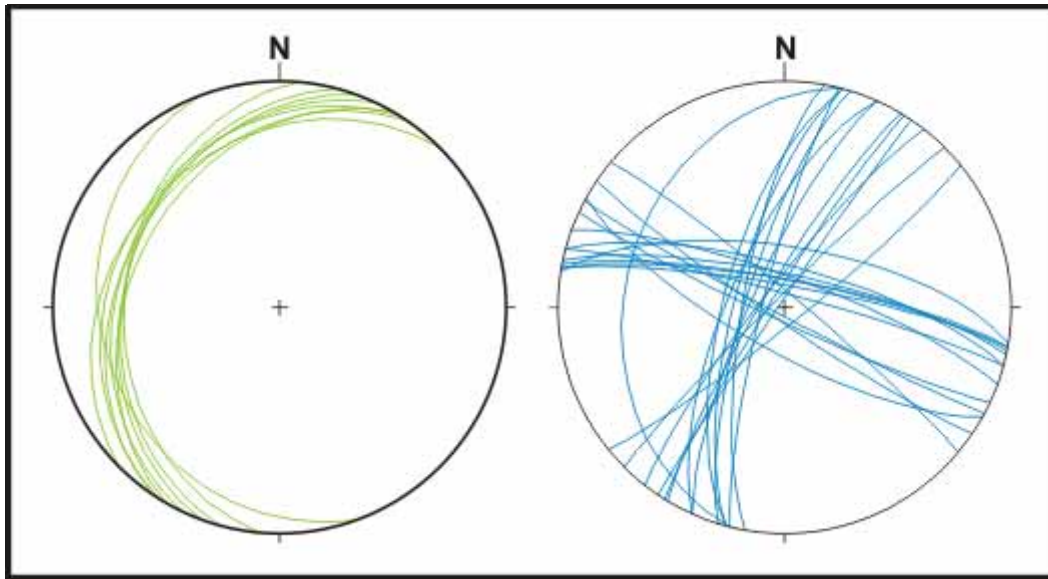
Detaljobservasjoner på noen av sprekkene i nordveggen viser at mange av sprekkene er ikke gjennomgående hele blokken. For eksempel, Figur 85b viser en steilstående sprekk som har



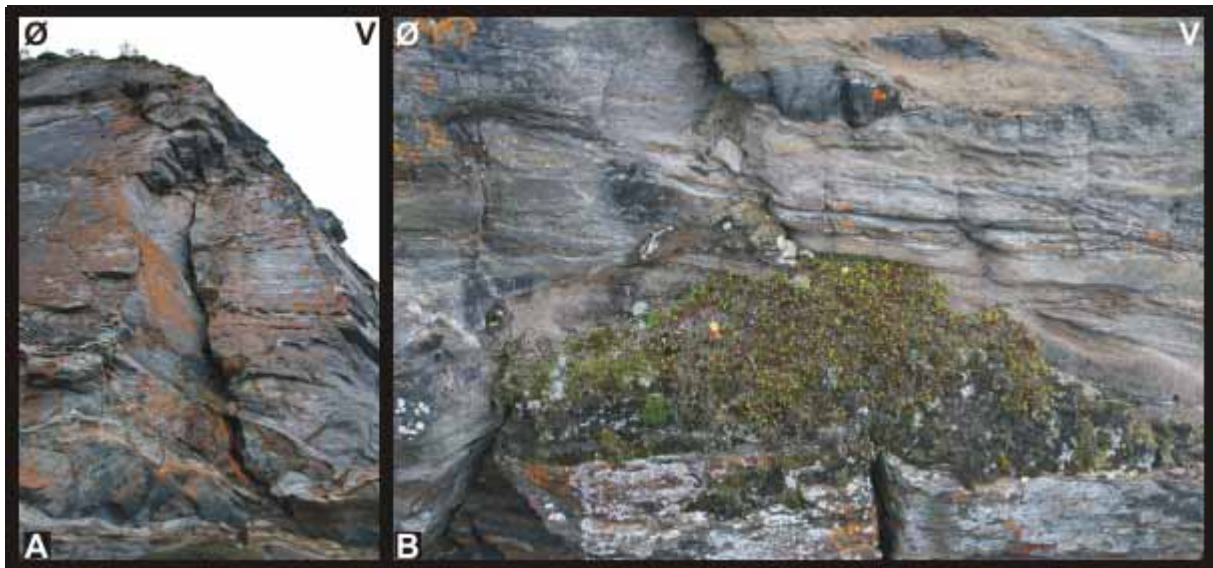
propagert seg fra glideplanen opp mot overflatene men har nådd aldri frem. Dette er et tegn på at fjellsiden har vært mer aktiv før men er nå mindre aktiv. Beviset for nylig bevegelse på sprekken på nordveggen er også begrenset. Figur 85e viser en av de største sprekken på nordveggen som strekker seg over hele veggen og er c.5cm breidd. Sprekken ser helt igjengrodd ut og sprekkeoverflaten er like igjengrodd som nordveggoverflaten. All de andre sprekkene på nordveggen viser like mye aktivitet. Figur 87 viser en stor sprekke helt på fremkanten av blokken. Sprekken ser ut til å være ganske åpen men observasjoner i bunnen av sprekken viser at der er mye mose som har vokst over sprekkeåpningen. Dette viser at det er lenge siden sprekken har vært aktiv.



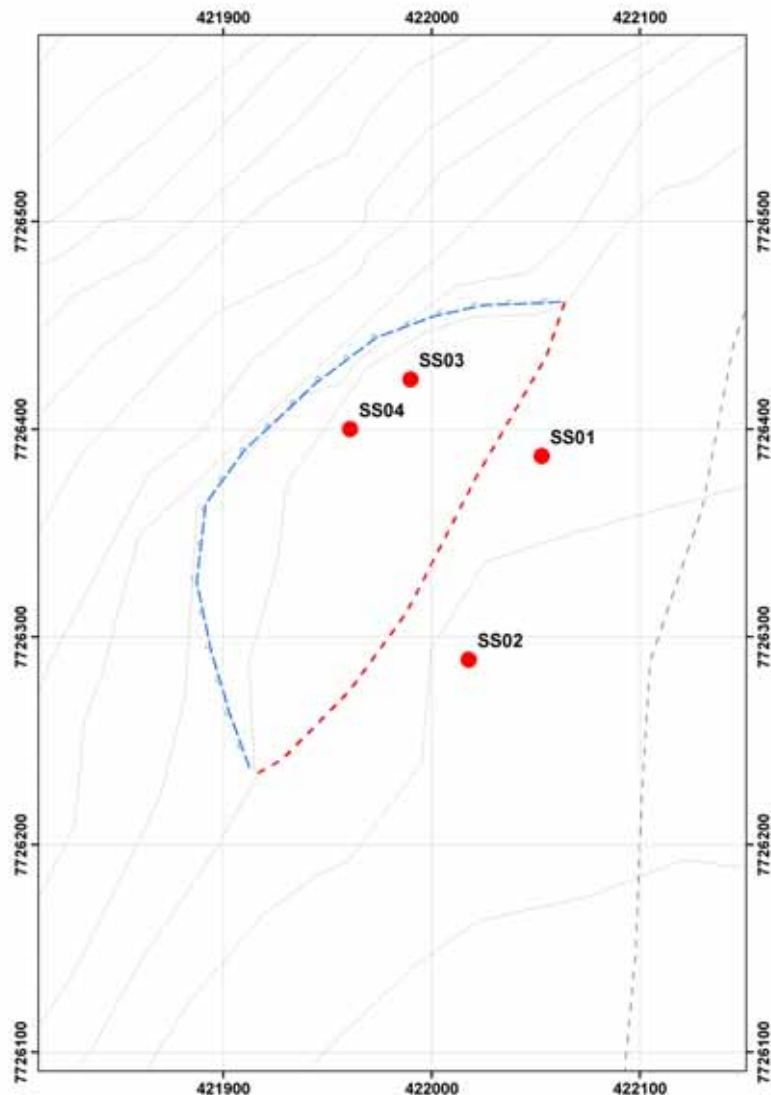
Figur 85: Detalj observasjoner på nordvendt veggen på Storsteinen. A- Bakkanten av blokken (den svarte pilen) hvor de er flest åpne sprekker (dette er området markert X på Figur 84). Fire sprekker er observert her med opp til flere titals cm åpning, men ikke mye tegn til nylig bevegelse. B- En sprekke i midten av blokken som har ikke propagert hele veien igjennom blokken. C- Lavvinklede glideplaner som skjærer igjennom foliasjonen med en fjordrettet bevegelse. D- En mindre blokk løsner seg fra 'taket' vertikalt nedover på en glideplan. E- En steilstående sprekke som er igjengrodd (de gule prikker er NGI målingspunkter).



