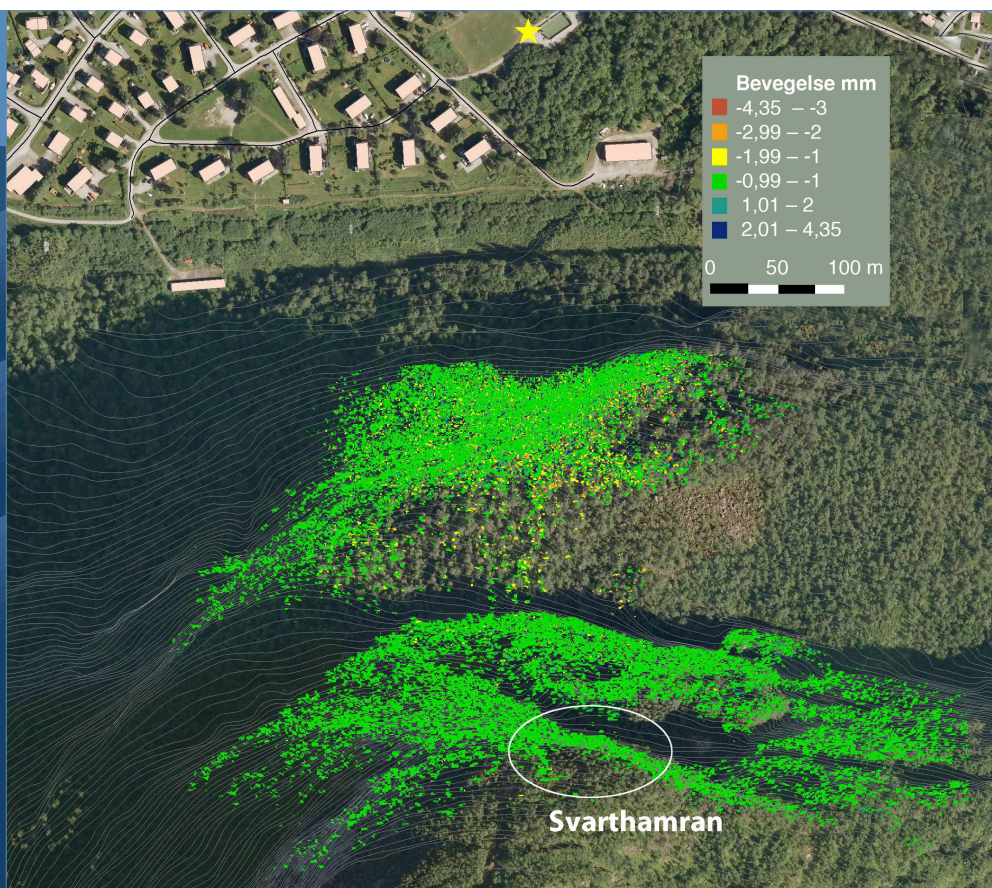




Naturfareprosjektet: Delprosjekt 4  
Overvåking og varsling

# Overvåking ved akutte skredhendelser

31  
2013



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

Naturfareprosjektet: Delprosjekt 4 - Overvåking og varsling

# Overvåking ved akutte skredhendelser

Rapport fra øvelse på Sunndalsøra med ÅTB og NGU

## **Rapport 31. /2013**

Overvåking ved akutte skredhendelser – Rapport fra øvelse på Sunndalsøra med ÅTB og NGU

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat i et samarbeid med Statens vegvesen og Jernbaneverket

**Utarbeidet av:** Åknes/Tafjord Beredskap IKT og Norges geologiske undersøkelse

**Forfatter:** Lene Kristensen, Thierry Oppikofer, Tore Bergeng

**Dato:** April 2013

**Opplag:** P.O.D.

**ISBN:** 978-82-410-0899-3

**Sammendrag:** Statens vegvesen (SVV), Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Jernbaneverket (JBV) har, gjennom etatssatsningsprosjektet Naturfare - Infrastruktur, Flom og Skred (NIFS) et delprosjekt (DP4) som omhandler overvåking og varsling av naturfarer. Høsten 2012 vart det utført en øvelse på Sunndalsøra sammen med Åknes/Tafjord Beredskap IKS (ÅTB) og Norges geologiske undersøkelse (NGU).

Øvelsens mål var å teste nytten av bakkebasert InSAR (ÅTB) og bakkebasert laserskanning (NGU) ved en akutt steinspranghendelse. Rapporten beskriver hva som ble gjort i forbindelse med øvelsen og hvordan ÅTB og NGU tenker seg at bakkebasert InSAR og laserskanning kan benyttes ved skredhendelser for å dokumentere bevegelse/stabilitet i skredområdet. Rapporten konkluderer med at dette ville være nyttige data for å gjøre en best mulig geologisk analyse av stabilitetssituasjonen. Det kan da inngå i en vurdering om opprettholdelse/avvikling av veistengning, evakuering osv.

**Emneord:**

**Bakkebasert InSAR, Bakkebasert laserskanning, Steinsprang, Beredskap, Overvåking**

**Forord**

NIFS-prosjektet er et felles satsningsområde mellom Jernbaneverket, Norges vassdrags- og energidirektorat og Statens vegvesen.

Prosjektperioden er definert som 2012 – 2015. Planlagt budsjett på 42 millioner i perioden.

Stort fokus på intern kompetanse og faglig utvikling bidrar i tillegg med anslagsvis 30 årsverk fra etatene i samme periode. Prosjektet er allerede i leveransefasen, 7 delprosjekter er etablert, og opp i mot 100 medarbeidere i de tre etatene er involvert i større eller mindre grad.

# Overvåking ved akutte skredhendelser

- NIFS øvelse ved Svarthamran, Sunndalsøra med ÅTB og  
NGU i regi av Statens Vegvesen



## ÅKNES RAPPORT 02 2013

## Sammendrag

<i>Rapport nr.:</i>	Åknes 02.2013
<i>Tittel:</i>	Overvåking ved akutte skredhendelser - NIFS øvelse ved Svarthamran, Sunndalsøra, med ÅTB og NGU i regi av Statens Vegvesen
<i>Forfattere:</i>	Lene Kristensen, Thierry Oppikofer & Tore Bergeng
<i>Kontrollert av:</i>	Lars Harald Blikra
<i>Arbeid utført av</i>	Tore Bergeng, Åge Kjølås, Thierry Oppikofer, Lene Kristensen.
<i>Oppdragsgiver:</i>	Statens Vegvesen – NIFS prosjektet
<i>Fylke</i>	Møre og Romsdal
<i>Rapport dato</i>	25.01.2013
<i>Antall sider</i>	15

### **Sammendrag:**

Åknes/Tafjord Beredskap IKS (ÅTB) og Norges geologiske undersøkelse (NGU) gjennomførte den 16. november 2012 en øvelse på en tenkt akutt skredhendelse fra Svarthamran, Sunndalsøra. Øvelsen var en del av Naturfareprogrammet (NIFS) under delprogram 4 (Skredovervåking og –varsling), aktivitet 4.2 (Overvåke stabilitet/bevegelser). Delprogrammet ledes av Statens Vegvesen, SSV.

På øvelsen ble «løsneområdet» Svarthamran målt med bakkebasert InSAR (ÅTB) og bakkebasert laserskanning (NGU) og stabiliteten i løpet av dagen ble vurdert. Det ble ikke målt bevegelse.

