

NGU Rapport 2008.025
ROS Fjellskred i Troms: Statusrapport 2007

Rapport nr.: 2008.025		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: ROS Fjellskred i Troms: Statusrapport 2007			
Forfatter: Iain H.C. Henderson, Per Terje Osmundsen & Tim Redfield		Oppdragsgiver: Fjellskred i Troms, Lyngen Kommune	
Fylke: Troms		Kommune: Lyngen, Kåfjord	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 38 Kartbilag:	Pris: Kr. 320.-
Feltarbeid utført: August, 2007	Rapportdato: 02.07.08	Prosjektnr.: 310000	Ansvarlig: <i>Lars H. Blitner</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>Rapporten gir en oversikt over arbeidet som NGU har utført i prosjektet ROS Fjellskred i Troms i 2007, både regionalt og den mer detaljerte oppfølgingen på Nordnesfjellet. Det er utført 2 uker geologisk feltarbeid, en dags befaring i forbindelse med flodbølgeanalysene og en ukes arbeid med målinger av GPS-punkter. For å avdekke mulige bevegelser er det tidligere foretatt GPS-målinger på 13 lokaliteter. 12 av disse ble målt i 2007. Av disse viser kun Nordnesfjellet og indre Nordnes entydig tegn til bevegelse. Bevegelsen på Nordnesfjellet har omtrent de samme hastighetene som de tidligere år, med en største bevegelse på 3-4 cm pr år. Bevegelsen på Revdalsfjellet er estimert til 2-3 mm per år, men det er fremdeles knyttet usikkerheter til dette.</p> <p>I løpet av 2007 er 17 nye lokaliteter blitt befart, og det er utplassert nye GPS-punkter på 4 nye steder. Disse er Gamanjunni i Manddalen, Kråketind og Ruovddasvarri i Kåfjord og Låvan øst i Kvænangen. NGU har kjøpt inn en fullstendig dekning av satellittdata fra Troms som er grunnlaget for analyse av mulige bevegelser ved metoden InSAR. Utviklingen av metoder for dataprosessering er gjort i et samarbeid mellom Norut AS og NGU. En del av feltarbeidet og kartleggingen har gått til utprøving og kvalitetssikring av InSAR-data. Dette har gitt svært gode resultater, og det er et godt samsvar mellom bevegelser fra InSAR-data og geologiske strukturer og sprekker som er kartlagt i felt. Dette bekrefter at bruk av InSAR integrert med geologisk kartlegging vil være en svært god og effektiv metode for kartlegging av ustabile fjellparti og for en bedre forståelse av bevegelse og deformasjon i ustabile fjell. Bruk av InSAR-data har blant annet ført til at det er oppdaget flere nye lokaliteter med innsynkning (Litledalen, Nomedalstinden og Gavtavarri), noe som viser at metoden kan brukes som et regionalt verktøy for kartlegging av potensielle fjellskred. Flere nye områder med dokumentert bevegelse ligger i fjellsider langs fjordene, og det vil være viktig å følge disse opp de nærmeste årene.</p> <p>Detaljert arbeid på Nordnes har inkludert LIDAR laserskanning av fjellsiden og ytterligere geofysiske målinger som skal gi bedre informasjon om dybden og volumet av de ustabile områdene. Dette er sentrale data for vurdering av de scenarier som er grunnlaget for flodbølgeanalysene som er utført av NGU. Det er også utført detaljert kartlegging av fjordbatymetri som blant annet er brukt i forbindelse med flodbølgeanalysene.</p>			
Emneord: Fjellskred	Strukturgeologi	Regionale undersøkelser	
Kartlegging	InSAR	GPS	
LIDAR	Geofysikk	Flodbølger	

INNHold

NGU Rapport 2008.025	1
RAPPORT	2
1. INNLEDNING	4
1.1 Regionalt arbeid.....	4
1.2 Nordnesfjellet	4
2. RESULTATER	5
2.1 Regionalt arbeid.....	5
2.1.1 GPS-målinger på eksisterende lokaliteter	6
2.1.1.1 Nordnesfjellet.....	6
2.1.1.2 Indre Nordnes.....	9
2.1.1.3 Kåfjord	12
2.1.1.4 Revdalsfjellet	16
2.1.1.5 Ragnhildsurtind.....	20
2.1.1.6 Brosmebakktuva	20
2.1.1.7 Skjelltindan	20
2.1.1.8 Reinfjellet.....	20
2.1.1.9 Storsteinen, Tromsø	20
2.1.2 Nye lokaliteter	20
2.1.2.1 Låvan Øst	21
2.1.2.2 Gamanjunni.....	22
2.1.2.3 Kråketinden.....	24
2.1.2.4 Ruovddasvarri	26
2.1.2.5 Flatsteinsfjellet.....	26
2.1.2.6 Litledalen	27
2.1.2.7 Gavtavarri	28
2.1.2.8 Laksvatnsfjellet	28
2.1.2.9 Pollfjellet.....	30
2.2 Feltundersøkelser knyttet til evaluering av InSAR-metoden	32
2.3 Nordnesfjellet	35
2.3.1 LIDAR laserskanning.....	35
2.3.2 Flodbølgeanalyse.....	35
2.3.3 Geofysikk	36
2.3.4 Bevegelsesmålinger.....	36
3. KONKLUSJONER	37
4. REFERANSER	38

1. INNLEDNING

Prosjektet ROS Fjellskred i Troms er et samarbeidsprosjekt mellom NGU og de aktuelle kommuner i Troms. Rapporten gir en kort oversikt over arbeidet som er gjort i 2007. Det vil i tillegg utarbeides fullstendig dokumentasjon i form av rapport og/eller innlegging av data i nasjonal skreddatabase. Arbeidet i 2007 har omfattet både regionale undersøkelser og en detaljert oppfølging av Nordnesfjellet. Feltarbeidet omfattet 14 dagers geologisk kartlegging i august, en ukes felt for innmåling av GPS-punkter i september og en dags befaringsforbindelse med flodbølgeanalysene.

1.1 Regionalt arbeid

Det gis her en kort oversikt over målene med det regionale arbeidet i 2007.

1. Målinger av GPS på de 13 lokalitetene som var etablert i 2005 og 2006, inkludert Nordnes.
2. Geologiske undersøkelser av nye lokaliteter.
3. Kartlegging og feltundersøkelser ved en serie lokaliteter for å kvalitetskontrollere og evaluere InSAR-metoden.
4. Arbeid for å skaffe en regional forståelse for utbredelsen av de ustabile fjellpartiene i Troms, og hvilke geologiske forhold som styrer dette (for eksempel topografi, jordskjelv, fjellstrukturer).

1.2 Nordnesfjellet

Arbeidet med oppfølgingen av Nordnes har hatt følgende mål:

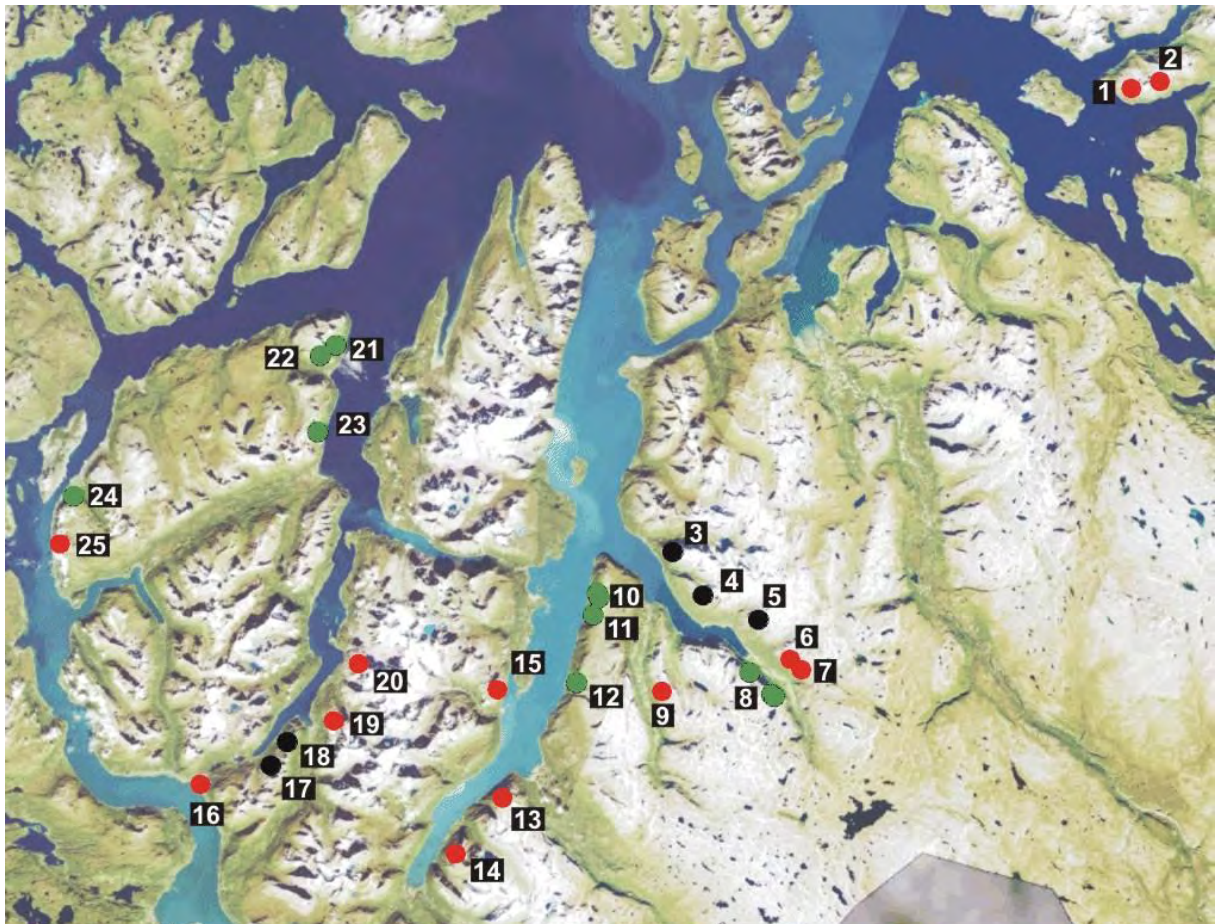
1. Utføre LIDAR laserskanning av Nordnesfjellet og Revdalsfjellet.
2. Utføre oppfølgende geofysiske målinger for en bedre kartlegging av dybder til ustabil fjell og grunnvannsforhold.
3. Forvalte data fra kontinuerlige målinger og gi råd om videre oppfølging av bevegelsesmålingene
4. Måling av detaljert batymetri i alle aktuelle fjorder som kan være utsatt for flodbølger.
5. Utarbeide scenarier og grunnlagsdata for utarbeiding av flodbølgeanalyser. Dette inkluderer også et feltbesøk sammen med NGL.

2. RESULTATER

2.1 Regionalt arbeid

Resultatene av feltarbeidet i 2007 er vist i Figur 1 og Tabell 1. Det er tidligere målt inn 13 lokaliteter med GPS i 2005 og 2006 (Eiken, 2006). 12 av disse ble målt på nytt i 2007 og er dokumentert i Eiken (2007), se de grønne punktene i Figur 1. Skjelltinden i sør Troms (ikke vist på Figur 1) ble ikke målt på grunn av dårlig værforhold, men skal innmåles på nytt i 2008.

I løpet av 2007 er hele 17 nye lokaliteter befart, se røde og sorte punkter i Figur 1. Dette var kun mulig ved utstrakt bruk av helikopter. Lokalitetene som er vist i rødt er blitt påvist med hjelp av både InSAR og flyfototolkning. Noen av disse var kun registrert ved bruk av flyfoto og viser ingen tegn til bevegelse på InSAR-data. Feltobservasjonene indikerer også at disse ikke er aktive. Det er også 5 lokaliteter i svart på Figur 1. Dette er objekt som kun er identifisert med InSAR, og de trenger derfor oppfølging i felt. Det viser seg altså at InSAR-data gir informasjon om helt nye lokaliteter som ikke tidligere har vært oppdaget ved tradisjonelle flybildeanalyser. Feltarbeidet i 2007 viser at disse lokalitetene har skredrelaterte strukturer og ser ut til å være aktive.

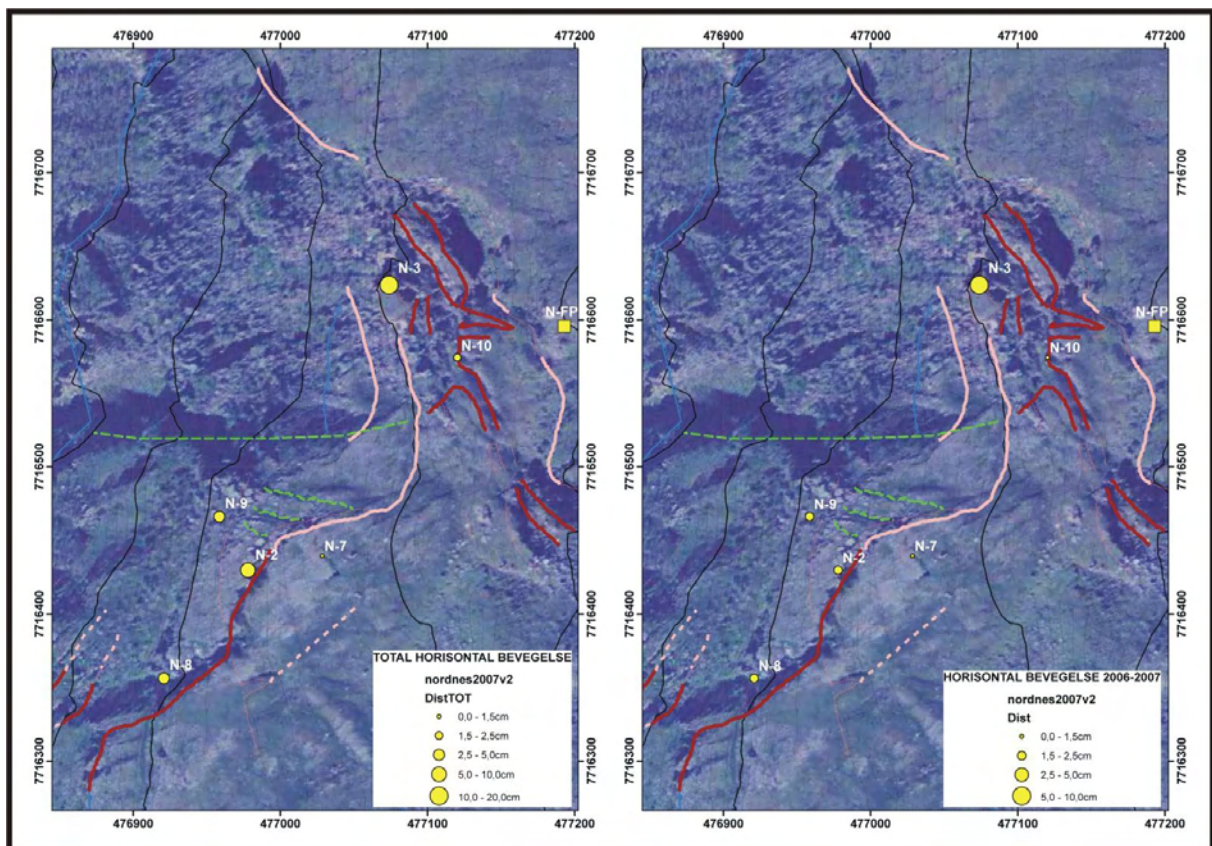


Figur 1: Bildet over NØ Troms som viser lokalisering av undersøkte lokaliteter i 2007. Alle lokaliteter er vist med punkter. De i grønt er eksisterende lokaliteter hvor GPS-punktene har blitt målt inn på nytt. Punktene i rødt er nye lokaliteter befart i 2007 og er identifisert fra flyfoto og InSAR. Punktene i svart er kun identifisert fra InSAR. 1- Låvan Øst. 2- Låvan Vest. 3- Gavgavarri. 4- Nomedalstinden. 5- Litledalen. 6- Ruovddasvarri. 7- Kråketinden. 8- Kåfjord. 9- Gamanjunni. 10- Nordnesfjellet. 11- Indre Nordnes. 12- Revdalsfjellet. 13- Fallsnesfjellet. 14- Horsnesfjellet. 15- pollfjellet. 16- Laksvatnfjellet. 17- Pigginden A. 18- Pigginden B. 19- Flatsteinsfjellet. 20- Skarveknousen. 21- Ragnhildsurtind. 22- Svarthammer. 23- Brosmebakktova. 24- Storsteinen. 25. Skredan.