Figur 86: Stereonett data over Storsteinen. Foliajonen, som er grønt, faller mot fjorden. Glideplanene er parallell med denne. Sprekkene (blå) har to retninger; et sett som er parallelt med foliasjonen og et sett som er Ø-V som fungerer som sidoveis forkastninger.



Figur 87: En steilstående sprekk på fremkanten av Storsteinen som (A) viser at den har ikke propagert seg igjennom blokken og (B) at den viser ingen nylig bevegelse fordi den er igjengrodd med mose.



Figur 88: Kart over Storsteinen som viser de viktige strukturer og GPS punktene lagt ut i 2006. Den røde linjen viser den estimert bakkanten av blokken, men ingen sprekke eller depresjon er observert. Dette betyr at blokken er relativt tilknyttet fjellsiden. Den blå linjen viser den mulig utglidningsplan. De røde prikken er GPS målingspunkter lagt ut i sommeren 2006.

#### 4.7.1.2 GPS målinger

Selv om tidligere undersøkelser, særlig av NGI, som viser ingen særlig tegn til nylig bevegelse, og våre geologiske observasjoner som er diskutert ovenfor, det var bestemt allikevel å sette ut GPS punkter. Dette er på grunn av det meget sårbare området som ligger rett nedenfor blokken som er tettbefolket, har mye industri og har en velutviklet vegnett. I tillegg er det interessant å få en enestående mulighet til å sammenligne resultatene fra flere forskjellige målingsmetoder. Derfor satt vi ut fire punkter på Storsteinen. Disse er SS-01 til SS-04 og vises på kartet i Figur 88. To punkter (SS03 og SS-04) ligger på den antatte blokken og to fastpunkter (SS-01 og SS-02) ligger øst om den antagelig baksprekk. Disse bør måles inn på nytt i 2007 for å få et første års målingsintervall.

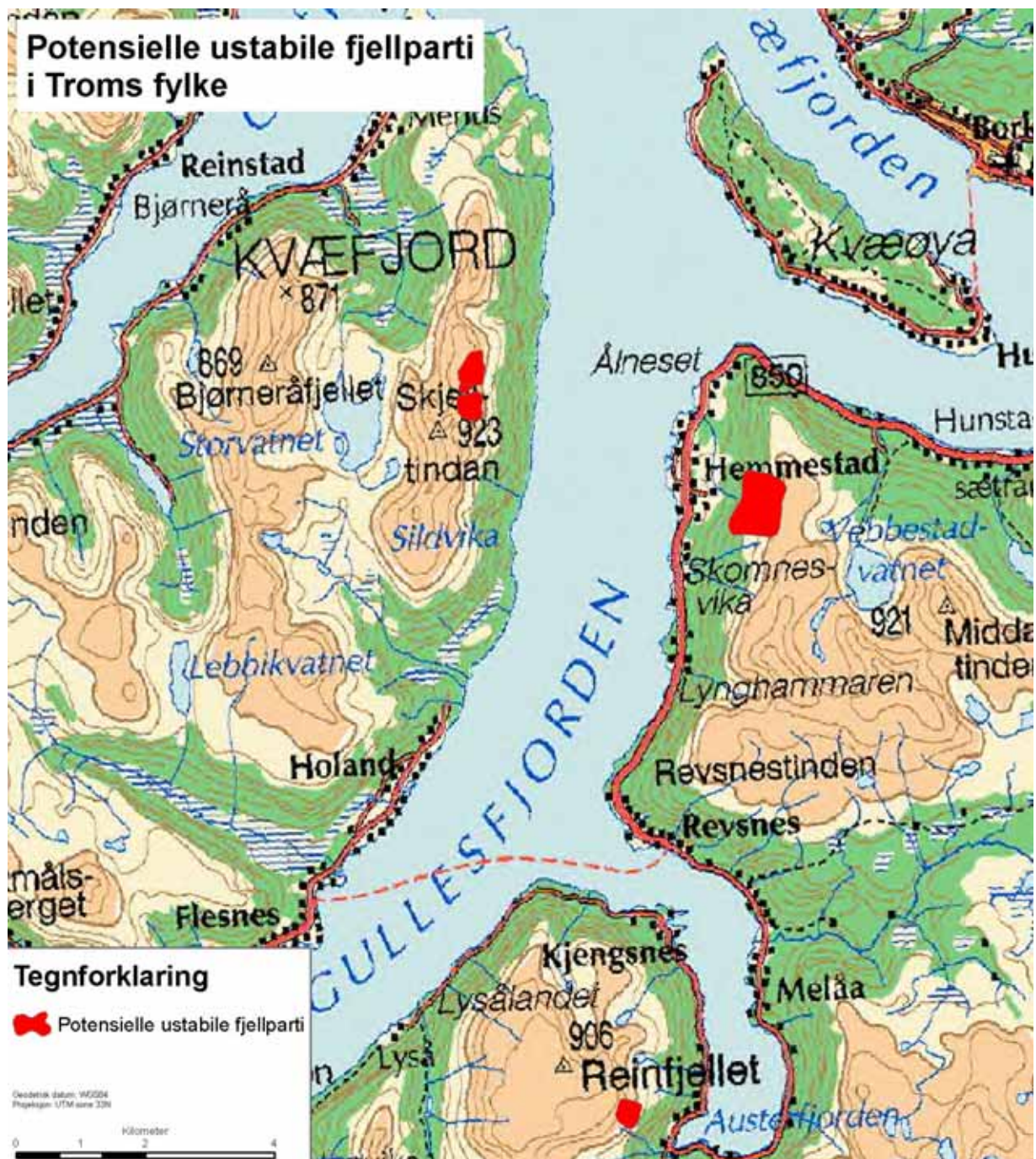
#### 4.7.1.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- Storsteinen har blitt studert i mye detalj fra før, særlig gjennom stabilitets målinger utført av NGI. Disse viser ikke noen særlig tegn til bevegelse, selv om det er neonlunde bevis for oppsprekking av blokken.
- Våre primære geologiske observasjoner er i overensstemmelse med de resultatene fra NGI sine målinger. Det er ikke noen særlig tegn til nylig bevegelse på noen av sprekkene; mange er igjengrodd med mose eller gress. Noen sprekker ser ut til å ha stanset opp i deres utvikling, som tyder på at fjellsiden var mye mer aktiv før.
- Selv om blokken står på en ideell utglidningsplan, ser det ut til at det er lite aktivitet. Det er ikke utviklet noen baksprekk eller en tidlig fase depresjon som skulle tyde på at blokken utløser seg.
- Volumet er regnet til c. 0.7Mm<sup>3</sup>. Dette er ekstremt lite i forhold til de andre steder undersøkt i fylket men volumet er stort nok når sårbarheten i bunnen av dalen er tatt i betraktningen.
- Selv om tidligere resultater viser ingen bevegelse og våre observasjoner bekrefter dette, var det bestemt å sette ut flere GPS punkter som skal innmåles i 2007, siden området som ligger under fjellsiden er veldig sårbart.

