

Til: NVE
v/ Aart Verhage
Kopi til: Odd Are Jensen, Styringsgruppe SP 4
Dato: 2019-05-29
Rev.nr. / Rev.dato: 2 / 2019-05-29
Dokumentnr.: 20170131-13-TN
Prosjekt: SP4 FoU Snøskred
Prosjektleder: Dieter Issler
Utarbeidet av: Frode Sandersen
Kontrollert av: Henrik Langeland, Dieter Issler

Snøskredulykke i Tamokdalen 2019-01-02 / Snow Avalanche Accident in the Tamok Valley, 2019-01-02

Innhold / Content

English summary	2
1 Innledning	3
2 Vær- og snøforhold	4
2.1 Værforhold	4
2.2 Snøstabilitet	6
3 Beskrivelse av hendelsen og modellering av skredet	7
3.1 Utbredelse og rekkevidde av skred	11
4 Vurdering av stabilitet til snødekket etter ulykken	14
5 Referanser	15

Kontroll- og referanseside

English summary

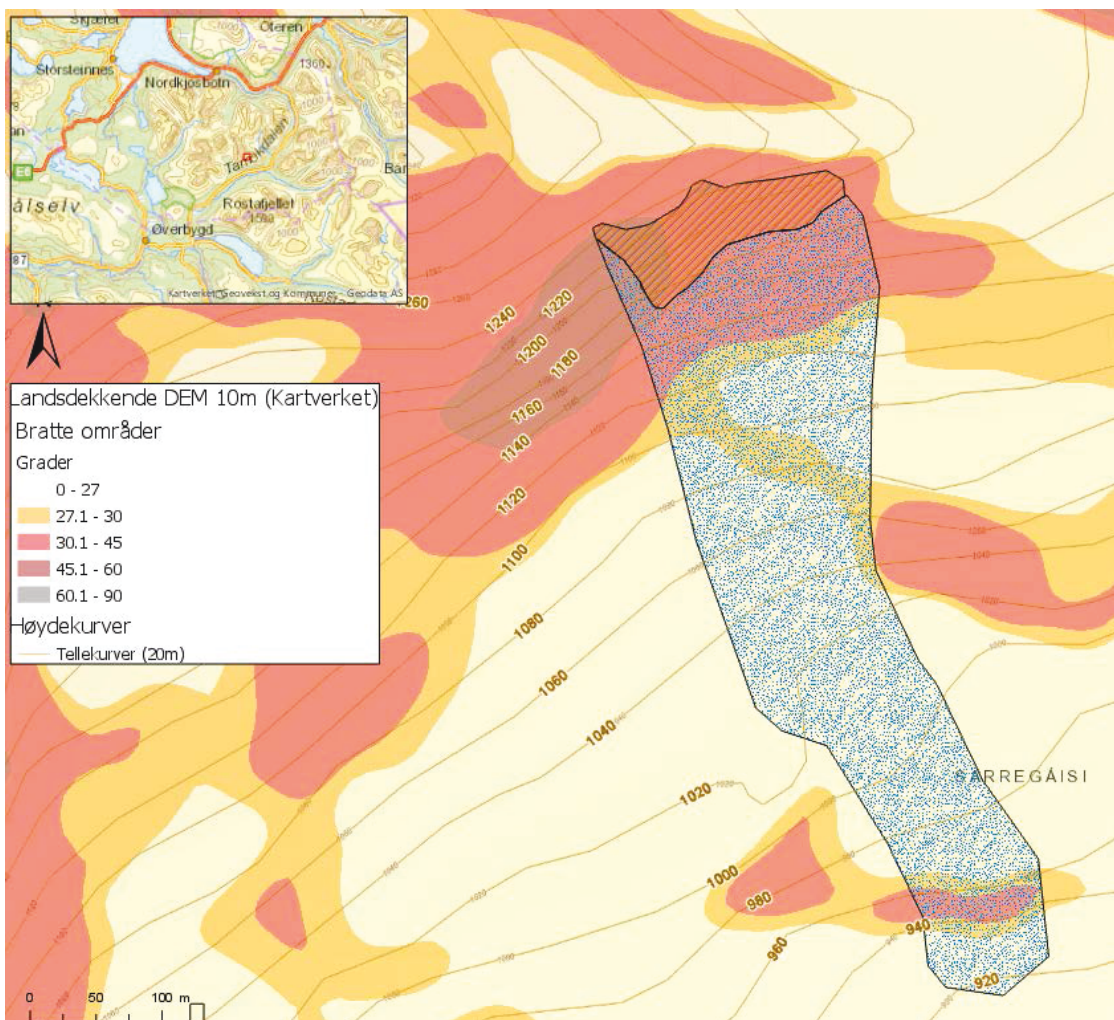
This report describes snow technical factors from the avalanche accident that took place on 2 January 2019 and in which four people died during randonnée skiing in Tamokdalen in Troms County. Three Finnish and one Swede released an avalanche in 40° steep terrain and were swept by the avalanche over a distance of 570 m. The line of sight from the fracture crown to the distal reach of the avalanche is about 25°. Based on GPS tracking, the velocity of the avalanche reached 20 m/s.