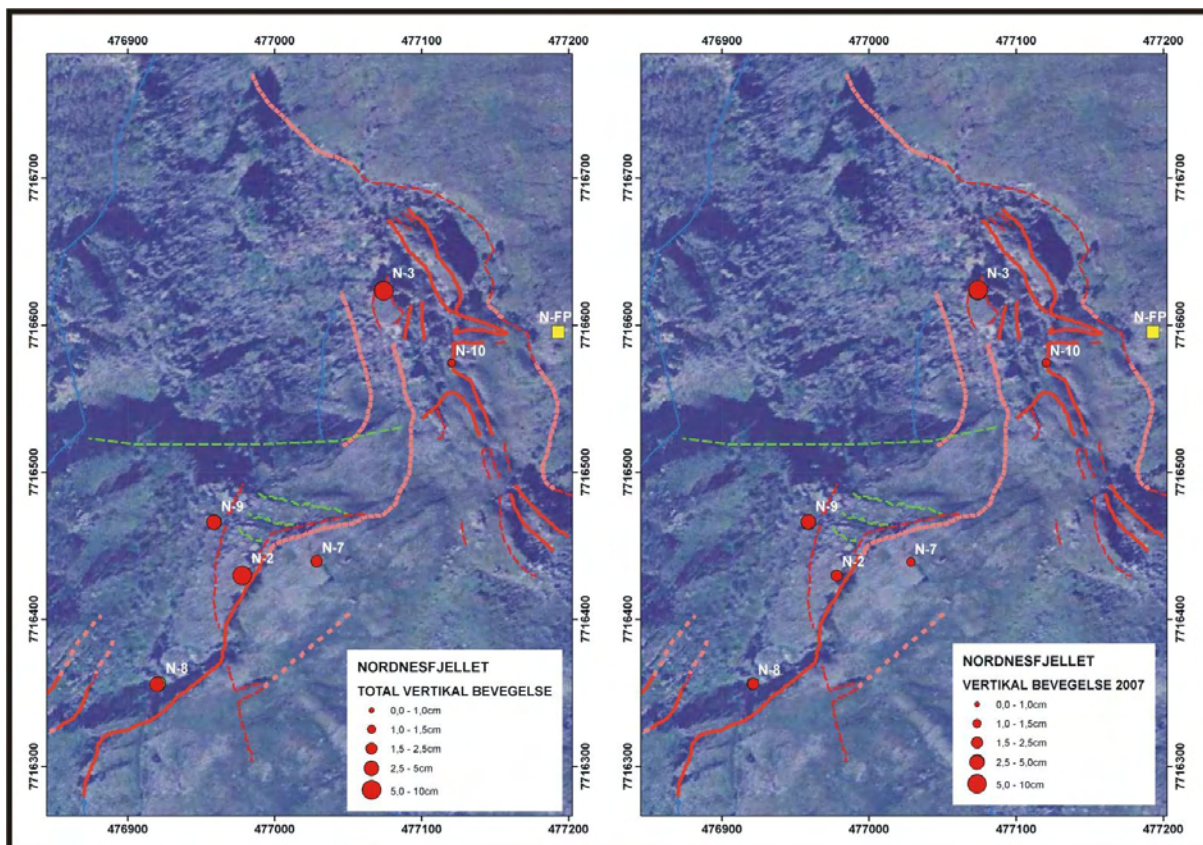
2.1.1 GPS-målinger på eksisterende lokaliteter

2.1.1.1 Nordnesfjellet

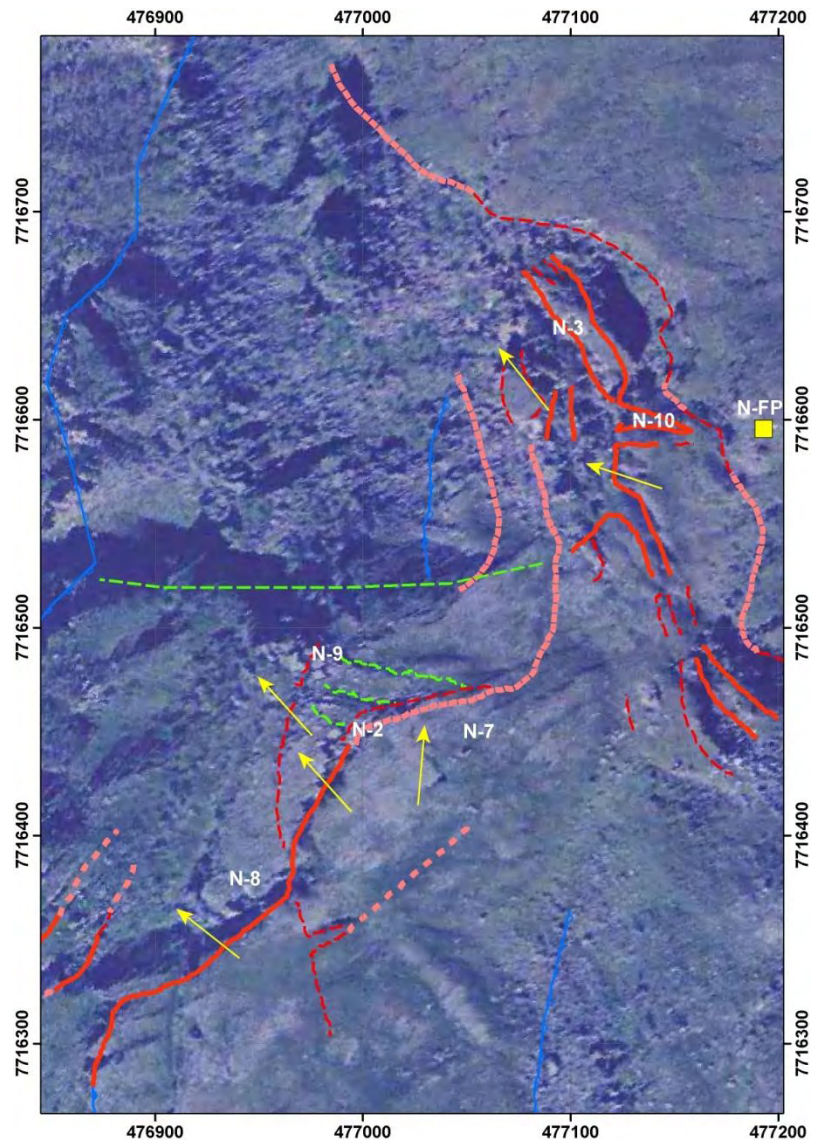
Bevegelsene er størst i punkt N-3 og noe mindre for punktene ved N-2 (N-8 og N-9). Endringene ser ut til å ha økt noenlunde likt sammenlignet med de siste års målinger (Figur 2 og Figur 3). For eksempel har punkt N3 hatt en bevegelse på ca 4cm det siste året. Det meste av bevegelsene i området ser ut til å være avgrensa av sprekker like bak punkt N-2 og N-3. Det vises for øvrig til NGU-Rapport for ytterligere detaljer (Henderson & Blikra 2007). Figur 4 viser retningen av bevegelsen som er på skrå ned mot fjorden mot nordøst. Figur 5 viser sammenheng mellom de kartlagte strukturene og InSAR dataene. Dette viser at det kileformede området som er påvist å være i bevegelse (GPS) tilsvarer nøyaktig det området hvor InSAR viser innsynkning.



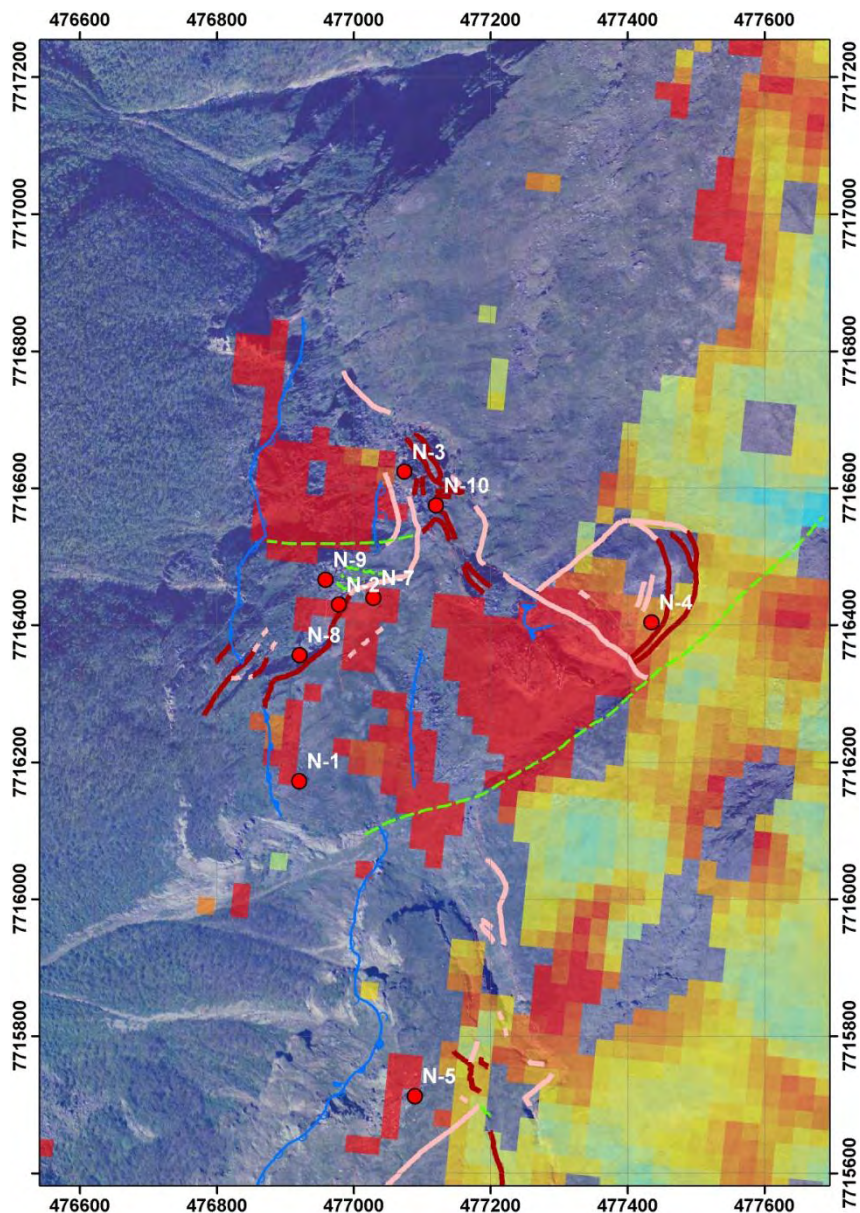
Figur 2: Horisontal bevegelse for Nordnesfjellet. Til venstre: Total bevegelse siden 2003. Til Høyre: Bevegelse målt i perioden 2006-2007.



Figur 3: Vertikal innsynkninger for Nordnesfjellet. Til venstre: Total bevegelse siden 2003. Til høyre: Bevegelse målt i perioden 2006-2007. Åpne sprekker er i rødt og antatte sprekker er i rosa. Sideveis forkastninger er i grønt.



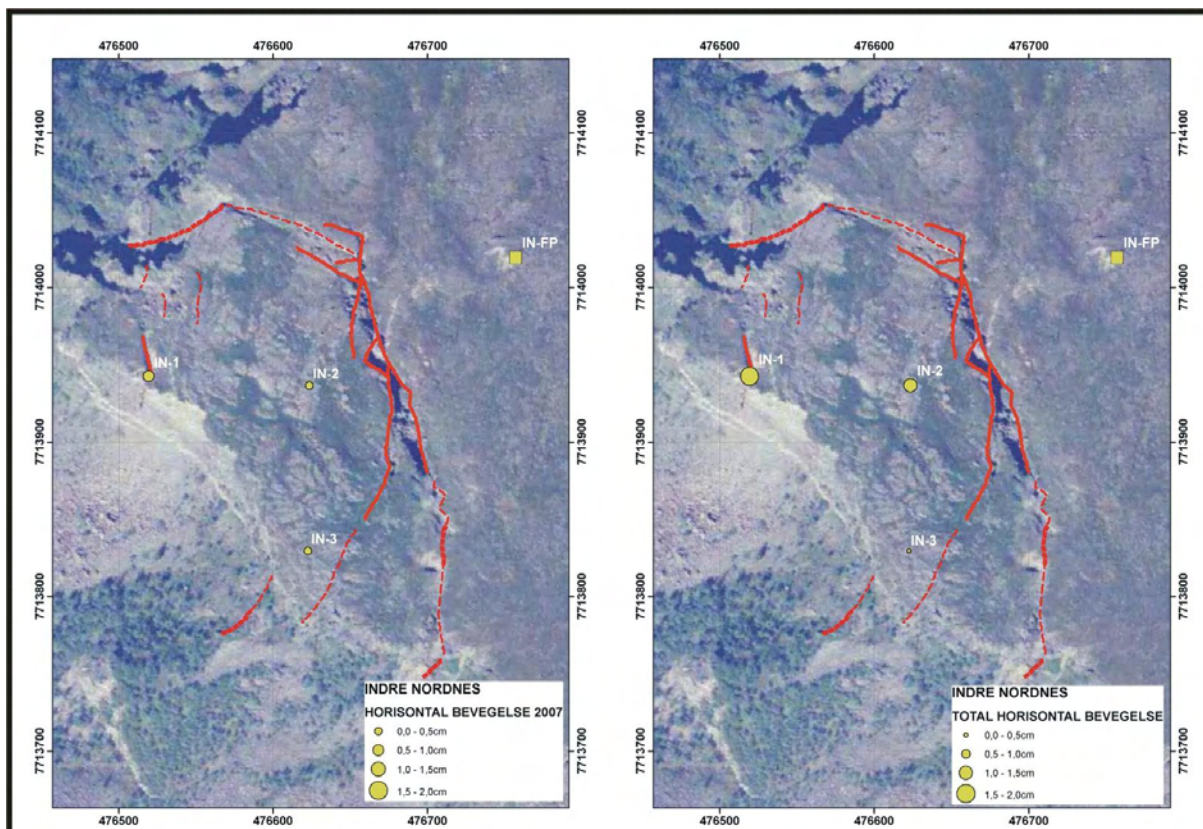
Figur 4: Retningsbevegelse for GPS punktene på Nordnesfjellet.



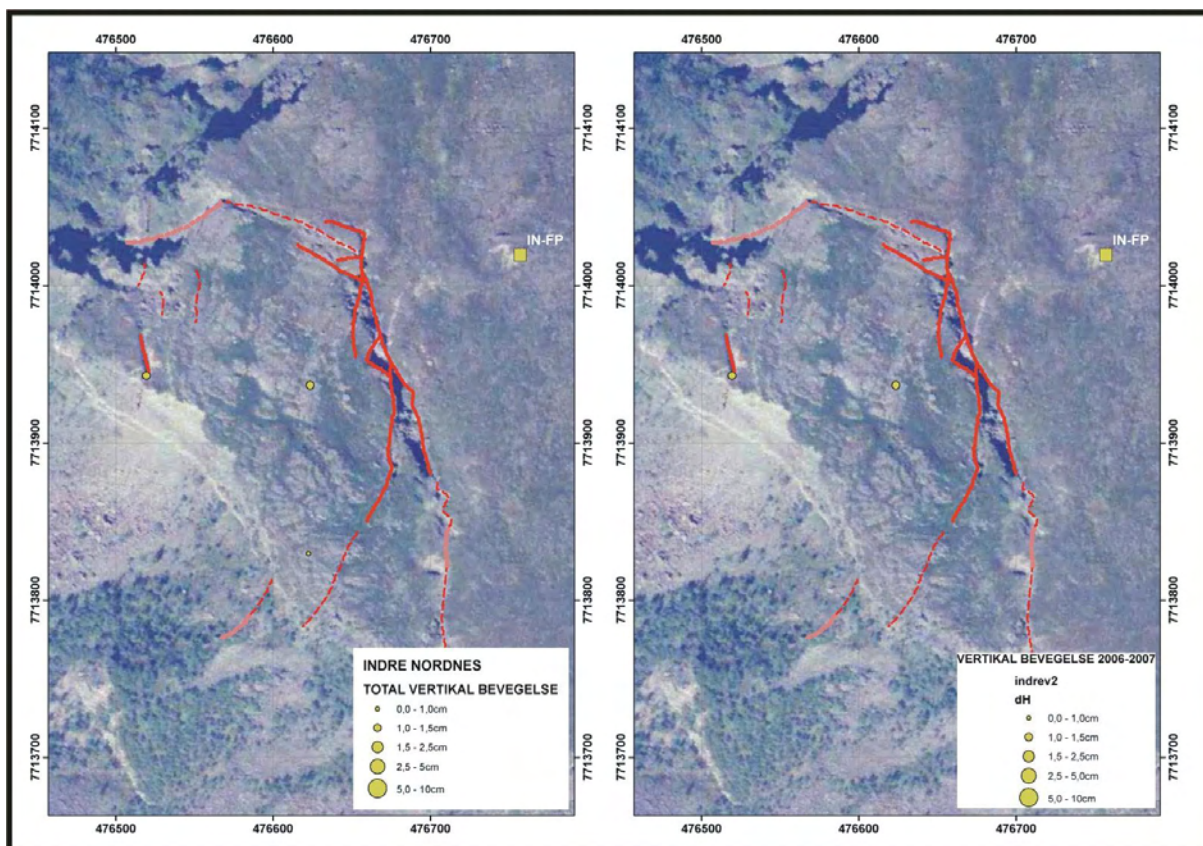
Figur 5: InSAR data som dekker området ved Nordnesfjellet. Områdene i rødt tyder på innsynkning. Dataene er regnet for å være gode og passer godt med de kartlagte geologiske strukturene. De grønne og gule områder har lav eller ingen bevegelse mens de som er i rødt har innsynkning med opp til 10mm per år.

2.1.1.2 Indre Nordnes

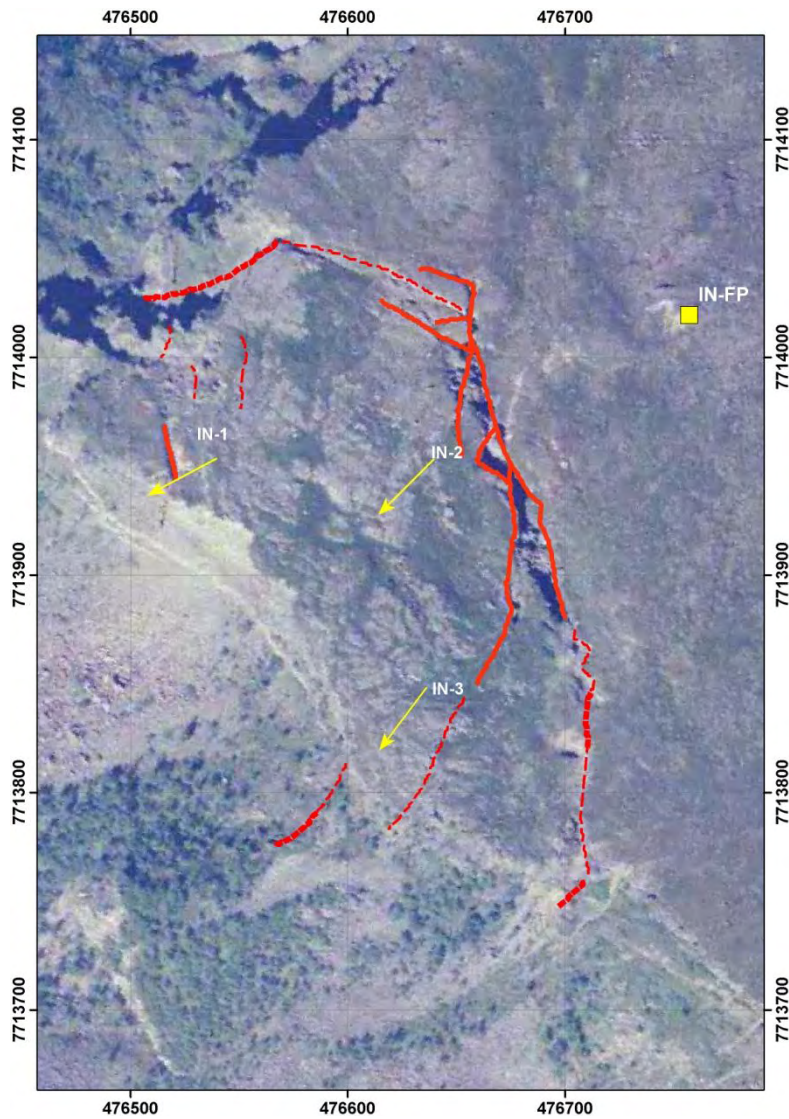
Etter målingene i 2007 er det lite tvil om at det er bevegelse ved Indre Nordnes (Figur 6 og Figur 7). Resultatene for 2007 tilsier at i allefall to av de målte punktene har flyttet på seg. Endringene er hovedsakelig i horisontal retning og er signifikant i perioden 2003-07 (Figur 6). Vertikalt er det usikkert om det er endringer. Det må derfor sies å ha vært et riktig valg å etablere kontinuerlige målinger på indre Nordnes. Retningsdataene (Figur 8) bekrefter dataene fra horisontal bevegelse siden det viser en entydig bevegelse mot sørvest mot fjorden og nedover dalsiden. Dataene for InSAR over dette området er for sprett til å komme med noen fornuftige tolkninger (Figur 9).