#### 4.8 Kvæfjord

Flere mulige ustabile fjellparti er registrert i Kvæfjord, ved Skjelltinden på vestsida av Gullsfjorden og ved Reinfjellet på vestsiden av Austerfjorden (Figur 89). Objektene har blitt verifisert ved flybilder og helikopter befaring. Selv om GPS punkter var lagt ut i 2005, var det ikke gjort noen geologiske feltarbeid på grunn av ekstremt dårlig værforhold.





Figur 89. Ustabile fjellparti i Kvæfjord (Gullesfjorden and Austerfjorden).

#### 4.8.1 Skjelltinden

##### 4.8.1.1 Geologiske undersøkelser

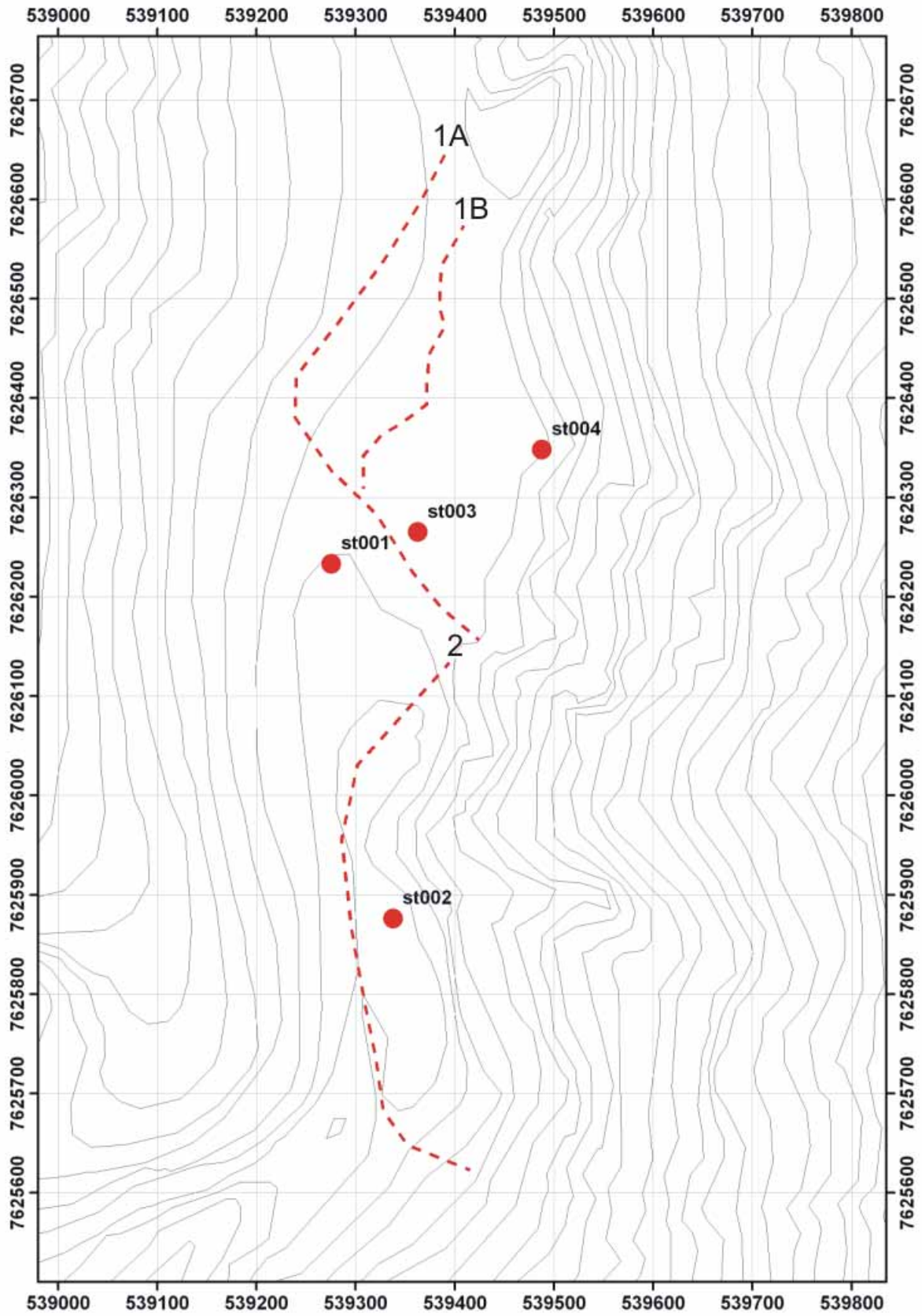
På vestsiden av Gullesfjorden er det spor etter deformasjoner og sprekker i et stort område. Mange av disse tilsynelatende deformasjoner er konsentrert på østsiden av Skjelltinden (Figur 90). Området var først undersøkt i 2005 men på grunn av tidsbegrensning og ekstremt dårlige værforhold ble det ikke foretatt noen rekognoserende geologisk kartlegging og de ble kun lagt ut GPS punkter. Det første geologiske rekognoseringsarbeidet derfor fant stede i 2006. Tre store nord-sør gående depresjoner er observert, noe som ser ut til å være av samme type som de som er observert på Ragnhildurtind, selv om disse på Skjelltinden er veldig ulineær i

formen. To forskjellige blokker ble avgrenset. Det er uklart om det er noen bevegelse på disse strukturene. Figur 93c viser den nordligste strukturen (struktur 1A på Figur 90) og bildet demonstrerer at strukturen er markert av en stor nedsenking av blokken med opp til 3m og at nedsenking forstyrrer morianen som ligger opp på strukturen. Derfor må bevegelsen ha fant stede siden siste istiden (for mindre en 10 000 år siden). Men det er ikke sikkert om de er noen nylig bevegelse på strukturen. De er en andre interne depresjon på den nordligste blokken med c. 2m nedover bevegelse som er også sannsynligvis en sprekke. Ytterst på blokken er det tegn på noen steinsprang, men det er ikke noen klare bevis for at fjellet lengre bak beveger seg. Observasjoner på fremkanten av blokken ned mot fjorden viser at det ser ganske stabilt ut (Figur 91). Størrelsen på blokken er c. 400m lang x 200m bred. Dybden er vanskelig å estimere, siden det er ikke sett noen tegn til en lavvinklede glideplan. Hvis en dybde på 100m er antatt, gir det derfor et volum på  $8Mm^3$ .