Rapporten beskriver hva som ble gjort i forbindelse med øvelsen, og hvordan vi tenker oss at bakkebaserte InSAR og laserskanning kan benyttes i virkelige akutte skredhendelser for å dokumentere bevegelse/stabilitet i rasområdet. Dette vil være viktige data for å gjøre en best mulig geologisk analyse av stabilitetssituasjonen, og vil inngå i vurdering om opprettholdelse av veistengning, evakuering osv.



## Innhold

SAMMENDRAG .....	2
INNHold.....	3
INNLEDNING .....	3
METODIKK .....	4
RADAR INTERFEROMETRI .....	4
BAKKEBASERT LASERSKANNING .....	4
ØVELSESLOKALITETEN OG OPPSETT AV UTSTYR.....	5
PLASSERING AV RADAR .....	5
RADAR OPPSETT .....	6
OPPSETT FOR LASERSKANNING .....	8
RESULTAT.....	8
RADAR.....	8
PROJISERING PÅ KART - FBK DATA OG FLYBILDE .....	9
BAKKEBASERT LASERSKANNING .....	10
RADAR DATA PROJISERT PÅ PUNKTSKY.....	11
BRUK AV BAKKEBASERT INSAR I AKUTTHENDELSER .....	13
BRUK AV BAKKEBASERT LASERSKANNING VED AKUTTHENDELSE .....	14
KONKLUSJONER.....	14
REFERANSER.....	14

## Innledning

Naturfareprogrammet (NIFS) er et felles FoU-program for NVE, Statens Vegvesen og Jernbaneverket. ÅTB og NGU deltar i NIFS under delprogram 4 (Skredovervåking og –varsling), med en kontrakt knyttet til aktivitet 4.2 (Overvåke stabilitet/bevegelser).

Denne rapporten beskriver en øvelse med en tenkt akutt skredhendelse som er et større steinras fra Svarthamran over Sunndalsøra. Øvelsens formål er å hurtig måle fjellets stabilitet i etterkant av raset med bakkebasert InSAR (ÅTB) og laserskanning (NGU), og presentere resultatet på stedet. I etterkant er det tildels mulig å integrere de to datasettene.

ÅTB har stor kompetanse innenfor ulike overvåkningsløsninger, og har blant annet spesialisert seg på overvåking ved bruk av bakkebasert InSAR (radar) (F.eks. Kristensen: 2012a & b, 2013). Etter planen skal ÅTB bli et nasjonalt overvåkingssenter organisert i NVE og senteret kan i den forbindelse være en viktig aktør for NVE og Statens vegvesen ved oppfølging i akutte skredsituasjoner. I slike tilfeller er det kritisk at geofaglige vurderinger er basert på god kunnskap om det aktuelle skredområdet, spesielt informasjon om det fortsatt er bevegelse i rasområdet. Radar interferometri er en målemetode hvor to eller flere avstandsmålinger fra radaren til et objekt trekkes fra hverandre og hvor differensen viser eventuell bevegelse. Bakkebasert radar er svært anvendelig, da den kan måle små bevegelser i relativt store områder uten at personell må bevege seg i rasområdet.

NGU har stor erfaring med kartlegging og periodisk overvåking av ustabile fjellpartier, blant annet med bruk av bakkebasert laserskanning (LIDAR) (f.eks. Hermanns et al., 2012). NGU bruker bakkebasert laserskanning for å

danne høyoppløselige terrengmodeller av ustabile fjellpartier, tolke hovedstrukturer og oppdage bevegelser og andre aktivitetstegn som for eksempel steinsprang (f.eks Oppikofer et al., 2009, 2012).

## Metodikk

### Radar Interferometri

Radar interferometri er en målemetode hvor to avstandsmålinger fra radaren til et objekt trekkes fra hverandre og hvor differensen viser eventuell bevegelse (Ellegi srl, 2009). Ved interferometri brukes fasen på den elektromagnetiske bølgen til å beregne endring i avstand. Det betyr at bevegelsen kun kan differensieres i et intervall tilsvarende bølgelengden til signalet. Med de antennene og frekvensen (mikrobølger) som benyttes av ÅTB sine radarsystemer svarer dette til -4,4 til +4,4 mm. Dette betyr konkret at hvis et punkt beveger seg 5 mm frem, vil det se ut som om det har beveget seg 0,6 mm tilbake. Dersom et punkt beveger seg 8,8 mm frem kan ingen bevegelse ses. I praksis vil det imidlertid ofte være en sammenheng i bevegelsen til de omkringliggende punkter, og man kan ut fra dette estimere den absolutte bevegelse. Nøyaktigheten er typisk omkring 0,5 mm, men det kreves bevegelse i flere pixler før bevegelse kan identifiseres.

Det er mulig å anvende radarmålinger både fra satellitt og fra bakkebasert radar. En bakkebasert radar har store fordeler i bratte skråninger, som er vanskelige å se fra satellitt. Dessuten bestemmer man selv når det skal måles, og er ikke avhengig av når det finnes satellitt data. Men bakkebasert InSAR får man et radarbilde hvert 2-10 minutt, i motsetning til satellitt, hvor det typisk minst er noen uker imellom hvert bilde.

Det er mulig at å analysere data bilde for bilde, hvilket kan være bra om bevegelsen er stor. Ellers gjøres vanligvis en gjennomsnittsberegning av flere målinger – dette kan være 1 time, 1 døgn eller en uke alt etter hastighet og formål med målingen. Gjennomsnittsberegningen reduserer eventuell atmosfærisk støy i bildet og øker nøyaktighet. Ved akutthendelser vil gjennomsnittsberegningen bli gjort for en kortere periode (timer) enn ved eksempelvis periodiske stabilitetsmålinger (dager – 1 uke).

Åknes/Tafjord Beredskap anvender radarutstyr (LISAmobile K09) fra en italiensk leverandør, Ellegi Srl, som også gir teknisk støtte i bruk av utstyr og databehandling.

### Bakkebasert laserskanning

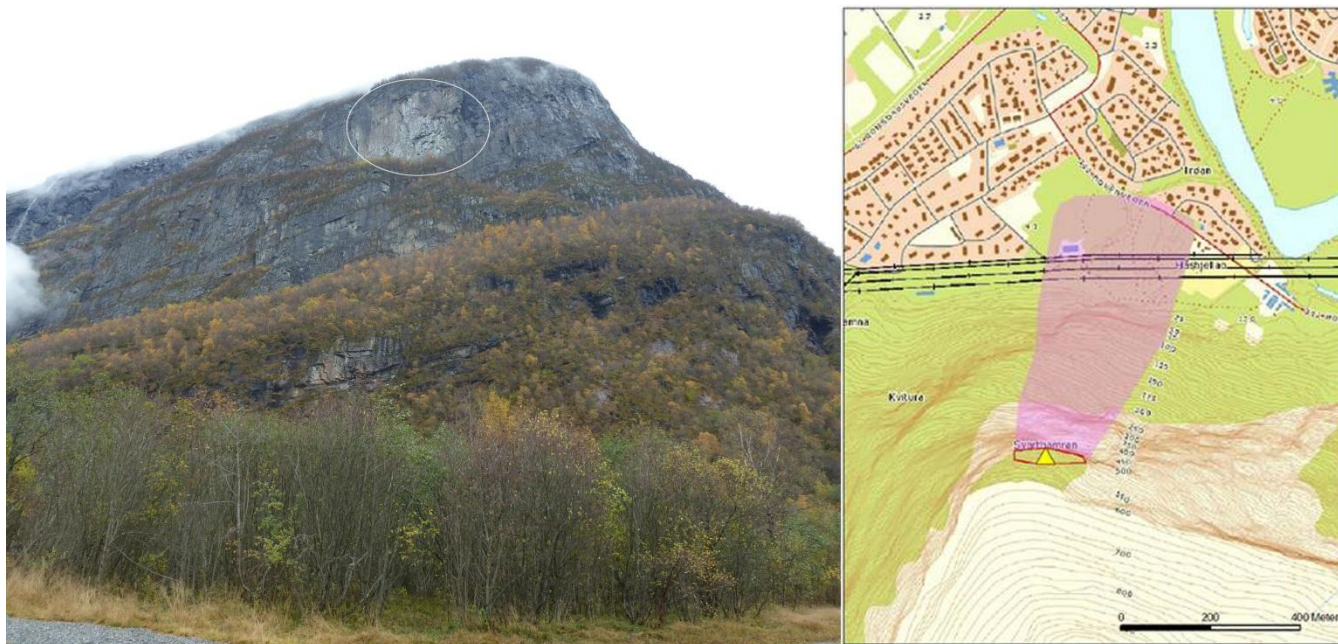
Bakkebasert laserskanning er en teknikk hvor laserpulser sendes ut mot et objekt (for eksempel en fjellside). Når laserpulsen reflekteres registreres gangtiden tur-retur for laserpulsen, og en punktsky som representerer topografien til det skannede objektet dannes. Instrumentet benyttet av NGU i dette feltarbeidet (Optech ILRIS-LR) har en rekkevidde på mellom 2000 og 3500 meter for fjellsider, avhengig av refleksiviteten til objektet. Den høydetaljerte punktskyen som dannes ved bakkebasert laserskanning kan videre benyttes i strukturelle analyser av fjellsiden, og som et verktøy for å måle forflytning mellom to målinger adskilt i tid.

