Radarkampanje ved Nordnesfjellet 2014

40
2015

RAPPORT

Radarkampanje ved Nordnesfjellet 2014

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Ingrid Skrede

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag:

Forsidefoto: Deformasjonsstrukturar Jettan

ISBN 978-82-410-1087-3

Sammendrag: Rapporten presenterer resultat av ei radarkampanje (bakkebasert InSAR) av dei to ustabile fjellpartia Jettan og Indre Nordnes på Nordnesfjellet, Kåfjord, Troms i 2014.

Emneord: Nordnesfjellet, Jettan, Indre Nordnes, Bakkebasert radar (InSAR), Fjellskred.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mai 2015

Innhald

Forord **2**
Samandrag **3**
1 Innleiing **4**
2 Bakgrunn **4**
3 Metode **6**
4 Resultat **7**
4.1 Jettan 7
4.2 Indre Nordnes 11
4.2.1 Måleserien mellom 24. mai og 2. juni 2014 11
4.2.2 Måleserien mellom 4. august og 18. august 2014 13
4.2.3 Samanlikning mellom periodane og tidlegare år 14
5 Konklusjon **18**
6 Referansar **19**

Forord

Målingar med bakkebasert radar er viktige både for kartlegging og dokumentasjon av bevegelsar og for permanent overvaking. Målekampanjane ved Nordnesfjellet er ein del av oppfølginga og kontrollen av høg-risikoobjekta Jettan og indre Nordnes.

Oslo, mai 2015

Aage Josefsen
Seksjonssjef, Seksjon for Fjellskred

Lars Harald Blikra
Sjefingeniør, Seksjon for Fjellskred

Samandrag

Sommaren 2014 blei det utført målingar med bakkebasert radar (InSAR) av dei ustabile fjellpartia Jettan og Indre Nordnes i Kåfjord kommune, Troms.

På Jettan blei målingane utført mellom 16. juni og 4. august. I denne perioden blei det registrert bevegelse på 8 mm i eit avgrensa område og bevegelse på 1 – 5 mm i større områder. Dette er det same som dei permanente overvakingsinstrumenta viser. Storleiken av bevegelsane er tilsvarande det som er målt tidlegare år. Bevegelse av Jettankallen, som tidlegare berre er sett i samanlikning mellom måleseriar, blei målt i denne kampanjen.

Målingane på Indre Nordnes blei utført i to periodar, ei frå 24. mai til 3. juni og ei frå 4. august til 18. august. Under måleperiodane blei det registrert lite bevegelse. Samanlikningane mellom målseriane viste derimot bevegelse i eit tydeleg avgrensa område. Bevegelsen var på om lag 3 mm og samsvarar godt med målingane frå dei permanente måleinstrumenta.

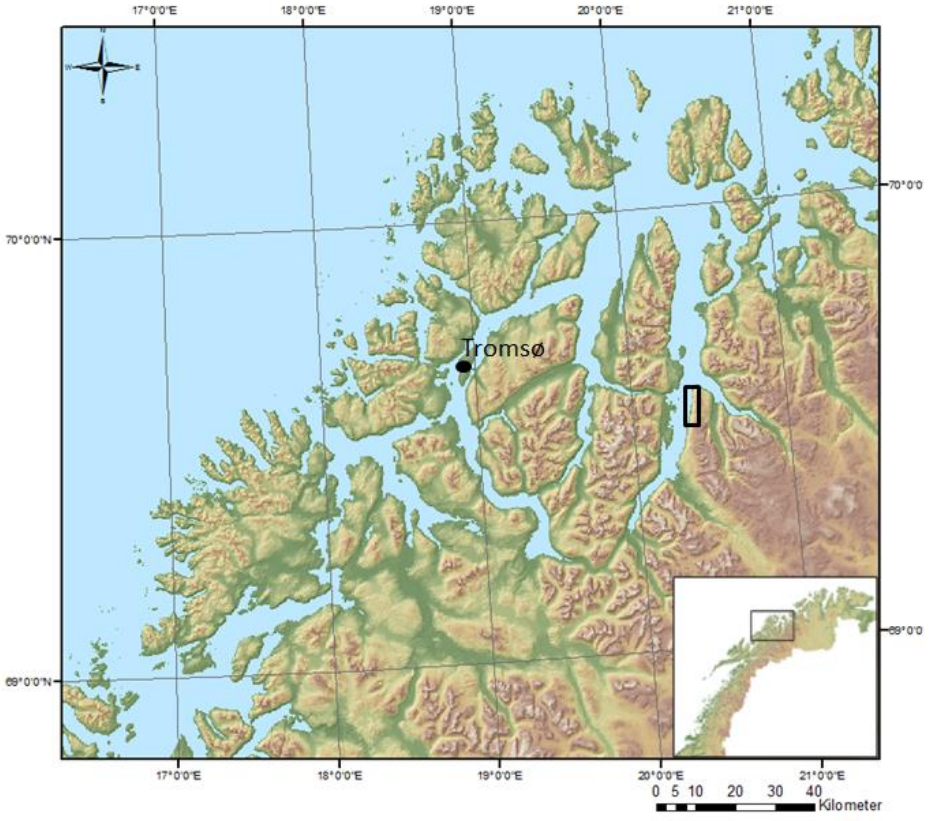
Målingane gir data av god kvalitet som dekker store områder. Etter mange målingar er det god kontroll på bevegelsar i normalsituasjon. Både Jettan og Indre Nordnes er godt instrumenterte og målingar med bakkebasert radar er ikkje naudsynt for å halde kontroll med bevegelsane eller for å oppretthalde kvaliteten av overvakinga i normal beredskap. I periodar med auka bevegelse og potensielt bortfall av anna instrumentering, er radarlokalisasjonane nyttige då målingar kan utførast raskt.

1 Innleiing

Som ein del av overvakinga av dei ustabile fjellpartia Jettan og indre Nordnes i Troms er det utført målingar med bakkebasert radar (GB InSAR). Dette har blitt gjort både i 2011 (Kristensen, 2012), 2012 (Kristensen, 2013b), 2013 (Kristensen, 2013a) og 2014. Denne rapporten presenterer resultata frå målingane gjennomført sommaren 2014 og samanliknar dei med resultat frå tidlegare år.

2 Bakgrunn

Nordnesfjellet ligg på austsida av Storfjorden i Kåfjord kommune i Troms (Figur 1). Fjellsida har to ustabile fjellparti, Jettan og indre Nordnes. Jettan er klassifisert som eit av dei fire definerte høg-risiko objekta for store fjellskred i Noreg. Det største scenarioet ved Jettan er 11 millionar m^3 (Blikra & Bunkholt, 2012) og det er registrert bevegelsar opptil 50 mm/år. Indre Nordnes har eit volum på 10-15 millionar m^3 (Blikra & Bunkholt, 2012) og det er registrert bevegelsar oppimot 8 mm/år. Ved utrasing av fjellpartia kan skredmassane nå fjorden og generere ein tsunami som kan påverke busetnad og infrastruktur i fjordsystemet. Områda har vore kontinuerleg overvaka sidan 2007.