Den sørligste blokken (Figur 90 og Figur 92) viser mer gjennomgående tegn til bevegelse siden det er utviklet en større depresjon i bakkanten av blokken og at det er klart at denne sprekken skjære gjennom fjellet. Her er skrenten c. 5m høy og det er mye løse blokker i depresjonen (Figur 93d). Derimot er det ikke noen særlig tegn til nylig bevegelse.

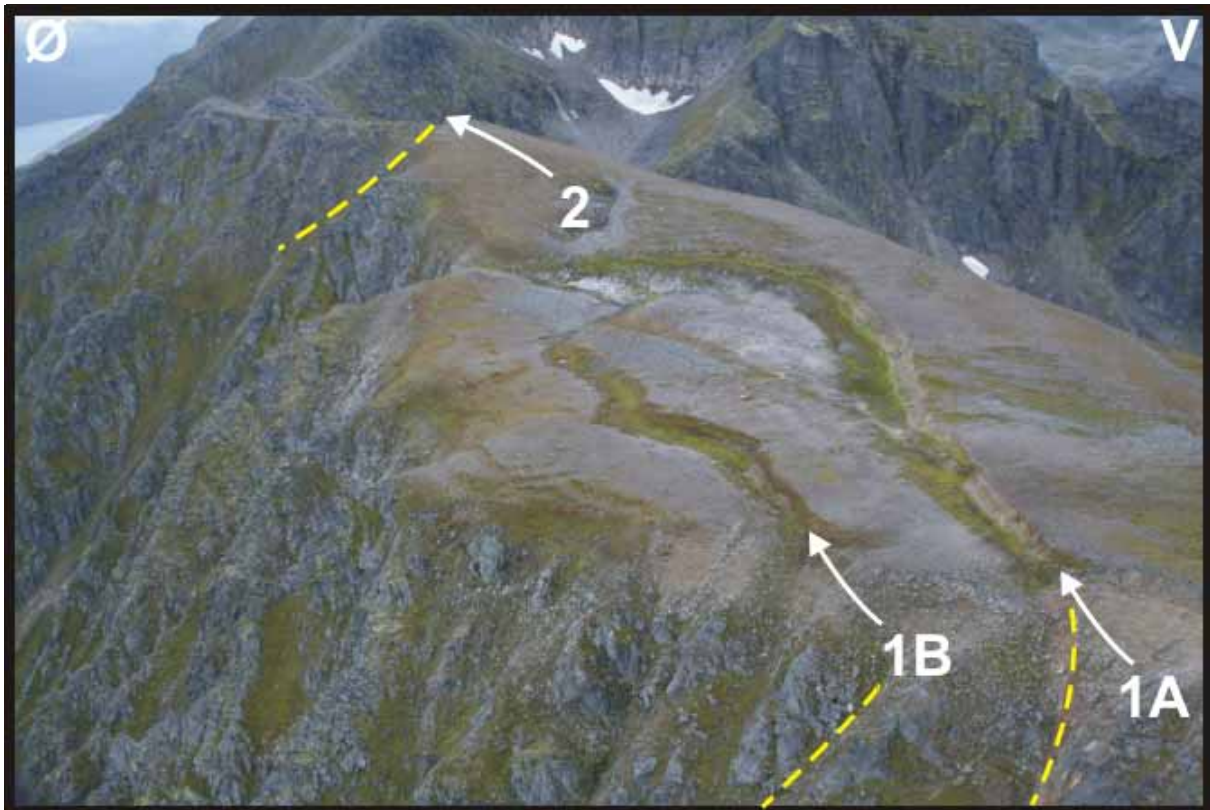
Detaljobservasjon av bunnen av hovedsprekken viser at den er igjengrodd med mose og gress og sprekkeoverflaten er lavbevokst. Dette tyder på at det er lenge siden at sprekken har vært aktiv. Størrelsen på blokken er c. 400m lang x 100m bred. Dybden er vanskelig å estimere, siden det er ikke sett noen tegn til en lavvinklede glideplan. Hvis en dybde på 100m er antatt, gir det derfor et volum på  $4Mm^3$ .

Det er vanskelig å innbille en situasjon hvor det kan være større utglidninger på en av de to blokker. Lagdelingen i både blokker faller inn mot fjellet (Figur 93a og Figur 94) og det er et veldig begrenset antall sprekkeoverflater som faller mot fjorden for å danne en mulig utglidningsplan.



Figur 90: Kart som viser geologisk kartlegging gjort over Skjelltinden i Kvæfjord.



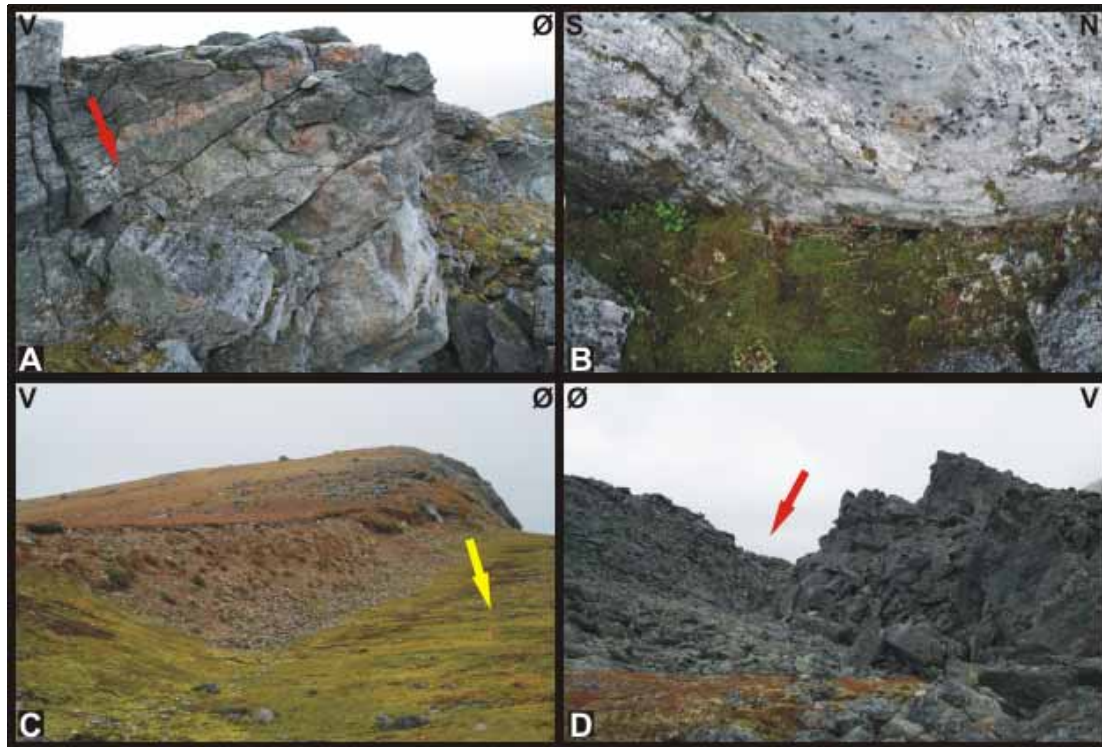


Figur 91. Det nordlige partiet vist i Figur 90. To forskjellige depresjoner er sett i den nordligste blokken som forstyrrer morianen fra siste istiden. Bevegelsen av blokken er derfor i de siste 10 000 år.