The four skiers were completely buried, and no one witnessed the accident. They were reported missing only several hours later. Due to bad weather conditions, the recovery of the bodies by a ground crew could not start until two weeks after the accident.

The avalanche bulletin published by NVE reported hazard level 3 – considerable for this area on the day of the accident. The avalanche was most likely released by the extra weight from the four skiers that were localized close to each other. A persistent weak layer had been observed in the area the preceding days.

1 Innledning

Fire utenlandske skiturister var på topptur i Tamokdalen 2. januar 2019. De skulle bestige Blåbærtinden (1442 m o.h.) fra Tamokdalen. På vei opp utløste de et snøskred kl. 13.50 og ble ført ca. 400 m nedover fjellsida og ble fullstendig begravd. Senere samme ettermiddag ble de meldt savnet og det ble igangsatt helikoptersøk ettersom situasjonen ble vurdert for farlig til å gå inn med bakkemannskaper. Utfordrende vær- og snøforhold førte til at det tok lang tid før søket etter de savnede kunne igangsettes, og tre ble funnet omkommet først to uker etter skredhendelsen. Den fjerde personen er ennå ikke funnet (pr. 21. mai 2019). Kartoversikt er gitt i Figur 1.



Figur 1. Antatt utbredelse av ulyknesskredet. Skravert oransje område antatt utløsningsområde og blå skravur angir utløpsområde.

Approximate perimeter of the fatal avalanche. The hatched orange area indicates the release area, the blue shaded area, the perimeter of the avalanche deposits.

NGI ved Henrik Langeland og Frode Sandersen bisto Politiet for å vurdere sikkerheten for redningsarbeidet. Det tekniske notatet har som fokus å beskrive skredfaglige faktorer

og er skrevet med tilskudd fra OED til programmet "Snøskredforskning 2017–2019" administrert av NVE.