Nøyaktigheten på målingene er i størrelsesorden 1 cm for direkte måling av enkeltpunkt. Når flere gjentatte målinger sammenlignes og prosesseres øker usikkerheten til opp mot 3 cm for enkeltpunkt. Denne kan så reduseres ved statistisk analyse av flere punkter, som for eksempel alle punkter på et ustabil fjellparti (flere hundretusen til millioner punkter).

Bakkebasert laserskanning er en meget allsidig teknikk som kan brukes til de fleste skredtyper og for mange ulike bevegelsehastigheter. Bevegelser fra cirka 1 cm til flere meter mellom to tidspunkter (intervall på timer til flere år) kan bli oppdaget og kvantifisert med bakkebasert laserskanning.

## Øvelseslokaliteten og oppsett av utstyr

Løsneområdet ble bestemt av Vegvesenet til Svarthamran i Sunndalsøra. Det er tidligere gått et steinskred fra lokaliteten (lysfarget område, Figur 1), og det er åpne sprekker i bakkant. Det er derfor vurdert at det kan gå et større steinskred fra lokaliteten som vil kunne nå bebyggelse i sørvestligste del av Sunndalsøra. Bilde samt forventet utløp fra et nytt skred kan ses på figur 1.



FIGUR 1 SVARTHAMRAN OVER SUNNDALSØRA, INNSIRKLET. DET ER ÅPNE SPREKKER BAK OG DET VURDERES FORTSATT Å KUNNE GÅ ET STØRRE SKRED FRA LOKALITETEN. TIL HØYRE SES MULIG UTLØPSSONE, MODELLERT AV NGI.

## Plassering av radar

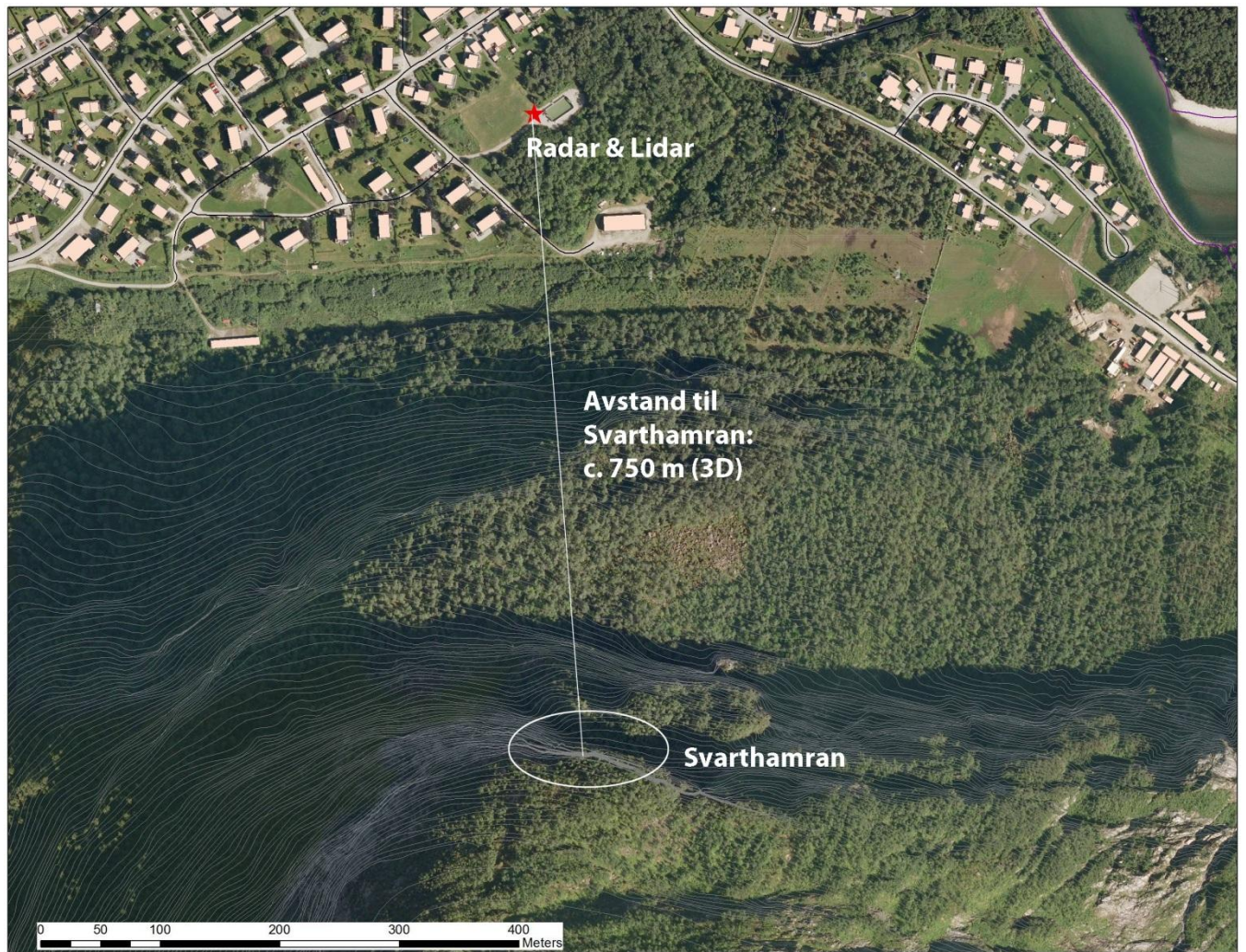
Det var en forutsetning for øvelsen å plassere radaren utenfor utløpsområdet på figur 1. Generelt er plasseringen en avveining av ulike hensyn:

- 1) God sikt til det ustabile fjellparti. Oppløsning blir bedre jo nærmere radaren står måleområdet.
- 2) Siktelinje eller «Line of Sight» (LOS) bør være nærmest mulig den forventede bevegelsesretning.
- 3) Praktiske hensyn (tilgang på tomt, strøm, bilvei lengst mulig frem).
- 4) Sikkerhet for personell og utstyr.