Figur 1: Nordnesfjellet ligg på austsida av Storfjorden i Kåfjord kommune i Troms. Det er indikert i det svarte rektangelet.

Berggrunnen i området består av granatglimmergneiss, kalksilikatgneiss og marmor. Øvre delar av Nordnesfjellet tilhøyrar Nordmannvikdekket medan nedre delar er del av Kåfjorddekket (Zwaan, 1988, 2006). Foliasjonen er sub-horisontal men det er deformasjonsstrukturar i form av opne foldar og boudinar. Dei generelle sprekkesetta i området er orienterte NØ-SV, NV-SØ, VNV-ØSØ, NNV-SSØ, NNØ-SSV og er bratte til sub-vertikale (Skrede, 2013). Det er også forkastingar i området.

Jettan har fleire delområder med ulike karakteristikkar (Figur 2). Bevegelsane har også ulik storleik og retning. Det ustabile fjellpartiet er avgrensa i nord av ein tydeleg fjellvegg og i sør er det ei sprekk som blir rekna for å vere den aktive baksprekka. Det er likevel deformasjonsstrukturar bak denne, og der er blant anna ei normalforkastning som viser spranghøgde på om lag 20 m. Innanfor avgrensinga beveger ulike parti seg som individuelle områder og ikkje som ei eining.

Figur 2: Bilete av det ustabile fjellpartiet Jettan.

Indre Nordnes er tydeleg avgrensa av to bakskrentar (Figur 3). Den eine har slickenlines og er truleg ei gammal forkastning. Denne fortsett i djupet med ein vinkel på om lag 60 grader og utgjer truleg glideplanet. Den andre avgrensingssprekka er open og veggane har fleire flater i ulik vinkel slik at det blir eit «sikk-sakk-mønster».

Figur 3: Bilete av det ustabile fjellpartiet indre Nordnes.

3 Metode

Systemet som er brukt til å måle deformasjonar er eit LiSA LAB GBInSAR system frå Ellegri srl som er ein bakkebasert radar. Den bakkebaserte radaren måler avstand til reflekterande punkt i terrenget over tid. Dette skjer ved at elektromagnetiske bølgjer blir sendt frå ei antenne, treff fjellsida og blir reflektert tilbake til ein mottakar. Med å analysere mottatte radarbølgjer kan informasjon om avstand kalkulerast. Dette kan omarbeidast til radarbilete og radarbilete tatt på ulike tidspunkt kan samanliknast i form av interferogram for å sjå potensiell deformasjon i synsfeltet og rekkevidda til radaren. Atmosfærisk stratifisering og artefaktar kan påverke signala. Endring av terrengoverflata som følgje av snø, is eller vegetasjonsdekke kan gi støy.

Radaren har vore plassert på eit fast fundament som har blitt brukt under samlege kampanjar. Også parameterane har vore dei same for alle åra og kan sjåast i Tabell 1.

Parameter	Jettan	Indre Nordnes
Sentral frekvens	17.2 GHz	17.2 GHz
Bandbreidde	126 MHz	126 MHz
Lengde av syntetisk radar	3 m	3 m
Utgangseffekt	22 dBm	22 dBm
Gjentaking intervall	8 min	8 min
Antenne vinkel	30°	35°

Tabell 1: Tabellen viser paramterane som er brukt på Jettan og Indre Nordnes.

Etter målingane blei utført har data blitt prosessert i LiSALab programvaren «Main Lisa Mobile». Det er brukt korreksjonsregionar som dekker heile området som gir sterk refleksjon. Innstillingane brukt kan sjåast i Tabell 2.

Bilde prosessering	Jettan Azimuth	Jettan Range	Indre Nordnes Azimuth	Indre Nordnes Range
Min avstand	-400	400	-550	250
Max avstand	400	1200	550	1350
Antall bilde piksel	1001	1001	1001	1001

Tabell 2: Tabellen viser prosessering parameter for Jettan og indre Nordnes.

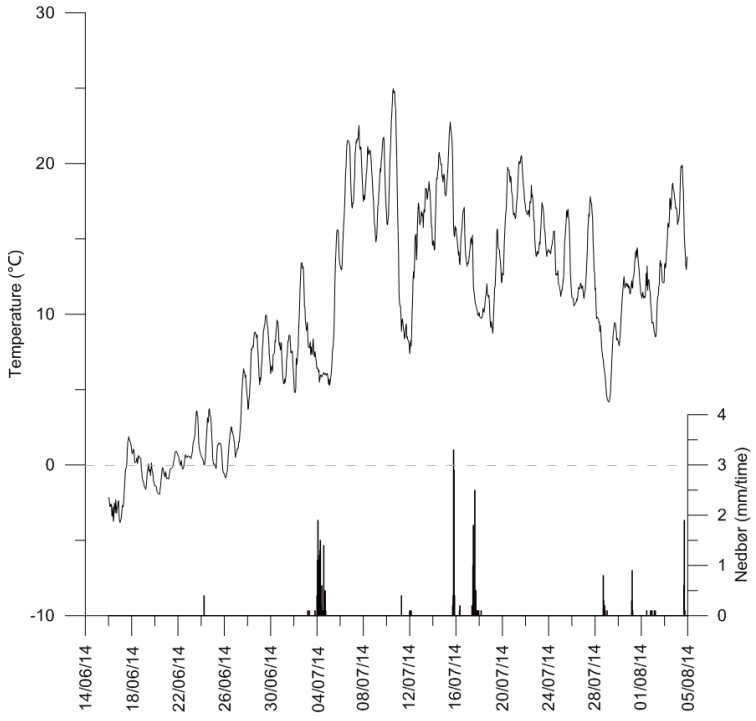
Det har blitt laga snittbileter for ulike periodar. Intervalla er bestemt med omsyn til storleiken av bevegelsen og støy i datasettet. I tillegg til å samanlikne interferogram har akkumulerte bilete for tidsserien blitt analysert. Ut i frå desse er det laga tidsseriar for punkt i områder i bevegelse.

Under den første radarkampanjen blei den nøyaktige posisjonen til radar-skinna målt med differensial-GPS av Trond Eiken frå Universitetet i Oslo (UiO). Dette gjer det mogleg å lage ei georeferert/terreng fil i LiSAlab programvaren slik at interferogram og bileter med akkumulert bevegelse kan leggast på digitale høgdemodeller (DEM) eller bileter. Den same fila som blei laga til tidlegare kampanjar er også nytta i denne kampanjen.