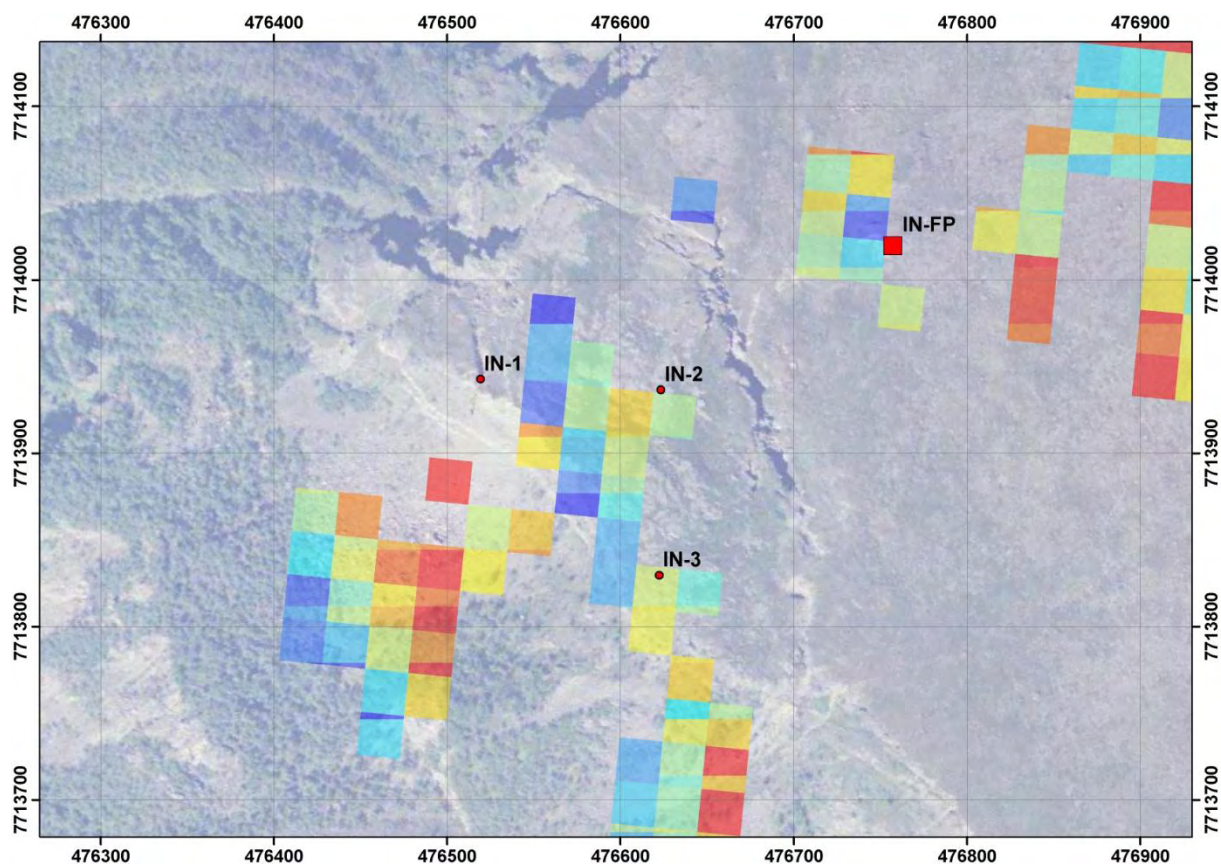
Figur 6: Horizontal bevegelse for Indre Nordnes. Til venstre: Bevegelsen for kun 2007. Til høyre: Bevegelse målt i hele perioden.



Figur 7: Vertikal bevegelse for Indre Nordnes. Til venstre: Total bevegelse siden 2003. Til høyre: Bevegelse målt i perioden 2006-2007.



Figur 8: Bevegelsesretningsdata for Indre Nordnes som viser entydig bevegelse ned dalsiden mot fjorden.

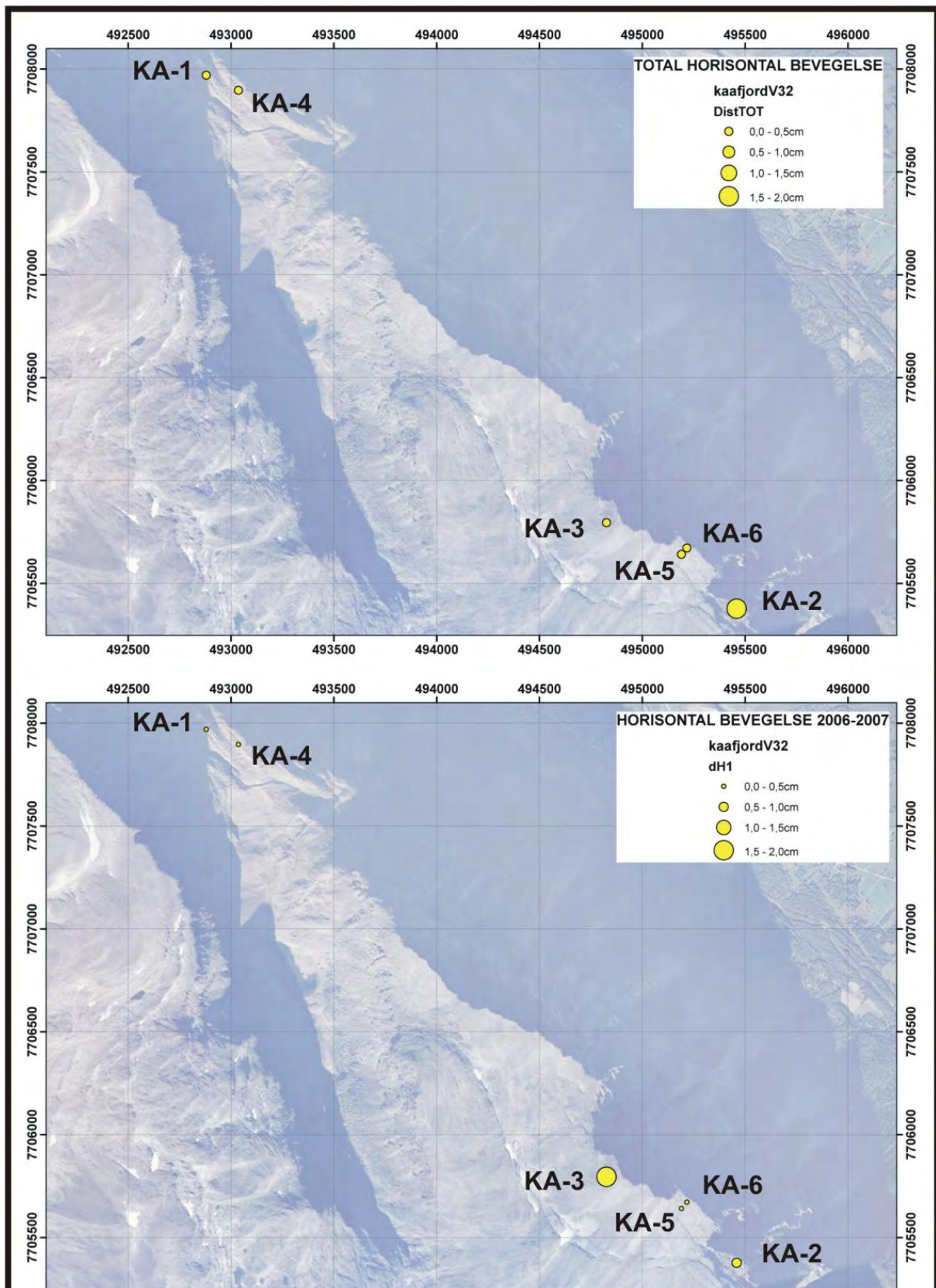


Figur 9: InSAR data som dekker lokaliteten ved Indre Nordnes. Dataene er for sprett og derfor for tvetydige til at det kan gjøres en fornuftig tolkning.

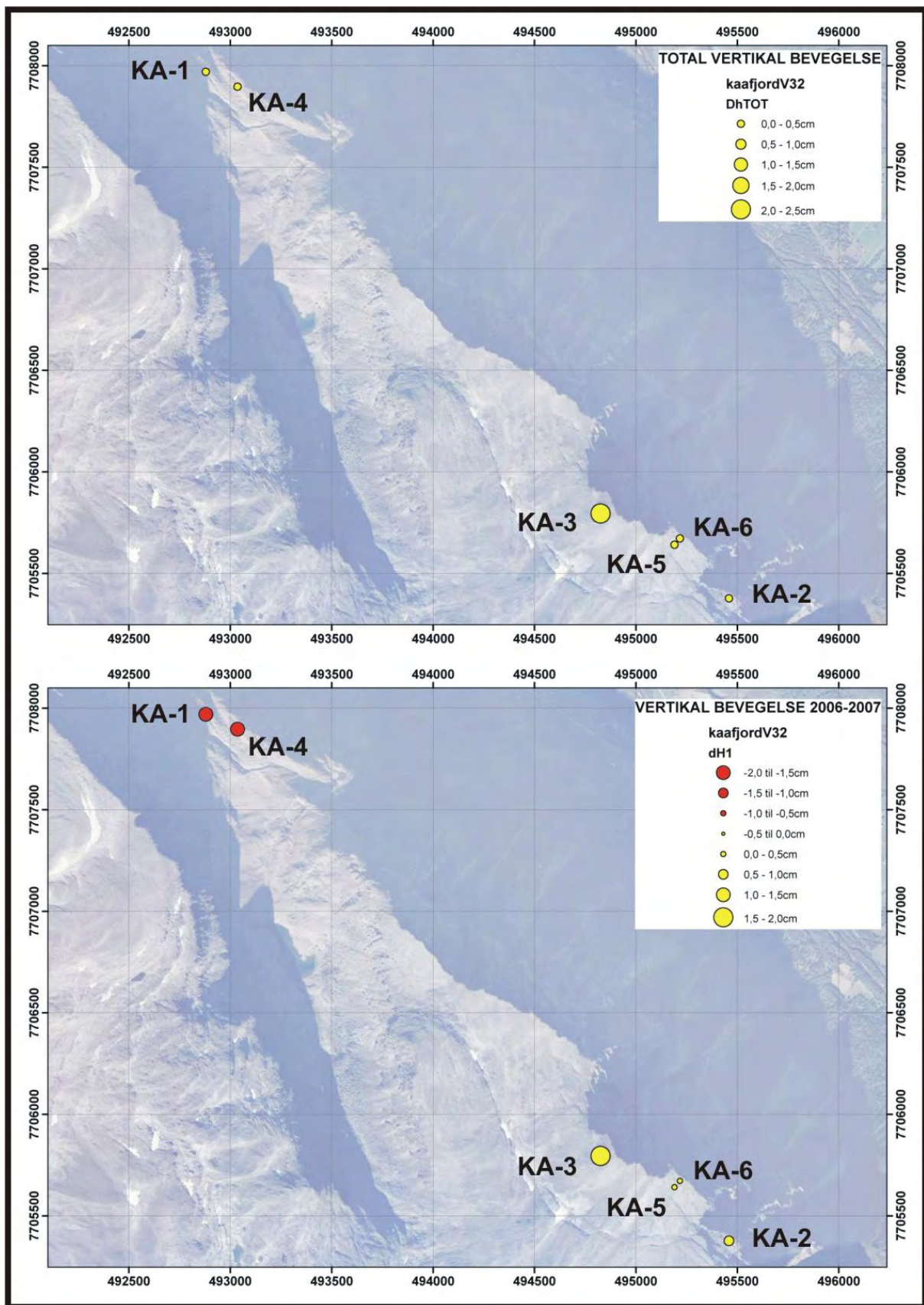
2.1.1.3 Kåfjord

Resultatene fra GPS målingene i 2007 viser at det fremdeles er usikkert om det er noe bevegelse her. Det er sannsynligvis litt horisontal bevegelse i punkt KA-2 for hele den målte perioden (Figur 10, øverst), men i den siste perioden var bevegelsen i dette punktet forholdsvis liten. Bevegelsesretningen for punkt KA-2 stemmer imidlertid med forventet retning ut fra sprekemønsteret, slik at det sannsynligvis er en liten bevegelse i dette fjellpartiet. For de andre punktene kan det ikke påvises signifikant bevegelse. Med hensyn til vertikal bevegelse er situasjonen meget kompleks (Figur 11). Over hele perioden (2003-2007) indikeres det noe heving i punktene som er opp mot signifikansgrensen. I den siste perioden (2006-2007) viser imidlertid målingene at de to punktene i nord (KA-1 og KA-4) har en liten innsynkning. Usikkerheten i GPS dataene er også bekreftet med en fremstilling av retningsdata for bevegelsen i disse punktene (Figur 12). Dette viser at det er ingen tolkbare mønster i bevegelsen.

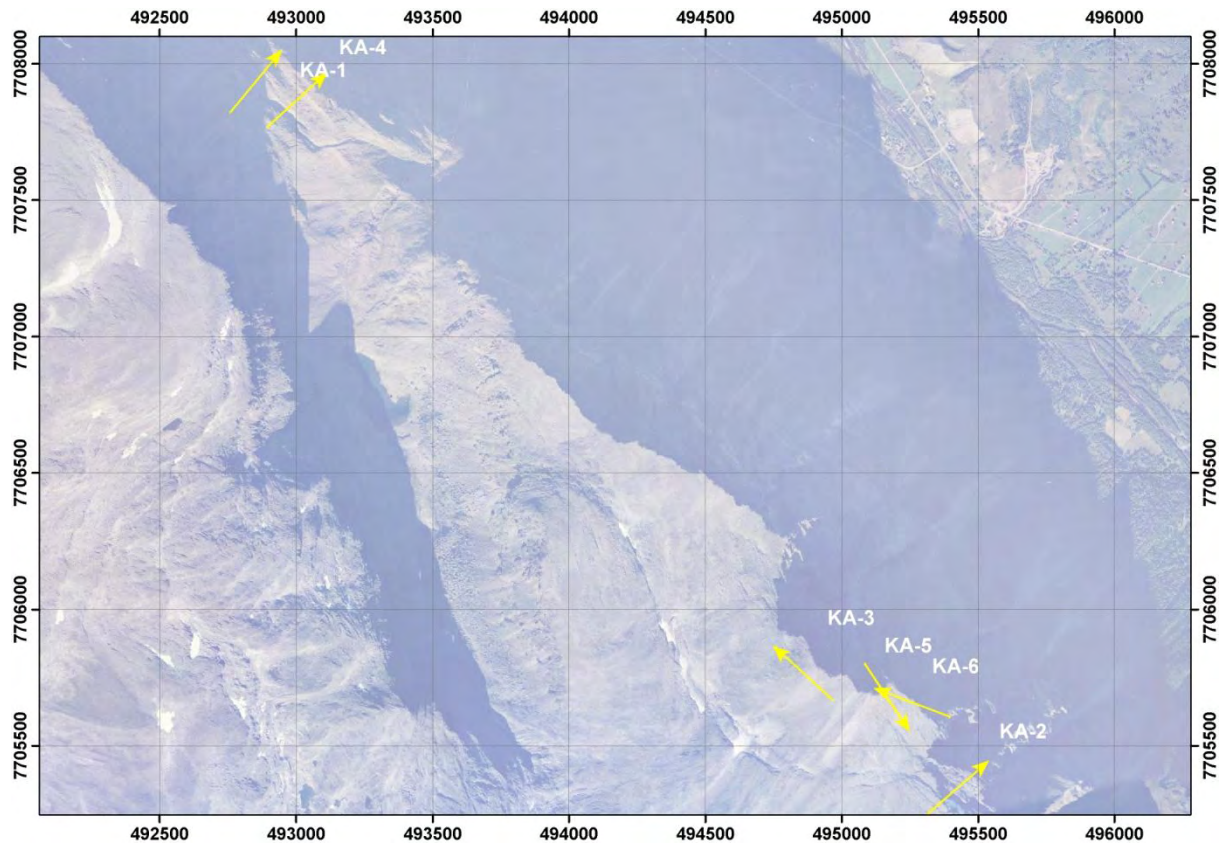
Figur 13 viser InSAR dataene for lokalitetene i Kåfjord. Det er begrenset med datapunkter her, særlig lengst øst ut på kanten av stupet hvor skred lokalitetene ligger. Grunnen til dette er at lokalitetene ligger ugunstig til i forhold til satellittbanene, noe som er et problem med østvendte dalsider. Det er derfor ikke mulig å gjøre noen tolking fra InSAR i disse områdene, og informasjon om bevegelse er derfor begrenset til de periodiske GPS målingene.