Hva angår punkt 2 (LOS), skyldes dette at radaren måler endringen i avstand mellom fjellet og seg selv. Hvis måleretningen avviker mye fra bevegelsesretningen vil målt endring i avstand være noe mindre enn den virkelige bevegelsen i fjellsiden. Er bevegelsen vinkelrett på radarens LOS, vil radaren ikke måle noen bevegelse. Ofte vil plasseringen være et kompromiss mellom de ulike hensyn.

Figur 2 viser den valgte lokaliteten for måling på Svarthamran. Den oppfyller på bra vis punkt 1, 2 & 3 i ovenstående liste, men er kanskje litt for nært på modellert utløpsområde til å oppfylle punkt 4.





FIGUR 2 MÅLELOKALITET VED FOTBALLBANE UNDER SVARTHAMRAN.

## Radar oppsett

Som en del av ÅTBs deltakelse i NIFS prosjektet ble det bygget en spesiell stålramme eller midlertidig fundament (Figur 3). Den har justerbare ben og kan vinkles så den kan stilles på svært skrånende eller ujevnt underlag, og kan vatres opp temmelig kjapt. Den er så tung at den må løftes med kran – dette kan være en fordel, da den står svært stabilt, men i tilfelle man ikke kan kjøre med lastebil frem til foretrukket målelokalitet, kan radaren monteres på vanlige treføtter.

Radaren kan orienteres og vinkles mot rasområdet på øyemål, men ofte kjører vi en kort testmåling for at se om orienteringen kan forbedres. For å projisere radar-dataene på kart må posisjon og retning koordinatfestes nøye. ÅTB pleier å gjøre dette ved måling av to posisjoner på skinnen med differensial GPS. Dette kan gjøres i forkant eller etterkant av måling med radaren, eller under en pause. På figur 3 er måling med DGPS i gang.





FIGUR 3 STÅLFUNDAMENT, SOM SKAL BRUKES TIL AKUTTMÅLINGER. POSISJON OG RETNING BLIR MÅLT MED DIFFERENSIAL GPS. LASERSKANNEREN (ORANSJE) STÅR PÅ TREFOT VED SIDEN AV RADAREN.

Radaren parametriseres i hovedsak etter avstand til området som skal måles. Parametre som er brukt på Svarthamran er vist i tabell 1.

**Parameter**

Sentral frekvens	17.2 GHz
Båndbredde	200 MHz
Lengde av syntetisk radar	3 m
Utgangseffekt	22 dBm
Gjentakelseshyppighet	9 min
Antenne høyde	+33°
Prosesseringsregion range	250 – 850 m
Prosesseringsregion azimuth	-300 - 300

TABELL 1 RADAR PARAMETERE BRUKT PÅ SVARTHAMRAN.

Montering og oppsett gikk uten problemer, men i en akuttsituasjon må det kanskje beregnes litt ekstra tid til befaring for å finne egnet oppstillingsplass til utstyr.

## Oppsett for laserskanning

NGU sin bakkebaserte laserskanner er enkel å sette opp. Instrumentet er batteridrevet, settes på et stativ, og orienteres mot fjellsiden på øyemål og med hjelp av et innebyggt kamera i skanneren (se instrumentet i bakgrunn av radaren i Figur 3). En Pocket PC brukes for å velge skanneområdet og oppløsningen av den innmålte punkttskyen. Oppløsningen er avhengig av distanse til måleområdet og formålet av undersøkelsen.

Georeferering av den innmålte punkttskyen gjøres ved hjelp av eksisterende høydemodell eller flere punkter med kjente koordinater. På Svarthamran har vi brukt en høyoppløselig terrengmodell fra flybasert laserskanning for georeferering.

Parametrene brukt på Svarthamran er vist i Tabell 2.

### Parameter

Distanse til fjellside	715 m
Oppløsning (i en avstand på 715 m)	10 cm
Antall punkter per skanning	Ca. 8.4 millioner
Skannvarighet	Ca. 25 min.
Skannretning	170°N (39° opp)

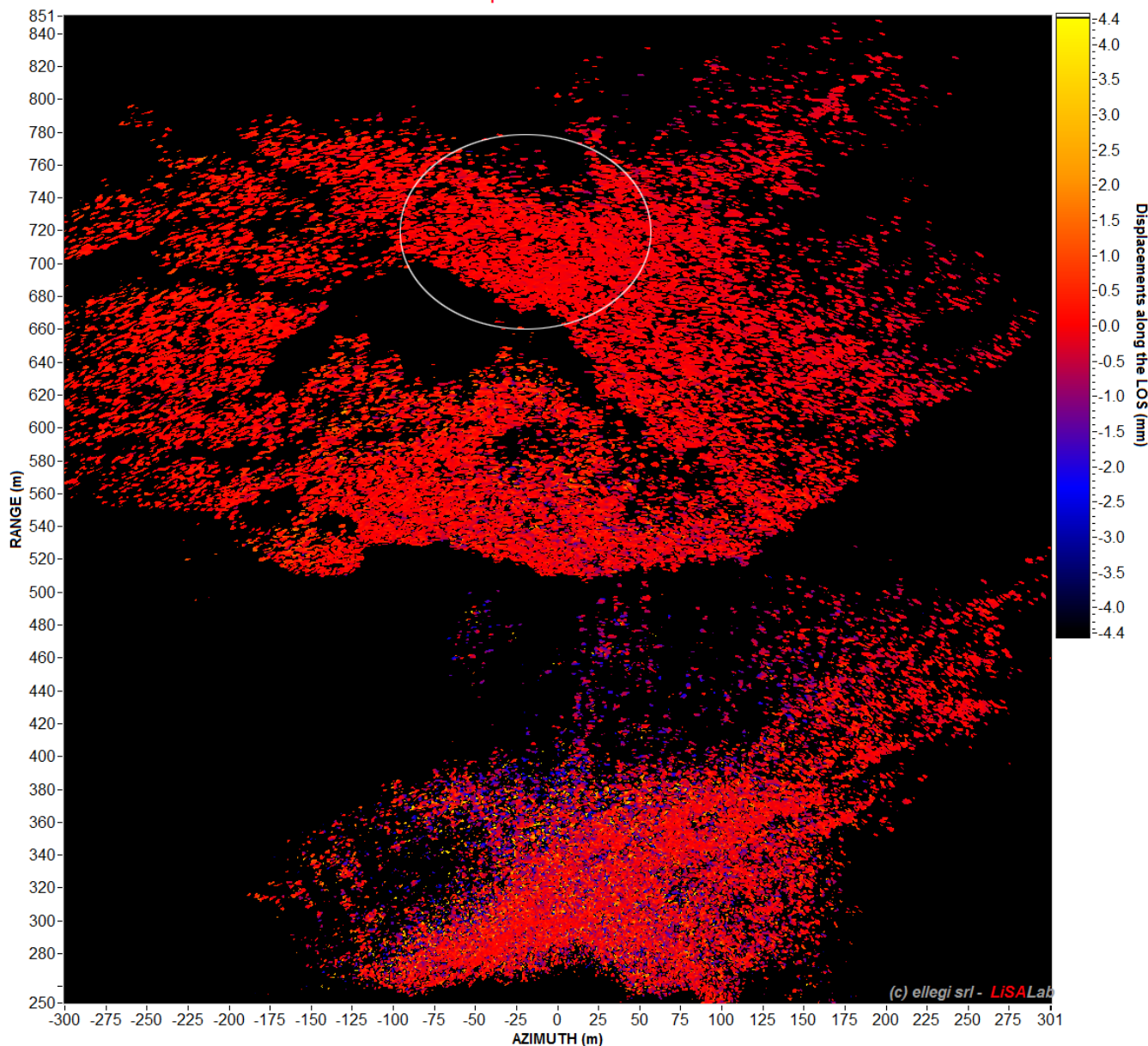
TABELL 2 PARAMETRENE SOM ER BRUKT FOR BAKKEBASERT LASERSKANNING PÅ SVARTHAMRAN.