4 Resultat

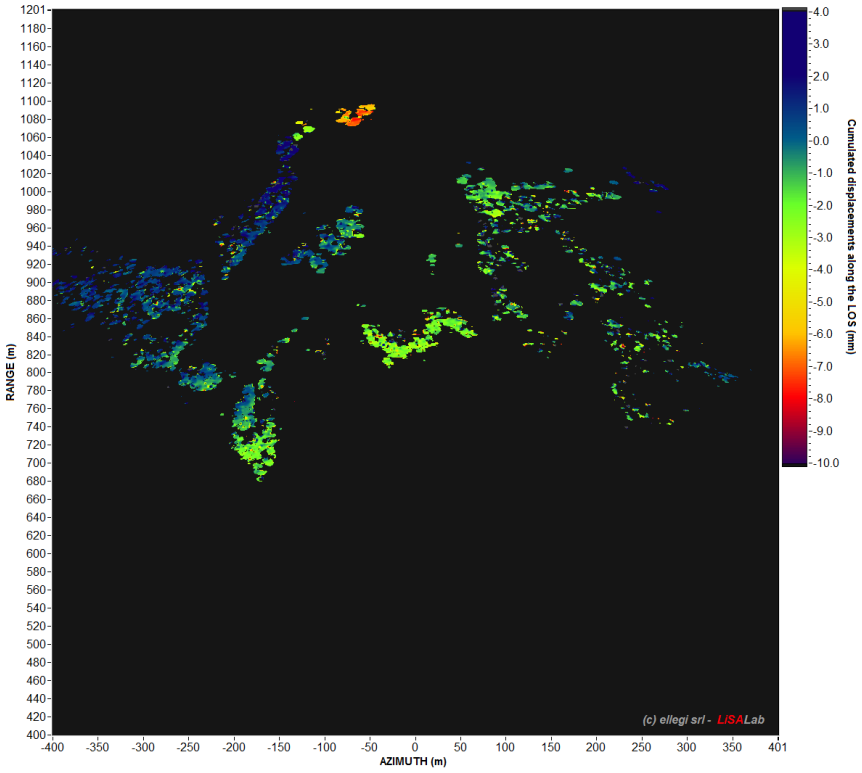
4.1 Jettan

Målingane av Jettan var mellom 16. juni 2014 og 4. august 2014. Temperaturane var rundt 0˚C fram til 26. juni (Figur 4). Etter dette steig temperaturane og låg i hovudsak mellom 10˚C og 20˚C ut måleperioden. Det var enkelte nedbørshendingar, men det var generelt ei tørr periode.

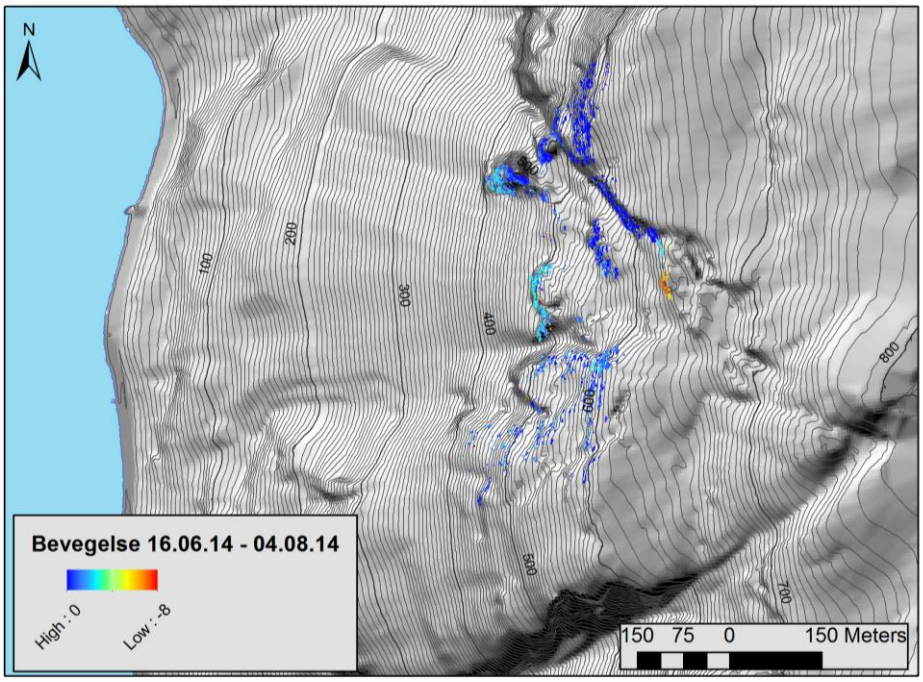


Figur 4: Temperatur og nedbør under måleperioden på Jettan 2014.

Den akkumulerte bevegelsen i måleperioden kan sjåast i Figur 5. Radarbilete er georeferert i Figur 6.



Figur 5: Akkumulert bevegelse på Jettan mellom 16. juni og 4. august 2014.

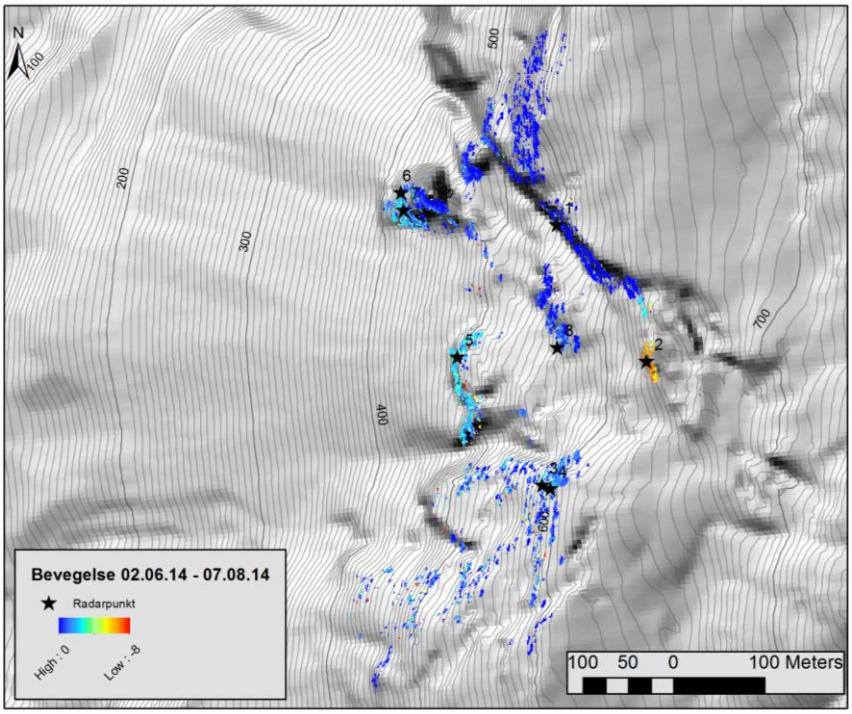


Figur 6: Akkumulert bevegelse mellom 16. juni og 4. august 2014 georeferert på ein elevasjonsmodell.