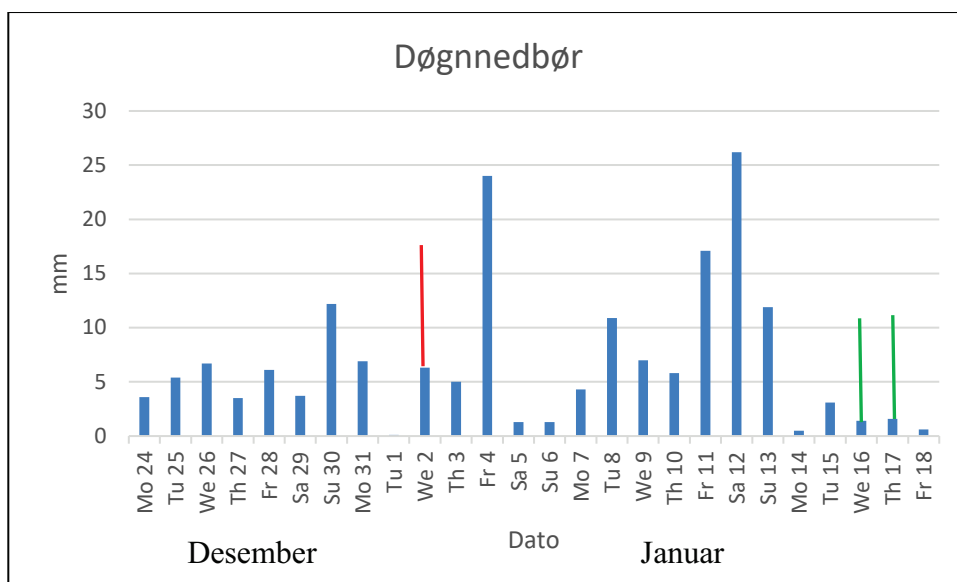
NVE har bistått med kommentarer til notatet på bakgrunn av deres involvering i ulykken, særlig med observasjoner av snødekket både før og etter ulykken.

2 Vær- og snøforhold

2.1 Værforhold

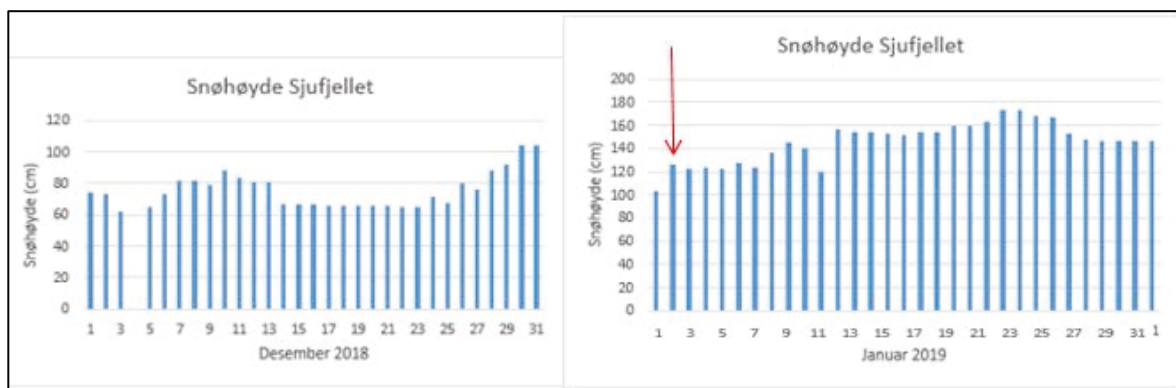
Værforholdene rundt skredulykken er vist i Figur 2 til Figur 5, der ulykkesdag og funddager for omkomne er markert med henholdsvis rød og grønne streker.

Desember var relativt nedbørfattig med stort sett lave temperaturer og gode betingelser for oppbyggende omvandling. Rundt juletider uka før ulykken ble det også gjort observasjoner av overflaterim i regionen [1] og i naboregioner [2]. Siste uka av desember 2018 kom det 20–30 cm nysnø, med ytterligere 10–20 cm nysnø 1. og 2. januar 2019. Maksimumstemperaturen nede i dalen vippet rundt 0°C den siste uka før skredet, mens det oppe ved ulykkesområdet antageligvis har vært kuldegrader hele tiden.