## Resultat

### Radar

Det ble som forventet ikke konstatert bevegelse i de knappe 4 timer som ble målt under øvelsen (Figur 4). Under normale forhold (når det ikke er mye atmosfæriske forstyrrelser) vil en kunne levere første vurdering av bevegelse/stabilitet etter 2-3 timers måling. Presisjonen økes når måletiden økes. For å finne endring i avstand deles målingene inn i 2 grupper som prosesseres separat, og en kan da se på forskjell mellom disse.

Displacements measured from 10:24 2012/11/16 to 11:43 2012/11/16  
Elapsed time: 0d 1h 19min 0sec

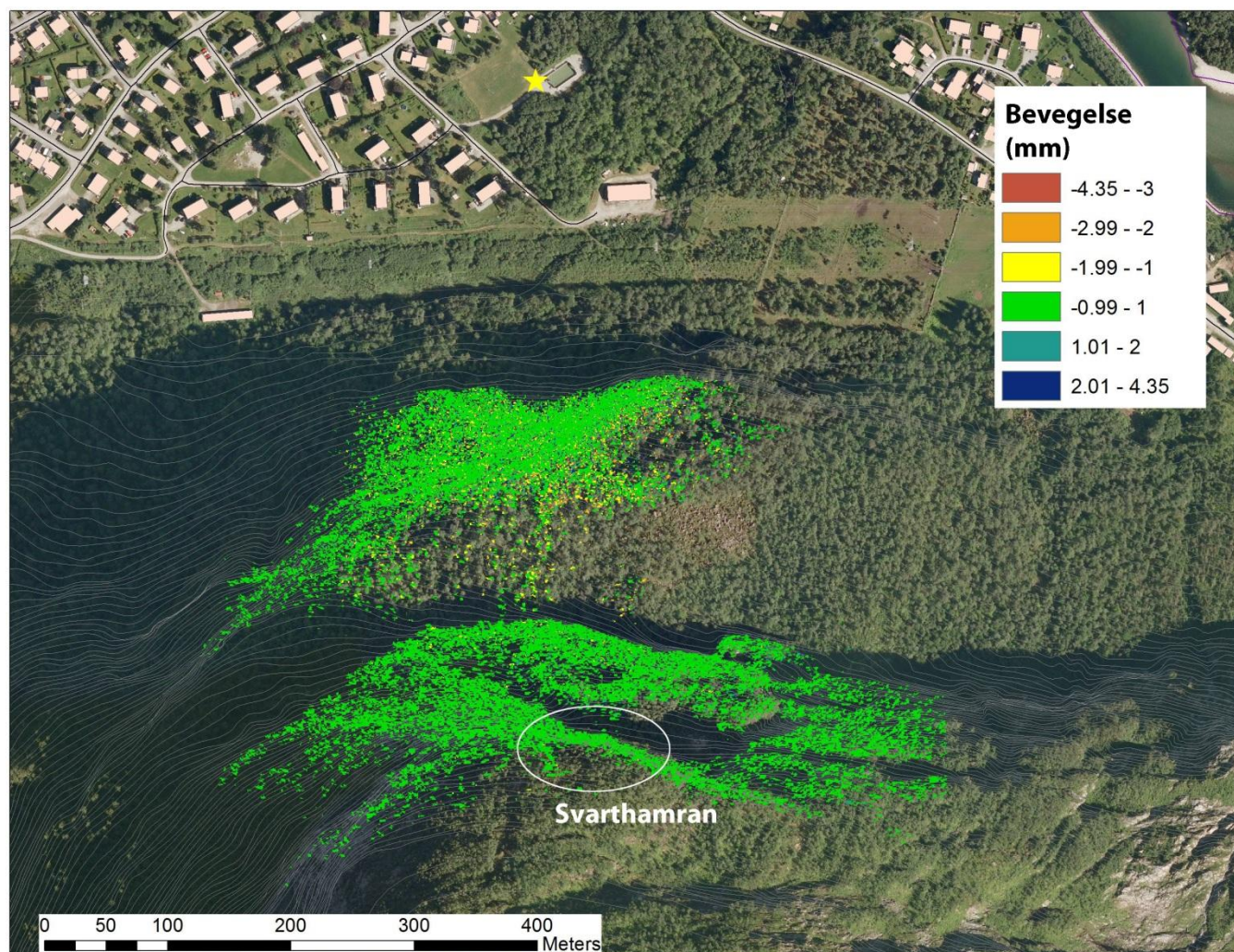


FIGUR 4 INTERFEROGRAM SOM VISER FORSKJELL I AVSTAND MELLOM FØRSTE OG ANDRE HALVDEL AV MÅLEPERIODE. DATA VISES I RADARENS KOORDINATSYSTEM, OG DET KAN KREVES LITT ERFARING FOR Å KUNNE GJENKJENNE LOKALITETENE PÅ RADARBILDET. RØDT INDIKERER STABILT FJELL, BLÅTT ER BEVEGELSE MOT RADAREN OG GUL ER BEVEGELSE BORT FRA RADAR (OPPOVER). DE BLÅLIGE FARGER I NEDRE DEL ER STØY SOM SKYLDSES SKOG. DET INNSIRKLEDE OMRÅDET VISER OMRÅDET SOM SKULLE MÅLES I PROSJEKTET

## Projisering på kart - FBK data og flybilde

Som tidligere beskrevet kan radar-dataene projiseres på kart når radarens posisjon måles inn nøyaktig. Vanligvis bruker vi FBK-høydedata og genererer en digital terrengmodell ut fra disse (ASCII grid). Deretter har vi programvare som kan transformere radarens koordinatsystem til UTM koordinater. Denne prosedyre fungerer vanligvis bra, og på figur 5 er radardata fra figur 4 projisert på kart.





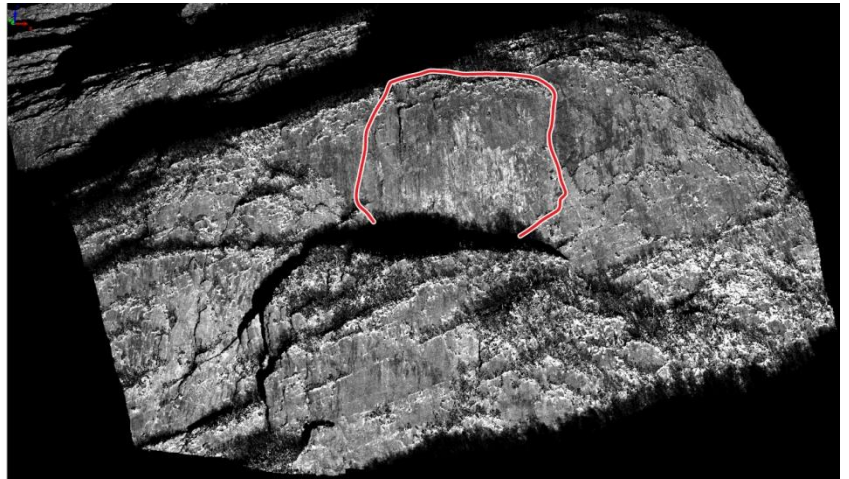
FIGUR 5 RADARDATA PROJISERT PÅ TERRENGMODELL. NÅR DETTE ER GJORT KAN DATA VISES I GIS, SOM I DETTE EKSEMPELET HVOR DATA ER VIST PÅ ORTOFOTO.