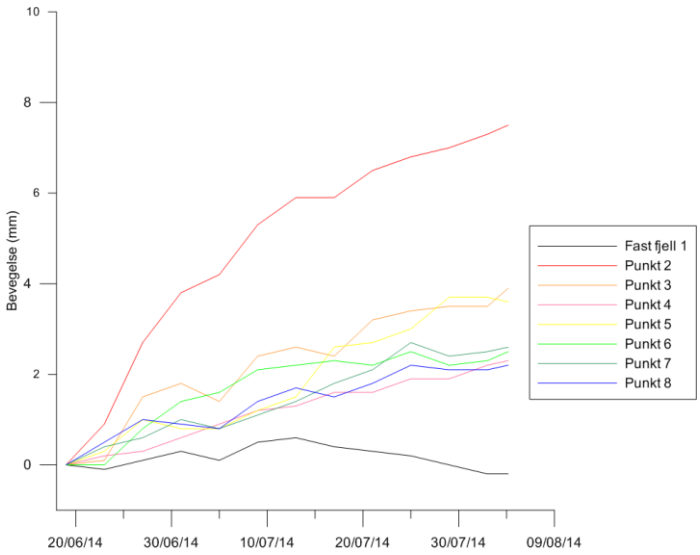
Som det går fram av figurane er det målt bevegelsar i større delar av område. Mest er registrert i området under feltstasjonen. Her er bevegelsen om lag 8 mm i måleperioden. Dette er på ei blokk med overflate på om lag 25*15 m som ligg på eit knekkpunkt i terrenget. På blokka er det ein GPS, eit laser reflektor, eit tiltmeter og eit borehol. Målingane frå GPS i same periode viser bevegelse mot VSV på 8,5 mm i horisontal plan og ein total vektor på 9,2 mm med fall på 23˚. Laseren viser bevegelse på 9,5 mm. Dermed stemmer målingane mellom permanente overvakingsinstrument og radarmålingane godt overeins.

Det er også registrert bevegelse i andre områder. Dette er nedanfor det som blir rekna som den aktive baksprekka, på ein skrent i nedre midtre delar og på Jettankallen (Figur 2). I området nærast den aktive baksprekka er bevegelsen mellom 1 mm og 4 mm. Skrenten i nedre midtre del av området beveger seg i hovudsak mellom 2 mm og 4 mm. GPSen her registrerte ein horisontal bevegelse mot VNV på 2,2 mm i same periode. I vertikalplan registrert denne ei heving i tidsrommet målingane pågjekk og den totale bevegelsen var 8,8 mm. Nøyaktigheita er dårligare i vertikalplan på GPSar. På Jettankallen var det registrert bevegelse mellom 1 mm og 5 mm. GPSen her viste bevegelse på 4,0 mm mot NØ i same periode. Også her er det registrert heving og 3D vektoren er 9,9 mm med 66 grader vinkel oppover frå horisontalplan. Det er også mindre områder som har større bevegelse enn dette. Dette er truleg lause blokker som kan falle ut som steinsprang.

Utviklinga til punkta markert i Figur 7 er vist i Figur 8. Bevegelsen var størst i starten av målinga og området under feltstasjonen bevega seg mest.

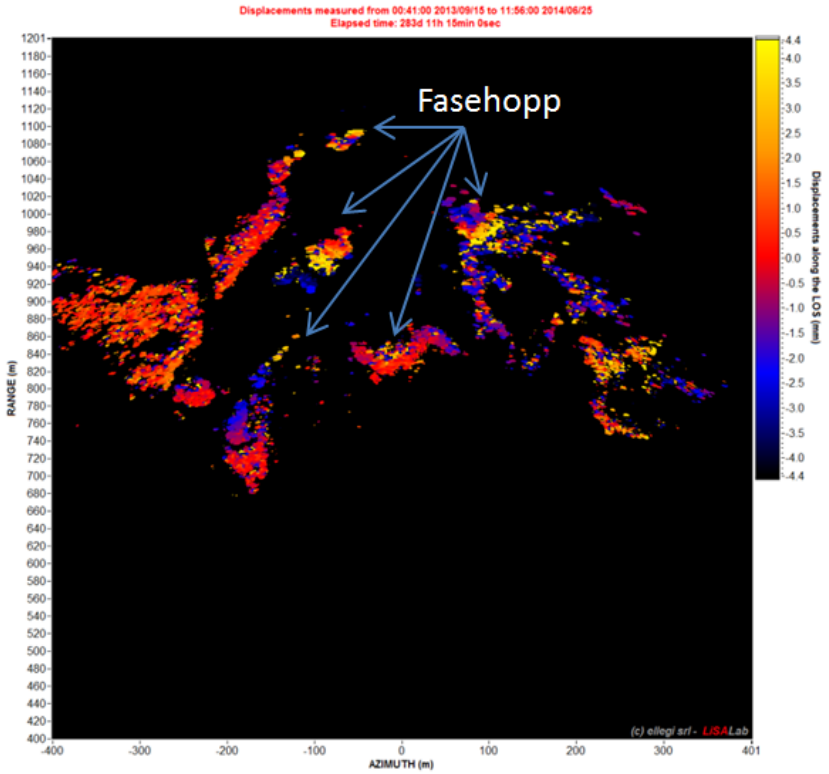


Figur 7: Utvalgte punkt som viser bevegelsen gjennom tidsserien.



Figur 8: Bevegelsen i punkta markert i Figur 7 som funksjon av tid.

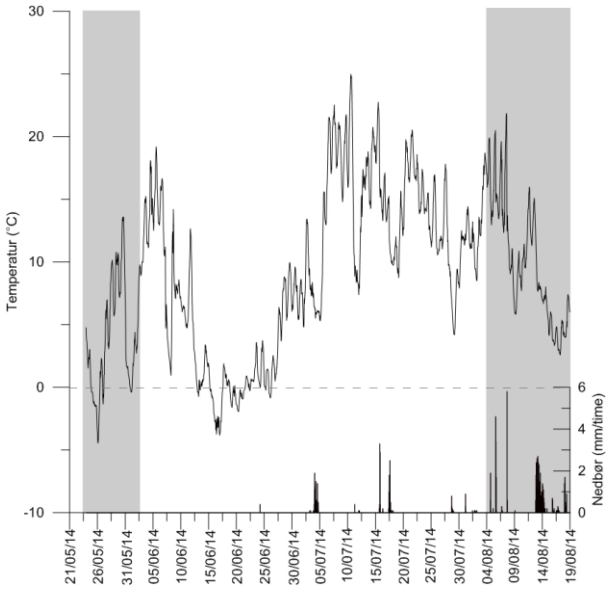
Bevegelsen er relativt lik den som er registrert i tidlegare kampanjar. I dei føregåande kampanjane er det ikkje registrert store bevegelsar med Jettankallen, men samanlikningar mellom år har indikert at der er bevegelse på 1-3 mm/år (Kristensen, 2013a). I 2014-kampanjen er det målt bevegelse på 1-3 mm i sjølve måleperioden. Samanlikning av interferogram frå slutten av 2013-kampanja og starten av 2014-kampanja kan sjåast i Figur 9. Det er fleire «fringes» i interferogrammet som indikerer at det har vore fasehopp og bevegelsar større enn 4,4 mm.