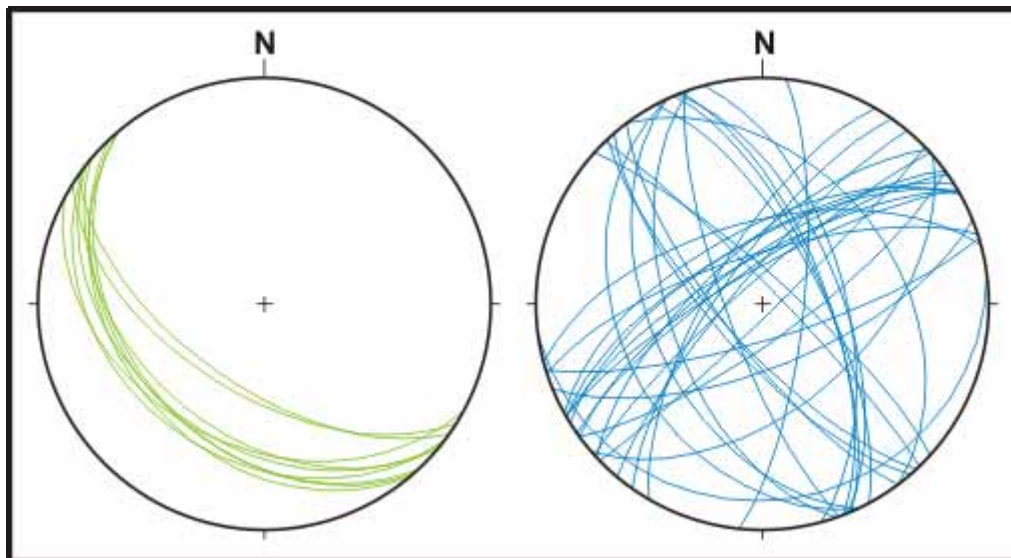


Figur 92. Det sørlige fjellpartiet vist i Figur 90. Den gule linjen viser den baksprekken eller depresjonen som er bak blokken (vist allerede i Figur 90 og Figur 91).





Figur 93: Fotobevis over Skjelltinden med tvetydig bevis for nylig bevegelse. A- Foliasjonen, eller lagdelingen som skråner inn mot fjellet på den sørligste blokken. En liten steilstående sprekke viser en nedover bevegelse mot fjorden. B. Bevis for begrenset sprekkeaktivitet i den igjengrodd sprekkebunnen til den sørligste blokken. C- Depresjonene som forstyrrer morianen til siste istiden på bakkanten av den nordligste blokken. D- 5m nedover bevegelse på den sørligste blokken.



Figur 94: Stereonett data over Skjelltinden. Foliasjon er i grønt og faller mot fjellet. Sprekkene er i blå og viser bare noen få struktur som kunne fungere som glideplan (faller moderat mot fjorden).

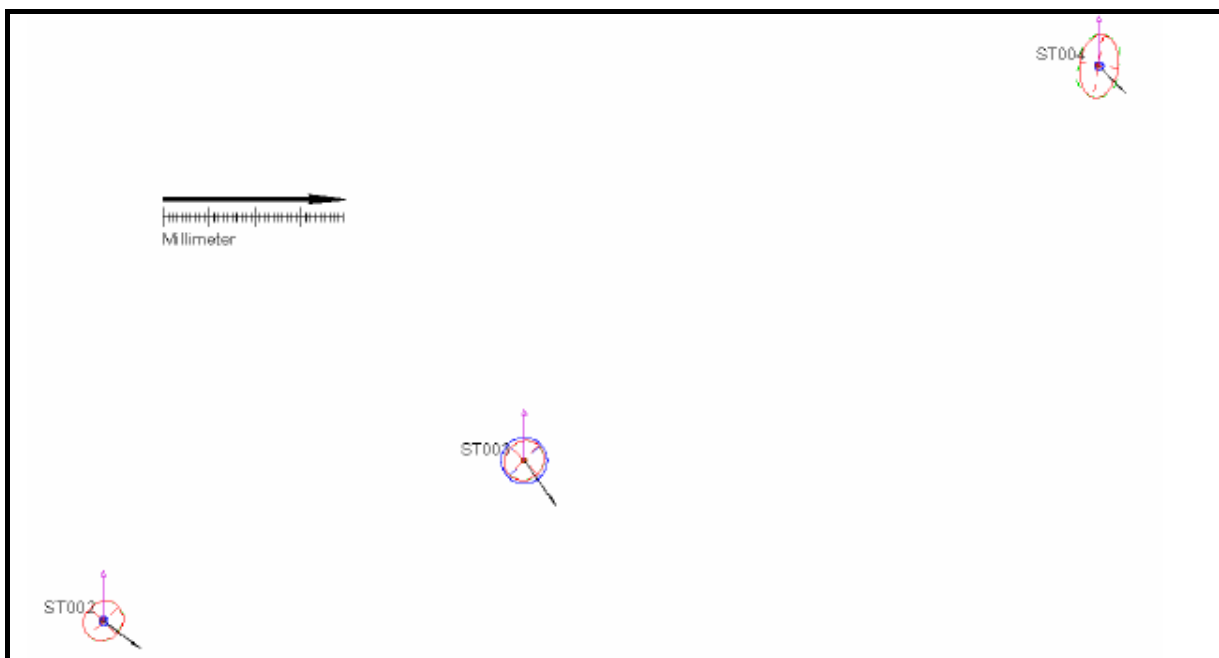
#### 4.8.1.2 GPS målinger

Det ble etablert 3 GPS punkter i løpet av 2005. Ett punkt var lagt ut på fastfjell og to på en av blokkene. En tredje punkt var lagt ut på den sørlige blokken men det oppsto tekniske problemer under målingene. Disse punkter var målt inn igjen i 2006. Resultatene vises i Tabell 7 og Figur 95 og viser at det er signifikant horisontal endring i punktene ST002-ST004 av 8-11 mm i om lag samme retning. Denne endringen er usikker fordi punkt ST001\_FP og ST002 ikke var i lodd ved oppstillinga i 2005. Det er ukjent hvor mye avvik det var fra vertikal stilling. Siden dette gjelder fastpunktet som de andre punktene var reknet i høve til, kan det forklare den tilnærmet identiske horisontale endringa på ca. 1cm i de tre andre punktene. Det er ikke signifikante endringer i høyden i noen av punktene.

Det er vanskelig å konkludere med at det virkelig er bevegelse i punktene siden det knytter seg usikkerhet til oppstillingene.

PUNKT		N	E	H	sN	sE	sH	dN	dE	Dist	Retn	dH
ST001_FP	2005	7625870.275	539348.707	825.503								
ST001_FP	2006	7625870.275	539348.707	825.503								
ST002	2005	7626231.743	539276.722	797.115	0.001	0.001	0.003					
ST002	2006	7626231.737	539276.730	797.114	0.001	0.001	0.002	-0.006	0.008	0.010	137.43	-0.001
ST003	2005	7626266.585	539368.085	782.756	0.002	0.001	0.003					
ST003	2006	7626266.575	539368.092	782.751	0.001	0.001	0.002	-0.009	0.006	0.011	161.63	-0.006
ST004	2005	7626352.243	539492.799	778.504	0.002	0.001	0.003					
ST004	2006	7626352.237	539492.805	778.503	0.001	0.001	0.002	-0.006	0.006	0.008	153.74	-0.002

Tabell 7: GPS data over Skjelltinden i Kvæfjorden.