Metodens begrensning illustreres godt på figur 5. En nær loddrett fjellside som eksempelvis Svarthamran får en svært liten utstrekning på et vanlig kart. Dette medfører at radardataene også blir noe komprimert i de loddrette områdene. Svarthamran er mye mindre i utstrekning på figur 5 enn på figur 4 som er radarens koordinatsystem. Dermed kan detaljer lett overses i de mest interessante loddrette fjellssidene. Ofte kan tolkning være enklere om det brukes både rå interferogram og data prosjektert til kart. Prosjektering til kart krever internettilgang - både for å laste ned kommunevise kartfiler og for å ha tilgang til GIS. Alt kan eventuelt gjøres fra kontor i etterkant.

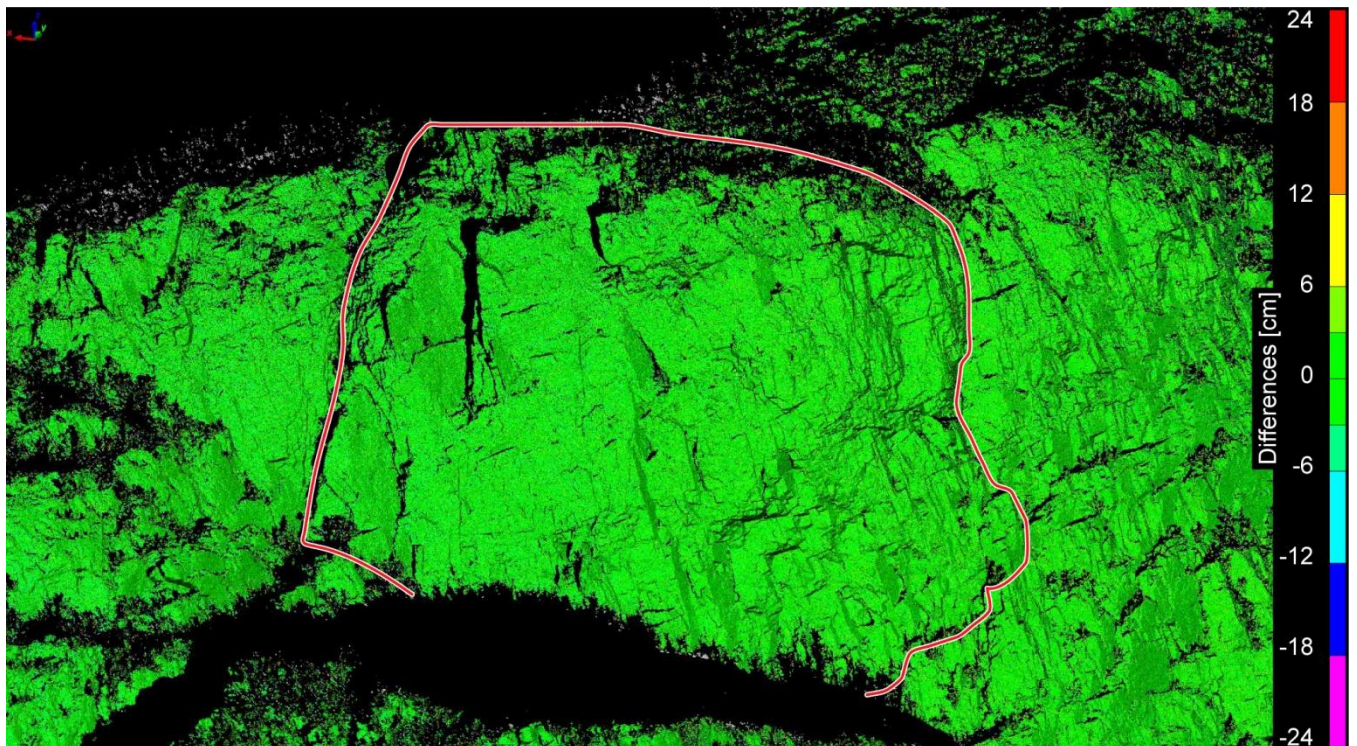
### Bakkebasert laserskanning

Hele fjellside rundt det ustabile fjellpartiet Svarthamran ble målt (Figur 6). Punktskyene fra bakkebasert laserskanning er av meget god kvalitet og er uten store forstyrrelser (atmosfærisk støy osv.). Sammenligning av begge laserskanningene (én fra formiddagen kl. 11 og én fra ettermiddagen kl. 15) er av god kvalitet og viser ingen signifikant bevegelse (Figur 7).





FIGUR 6 FOTO AV SVARTHAMRAN OG SKJERMBILDE FRA LASERSKANNERDATA. DEN RØDE FIRKANT PÅ BILDET VISER DET INNMÅLTE OMRÅDE OG DE RØDE LINJER VISER DET USTABILE FJELLPARTIET.