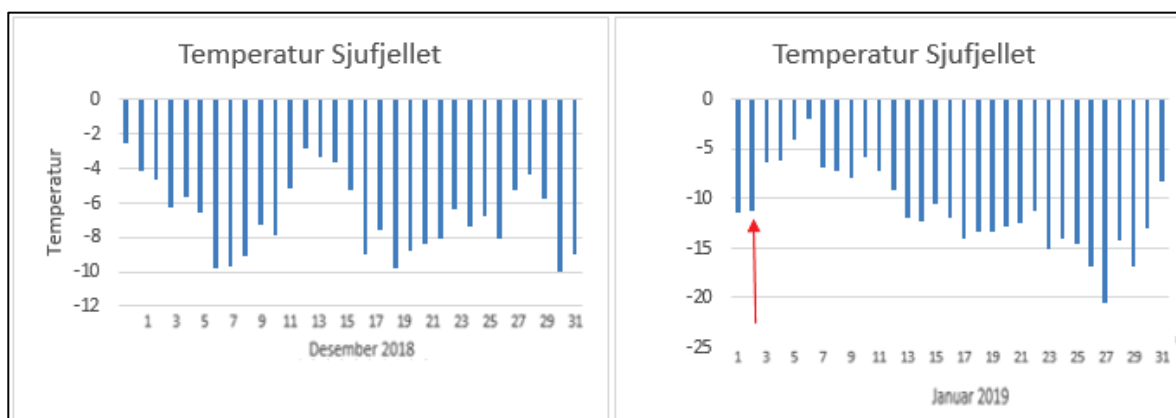
Figur 2. Nedbør siste 24 timer observert kl. 08.00 på stasjonen Tamokdalen (89980). Rød strek angir ulykkesdag. Grønne streker angir da tre av de omkomne ble funnet.

Daily precipitation values observed 08.00 hr for the Tamok Valley. The red line indicates the day of the accident, the green ones the dates when three of the victims were found.



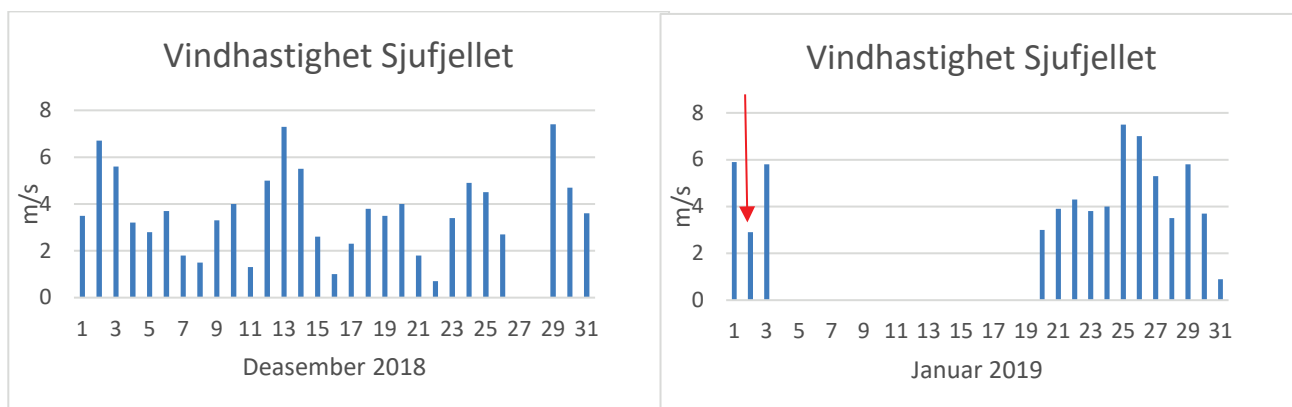
Figur 3. Snøhøyde på værstasjonen Sju fjellet (1020 moh) 4,2 km sørvest for Blåbærtinden. Rød strek angir ulykkesdag.

Snow height at Sju fjellet (1020 m a sl.). The red line indicates the day of the accident.



Figur 4. Temperatur Sju fjellet (1020 moh) 4,2 km sørvest for Blåbærtinden. Rød strek angir ulykkesdag.

Time series temperature Sju fjellet (1020 m a.sl.) 4,2 km southwest of Blåbærtinden. The red line indicates the day of the accident.



Figur 5. Vindobservasjoner ved værstasjonen Sjøfjellet. Rød strek angir ulykkesdag. Vindmåler ute av drift 4. - 19. januar.

Wind observations at Sjøfjellet. The red line marks the day of the accident. Wind measurements temporary unavailable from 4. – 19. January.