Figur 95: Kart over GPS punkt bevegelse på Skjelltinden. Alle tre punkter viser signifikant horisontalbevegelse mot fjorden (mot øst) men ikke signifikant vertikal bevegelse. Noen problemer med oppsettet av punkt ST002 betyr at dataene er ikke hittil pålitelig.

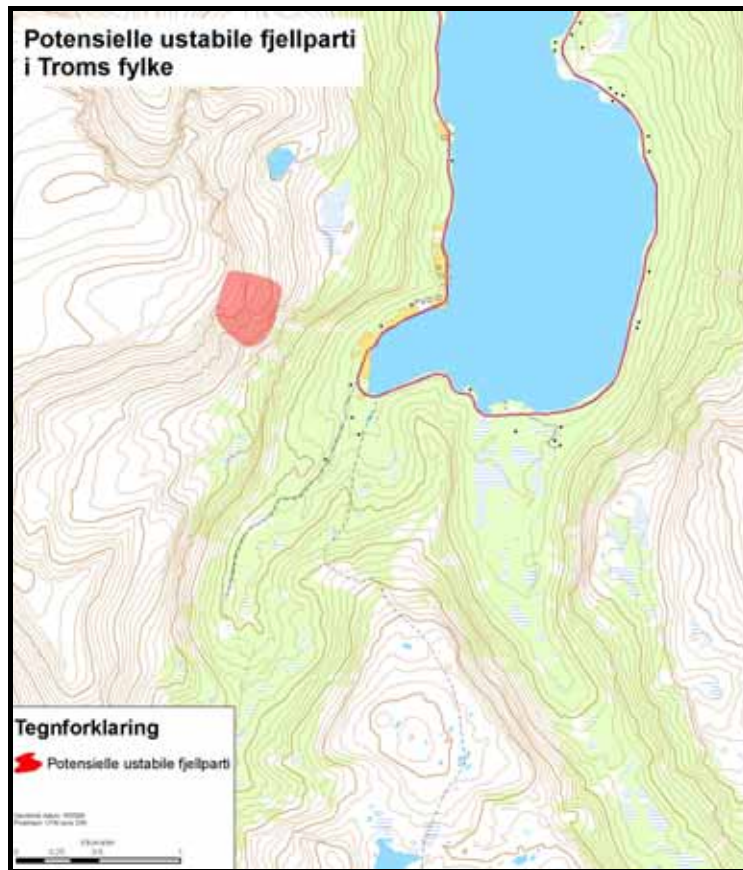
#### 4.8.1.3 Oppsummering og forslag til oppfølging

- To forskjellige blokker er avgrenset, en i nord og en i sør. Disse har antatte volumer på  $8\text{Mm}^3$  og  $4\text{Mm}^3$ .
- Selv om den nordligste 'baksprekken' skjærer gjennom morianen og må derfor være yngre en siste istiden for c. 10 000 år siden, er det ikke noen nylig tegn til bevegelse. Det samme gjelder den mer utviklet baksprekken på den sørligste blokken som er igjengrodd og lavbevokst.
- Foliasjonen og sprekke mønstrene tyder på at det er lav sannsynlighet for en større utglidning ned mot fjorden i dette området.
- GPS punkter var lagt ut i 2005 og målt inn igjen på nytt i 2006. Disse viser at det er signifikant fjordrettet horisontal bevegelse på alle punktene men usignifikant vertikal bevegelse. Det er noen spørsmål angende oppsettet i en av punktene (den på den sørligste blokken). Derfor burde målingene forsetter flere år til. Det er ikke foretatt geologisk feltarbeid, men 3 GPS punkter ble målt inn. Det er bevis for mye steinsprang i forkant av fjellet men det er ikke noe konkret bevis for bevegelse av et større fjellparti. Det anbefales ny måling av GPS punktene i 2007.

#### 4.8.2 Reinfjellet

Dette området, som ligger på den vest siden av Austerfjorden (

Figur 96) var først befart for å sette ut GPS punkter i 2005. På grunn av tidsbegrensning og ekstremt dårlige værforhold ble det ikke gjort rekognoserende geologi her i 2005. En enkel geologisk rekognoseringsarbeid var derfor utført i 2006. Dette vises i Figur 98. Kartet viser en N-S sprekk som er gjennomgående hele fjellsiden og strekker seg 400m (Figur 99a). Sprekken er c. 2m meter bred og flere meter i dybden (Figur 97). Denne skjærer på tvers av den øst-vest, steilstående foliasjonen (Figur 100).

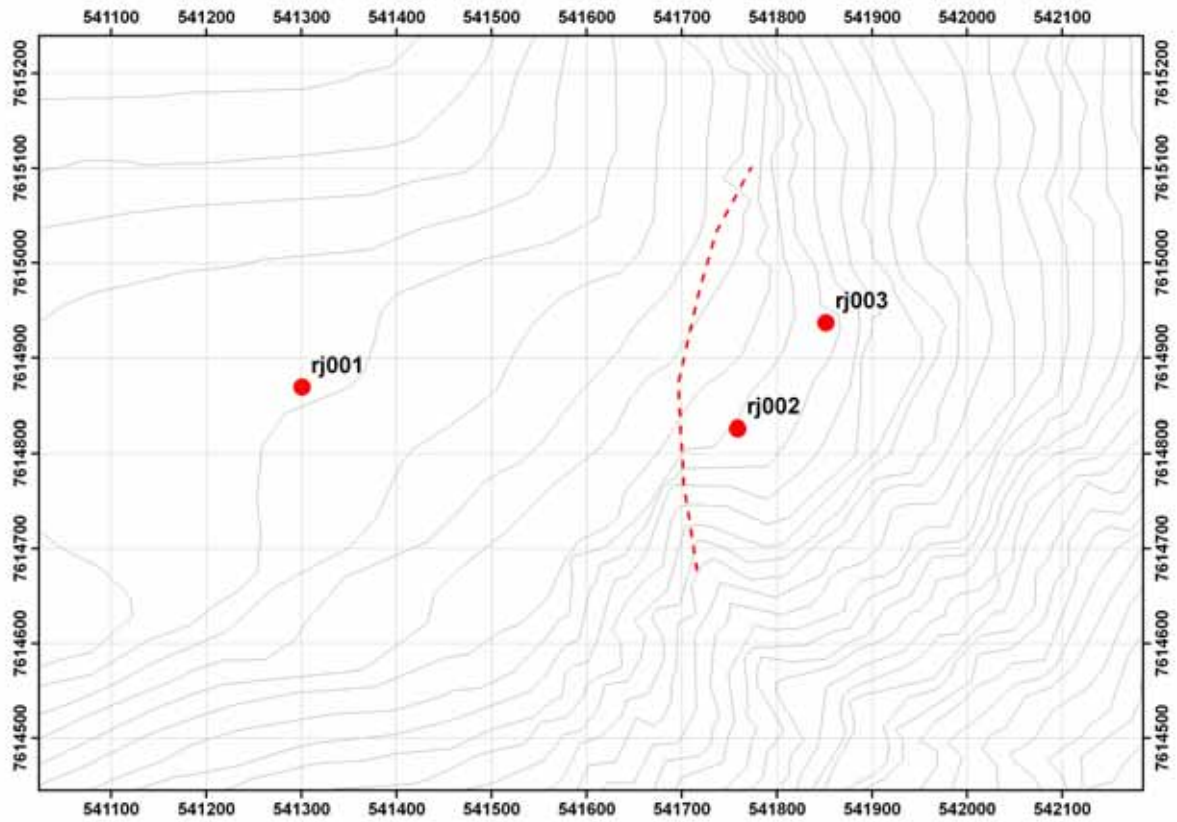


Figur 96. Ustabilt fjellparti som er identifisert vest for Austerfjorden i Kvæfjord. Se lokalisering i Figur 89.