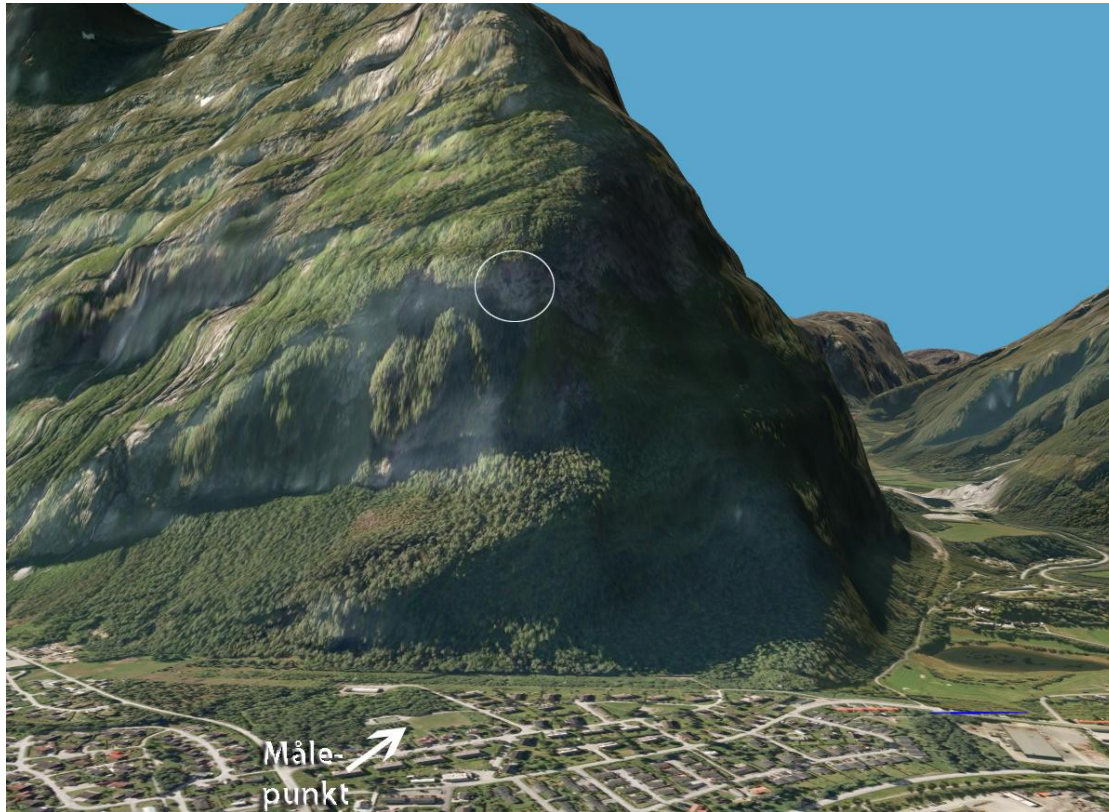


FIGUR 7 SAMMENLIGNING AV LASERSKANNERDATA FRA FORMIDDAGEN MED DATA FRA ETTERMIDDAGEN DEN 16. NOVEMBER 2012. FARGESKALAEN REPRERENTERER FORSKJELLEN MELLOM DE TO PUNKTSKYENE. POSITIVE VERDIER BETYR AT DATAPUNKTENE ER OVER ELLER FORAN REFERANSESKANNINGEN (FOR EKSEMPEL PGA. EN FORFLYTNING FREMOVER AV FJELLMASSENE). NEGATIVE VERDIER BETYR AT DATAPUNKTENE ER BAKENFOR ELLER UNDER REFERANSESKANNINGEN, OG KAN FOR EKSEMPEL TOLKES SOM EN VERTIKAL INNSYKNING AV MASSENE ELLER STEINSPRANGAKTIVITET. DET ER INGEN SIGNIFIKANT BEVEGELSE PÅ SVARTHAMRAN I OBSERVASJONSPERIODEN.

## Radardata projisert på punktsky

Som tidligere nevnt blir radardata komprimert når de plottes i kartplan i områder med svært bratt topografi. Det er på en vis samme (eller motsatt) effekt som på ortofoto, der data blir dradd ut i vertikale områder når de vises i 3D (Figur 8).

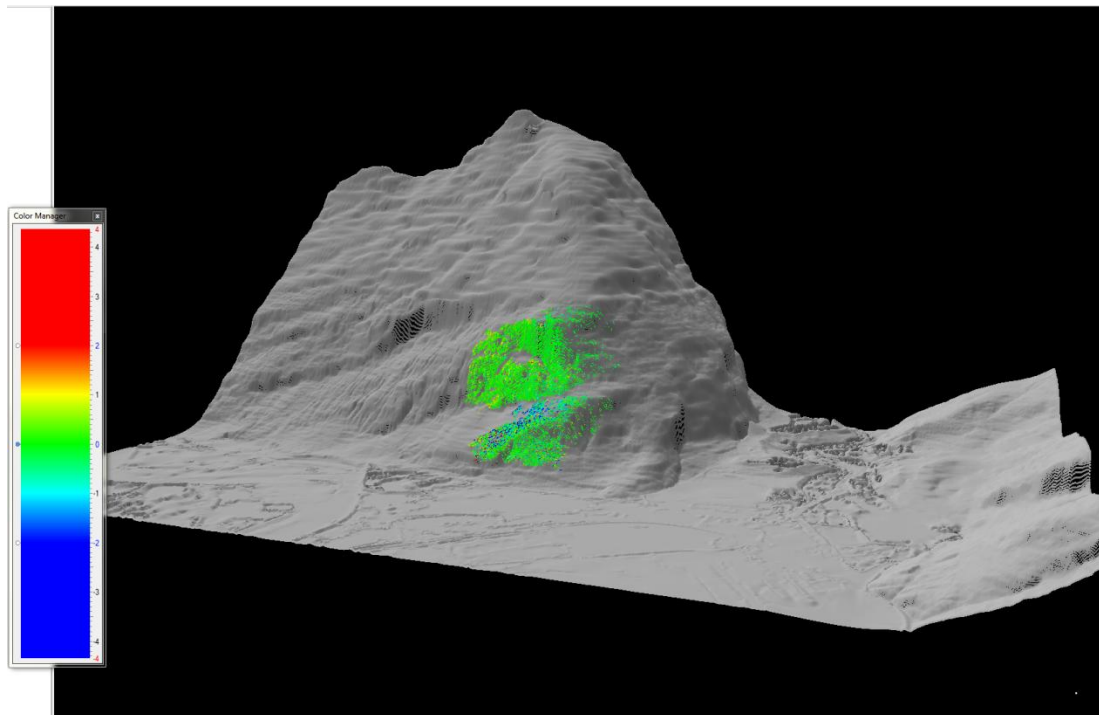




FIGUR 8 SVARTHAMRAN, PLOT FRA NORGEI3D.

For radardata blir geometrien noe bedre når data projekteres direkte på punktsky. ÅTB skal selv ha mulighet for å gjøre dette fra våren 2013. Foreløpig er dette gjort i samarbeid med Université de Lausanne, som forestår programutviklingen. Her integreres FKB-terrængdata (i dette tilfelle griddet til 2,5 m) med LIDAR punktskyen (i gjennomsnitt 0,12 m oppløsning). Det er nødvendig å inkludere FKB dataene, siden noen områder i fjellsiden ikke er synlige fra oppstillingspunktet til LIDAR og radar (figur 6).

Det er planen å kunne presentere InSAR dataene i 3D sammen med en strukturgeologisk tolkning av sprekkeplan, noe som vil gi et mer helhetlig bilde av bevegelsesmønstret. Denne funksjonaliteten er ennå ikke operativ.



FIGUR 9 IN SAR DATAENE VIST I 3D MED NY PROGRAMMODUL. HER VISES DATA PÅ EN 3D MODELL (2,5x2,5 M), SOM ER BASERT PÅ FKB-DATA.

## Bruk av bakkebasert InSAR i akutthendelser

Ved en akutthendelse vil ÅTB gjøre sitt beste for å stille med radar og annet utstyr hurtigst mulig, som beskrevet i tilbud. En akutt beredskap forutsetter imidlertid utrykning innenfor en kort tid, og dette vil kreve at vi kontinuerlig har personell og utstyr til rådighet. En slik operativitet har ikke ÅTB i dag, men vi har døgnkontinuerlig vaktordning for både geofaglig og teknisk personell i forbindelse med overvåkingen av Åknes, Hegguraksla og Mannen. Vakthavende er tilgjengelig på telefon og epost og vi kan derfor raskt gi svar på om vi har mulighet til å rykke ut ved en akutthendelse. Utrykningstid er avhengig av hvor aktuell personell og utstyr befinner seg, hvor lang tid som trengs til pakking av utstyr, samt kjøretid til rasområdet.

I tillegg til radar og mobilt fundament har ÅTB også en mobil strømforsyningsløsning (APS) som kan benyttes hvis det ikke er tilgang til strøm i nærheten av oppstillingsplass for radar. APS'en består av en batteribank som lades automatisk av en dieselgenerator, og den kan forsyne radaren med strøm i opptil flere måneder uten behov for etterfylling av drivstoff eller annet vedlikehold. ÅTB har også utstyr for å koble radar opp mot vårt interne nettverk ved hjelp av mobilt bredbånd. Dette gjør det mulig å laste ned data og å fjernstyre radaren. Man må ta høyde for at tilgang til mobilt bredbånd er veldig varierende utenfor tettbygde strøk. Hvis det ikke er bilvei til aktuell oppstillingsplass for radaren så har ÅTB laget spesialtilpassede transportkasser så radaren kan flys med helikopter. Fundament og APS er også bygd for å kunne transporteres med helikopter om nødvendig.