Figur 9: Figuren viser eit interferogram der 7-dagers snitt frå 15. september 2013 og 25. juni 2014 er samanlikna. Det er fasehopp i dei fleste områda utanom fjellveggen i nord. Dette betyr at det har vore bevegelsar over 4,4 mm i tidsrommet mellom målingane.

4.2 Indre Nordnes

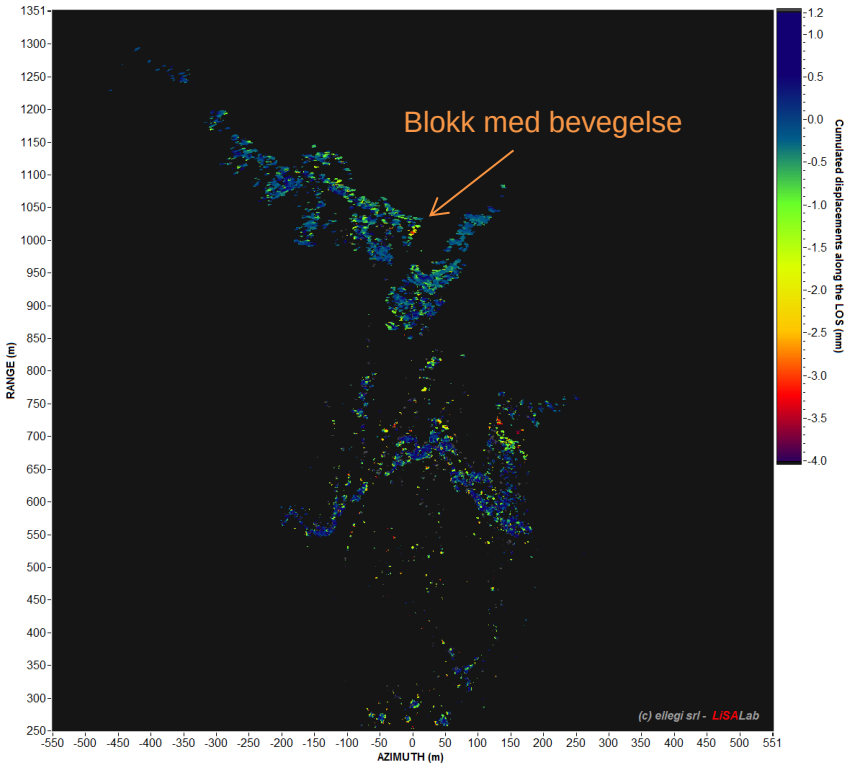
Det har blitt utført to målingar ved Indre Nordnes. Dette var frå 24. mai til 2. juni 2014 og frå 4. august til 18. august 2014. I den første perioden var det ikkje nedbør og temperaturane svinga (Figur 10). I den siste måleperioden var det minkande temperaturar over frysepunktet. Mellom måleperiodane var det varmt og relativt lite nedbør.



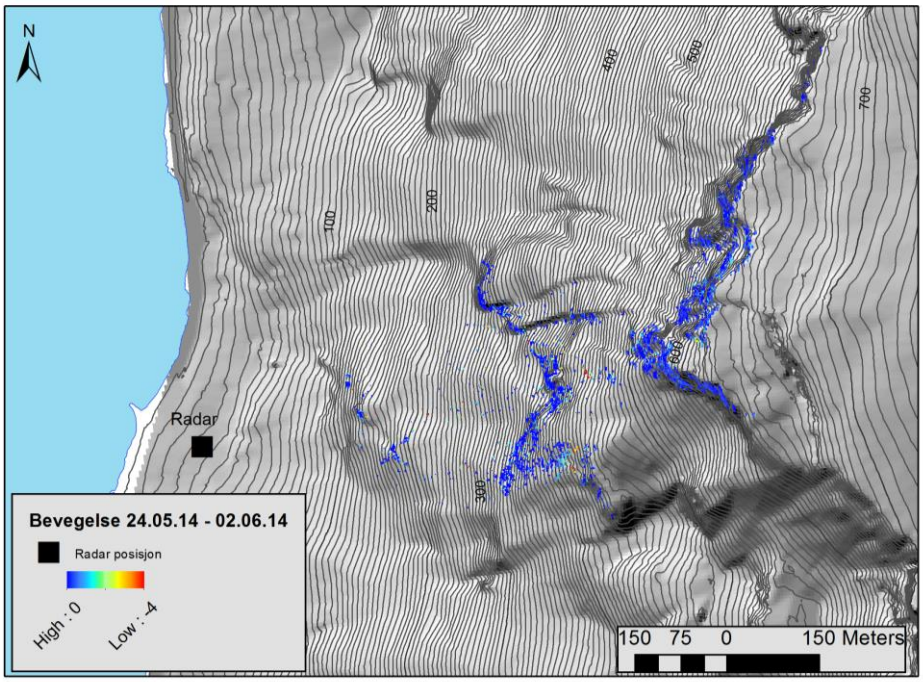
Figur 10: Temperatur og nedbør i og mellom måleperiodane på indre Nordnes. Dei grå skraverte områda er periodane målingane fann stad.

4.2.1 Måleserien mellom 24. mai og 2. juni 2014

Den akkumulerte bevegelsen målt i desse åtte dagane kan sjåast i Figur 11. Bilete er georeferert i Figur 12. Som det går fram av figuren er det ikkje registrert mykje bevegelse. Bevegelsane er i underkant av 1 mm, men det er ei blokk som viser bevegelse på 3 mm.