Figur 97. Sprekker i overflaten av det ustabile fjellpartiet på Reinfjellet vest for Austerfjorden sett fra helikopteret.



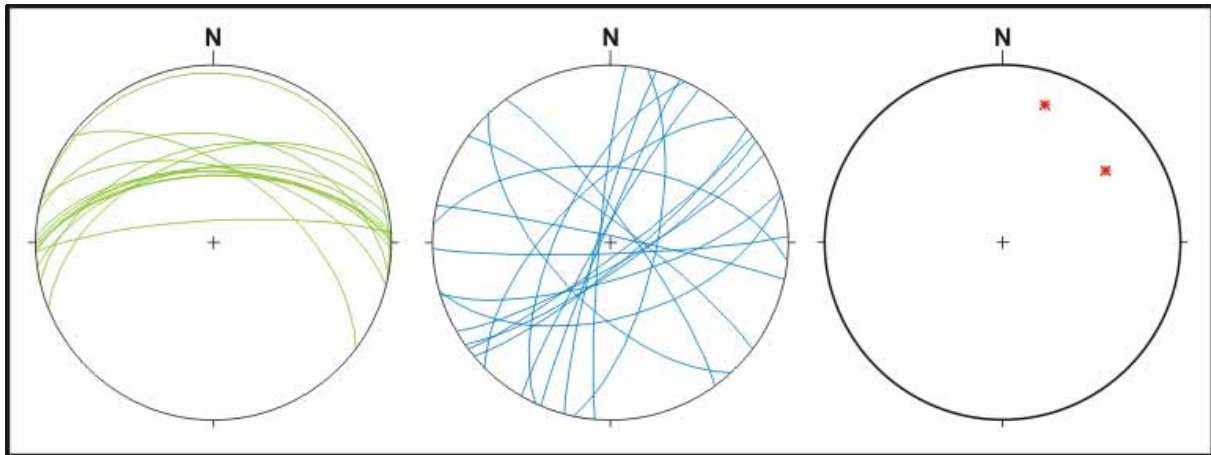


Figur 98: Geologisk kartlegging over Reinfjellet. En enkel N-S sprekke er sett. To punkter var lagt ut på blokken og et fastpunkt lenger mot vest. Ingen av de to punkter på blokken viser signifikant bevegelse.



Figur 99: Bilder av strukturene på Rein fjellet. A- Rein fjellet sett fra øst fra luften. Den røde pilen viser den nordligste del av sprekken. Den gule pilen viser at det er noen begrenset områder med yr i bunnen av stupet, men ellers ser fjellsiden ut til å være stabil. B- Sprekken sett mot nord. Den er c. 2m bred men har en ukjent dybde. Sprekken ser derimot veldig igjengrodd ut. C- Bevis for nedover mot fjorden bevegelse av mindre blokker i nærheten av den nordligste delen av sprekken. D- Løse blokker i nærheten av den nordligste delen av sprekken. Blokkene er veldig igjengrodd.

Sprekken avgrenser et område som er c. 400m lang x c. 100m bred. Det er ikke mulig å estimere dybden på blokken siden det er ikke noen tegn til en fungerende utglidningsplan. Hvis man antar at dybden er c. 100m, gir det et volum på c.  $4Mm^3$  men det er svært usikkert på grunn av usikkerheten med dybden. Det er noen tegn til fjordrettet (østlig) bevegelse i noen mindre blokker (Figur 99c) og mye bevis langs sprekken at det er løs material (Figur 99d) men på selve sprekken er de ingen tegn til nylig bevegelse siden sprekken er veldig igjengrodd med mose og gress (Figur 99b).



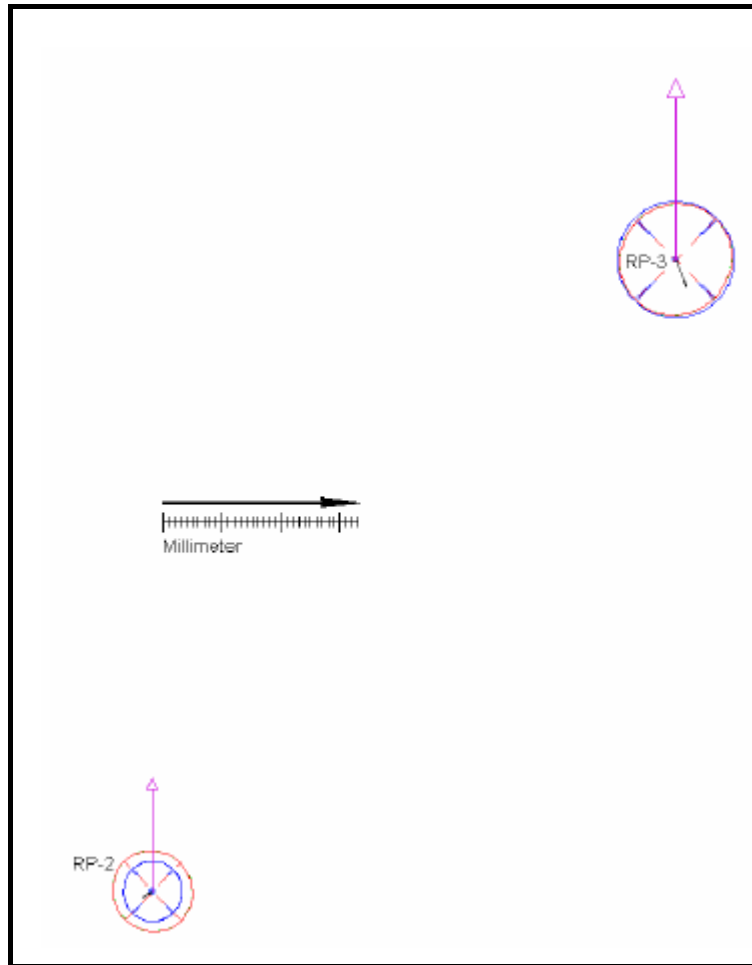
Figur 100: Stereonett data over Rein fjellet. Foliasjonen er i grønt og ligger på tvers av fjellsiden. Sprekkene er i blå og viser en veldig kaotisk mønster, med ikke noen særlig tegn til utglidningsmuligheter ut mot fjorden. Retningsvektorer fra sprekken viser noen tegn til bevegelse mot nordøst.

#### 4.8.2.1 GPS målinger

Det er ikke signifikante endringer i koordinatene i noen av punktene som vises i Tabell 8 og Figur 101.