Fordelene ved bruk av radar er først og fremst at en kan måle store områder, at en ikke trenger å sende personell inn i skredområdet, og at utstyret kan settes opp på kort tid. I løpet av få timer vil vi kunne levere første vurdering av stabilitet, men i tilfeller med mye atmosfærisk forstyrrelse av signalet kan det ta litt lengre tid. Ved større hendelser vil målinger over flere dager gi noe bedre presisjon. Det er også sannsynlig at en eventuell fortsatt bevegelse i rasområdet er så liten at det kreves flere dages målinger for å kunne registrere eller utelukke bevegelse.

ÅTB har på nåværende tidspunkt ikke LIDAR til rådighet, og om data skal projiseres på punktsky er vi avhengige av at disse data leveres av annen part, for eksempel NGU.

## Bruk av bakkebasert laserskanning ved akutthendelse

Ved en akutt skredhendelse vil NGU prøve å stille med en av sine to bakkebaserte laserskannerne hurtigst mulig, men NGU har ingen vakt- eller beredskapsordning. I løpet av få timer etter start av skanningen vil vi kunne levere første vurdering av stabilitet, mulige bevegelser og også små steinsprang eller utglidninger i måleområdet. Som for radarmålingene vil resultatene bli bedre med målinger over lengre tidsperioder.

## Konklusjoner

Bakkebasert InSAR og bakkebasert laserskanning er ulike målemetoder, som kan brukes til fjernmåling av stabiliteten i etterkant av ras. Det er dessuten mulig å integrere målingene, slik at en kan vurdere bevegelse målt med radaren sammen med de geologiske strukturene målt med laserskanning. Denne funksjonaliteten er ikke helt klar enda.

Her viser vi resultatet av en øvelse den 16.11.2012 med Åknes/Tafjord Beredskap IKS (ÅTB) og Norges geologiske undersøkelse (NGU). Øvelsen var en tenkt akutt skredhendelse fra Svarthamran på Sunndalsøra og er en del av Naturfareprogrammet (NIFS) under delprogram 4 (Skredovervåking og –varsling), aktivitet 4.2 (Overvåke stabilitet/bevegelser), som ledes av Statens Vegvesen.

På øvelsen ble «løsneområdet» Svarthamran målt med bakkebasert InSAR (ÅTB) og bakkebasert laserskanning (NGU) og stabiliteten i løpet av dagen ble vurdert. Det ble ikke målt bevegelse i denne korte perioden. Rapporten beskriver hva som ble gjort i forbindelse med øvelsen, og hvordan vi tenker oss at bakkebasert InSAR og laserskanning kan benyttes i virkelige akutte skredhendelser for å dokumentere bevegelse/stabilitet i rasområdet. Dette kan være kritisk viktig informasjon so en del av de geologiske vurderingene, og vil kunne inngå ved avgjørelser om opprettholdelse av veistengning og evakuering osv. Øvelsen var vellykket og dokumenterte at oppsett, måling og presentasjon av resultater kan gjøres raskt og effektivt i en krisesituasjon.

## Referanser

Hermanns, R.L., Hansen, L., Sletten, K., Böhme, M., Bunkholt, H., Dehls, J.F., Eilertsen, R., Fischer, L., L'Heureux, J.-S., Høgaas, F., Nordahl, B., Oppikofer, T., Rubensdotter, L., Solberg, I.-L., Stalsberg K., Yugsi Molina, F.X. 2012. Systematic geological mapping for landslide understanding in the Norwegian context. In: Eberhardt, E., Froese, C., Turner, A.K., Leroueil, S. (eds.), Landslide and engineered slopes: Protecting society through improved understanding, Taylor & Francis Group, London. pp. 265-271.

Kristensen, L. 2012a. GB radar measurements at Joasete/Furekamben in Flåm, Sogn og Fjordane, 2012. Åknes rapport 06.2012.

Kristensen, L. 2012b. Ground based radar measurements at Gamanjunni 3 and Oksfjellet, Troms. Åknes rapport 09.2012.

Kristensen, L. 2013. Radarkartlegging av potensielle løsneområder for steinskred på rv. 70 Oppdølsstranda - Sluttrapport. Åknes rapport 01.2013.

Oppikofer, T., Bunkholt, H., Fischer, L., Saintot, A., Hermanns, R.L., Carrea, D., Longchamp, C., Derron, M.-H., Michoud, C., Jaboyedoff, M. 2012. Investigation and monitoring of rock slope instabilities in Norway by

terrestrial laser scanning. In: Eberhardt, E., Froese, C., Turner, A.K., Leroueil, S. (eds.), *Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding*, Taylor & Francis Group, London. pp. 1235-1241.

Oppikofer, T., Jaboyedoff, M., Blikra, L. H., Derron, M.-H. & Metzger, R. 2009. Characterization and monitoring of the Åknes rockslide using terrestrial laser scanning. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 1003-1019.



## Utgitt i Rapportserien i 2013

- Nr. 1 Roller i det nasjonale arbeidet med håndtering av naturfarer for tre samarbeidende direktorat
- Nr. 2 Norwegian Hydrological Reference Dataset for Climate Change Studies. Anne K. Fleig (Ed.)
- Nr. 3 Anlegging av regnbed. En billedkavalkade over 4 anlagte regnbed
- Nr. 4 Faresonekart skred Odda kommune
- Nr. 5 Faresonekart skred Årdal kommune
- Nr. 6 Sammenfatning av planlagte investeringer i sentral- og regionalnettet for perioden 2012-2021
- Nr. 7 Vandringshindere i Gaula, Namsen og Stjørdalselva
- Nr. 8 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. Ellen Skaansar (red.)
- Nr. 9 Energibruk i kontorbygg – trender og drivere
- Nr. 10 Flomsonekart Delprosjekt Levanger. Kjartan Orvedal, Julio Pereira
- Nr. 11 Årsrapport for tilsyn 2012
- Nr. 12 Report from field trip, Ethiopia. Preparation for ADCP testing (14-21.08.2012)
- Nr. 13 Vindkraft - produksjon i 2012
- Nr. 14 Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2013. Inger Sætrang
- Nr. 15 Klimatilpasning i energiforsyningen- status 2012. Hvor står vi nå?
- Nr. 16 Energy consumption 2012. Household energy consumption
- Nr. 17 Bioenergipotensialet i industrielt avfall
- Nr. 18 Utvikling i nøkkeltall for strømnetselskapene
- Nr. 19 NVEs årsmelding
- Nr. 20 Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2012
- Nr. 21 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge
- Nr. 22 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Forebyggende kartlegging mot skred langs strandsonen i Norge Oppsummering av erfaring og anbefalinger
- Nr. 23 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG) – forundersøkelse
- Nr. 24 Flom og skred i Troms juli 2012. Inger Karin Engen, Graziella Devoli, Knut A. Hoseth, Lars-Evan Pettersson
- Nr. 25 Capacity Building in Hydrological Services. ADCP and Pressure Sensor Training Ministry of Water and Energy, Ethiopia 20th – 28th February 2013
- Nr. 26 Naturfareprosjektet: Delprosjekt Kvikkleire. Vurdering av kartleggingsgrunnet for kvikkleire i strandsonen
- Nr. 27 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. Ellen Skaansar (red.)
- Nr. 28 Flomberegninger for Fedaelva, Kvinesdal kommune, Vest-Agder (025.3A1) Per Alve Glad
- Nr. 29 Beregning av energitilsig basert på HBV-modeller. Erik Holmquist
- Nr. 30 Flåm - Stampa norsk oppsummering. Lars Harald Blikra
- Nr. 31 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 4 Overvåking og varsling Overvåking ved akutte skredhendelser



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstuen  
0301 Oslo

Telefon: 09575  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