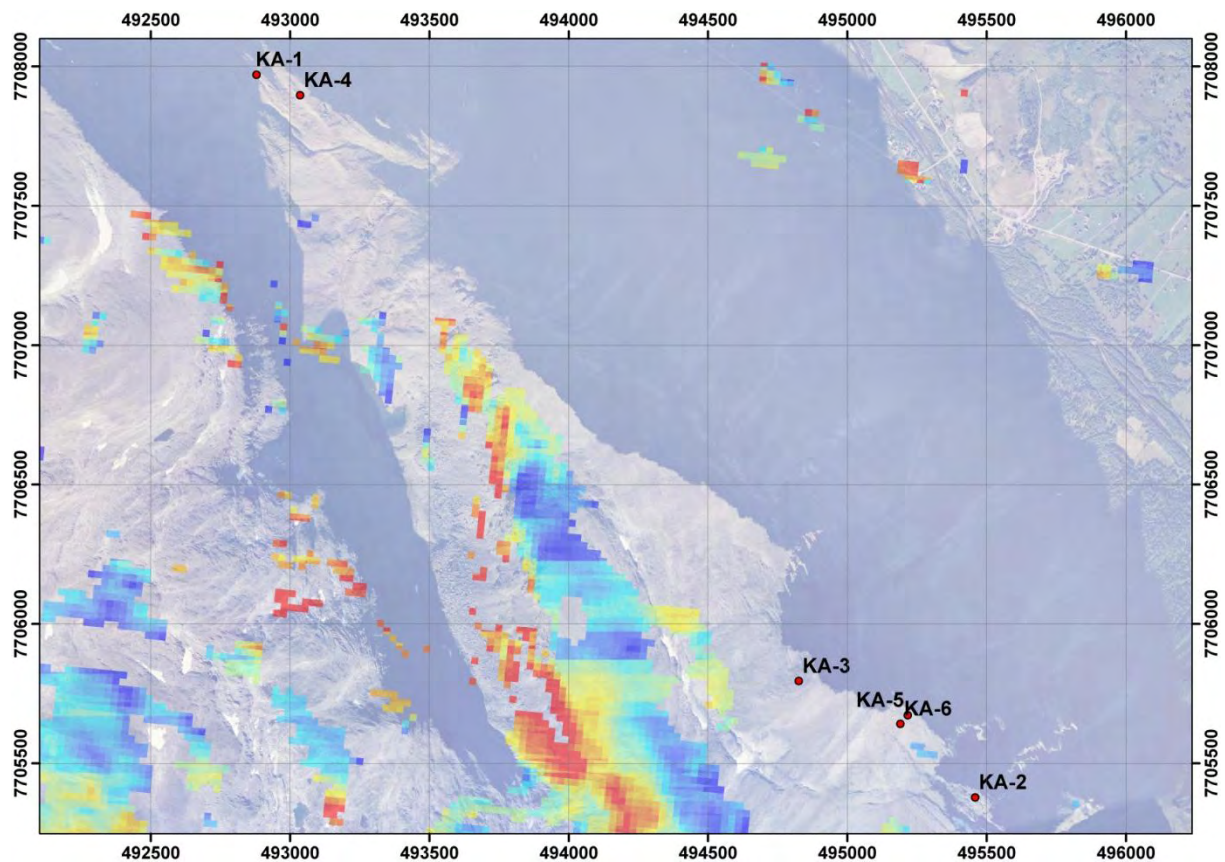
Figur 10: Horizontal bevegelse for Kåfjord. Øverst: Total bevegelse siden 2003. Nederst: Bevegelse målt i perioden 2006-2007.



Figur 11: Vertikal bevegelse for Kåfjord. Øverst: Total bevegelse siden 2003. Nederst: Bevegelse målt i perioden 2006-2007. De røde punktene viser områder som har gått ned (innsynking).



Figur 12: Bevegelsesretningsdata for Kåfjord lokalitetene.



Figur 13: InSAR data som dekker Kåfjord lokaliteten. Lokalitetene som ligger ut på kanten av stupet mot øst er ikke dekket av InSAR, siden satellitten har en ugunstig vinkel i slike områder.

2.1.1.4 Revdalsfjellet

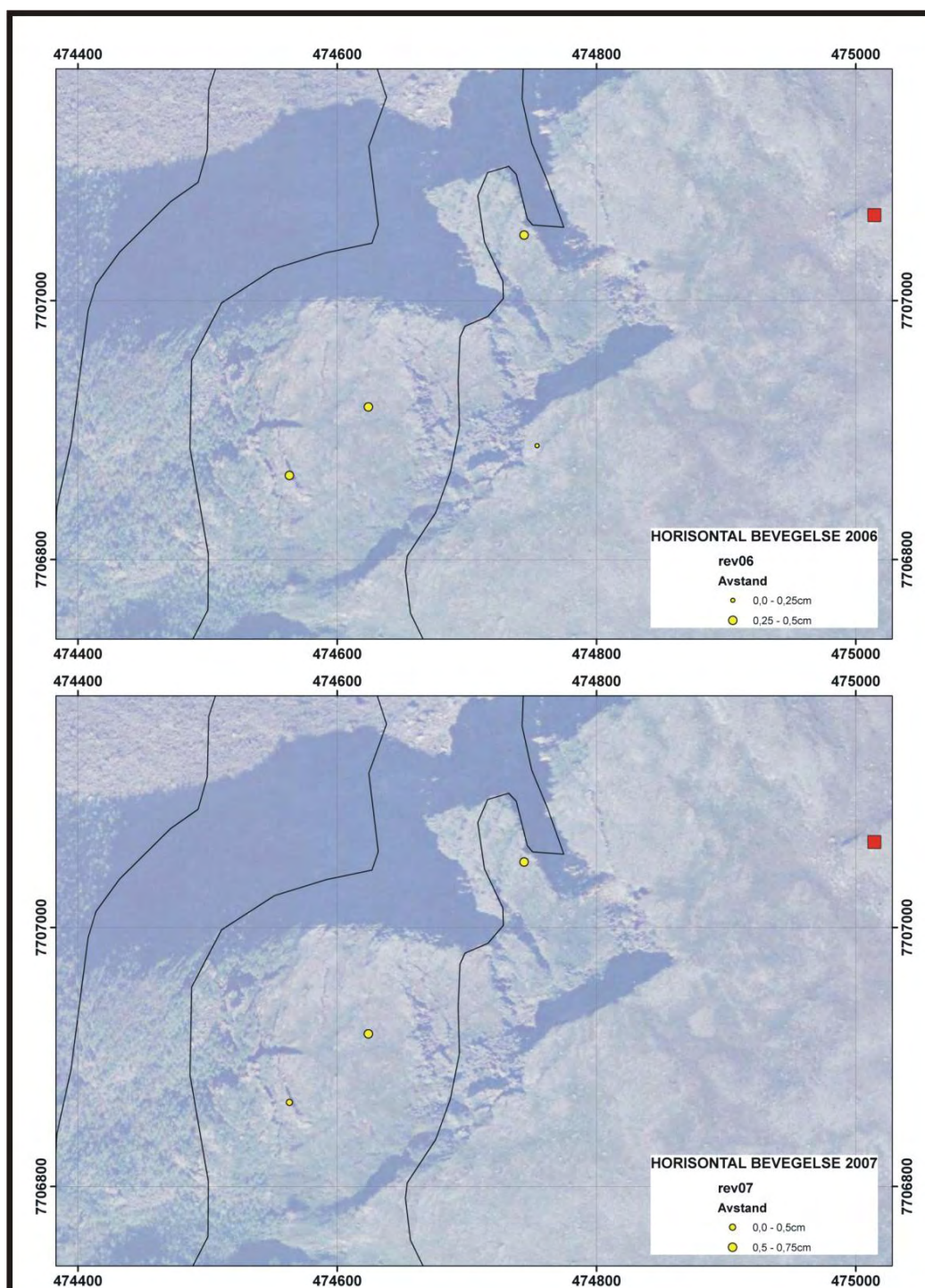
Det er klare indikasjoner på at det er bevegelse i de etablerte punktene (Figur 14 og Figur 15), med horisontale endringer i minst to av punktene. Bevegelsen er liten og er fremdeles usikker (2-3 mm/år). Det er lite tegn til vertikal bevegelse, og de er opp mot signifikansgrensen (Figur 15). Imidlertid viser GPS dataene en fornuftig bevegelsesretning i forhold til de geologiske strukturene (Figur 16).

Derimot viser InSAR dataene for Revdalsfjellet (Figur 17) at det er klare tegn til bevegelse over de siste 10 år. Denne bevegelsen er opp mot 10mm per år i måleperioden. I tillegg gjenspeiler InSAR dataene mønsteret i de geologiske strukturene som avgrenser området. Det er flere måter å forklare hvorfor det er forskjell mellom GPS og InSAR dataene.

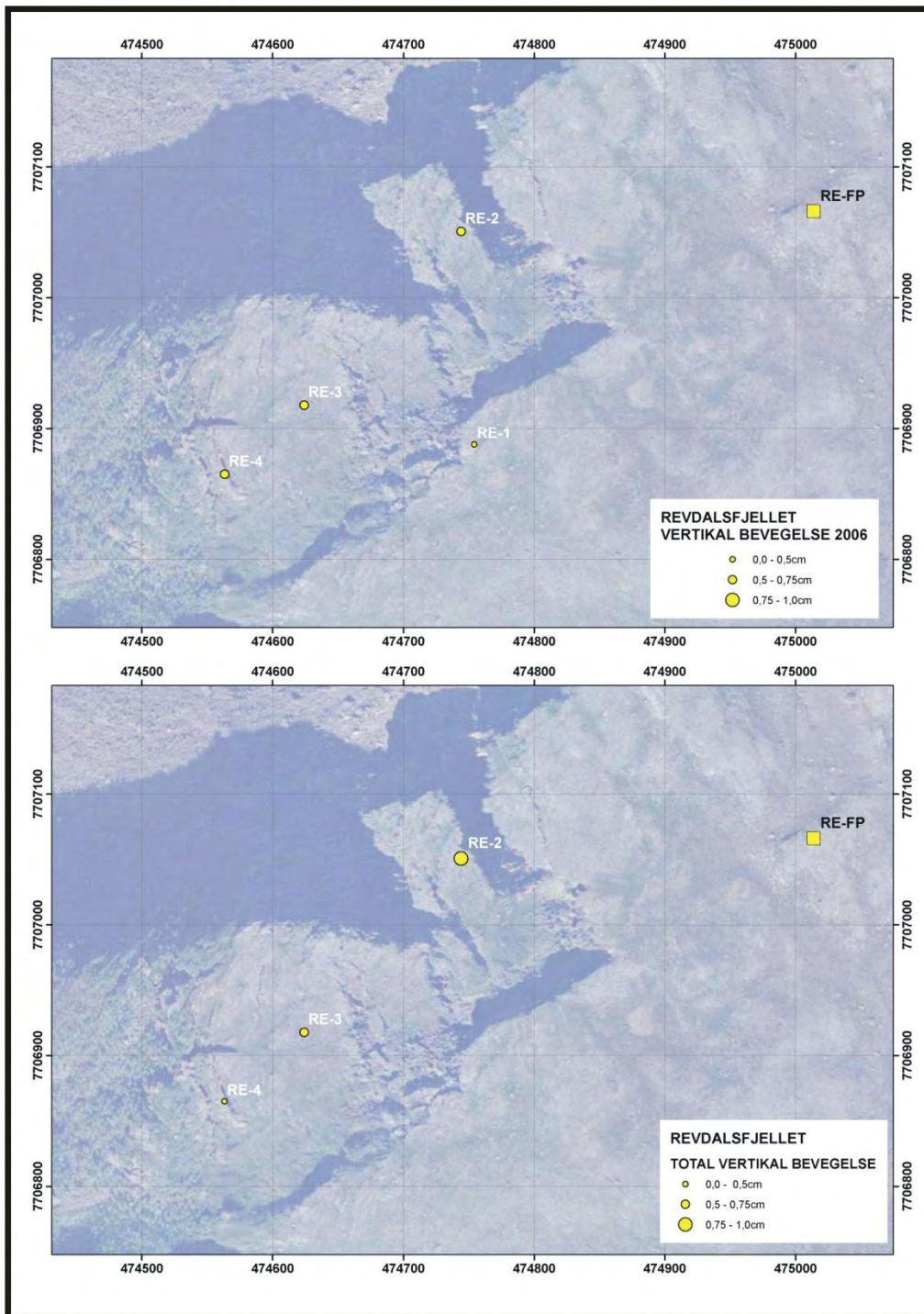
1. GPS dataene som viser vertikale endringer er ikke til å stole på og gjenspeiler ikke den virkelige bevegelsen.
2. Det er i dag ikke bevegelse, men området har vært aktivt i løpet av de siste 10 år.

Det er i dag ikke mulig å si noe om hvorfor de to målemetodene gir ulike resultat.

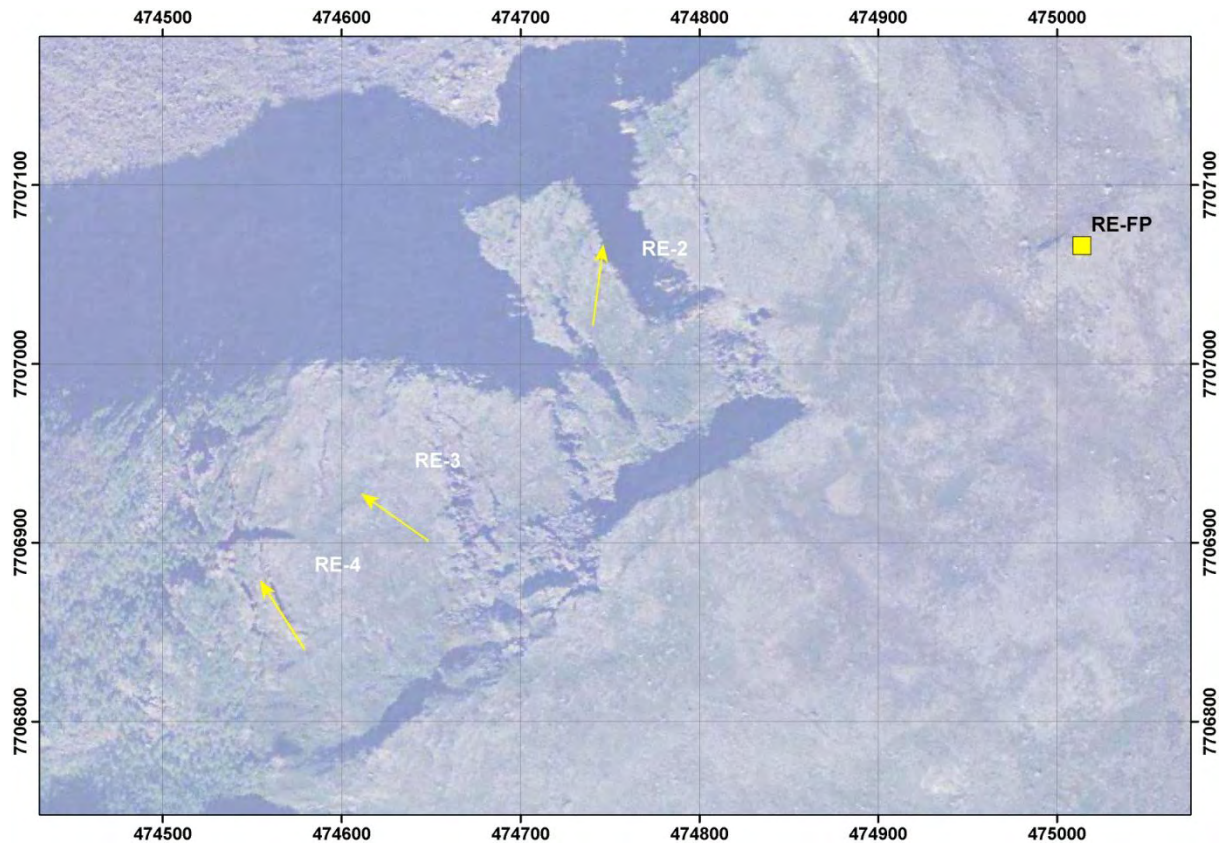
Ut fra InSAR data og de horisontale bevegelsene, inkludert retning, konkluderes det med at det er bevegelse i store deler av fjellpartiet ved Revdalsfjell.



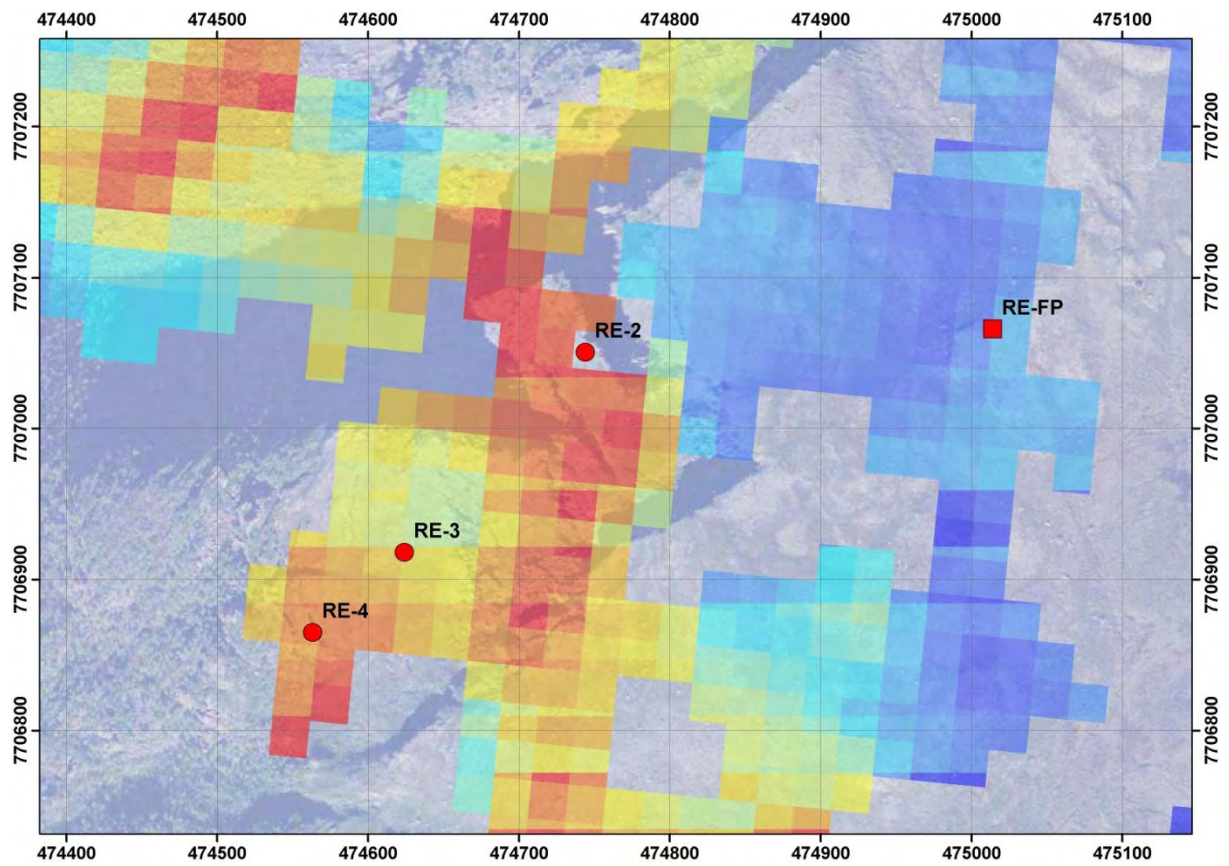
Figur 14: Horizontal bevegelse for Revdalsfjellet. Øverst: Bevegelse for perioden 2005-2006. Nederst: Bevegelse målt i perioden 2006-2007



Figur 15: Vertikal bevegelse for Revdalsfjellet. Øverst: Bevegelse for perioden 2005-2006. Nederst: Bevegelse målt i perioden 2006-2007. Målingene indikerer heving av punktene.



Figur 16: Bevegelsesretningsdata for Revdalsfjellet.



Figur 17: Ortofoto over Revdalsfjellet med plott av InSAR data.