2.2 Snøstabilitet

Varsom.no sin vurdering av snødekket i varsel for 2. januar 2019 var at det fantes vedvarende svake lag i snødekket innenfor varslingsområdet Indre Troms der Tamokdalen ligger:

I løpet av de siste dagene har det kommet ca. 15–35 cm med snø i fjellet. Under 500 m o.h. ligger snøen oppå et tynt skarelag etter mildvær forrige fredag. Over tregrensa er snøen påvirket av vind fra varierende retning, stedvis er det dannet harde fokksnøflak. Etter en lengre periode med kulde før jul er det blitt dannet begynnende kantkornlag i snødekket, disse er observert både ved bakken og i midten av snødekket fra ca. 400 m o.h. og oppover.

Varsom.no varslet 2. januar Faregrad 3 – betydelig skredfare for varslingsregionen Indre Troms med to skredproblemer, hhv. et nedføyket svakt lag med nysnø [3] [4] og vedvarende svakt lag med kantkornet snø [4] [5]: Det ble også observert overflaterim ved juletider i forkant av ulykken i regionen.



Figur 6. Skredvarsler utgitt av Varsom.no. – Avalanche warning issued by Varsom.no.

Følgende beskrivelse av skredfaren fulgte med varselet 2. januar:

I helgen kom det et godt påfyll av snø i fjellet i kombinasjon med vind fra varierende retning, dette har dannet fokksnøflak i de fleste himmelretninger. I fjellet er det kaldt og det tar litt tid før disse fokksnøflakene stabiliserer seg. Tirsdag og onsdag kan det komme ytterligere 10-20 cm nysnø i kombinasjon med vind fra nord, det gir videre pålagring av snø i sørlige heng og det er i denne himmelretningen at vi nå forventer at det kan være lett å løse ut store skred. I de andre himmelretningene antas det at det trengs noe større tilleggsbelastning for å løse ut store skred. Vær oppmerksom på at det kan være kantkornlag til stede i snødekket over 400 moh, per nå er det noe usikkert hvor potente disse lagene er.

Følgende fjellvær ble utstedt 2. januar fra met.no:

*6 mm i døgnet, opp mot 12 mm i mest utsatt område.
Frisk bris fra nordvest, endring til bris fra sørvest om ettermiddagen.
-16 °C til -10 °C på 1100 m o.h.*

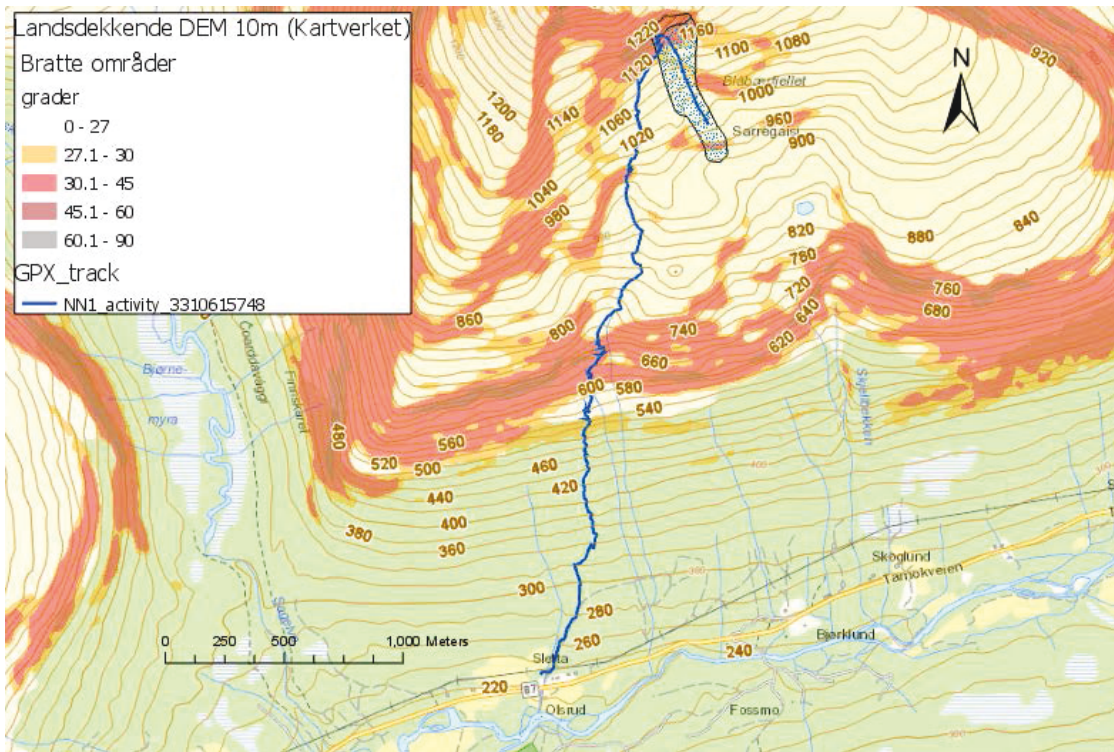
Ferdselsrådene i skredvarslet var at en skulle unngå ferdsel i både løsne- og utløpsområder for skred. I ferdselsrådet for dagen sto det:

«Unngå ferdsel i skredterreng (løsne og utløpsområder). Det er størst sjanse for å løse ut skred der snødekket er tynt, nær rygger og framstikkende steiner»

3 Beskrivelse av hendelsen og modellering av skredet

Et turfølge med fem personer startet en tur med randonnéutstyr om formiddagen 2. januar 2019 med planer om å foreta en topptur til Blåbærtinden (1442 m o.h.). Turen startet nede i Tamokdalen (230 m o.h.). Gruppen hadde lest skredvarsel for både indre Troms og tilstøtende regioner. De hadde brukt både bratthetskart og guidebok i turplanleggingen. Ingen av de hadde gått aktuell tur tidligere. De hadde mye erfaring med å lese norske skredvarsel, og personen som var med på turplanlegging med gruppen, men som ikke ble med over skoggrensa mente at de forstod innholdet i varselet fullt ut. Vertskapet på overnattingstedet de bodde på hadde også hjulpet de med god informasjon.

En av turdeltagerene ville heller gå flere turer i den gode snøen under skoggrensa, mens de fire resterende fortsatte mot toppen. De valgte å følge en trase opp under et brattheng mellom kote 1100 og 1200 (Figur 7). Anbefalt rute fra lokalkjente og som er gjengitt i toppturboka for Troms er å følge en rute lengre ned i fjellsiden, med slakere terrenghelning, nordøstover mot den øst-vest orienterte ryggen. Ruten de fulgte var ikke den samme som de hadde planlagt. Ingen vet hvorfor denne ruten som går i brattere terreng, enn den planlagte ruten, ble valgt.



*Figur 7. Blå linje angir rutevalget til turfølget på vei opp mot toppen av Blåbærtinden.
 The blue line shows the track of the touring group towards the summit of Blåbærtinden.*