PUNKT	År	N	E	H	sN	sE	sH	dN	dE	Dist	Retn	dH
RP-1_FP		7614866.078	541300.892	800.033								
RP-2	2005	7614830.350	541762.493	696.263	0.002	0.002	0.006					
RP-2	2006	7614830.349	541762.490	696.258	0.001	0.001	0.002	-0.001	-0.002	0.003	277.16	-0.004
RP-3	2005	7614938.813	541852.018	686.032	0.003	0.003	0.010					
RP-3	2006	7614938.808	541852.020	686.022	0.001	0.001	0.002	-0.005	0.001	0.005	184.40	-0.011

Tabell 8: GPS data over Rein fjellet. Etter et års målingsintervall mellom 2005 og 2006 er det ikke noen signifikant tegn til enten horisontal eller vertikal bevegelse.



Figur 101: Resultat av første års målingsintervall fra punktene på Reinfjellet.

#### 4.8.2.2 Oppsummering og forslag til oppfølging

- En enkel rekognoseringskartlegging i 2006 viser at en enkel sprekke med ukjent dybde og c. 2m åpning strekker seg 400m langs fjelltoppen. Sprekken derimot viser ikke noen særlig tegn til nylig bevegelse.
- Foliasjonen, eller lagdelingen, er ikke til rette for at de skulle skape store utglidninger i dette området. Det er ikke særlig tegn til fersk aktivitet på fremsiden av fjellstupet.
- Et års GPS målingsintervall mellom 2005-2006 viser ingen tegn til enten horisontale eller vertikale bevegelser.
- Målingene burde fortsette i flere år til for å bekrefte uaktiviteten på fjellsiden.



## 5. Konklusjoner

- I løpet av 2005 og 2006 er 13 lokaliteter som har potensiale til å utvikle store fjellskred undersøkt (Tabell 9). Det er etablert periodisk GPS målinger ved alle disse lokalitetene bortsett fra Svarthammaren. Ved Svarthammaren viste de geologiske undersøkelsene at det ikke var noe stor fare for større utglidninger. Målingene dokumenterer bevegelse ved nordlige deler av Nordnes og deler av Kåfjord. Imidlertid er det indikert vertikal heving ved flere lokaliteter, men dette kan være knyttet til usikkerheter ved metoden eller eventuelt grunnet tektonisk heving. Det er utvilsomt behov for oppfølging av GPS målingene og det er grunn til å vurdere også andre metoder for måling av bevegelse ved enkelte av lokalitetene.

	LOKALITET	KARTLEGGING	GPS	INTERVALL- MÅLING	SYNLIG BEVEGELSE	GPS BEVEGELSE
Storfjorden	Nord Nordnes	•	•	•	•	•
Storfjorden	Midtre Nordnes	•	•	•		
Storfjorden	Indre Nordnes	•	•	•		
Storfjorden	Revdalsfjellet	•	•	•		
Kåfjorddalen	Kåfjord Nord	•	•	•		•
Kåfjorddalen	Kåfjord Sør	•	•	•	•	•
Kåfjorddalen	Kåfjord Midtre	•	•			
Sørfjorden	Ragnhildsurtind	•	•	•	•	
Sørfjorden	Svarthammar	•				
Sørfjorden	Brosmebakktuva	•	•	•		?
Tromsø	Storsteinen	•	•			
Gullesfjorden	Skjelltinden	•	•	•		?
Gullesfjorden	Reinfjellet	•	•	•		

Tabell 9: Oversikt over skredlokalitetene som har blitt undersøkt i løpet av 2005 og 2006.

- Det etablert en del ekstra GPS punkter på det ustabile fjellpartiet på nordre Nordnesfjellet, og disse bekrefter målingene fra tidligere år. Området beveger seg nedover mot fjorden med ca 3 cm pr. år. Også de nyeste resultatene fra radarsatellitter støtter opp om at det er vertikale bevegelser i området. De geologiske undersøkelsene viser en 'trappetrinn' geometri, noe som skulle redusere mulighetene for store og sammenhengende utglidninger. Dette er identifisert på Midtre Nordnes, men er også delvis blitt identifisert på Nordre Nordnes. Det kan imidlertid ikke utelukkes at det kan utvikles større gjennomgående strukturer som kan fungere som glidesoner for store skred. Derfor foreslås det å etablere flere målepunkter med ulike metoder, og med kontinuerlige målinger slik at bevegelsene kan følges gjennom hele året. Målemetoder kan inkludere laser for å måle totalbevegelsen i området og mer lokale målemetoder i sprekkesystemene (for eksempel strekkstag).
- I forbindelse med oppfølgingen av Nordnes og om spørsmålet knyttet til om det bør etableres kontinuerlig overvåking og beredskap, er det også behov for andre undersøkelser. Dette vil inkludere en første analyse av mulige flodbølger. Videre bør det vurderes om det kan gjøres noe oppfølgende geofysikk, for eksempel refraksjonsseismikk for å få bedre kontroll på dypet til de ustabile områdene. Det bør også vurderes å få samlet inn bedre data på den detaljerte topografien, for eksempel gjennom bruk av laser skanner. Slike data kan også brukes til å evaluere bevegelse ved at det blir målt over flere år. Dersom det skal gjennomføres boringer på Nordnesfjellet i regi av det nyetablerte prosjektet International Polar Year (IPY), bør det vurderes om det er mulig også å foreta en boring nede på det nordlige ustabile fjellpartiet på Nordnes. En gjennomgang av eksisterende data fra fjorden bør gjøres for å få oversikt over mulige tidligere skred fra området ved Nordnesfjellet.
- For de andre områdene på Nordnes og i Kåfjord er bevegelsene små, og de ligger i grenseland for påliteligheten for metoden, og det er derfor nødvendig med oppfølging av dette. I Kåfjord viser de foreløpige geologiske tolkningene at deformasjonene og bevegelsene sannsynligvis går gjennom en serie mindre bruddstrukturer. Det er ikke sett noen store gjennomgående svakhetsstrukturer. Lagdelinga i fjellet skråner også inn i fjellet her, noe som er mer betryggende i forhold til sannsynligheten for store utfall.
- Et nytt område, kalt for Midtre Kåfjord har blitt identifisert mellom Kåfjord Nord og Kåfjord Sør. GPS punkter er lagt ut her og skal måles inn på nytt i 2007.
- Den regionale kartleggingen og oppfølging av enkeltobjekter i form av geologiske undersøkelser og måling/etablering av overvåkingspunkt (GPS) må forsette videre fremover i tid. Dette gjelder både områdene ved Nordnes og Kåfjord, men også områdene i Sørfjorden, Tromsø kommune og i Kvæfjorden. Flere aktuelle objekter er også registrert i skreddnett.no, men ennå ikke er befart i felt. En gjennomgang av data fra fjorden (batymetri og seismikk) bør gjøres i hele fylket for å få en bedre oversikt over tidligere hendelser. Dette er viktige data for å få et bilde over hyppighet av slike skred i fylket, og vil være et grunnlag for å si noe om sannsynlighet. En fullstendig kartlegging av faren for fjellskred i fylket er et omfattende arbeid som krever en systematisk kartlegging og det er naturlig å inkludere dette i en nasjonal satsing på kartlegging av fare for store fjellskred.
- Et samarbeid med NORUT for å prosessere eksisterende satellittdata for å verifisere bevegelser fra begynnelsen av 90-tallet er påbegynt i slutten av 2006. Det er allerede etablert et samarbeid mellom NGU/ICG og NORUT på dette området. Dette vil være viktig for den regionale kartleggingen og dokumentasjon av bevegelse. De første