2.1.1.5 Ragnhildsurtind

Det er ikke klare tegn på at det er bevegelse i punktene som er målt ved Ragnhildsurtind.

2.1.1.6 Brosmebakktuva

Det er ikke påvist signifikant endring i punktene på Brosmebakktuva.

2.1.1.7 Skjelltindan

Skjelltindan ble ikke målt i 2007 pga vanskelige værforhold. Det er derfor fremdeles usikkert om det er bevegelse i dette området, slik målingene i 2006 kunne tyde på. Målinger skal utføres på nytt i 2008.

2.1.1.8 Reinfjellet

Det kan så langt ikke sikkert påvises at det er endringer i punktene på Reinfjellet.

2.1.1.9 Storsteinen, Tromsø

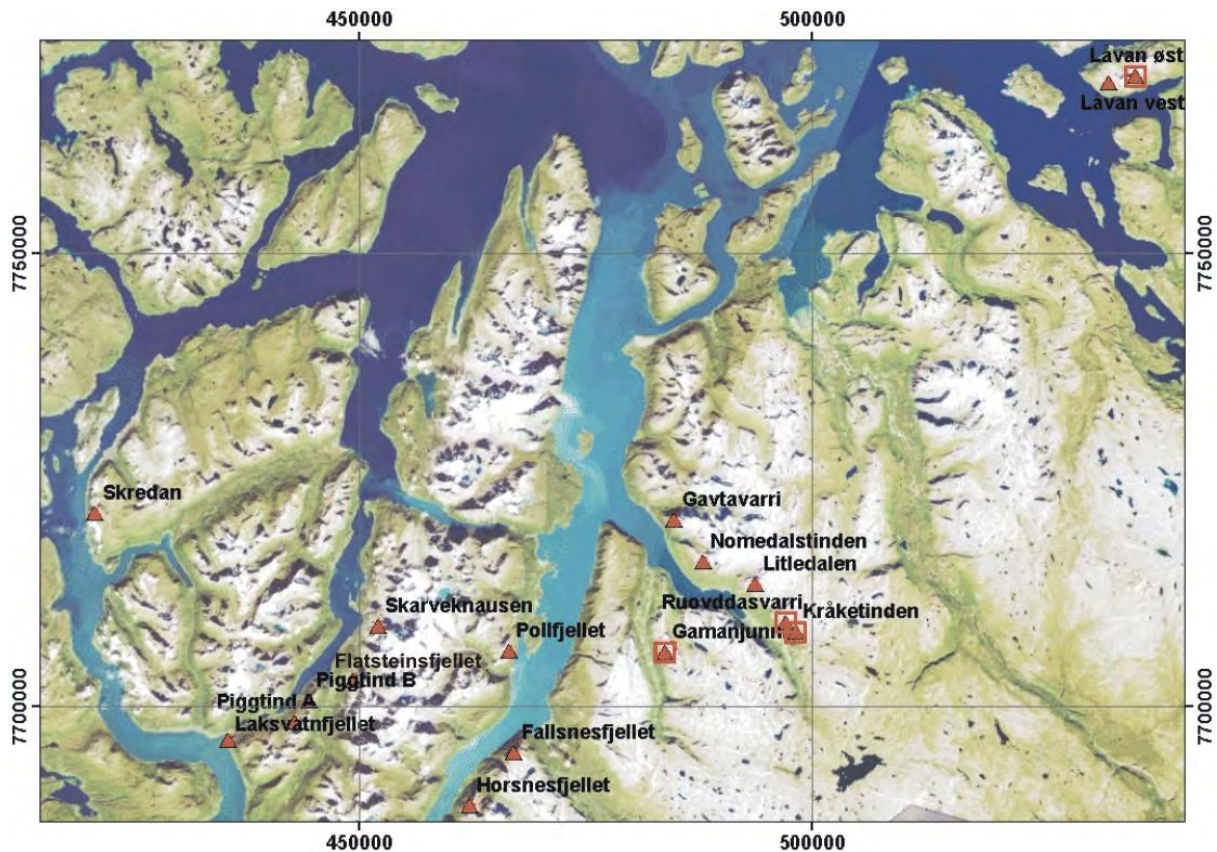
Det er ikke påvist signifikante endringer i punktene på Storsteinen.

2.1.2 Nye lokaliteter

17 nye lokaliteter har blitt undersøkt i løpet av feltsesongen 2007, i tillegg til de 13 som har blitt undersøkt fra før og diskutert over. Disse nye lokalitetene er områder påvist fra flyfototolkning og noen helt nye som er identifisert fra InSAR-analysene. Disse er vist i Tabell 1 og i Figur 18. I det følgende avsnittet diskuteres de mest interessante av disse lokalitetene, og starter med lokalitetene hvor det i 2007 ble satt ut GPS punkter.

NAVN	OMRÅDE	UTM ØST	UTM NORD	GPS	METODE
Låvan vest	Kvæningen	0532942	7768990	x	FLYFOTO
Låvan øst	Kvæningen	0535848	7769707	√	FLYFOTO
Gamanjunni	Manndalen	483763	7705916	√	FLYFOTO/INSAR
Kråketinden	Kåfjord	498318	7708211	√	FLYFOTO/INSAR
Ruovddasvarri	Kåfjord	497214	7709257	√	FLYFOTO/INSAR
Litledalen	Kåfjord	493818	7713475	x	INSAR
Gavtavari	Kåfjord	484807	7720563	x	INSAR
Nomedalstinden	Kåfjord	488000	7716000	x	INSAR
Fallsnesfjellet	Indre Storfjord	467041	7694807	x	FLYFOTO/INSAR
Piggtind A	Sørfjorden	442779	7698190	x	INSAR
Flatsteinsfjellet	Sørfjorden	449355	7702860	x	FLYFOTO/INSAR
Skarveknausen	Sørfjorden	452011	7708832	x	FLYFOTO
Laksvatnfjellet	Sørfjorden	435389	7696241	x	FLYFOTO/INSAR
Horsnesfjellet	Indre Storfjord	462159	7688971	x	FLYFOTO
Skredan	Tromsø	420675	7721390	x	FLYFOTO
Piggtind B	Sørfjorden	444462	7700649	x	INSAR
Pollfjellet	Storfjorden	466510	7706090	x	FLYFOTO

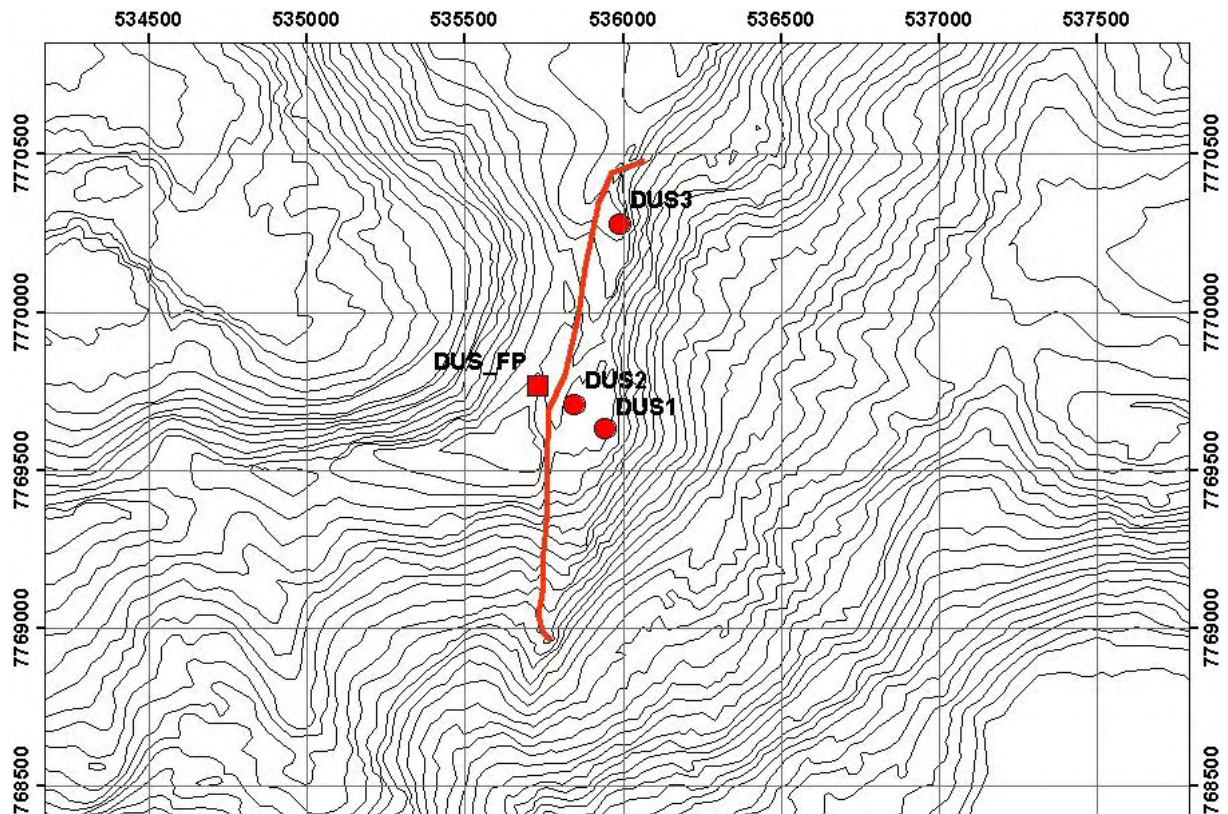
Tabell 1: Foreløpig liste over nye lokaliteter som er blitt undersøkt i 2007. Det er etablert nye GPS-punkter i de områdene som er vist med blått.



Figur 18: Oversiktskart som viser de nye lokalitetene befart i feltsesongen 2007. De som har en rød firkant har nye GPS punkter satt ut i 2007.

2.1.2.1 Låvan Øst

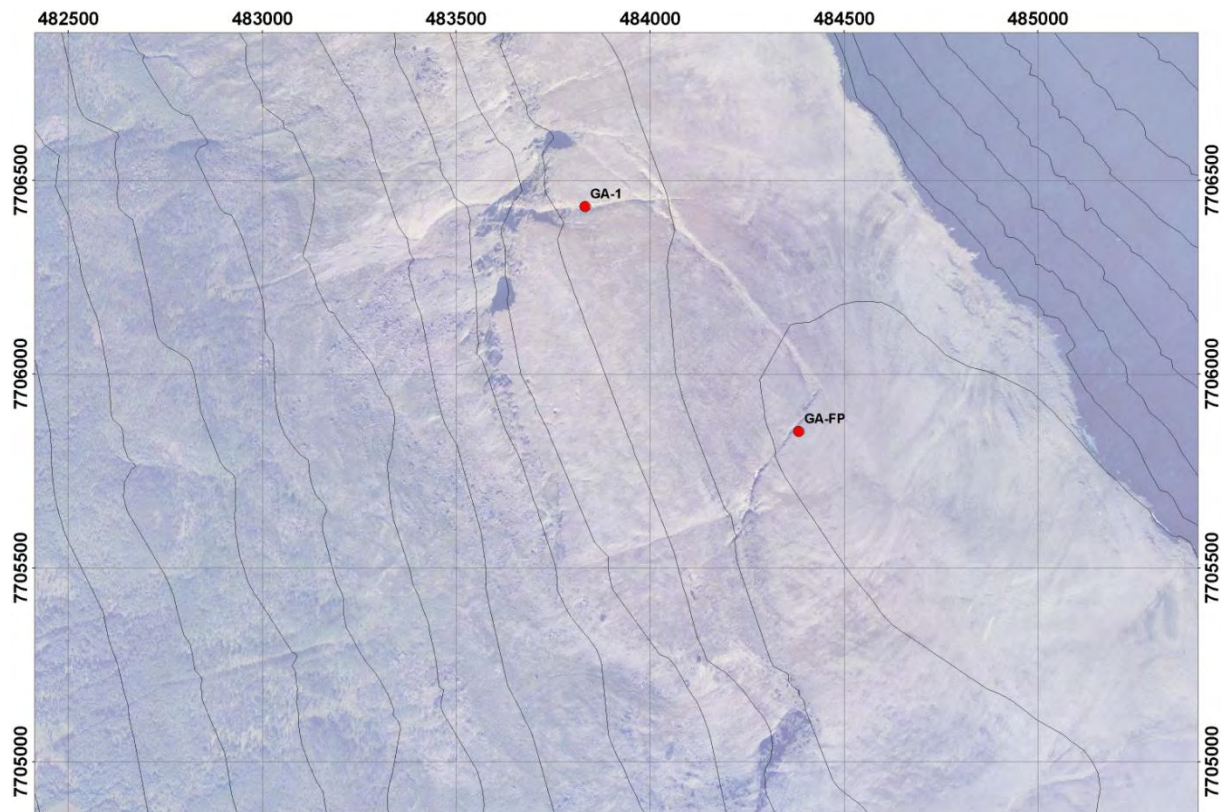
Rekognoseringskartlegging ble gjort her i august 2007. Her er det en baksprekk som har flere meters bevegelse i nord som øker til flere titalls meter i sør. Blokken er regnet til c. 22.5 millioner m³. Det er med et estimert dyp på glideplan på c. 100m. 4 GPS punkter er satt ut her (Figur 19). De første GPS resultatene forventes i løpet av 2008, og videre feltarbeid avventes inntil disse resultatene foreligger.



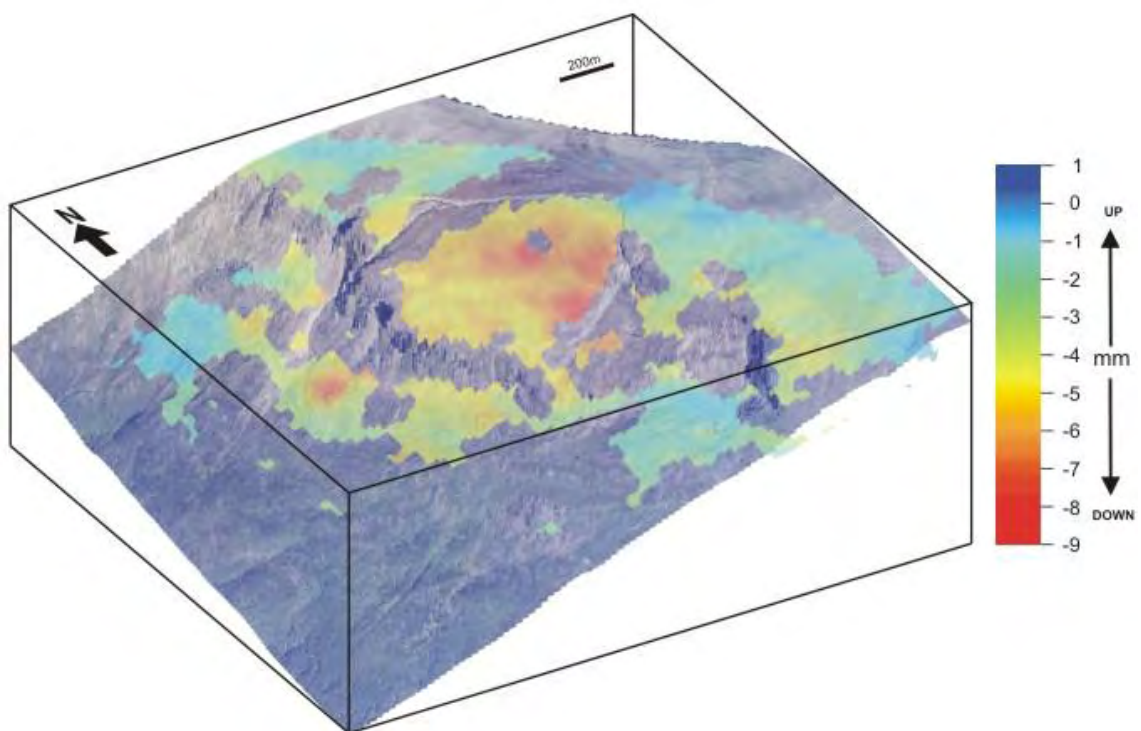
Figur 19: Kart over Låvan Øst som viser den kartlagte baksprekken og GPS punktene som lagt ut på blokken (sirklene) og fastpunktet (firkanten).

2.1.2.2 Gamanjinni

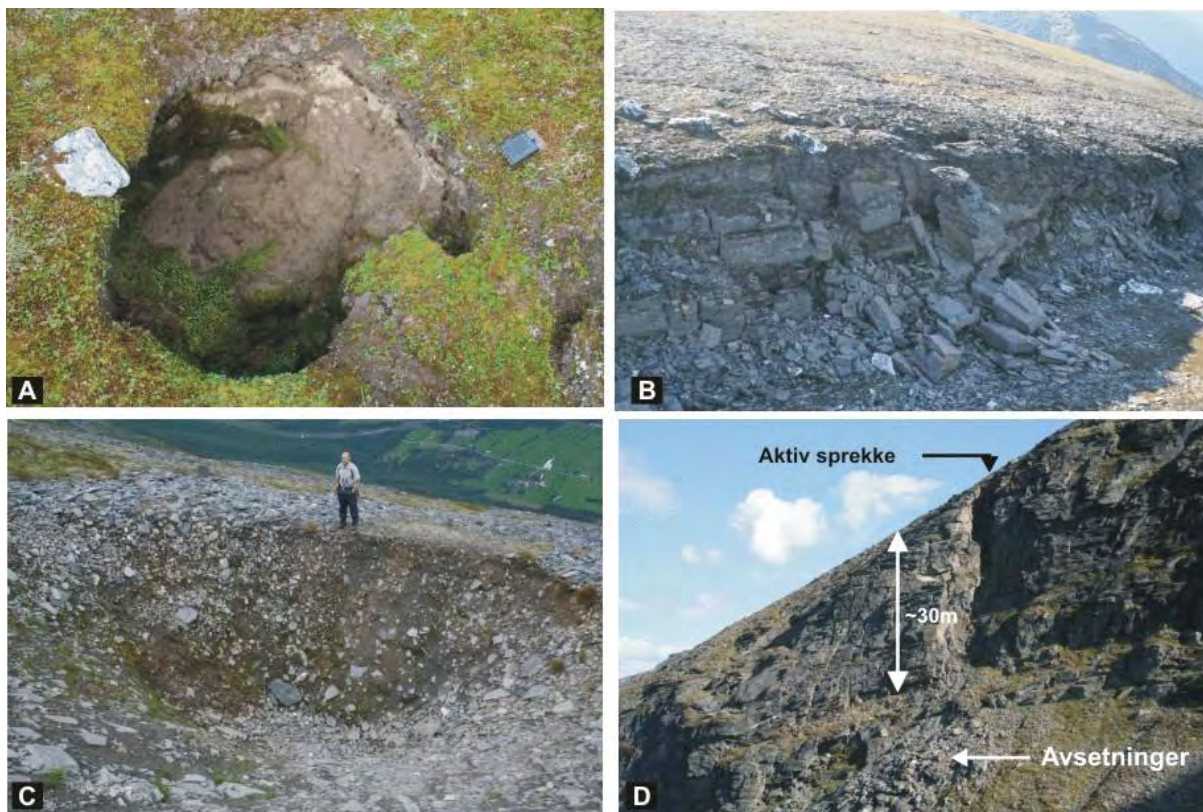
Dette området er på øst siden av Manddalen og blir også diskutert senere med hensyn til InSAR undersøkelsene (avsnitt 2.2). Et stort område som har antydning til bevegelse langs to baksprekker er identifisert (Figur 20). Lagdelingen i fjellet faller mot dalen og et mulig lavvinklet glideplan er observert. Det er tegn til aktiv bevegelse her. InSAR dataene viser utvetydige tegn til bevegelse som følger mønstret av de geologiske strukturene (Figur 21 og avsnitt 2.2). Her er det tegn til aktive baksprekker og innsynkninger i den blokken som er tilsynelatende i bevegelse (Figur 22). Volumet av det ustabile fjellpartiet er estimert til ca. 17 millioner m³. Dette er derfor et av de største registrerte ustabile fjellpartiene i Norge som viser bevegelse. De andre er Åknes og Nordnesfjellet. Vi har lagt ut 2 GPS punkter her (flere var ikke mulig siden det var dårlig med fast fjell). Disse skal måles inn på nytt i feltsesongen 2008.