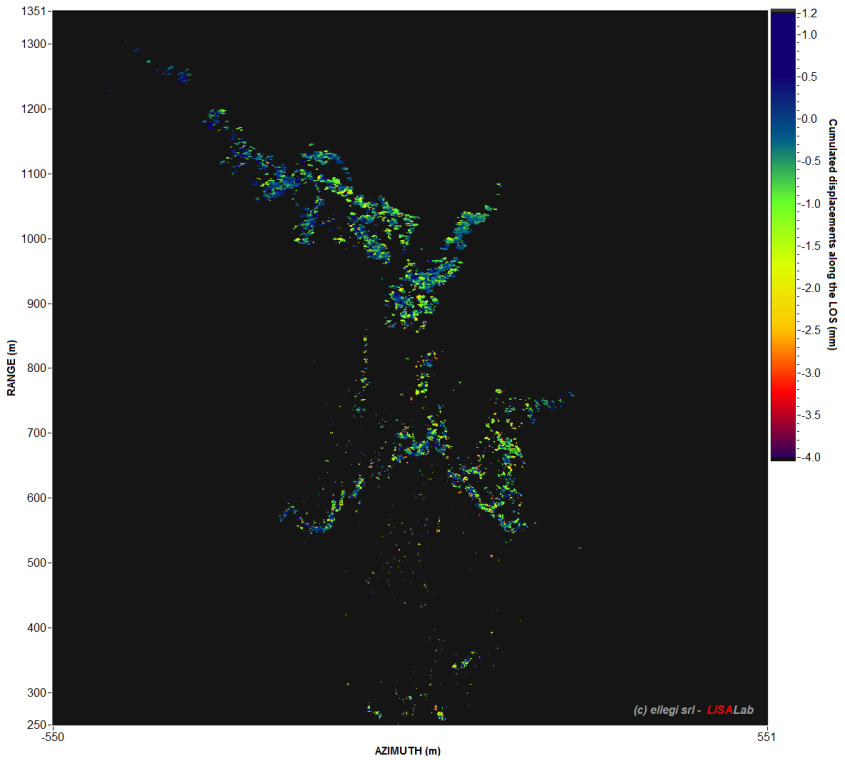
Figur 11: Figuren viser akkumulert bevegelse på Indre Nordnes frå 24.05-02.06 2014.



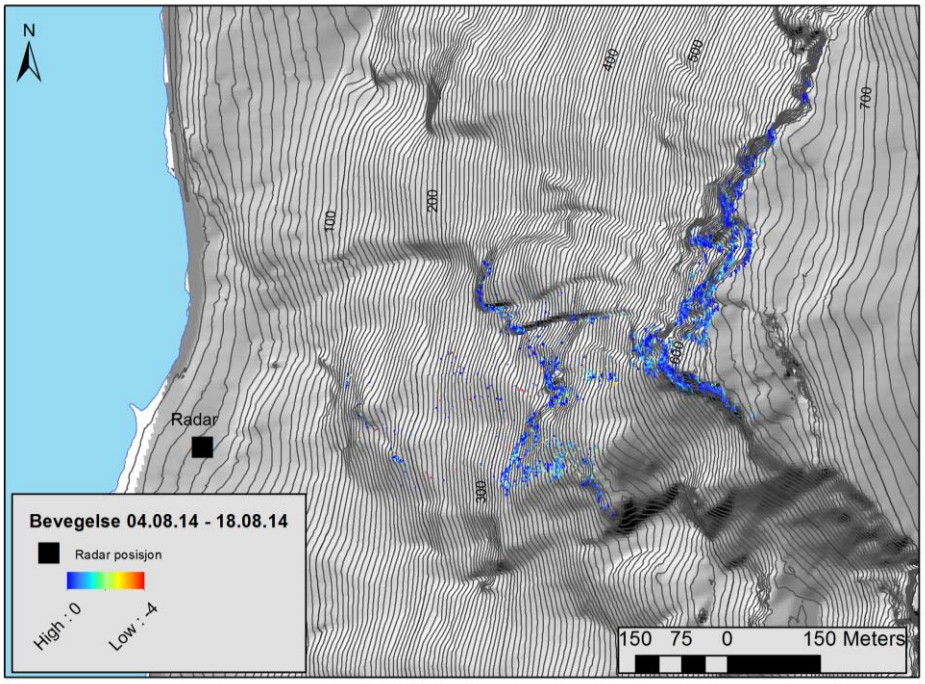
Figur 12: Bevegelse registrert under målingar ved Indre Nordnes mellom 24. mai og 02. juni 2014 lagt opp på ein høgdemodell.

4.2.2 Måleserien mellom 4. august og 18. august 2014

Den akkumulerte bevegelsen mellom 4. august og 18. august kan sjåast i Figur 13 og er georeferert i Figur 14. Bevegelsen var i underkant av 1 mm også i denne måleperioden.



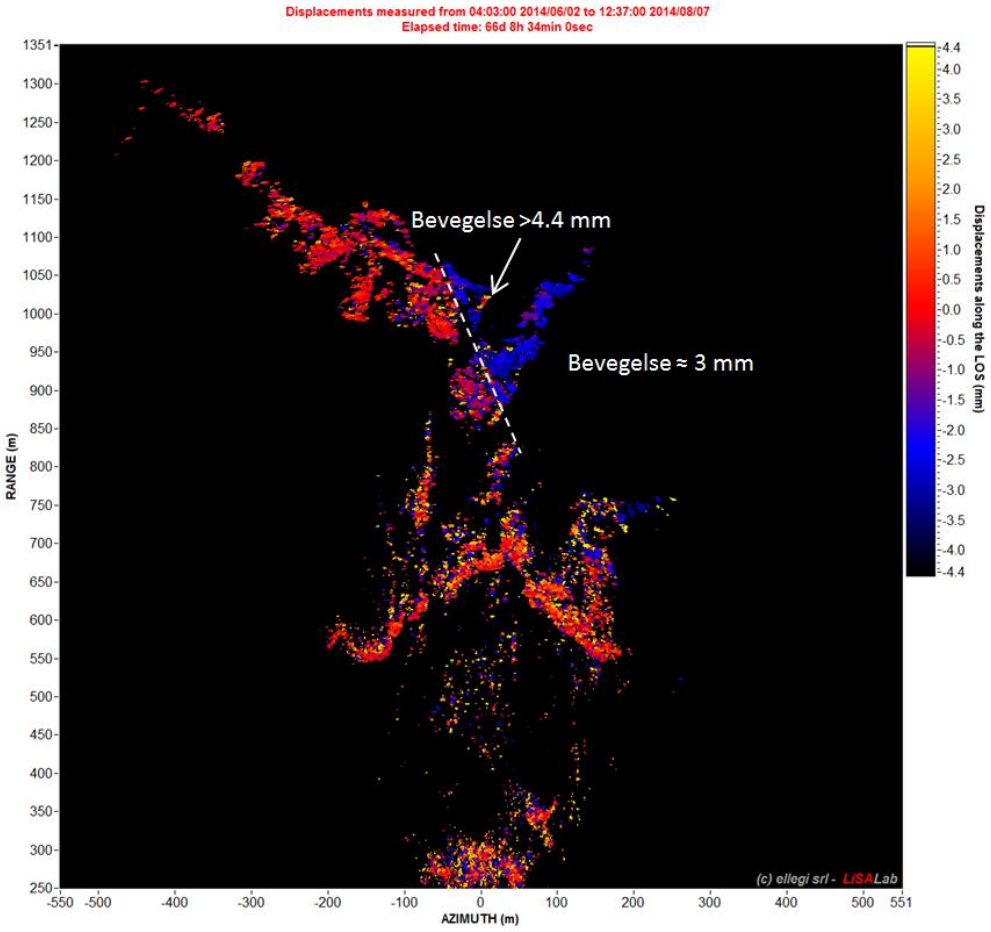
Figur 13: Akkumulert bevegelse ved indre Nordnes mellom 4. august og 8. august 2014