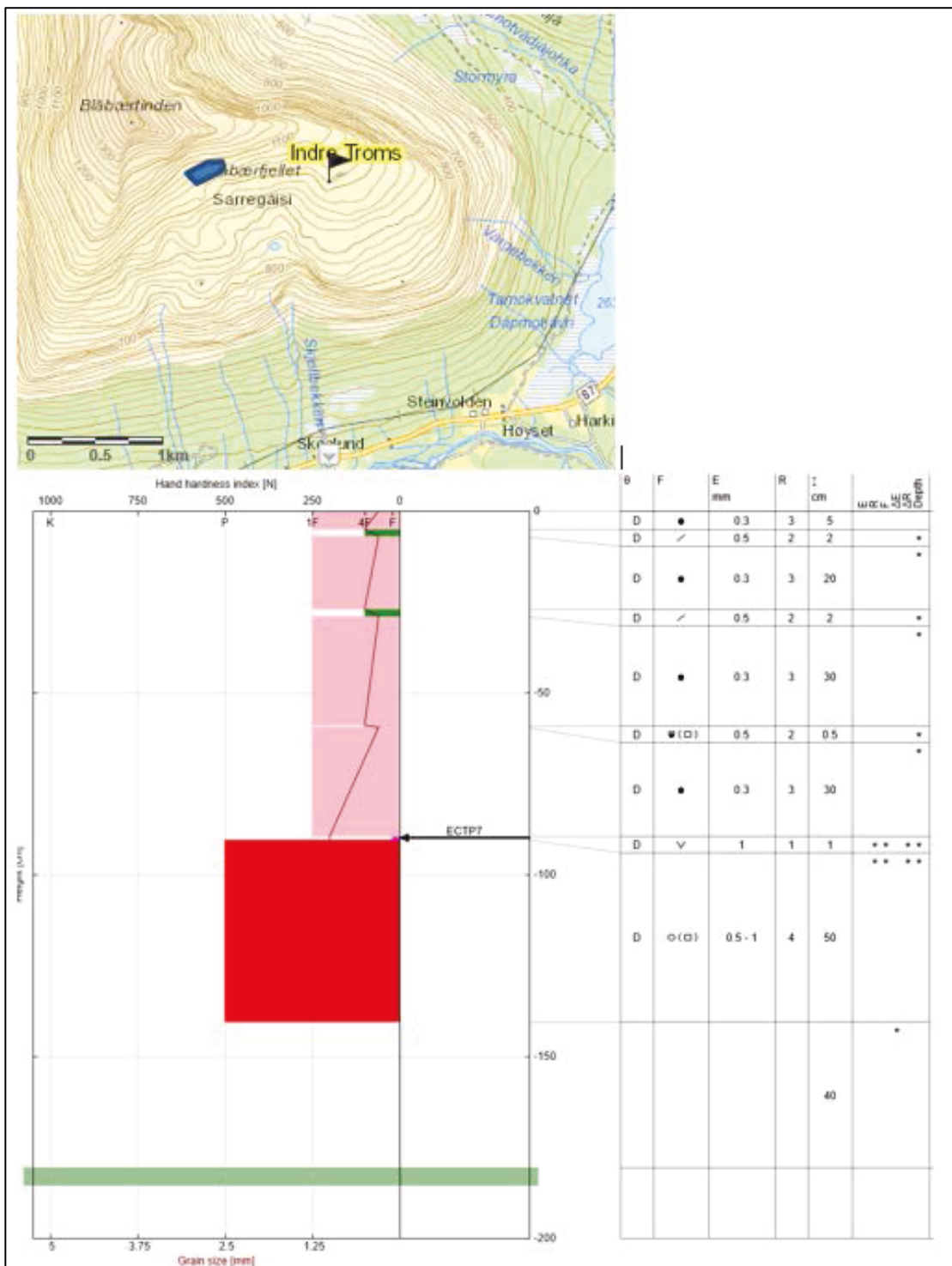
Ut fra bilder kan det se ut som turdeltagerne har gått relativt samlet og de har utløst et flakskred i fjellsiden der terrenghelningen ligger rundt 40°. Det kunne etter ulykken observeres fremstikkende steiner i utløsningsområdet, og snødekket har trolig vært noe tynnere her. Vi antar at bruddet har skjedd som følge av den ekstra lasten turfølget har påført snødekket. Bruddkanten har trolig vært om lag 0,7 til 1 m og den har forplantet seg sideveis til en total bredde på rundt 200 m, muligens enda bredere (Figur 8).



Figur 8. Antatt bruddkant (stiplet linje) og rutevalg (prikket linje) for turfølget. Kryss angir omtrentlig sted hvor turfølget ble tatt. Bildet er tatt mot nord-nordvest, og Blåbærtinden ligger utenfor venstre/øvre bildekant.

Presumed fracture line (dashed line) and track of the touring group (dotted line). The cross marks the approximate location where the group was caught by the avalanche. The photo was taken towards North–Northwest, and the summit of Blåbærtinden is outside the upper left corner of the image.