Figur 20: Ortofoto oversiktsbilde av Gamanjunni som viser de to baksprekken og GPS punktene som ble satt ut i 2007.



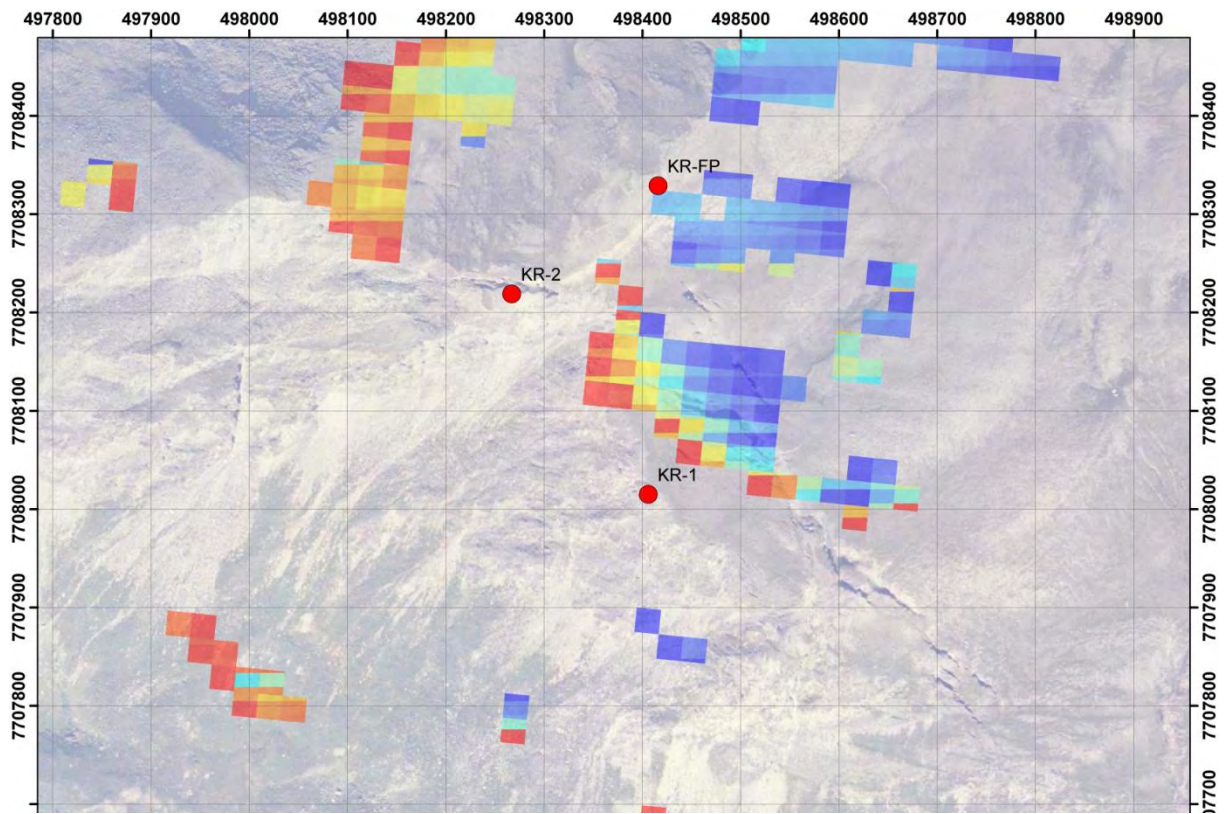
Figur 21: 3D bild av Gamanjunni med InSAR dataene.



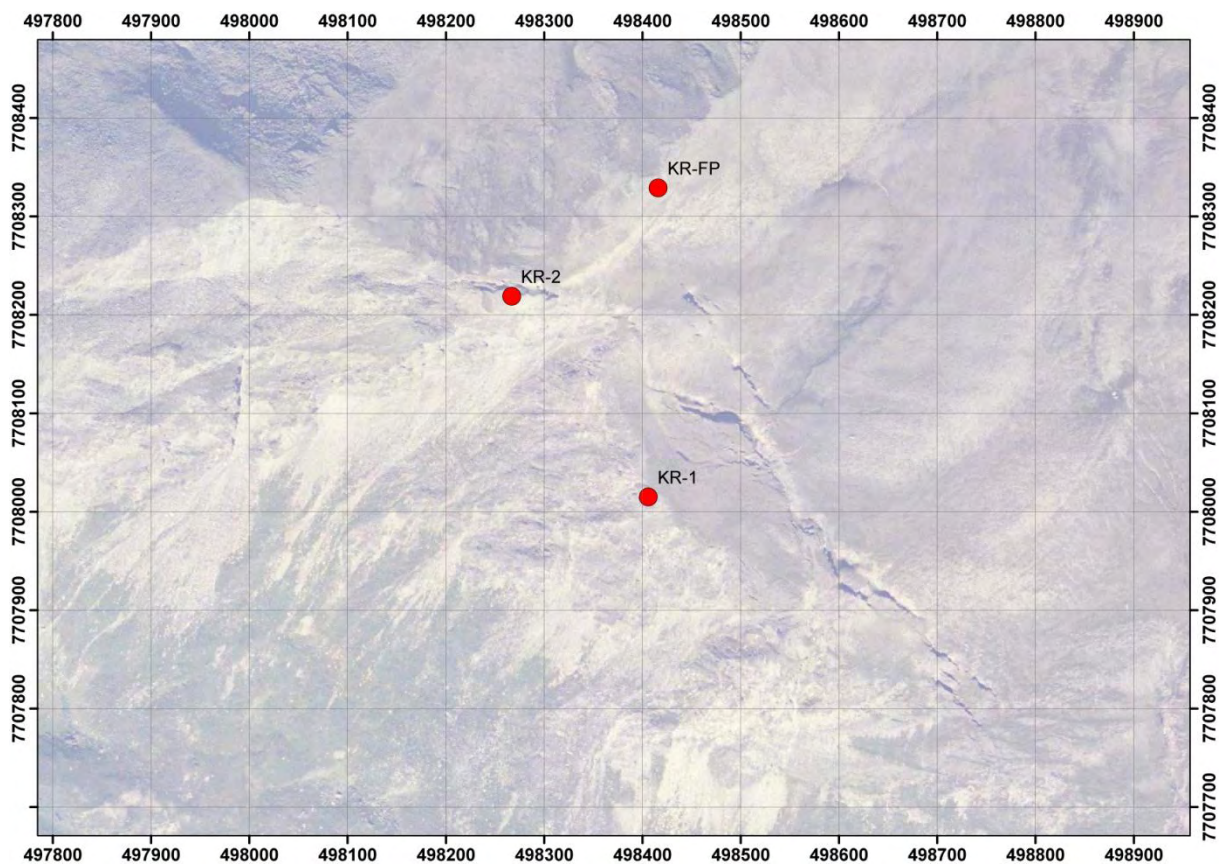
Figur 22: Bilder som viser skredaktivitet fra Gamanjunni i Manndalen. A- Aktiv innsynkning som skjærer gjennom vegetasjonen i nærheten av baksprekken. B- Den aktive baksprekken. C- En stor innsynkning på 10m diameter på fremkanten av blokken. D- Utglidningen sett fra sør. Dette viser dalrettet lagdeling og aktivitet på en av sprekkene.

2.1.2.3 Kråketinden

Dette området er på østsiden av Kåfjorddalen og ble først undersøkt i feltsesongen 2007. Dette er et stort område der feltobservasjoner indikerer bevegelse. Vi mener at dette er et område som er aktiv selv om InSAR dataene ikke er gode nok til å bekrefte feltobservasjonene (Figur 23). Vi har derfor satt ut tre GPS punkter her for å måle bevegelse (Figur 24). De første resultatene fra dette arbeidet forventes i feltsesongen 2008.



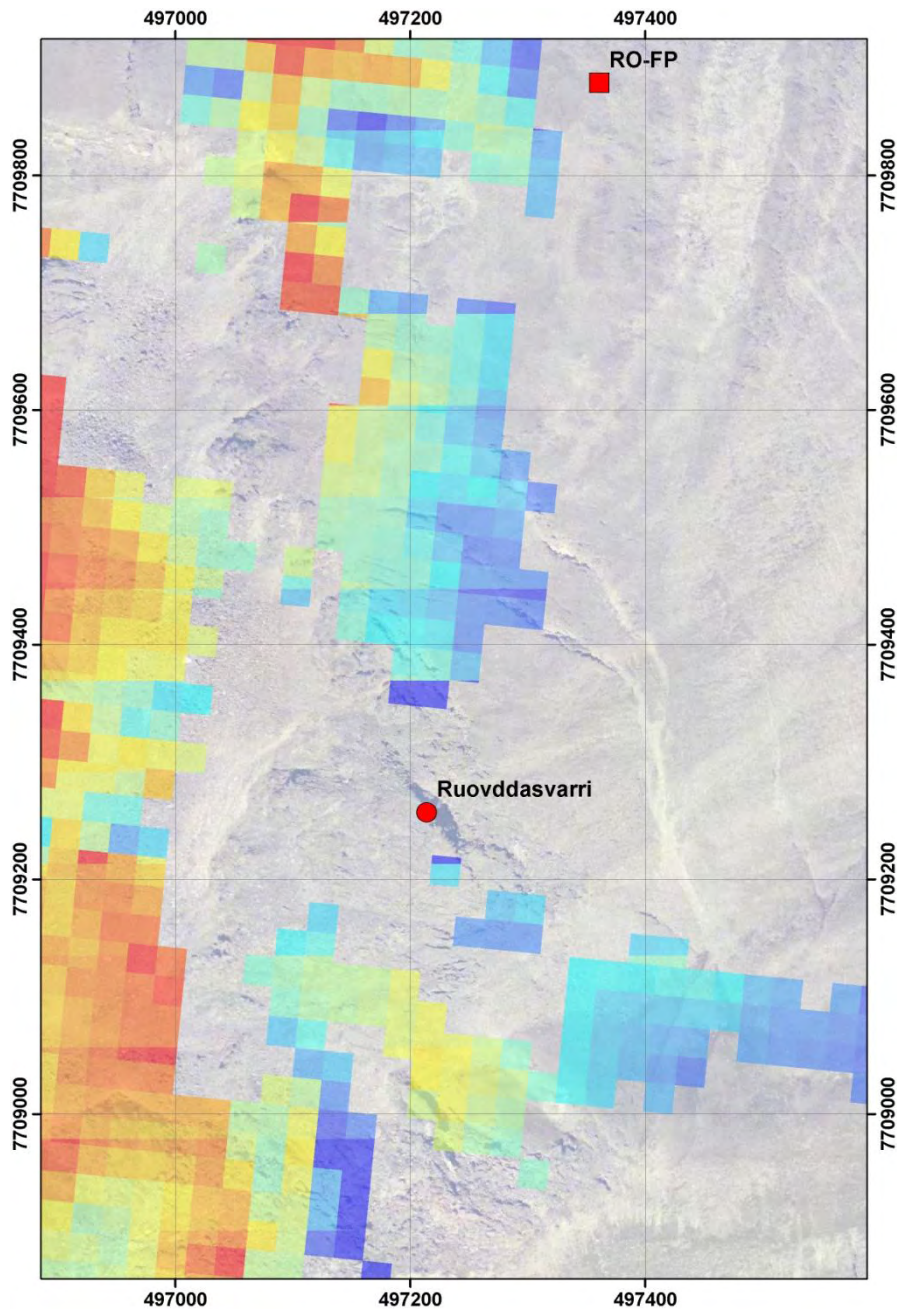
Figur 23: Ortofoto over Kråketinden med InSAR data. Det er dessverre ikke tilstrekkelig med data til å sikkert kunne konkludere med om det er bevegelse her.



Figur 24: Ortofoto oversiktsbilde av Kråketinden som viser GPS punktene satt ut i 2007.

2.1.2.4 Ruovddasvarri

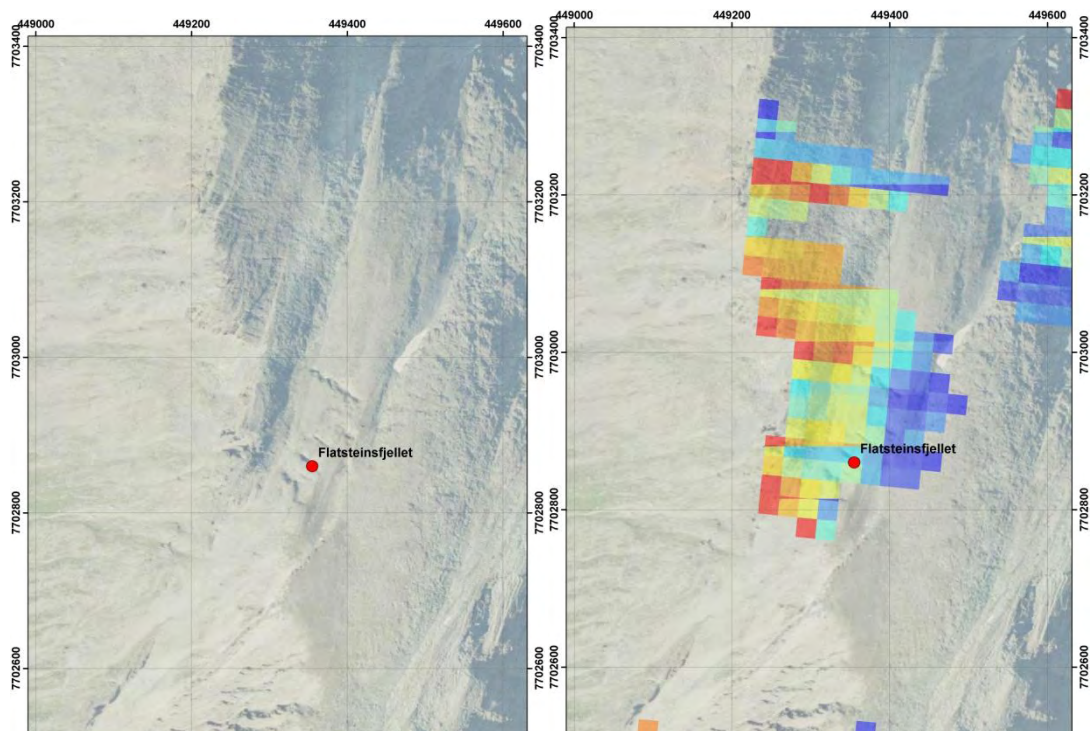
Dette området ligger på nordsiden av Kåfjord, litt lengre nord-øst enn Kråketinden (Figur 25).



Figur 25: Kart over Ruovddasvarri som viser ortofoto og InSAR data.

2.1.2.5 Flatsteinsfjellet

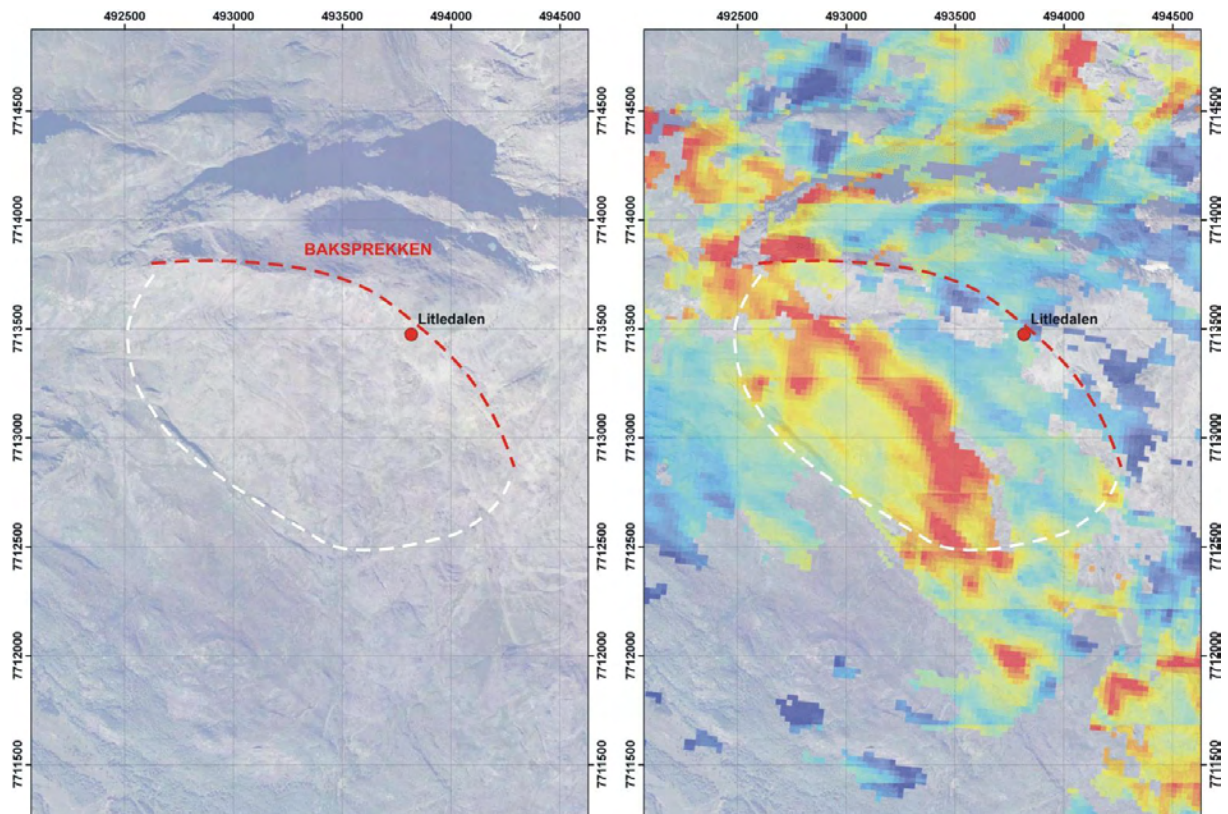
Flatsteinsfjellet ligger lengst sør i Ullsfjorden på østsiden av dalen (Figur 18). Her indikerer feltobservasjonene at det er aktive strukturer (Figur 26). InSAR dataene ser ut til å bekrefte dette, men mer arbeid kreves i 2008.