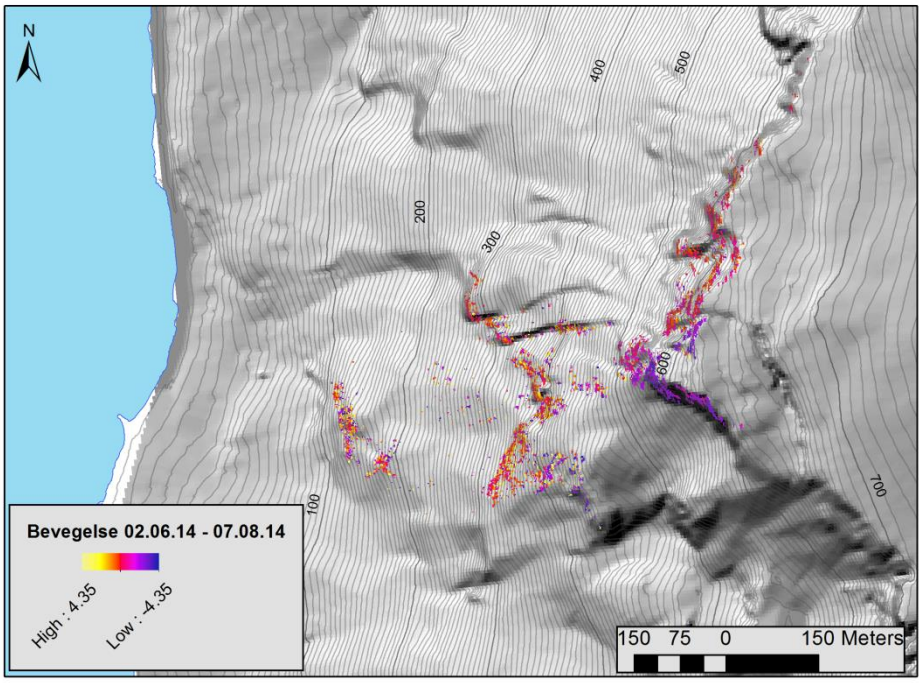
Figur 14: Georeferert akkumulert bevegelse ved indre Nordnes mellom 4. august og 18. august 2014.

4.2.3 Samanlikning mellom periodane og tidlegare år

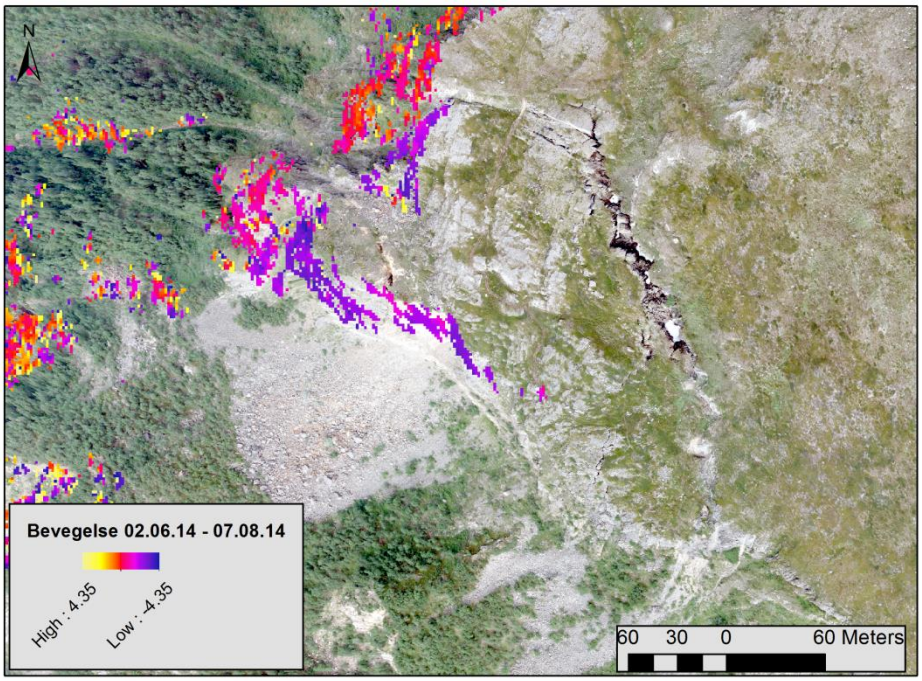
Interferogram som samanliknar bevegelsar mellom måleperiodane i 2014 kan sjåast i Figur 15 og georeferert i Figur 16. Dette viser at det har vore bevegelsar på om lag 3 mm i eit tydeleg avgrensa område. Eit lite parti, blokka som viste mest bevegelse i første måleperiode, har fått fasehopp og bevegelsen har dermed vore større enn 4,4 mm. I Figur 16 og Figur 17 er bevegelsane georefererte, og bevegelsen er avgrensa ved ei forkastning som utgjer den eine sida i bakveggen. Bevegelsen er ganske lik i heile dette partiet og indikerer at området beveger seg som ei eining.



Figur 15: Interferogram som viser forflytting i perioden mellom måleperiodane.



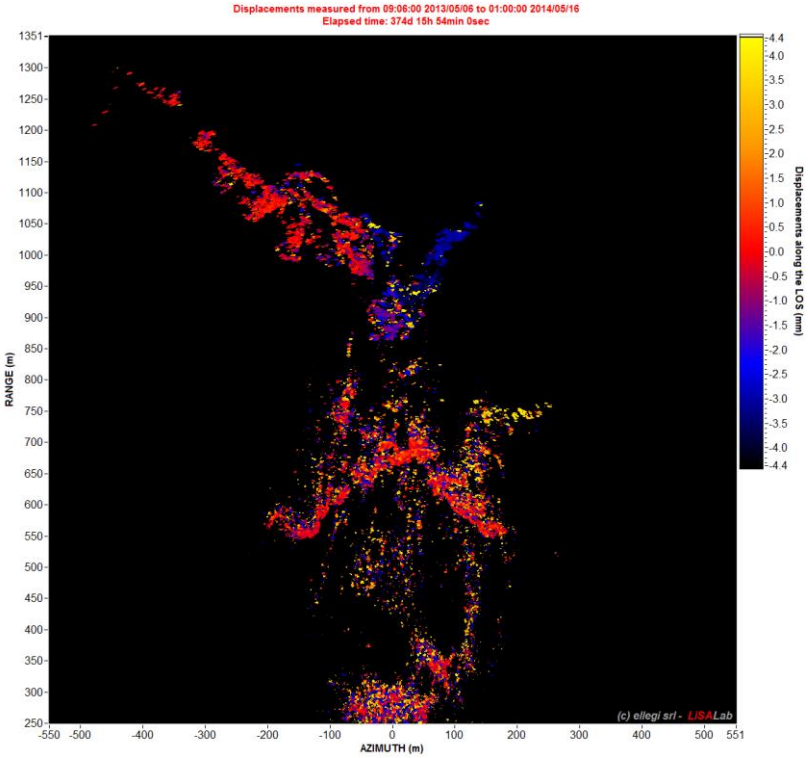
Figur 16: Bevegelse mellom 02.06.14 og 18.08.14 georeferert