Figur 26: Ortofoto (venstre) og InSAR (høyre) fra Flatsteinsfjellet. InSAR dataene viser at det sannsynligvis er bevegelse på denne lokaliteten. Bevegelsen ser ut til å være begrenset til fremkanten av området.

2.1.2.6 Litledalen

Dette området ligger på nordøst siden av Kåfjord og viser en tydelig baksprekk hvor en større blokk har beveget seg c. 50m nedover. Blokken har nesten gått helt i oppløsning og består av mange små blokker. En anser derfor at det er størst sannsynlighet for mindre skred fra dette området, selv om totalvolumet kan være opp i titalls millioner m³. InSAR dataene viser at hele området er i bevegelse med c. 10mm per år. Videre feltarbeid skal gjøres her i 2008.



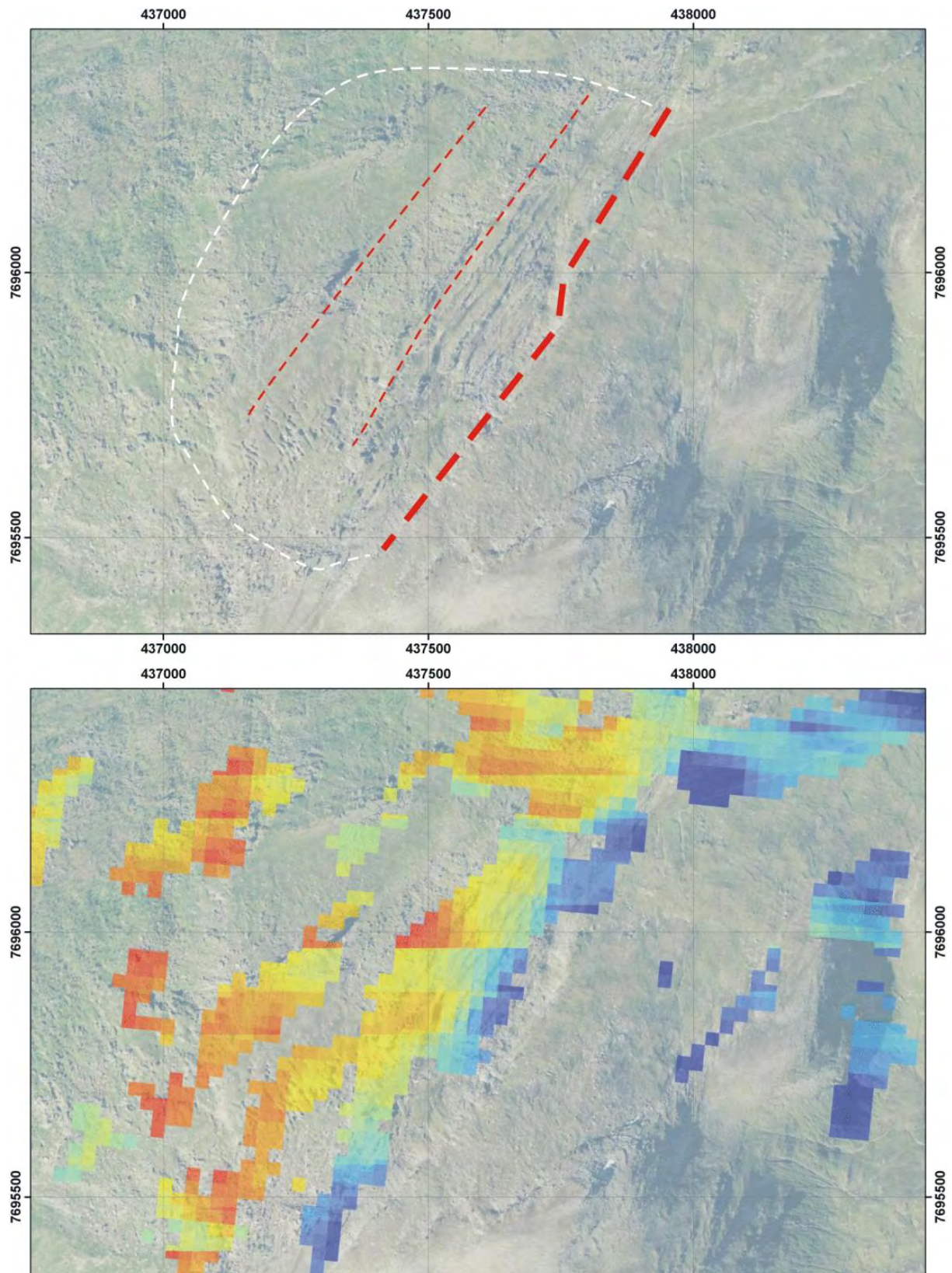
Figur 27: Oversiktsbilder over Litledalen. Ortofotoet (venstre) viser baksprekken i rødt og fremkanten av utglidningen i hvit. InSAR dataene (høyre) viser at omfanget av det området som beveger seg stemmer ganske bra med de kartlagte strukturer.

2.1.2.7 Gavgavarri

Dette området ligger lengst nord av de undersøkte områder, på nordøst siden av Kåfjord, og var først identifisert fra feltarbeid i 2007. Den var ikke tidligere registrert i NGUs skreddatabase. Området er avgrenset av et tydelig sprekkesystem som er c. 1000m langt og 700m bredt (Figur 30). Feltundersøkelser avklarte ikke dybden på de ustabile områdene, men en kan regne med et mulig volum på flere millioner m³. Feltobservasjonene derimot viste lite tegn til nylig bevegelse. Dette stemmer med InSAR dataene som heller ikke viser tegn til bevegelse i selve sprekkesystemene (Figur 30). Derimot viser blokkfeltet nedenfor sprekkene bevegelse på opp til 10mm per år. Dette området bør undersøkes videre i 2008.

2.1.2.8 Laksvatnsfjellet

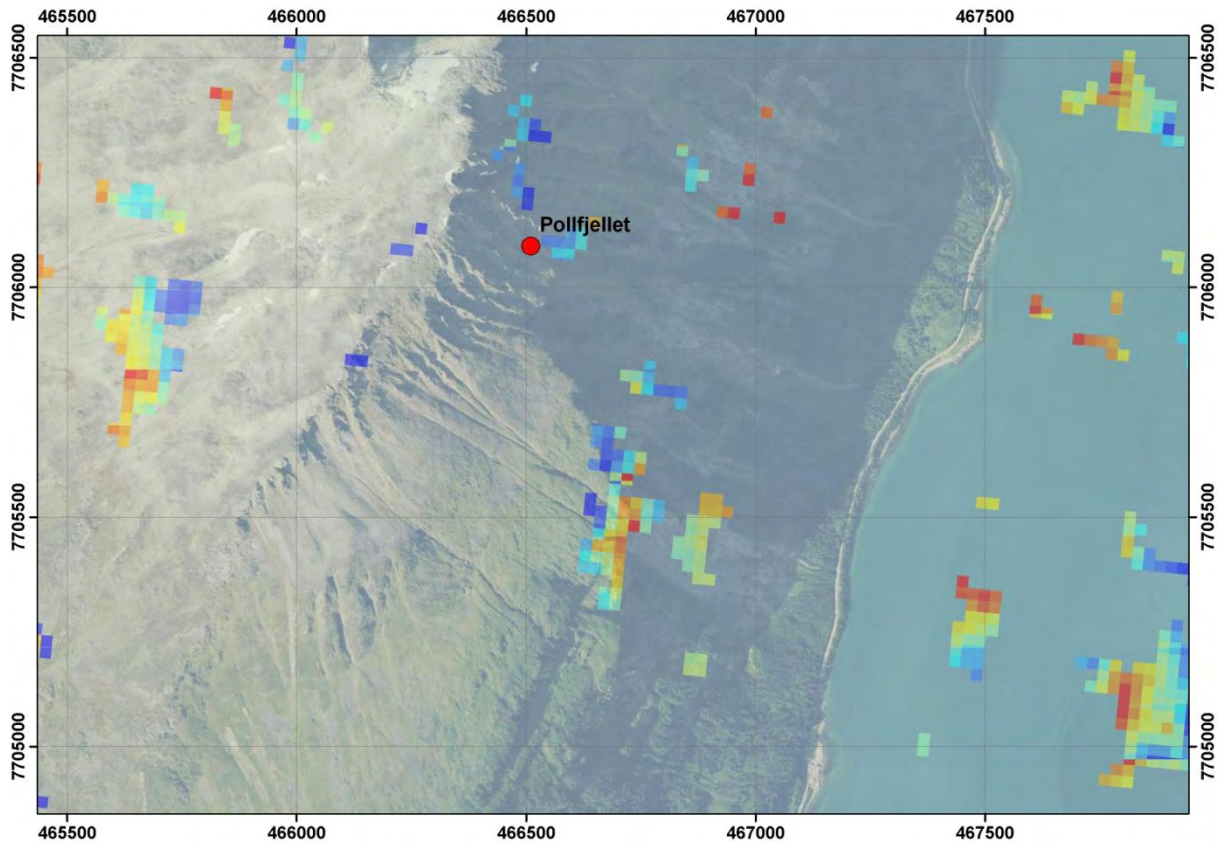
Dette området ligger lengst sør i Ullsfjorden på SØ siden av dalen (Figur 18). Et markert system med sprekker er observert med NØ-SV gående trend (Figur 28). Disse er gjenspeilet i InSAR dataene som viser et mønster som er nesten identisk med de kartlagte strukturer og bekrefter at dette området er i bevegelse med opp til 10mm per år.



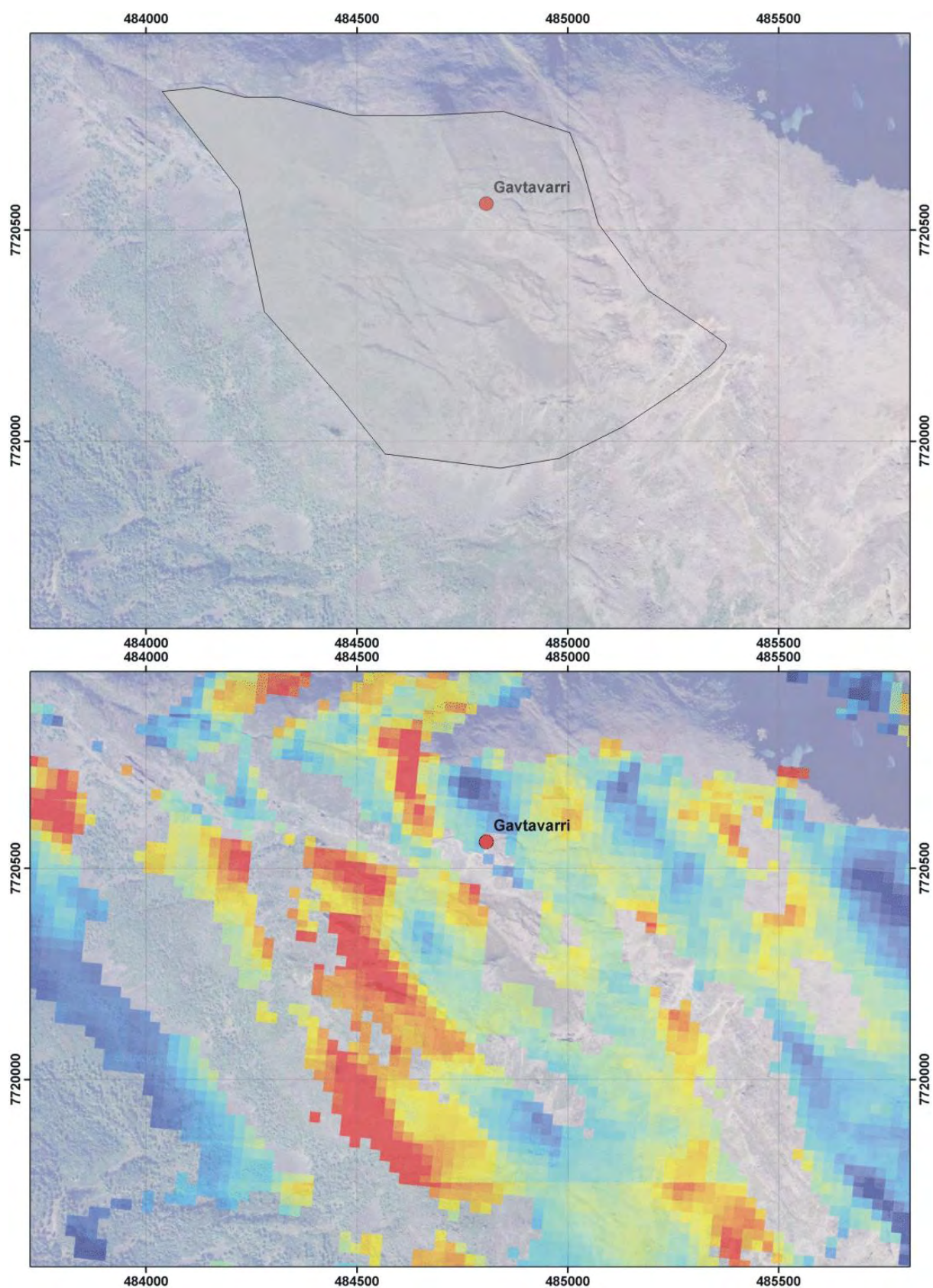
Figur 28. Oversiktsbilder fra Laksvatnfjellet som viser strukturer (øverst) og InSAR (nederst). Blokken er delt opp i flere delblokker med NØ-SV gående sprekker som er parallelle med baksprekken. Området med InSAR innsynkningen er avgrenset av disse sprekken og bekrefter at InSAR metoden fungerer bra her.

2.1.2.9 Pollfjellet

Helikopter undersøkelser av Pollfjellet viste ingen tegn til aktive sprekker oppe i fjellsiden, som kan forårsake nye store fjellskred. InSAR dataene er ikke til nytte i dette området siden det kun er sporadiske datapunkter. Det er noen NØ-SV gående lineamenter i området (Figur 29), men disse ser ikke ut til å utgjøre noen større sprekkeparti. Dette området anses derfor som rimelig stabilt på det nåværende tidspunkt.



Figur 29: Oversiktsbildet over Pollfjellet som viser at det er lite InSAR data. Feltobservasjonene viser ikke antydning til sprekker, selv om det er noen NØ-SV gående sprekker eller lineamenter lengst sør på figuren.

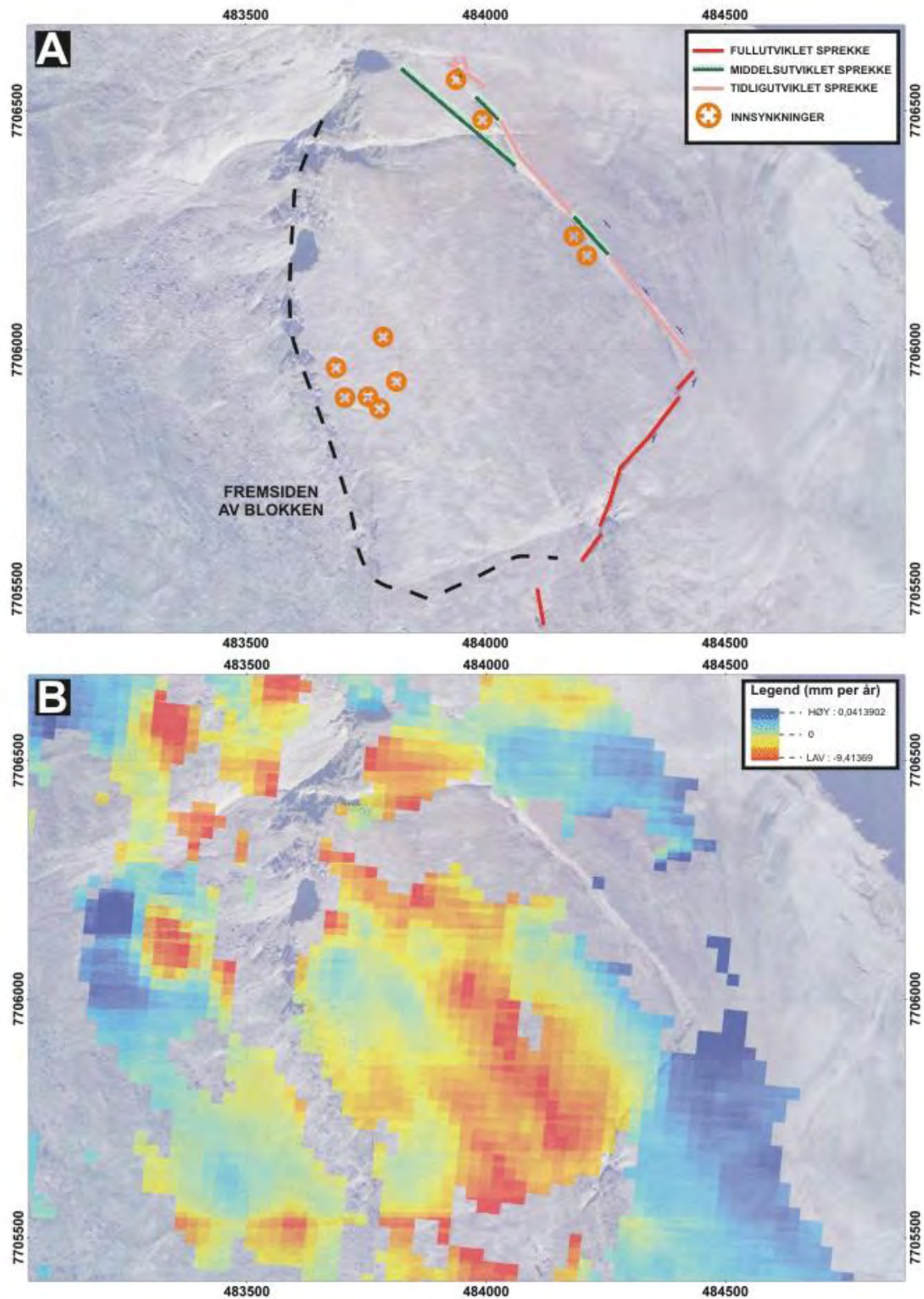


Figur 30: Oversiktsbilder over Gavtavarri. Ortofotoet (øverst) viser området som er avgrenset av tydelige sprekker. InSAR dataene (nederst) viser at det er områdene et stykke nedenfor sprekkesystemet som er i bevegelse. Videre feltarbeid kreves her.

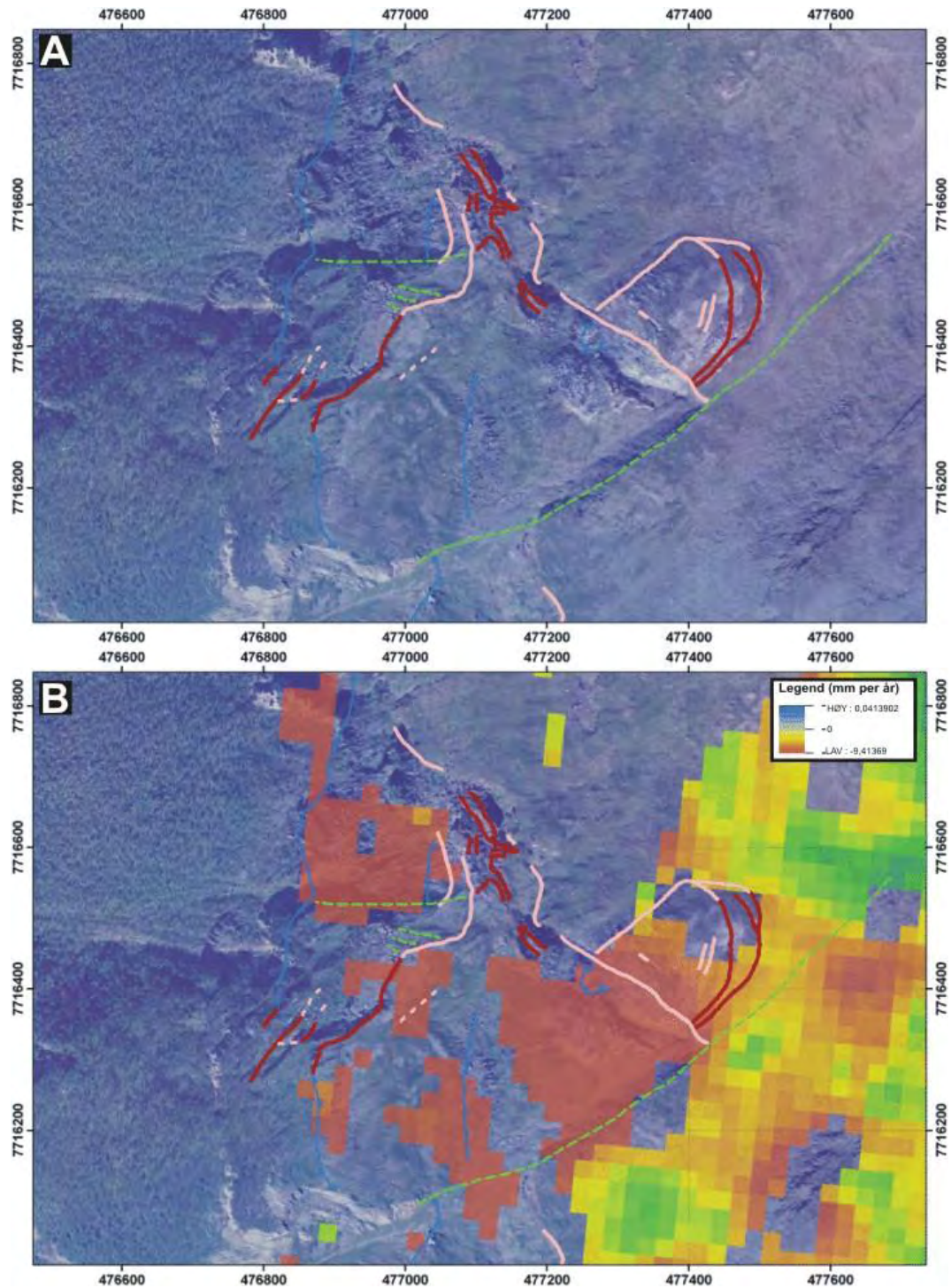
2.2 Feltundersøkelser knyttet til evaluering av InSAR-metoden

En stor del av feltarbeidet i 2007 ble brukt til feltundersøkelser i områder der InSAR-data indikerer bevegelse. Dette var viktig for å kvalitetskontrollere og evaluere InSAR som metode i dette arbeidet. Det kan konkluderes med at bruk av InSAR- metoden for å finne bevegelser og identifisere nye objekter var meget vellykket. Følgende viktige forhold ble dokumentert i dette arbeidet:

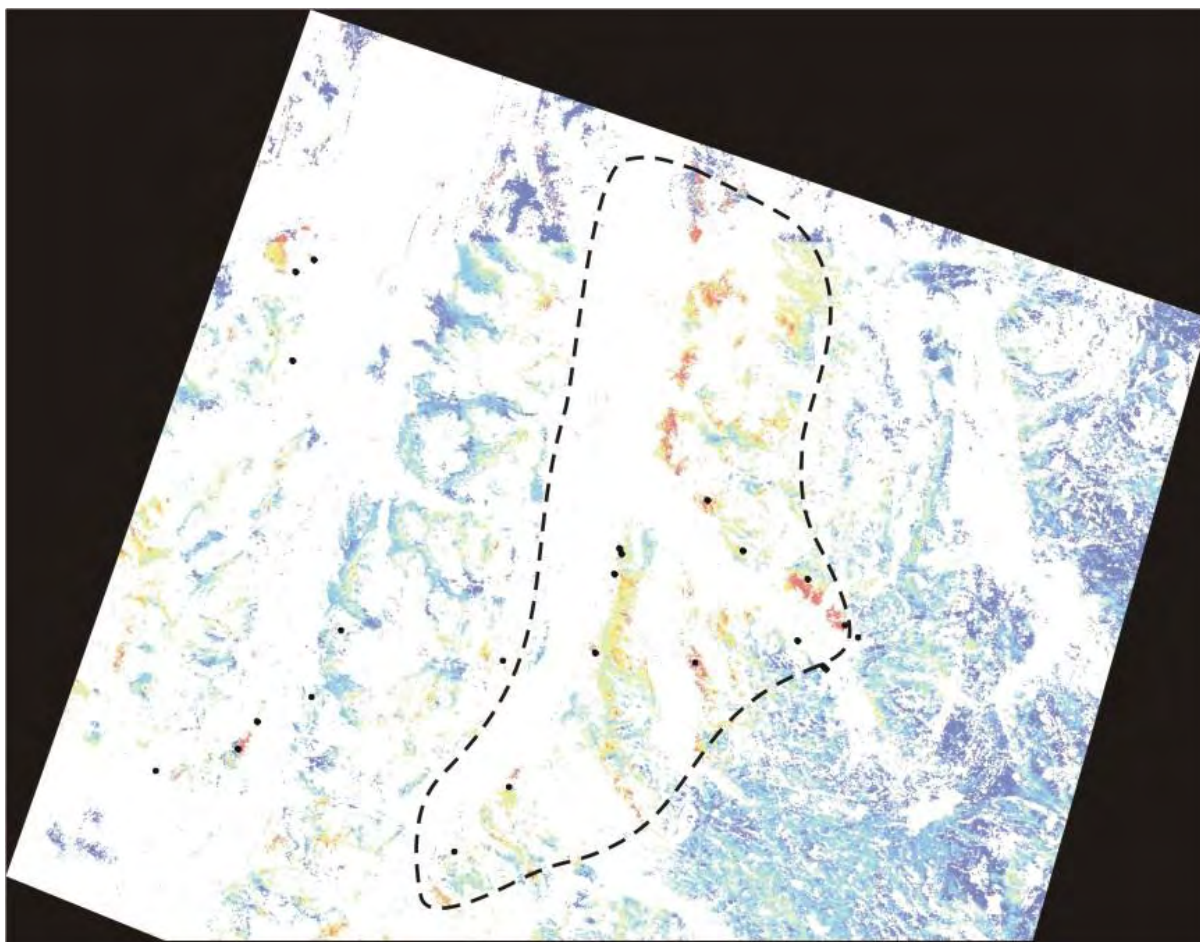
- På enkelte av de eksisterende og kjente lokalitetene der InSAR-data viser innsynkning passer dette godt med størrelse, strukturer og geometri som er observert i felt og fra flyfoto. Dette vises i Figur 31 fra Gamanjuni i Manndalen. Strukturene som er tydelig på flyfoto (Figur 31a) viser en geometri som er identisk med den innsynkningen som er kartlagt ved bruk av InSAR (Figur 31b). Dette er også påvist ved Nordnes, hvor en trekantformet blokk er påvist å være i bevegelse (Figur 32a). Mønsteret i InSAR data fra dette området er identisk med de kartlagte strukturer (Figur 32b).
- InSAR peker ut nye områder, for eksempel Litledalen og Gavtavarri på nordsiden av Kåfjord, som tidligere ikke har vært identifiserte med konvensjonelle metoder (flyfototolkning eller rekognoseringsarbeid i felt). Dette dokumenterer nødvendigheten av å bruke InSAR som et regionalt tolknings- og identifiseringsverktøy (Figur 1 og Figur 33).
- InSAR-data viser store regionale områder med innsynkning. Figur 33 viser regionale InSAR-data som til nå er tilgjengelig. Bildet viser et stort område på vestsiden av Lyngen som viser en større innsynkning enn området som ligger utenfor. Området ligger parallelt med Lyngen og er i hovedsak lokalisert langs og øst for Storfjorden. Området er c. 50 km langt og c. 20km bredt. Dette er også det området hvor det er registrert flest ustabile fjellparti. Det antas at dette store innsynkingsområdet kan være relatert til aktive forkastninger som er i bevegelse på vestsiden av Lyngen.



Figur 31: Eksempel på sammenligning mellom InSAR, flyfoto og kartlegging i felt som viser at det er et meget bra samsvar mellom InSAR-data og feltobservasjoner. Eksempelet er fra Gamanjuni i Manddalen.



Figur 32: Eksempel av sammenligning mellom strukturer og InSAR-data fra Nordnes. Ortofotoet viser en trekantformet blokk som er påvist å være i bevegelse. InSAR-data viser en identisk geometri som passer med de kartlagte strukturer. Åpne Sprekker er i rødt. Antatte sprekker er i rosa. Sideveis forkastninger er i grønt.



Figur 33: Bildet over NØ Troms som viser InSAR-data med hensyn til de identifiserte skredlokaliteter. Den stipla linjen viser et område som synker ned (vist med rød farge) i en regional målestokk sammenlignet med resten av fylket. De fleste av de identifiserte ustabile fjellpartiene ligger innenfor dette området.

2.3 Nordnesfjellet

2.3.1 LIDAR laserskanning

I løpet av 3 dager i slutten av august ble det utført LIDAR laserskanning av Nordnesfjellet og Revdalsfjellet. Begge lokalitetene var skannet fra minst 5 forskjellige retninger, slik at det kan bygges opp en detaljert 3D bilde av ustabile områder. Alle dataene er innsamlet og skal prosesseres i løpet av sommeren 2008, slik at de er klar for videre analyse. Begge områdene skal skannes på nytt i 2008 og deretter skal de to datasettene fra 2007 og 2008 sammenlignes for å vurdere om det har foregått større endringer (bevegelse) i dette tidsrommet. Dette vil altså gi et uavhengig datasett for å vurdere mulig bevegelse. De første resultatene av dette er forventet i løpet av våren 2009. For øvrig skal laserskanneren brukes regionalt på opp til 10 andre prioriterte lokaliteter i løpet av sommeren 2008.

2.3.2 Flodbølgeanalyse

I løpet av september 2007 ble det foretatt en feltbefaring av NGU og NGI for å fastsette de nødvendige parametrene som skal brukes i flodbølgeanalysen. Tilstede på befaringen var Iain Henderson (NGU), Ola Fredin (NGU), Raymond Eilertsen (NGU), Carl Bonnevie-Harbitz (NGI) og Sylfest Glimsdal (NGI). Befaringen inkluderte en befaring på Nordnesfjellet for å se på de alternative scenarier for størrelse og volum, samt en befaring i Storfjorden med båt for å se nærmere på fjordbunnegeometri. Det er utarbeidet en NGU-Rapport som inneholder den

geologiske informasjon som var nødvendig for NGI til å gjennomføre flodbølgeanalysene (Henderson & Blikra 2007). NGI har nå fullført rapporten om flodbølgeanalyser (Harbitz & Glimsdal, 2008).

I løpet av sommeren 2007 utførte NGU nye seismiske og batymetriske målinger i Storfjorden for å få et best mulig datagrunnlag i fjorden som utgangspunktet for flodbølgemodelleringen. Raymond Eilertsen prosesserte og tolket ferdig havbunnsdata før de ble oversendt til NGI.

2.3.3 Geofysikk

Det er tidligere utført geofysiske målinger på Nordnesfjellet (Tønnesen & Dalsegg, 2004). Det ble blant annet målt to lange resistivitetsprofiler som går på tvers av det ustabile fjellpartiet for å kunne si noe mer om strukturer og dyp til de store baksprekkene. Dette tydet på at baksprekken var svært dyp, trolig over 100 m dyp. Derimot var profilplasseringen ikke helt egnet for å dekke det ustabile området. Det ble derfor bestemt at det i 2007 skulle utføres flere profiler med både resistivitet og seismikk for å kunne si noe mer om strukturene under overflaten. Dette arbeidet ble gjennomført i løpet av juli 2007 og skal rapporteres separat i løpet av våren 2008. Hovedkonklusjonen fra dette arbeidet var at sprekkene går dypere enn tidligere antatt og regnes å ha en dybde på rundt 130m. Dette bidro til en revisjon av tidligere volumberegninger (Henderson & Blikra, 2007).

2.3.4 Bevegelsesmålinger

Det er etablert kontinuerlige målinger på Nordnesfjellet i form av 3 lasere og en rekke tiltmetere (vinkelmålere) og crackmeter (strekkestag mellom sprekker). I tillegg er det etablert en fullskala værstasjon. NGU skal forvalte dataene fra målingene og skal i løpet av 2008 gjøre en analyse av disse. Det er allerede nå klart at det er bevegelser ved mange av de etablerte sensorene, og at dette stemmer rimelig godt med de eksisterende data fra GPS og InSAR. Analysene og videre råd for videre oppfølging av målingene vil bli gjort i egen rapportering.

3. KONKLUSJONER

- I 2007 har NGU sammen med Universitetet i Oslo innmålt GPS-punktene på 12 av de eksisterende 13 lokalitetene.
- Ut fra GPS-målingene er det kun Nordnesfjellet og Indre Nordnes som viser entydig bevegelse. Data fra Nordnesfjellet viser en bevegelse som er i samsvar med det som er sett i tidligere år, men en årlig bevegelse på opp til 3-4 cm/år. Revdalsfjellet antyder en bevegelse på 2-3 mm/år, men dette er ennå usikkert. Også i Kåfjord er det sannsynlig at et av områdene er i bevegelse.
- 17 nye lokaliteter er befart. Dette er basert på vår eksisterende database kombinert med nye lokaliteter antydnet fra nye InSAR-data.
- Av de 17 nye lokalitetene er det satt ut GPS-punkter på 4.. Dette er Kråketinden og Ruovddasvarri i Kåfjord, Gamanjunni i Manndalen, samt Låvan øst i Kvænangen. Vi forventer de første resultatene om mulig bevegelse på disse lokalitetene i løpet av høsten 2008.
- På Nordnesfjellet og Revdalsfjellet er det fullført LIDAR laserskanning med formål å lage detaljerte 3D-modeller av ustabile fjellpartier. Oppfølgingsarbeid i 2008 vil ha som formål å kunne avsløre eventuelle bevegelser i tidsrommet 2007 til 2008.
- På Nordnesfjellet har det blitt målt flere nye geofysiske profiler som har bidratt til en bedre forståelse av dybden på de store baksprekkene, noe som har vært viktig for volumestimatene av de ustabile fjellpartiene.
- En flodbølgeanalyse er utført med bakgrunn i to ulike scenarier for fjellskred fra Nordnesfjellet. NGU har utarbeidet bakgrunnsdata for NGI i dette arbeidet.
- Utprøving av InSAR-metoden viser at det er et svært godt samsvar mellom mønsteret i bevegelse fra InSAR-data og de strukturer som er kartlagt i felt. Denne erfaringen bekrefter at bruk av InSAR integrert med mer tradisjonelle kartleggingsmetoder har et stort potensiale ved kartlegging av skredfarlige områder.
- InSAR-data har også pekt ut flere nye lokaliteter som er i bevegelse (Litledalen, Nomedalstinden og Gavgavvarri). Disse lokalitetene har ikke tidligere blitt identifiserte. InSAR-data viser at det finnes store regionale områder med innsynkning på vestsiden av Lyngen, noe som samsvarer med at det er påvist/finnes mange ustabile fjellsider. Dette viser at InSAR-data kan brukes som et regionalt verktøy for kartlegging av potensielle fjellskredområder.
- De nye datasettene viser at flere av de områdene som er i bevegelse ligger i fjellsider langs fjordene. Det vil derfor være viktig å følge disse opp i de nærmeste årene.

4. REFERANSER

Eiken, T. 2006: Rapport om deformasjonsmålinger i Troms 2003-2006. *Institutt for Geofag, UiO*. 31s.

Eiken, T. 2007: Rapport om deformasjonsmålinger i Troms 2003-2007. *Institutt for Geofag, UiO*. 37s.

Henderson, I.H.C., Saintot, A. Venvik-Ganerød, G. & Blikra, L.H. 2007: Fjellskredkartlegging i Troms. *NGU Rapport 2007.041*. 107s.

Henderson, I.H.C. & Blikra, L.H. 2007: Bakgrunnsinformasjon for oppbygging av flodbølgeanalyse ved Nordnesfjellet, Troms. *NGU Rapport 2007.070*. 17s.

Harbitz, C.B. & Glimsdal, S. 2008: Flodbølger etter mulig fjellskred Nordnes, Lyngen Kommune: Beregning av mulig fjellskred og flodbølger. *NGI Rapport 20071677-1*. 58s.

Tønnesen, J.F. & Dalsegg, E. 2004: Geofysiske målinger Nordnesfjellet, Kåfjord Kommune, Troms. *NGU Rapport 2004.012*. 18s.