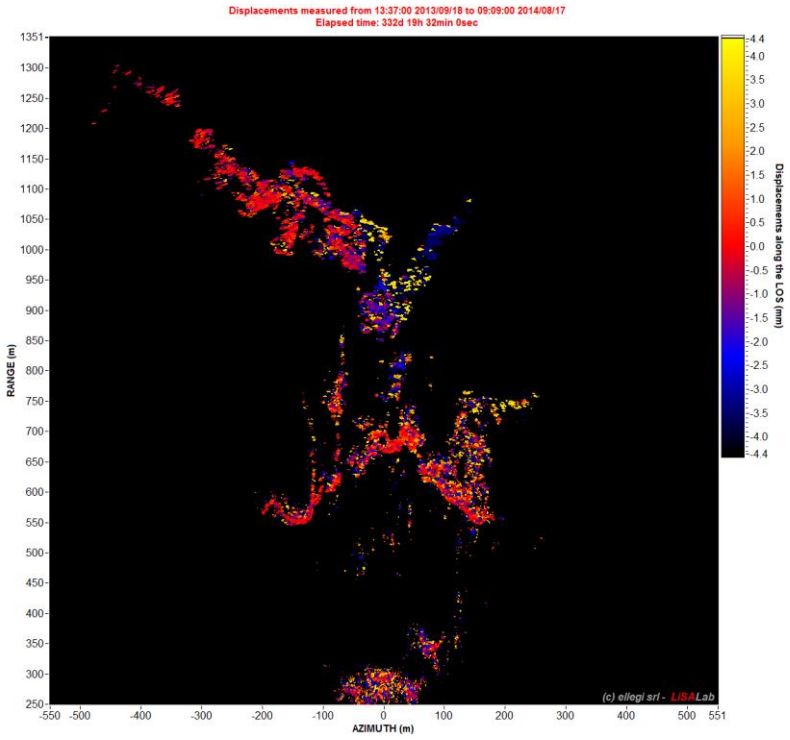
Figur 17: Bilete som viser den skarpe overgangen mellom område i bevegelse og fast fjell.

Samanlikningar mellom målingar frå ulike år er gjort og Figur 18 viser endring frå vår 2013 til vår 2014 og Figur 19 viser endring mellom haust 2013 og haust 2014. Det er det same område som viser bevegelse. Samanlikninga mellom målingane på våren viser bevegelsar på omlag 4 mm. I samanlikninga mellom målingane på hausten er det fasehopp for sentrale delar av område, så bevegelsen har vore i overkant av 4,4 mm.

Sidan det er meir bevegelse i haustsamanlikninga har det vore meir bevegelse sommarsesongen 2014 enn sommarsesongen 2013. Den store bevegelsen som var observert i 2011, der område bevega seg mellom 3 mm og 24 mm på to veker (Kristensen, 2012), er ikkje observert i 2014.



Figur 18: Samanlikning mellom 06.05.13 og 16.05.14.



Figur 19: Samanlikning mellom 18.09.13 og 17.08.14.

Det er fleire permanente overvakingsinstrument i område. Radaren dekker i hovudsak bratte skrentar og GPSar står på område ovanfor. I perioden radarkampanjen har pågått er det registrert bevegelse i hovudsak mot SSV og SV. På platået er det sørlige delar som har størst bevegelse på mellom 2 mm og 4mm, medan dei nordlege delane viser bevegelsar under 0,5 mm mot VNV. Mest horisontal bevegelse er det på GPSen som står lengst ned i ura og på dei nedste GPSane er det registrert heving i perioden. Ingen av GPSane står direkte på området dekka av radaren, men det er ikkje store avvik i samanlikning av bevegelse frå GPSane og radaren om området blir sett som heilskap.

5 Konklusjon

Radarmålingane sommaren 2014 har påvist bevegelsar både på Jettan og indre Nordnes.

På Jettan er bevegelsane oppimot 9 mm for område som beveger seg mest, men større delar beveger seg med storleik på 1-5 mm under måleperioden. Denne bevegelsen er også målt på Jettankallen. Målingane samsvarar godt med resultat frå permanente overvakingsinstrument. Radarmålingane har god kvalitet og viser godt bevegelsar i større områder, men det er vurdert at det ikkje er naudsynt med årlege kampanjar for å oppretthalde kvaliteten av overvakinga.

På indre Nordnes er det ikkje registrert store bevegelsar i dei to måleperiodane, men bevegelsen kjem tydeleg fram med samanlikning mellom periodane. Bevegelsane skjer i eit tydeleg avgrensa område som samsvarar med strukturar. Desse er om lag 3 mm i måleperioden. Frå hausten 2013 til hausten 2014 er bevegelsen i overkant av 4,4 mm.

6 Referansar

Blikra, L. H., & Bunkholt, H. S. S. (2012). Tunnel gjennom Nordnesfjellet i Kåfjord, Troms: Oversikt over nærliggende ustabile fjellparti og påvirkning på stabilitet. *Åknes rapport, 02 2012*.

Kristensen, L. (2012). Radarkartlegging av bevegelse på Jettan og Indre Nordnes, 2011 *Åknes-rapport 04.2012*.

Kristensen, L. (2013a). Bakkebasert InSAR målinger for kartlegging av bevegelse på Jettan og Indre Nordnes, 2013: Åknes/Tafjord beredskap IKS.

Kristensen, L. (2013b). Bakkebasert InSAR målinger til kartlegging av bevegelse på Jettan og Indre Nordnes, 2012 *Åknes rapport 03.2013*.

Skrede, I. (2013). *Jettan, Nordnesfjellet, Kåfjord, Troms–indre geometri og struktur, kinematikk og styrande faktorar av eit ustabilt fjellparti, basert på strukturellanalyse, geomorfologi og overvakingsdata.* Universitet i Tromsø.

Zwaan, K. B. (Cartographer). (1988). Nordreisa, Bergrunnskart 1:250 000.

Zwaan, K. B. (Cartographer). (2006). Kåfjord 1634 II - Bergrunnskart M 1:50 000.

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no