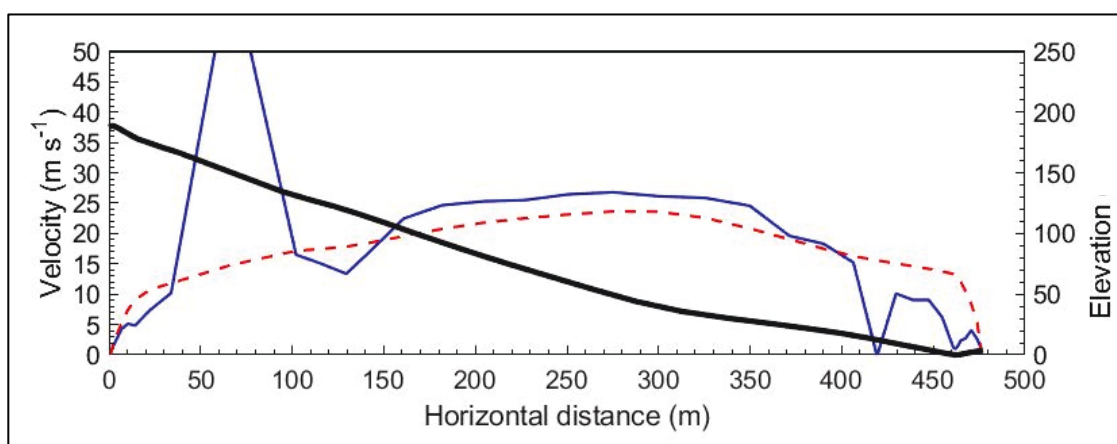
Det er usikkert hvor i snødekket bruddet skjedde, men ut fra snøprofil tatt av NVE [6] to dager etter ulykken øst for utløsningsområdet, vil vi anta at bruddet skjedde i et vedvarende svakt lag av rim eller kantkornet snø nede i det gamle snødekket (Figur 9).



Figur 9. Snøprofil tatt av NVE øst for utløsningsområdet (blått polygon) to dager etter ulykken [6]. Snow profile taken by NVE east of the release area (blue polygon) two days after the accident [6].

Totalt kom det 40–50 mm nedbør siste uka, og vinden hadde i hovedsak en vestlig til nordvestlig retning siste uka før ulykken. Den aktuelle fjellsiden ligger i le for denne vindretningen, og trolig har det også vært avlagring av vindtransportert snø i fjellsiden. Vi vil anslå at det kan ha lagt seg ut 1 m snø i fjellsiden den siste uka før ulykken.

Basert på GPS målinger og beregninger med dynamiske modeller har skredet nådd en hastighet på 20–25 m/s (Figur 10), og skredmassene har fortsatt nedover fjellsiden til en utflating med en fallhøyde på ca. 320 m (Figur 1). Siktevinkelen fra topp bruddkant og ned til ytre skredavsetning er beregnet til å være rundt 25°.



Figur 10. Estimert skredhastighet fra dynamiske modeller (rød stiptet linje) og målt skredhastighet basert på GPS-registreringer fra pulsklokke på omkomne (blå linje). Svart heltrukket linje viser terrengprofil og viser at de omkomne er transportert med skredet med en fallhøyde på ca. 200 m.

Avalanche speed as estimated by a dynamical model (red dashed line) and as inferred from GPS records extracted from the wristwatch/heartbeat monitor of one of the victims (blue line). The full black line represents the terrain profile and shows that the victims were transported by the avalanche over a drop height of about 200 m.

3.1 Utbredelse og rekkevidde av skred

Utløsningsområdet har et areal på rundt 10.000 m², og med en antatt bruddhøyde på 1 m betyr dette at skredstørrelsen i utløsningsområdet har vært ca. 10.000 m³. Trolig har skredet revet med seg ytterligere masse nedover i skredbanen, og det er ikke urimelig å anta at skredet doblet størrelsen ned til utløpsområdet.

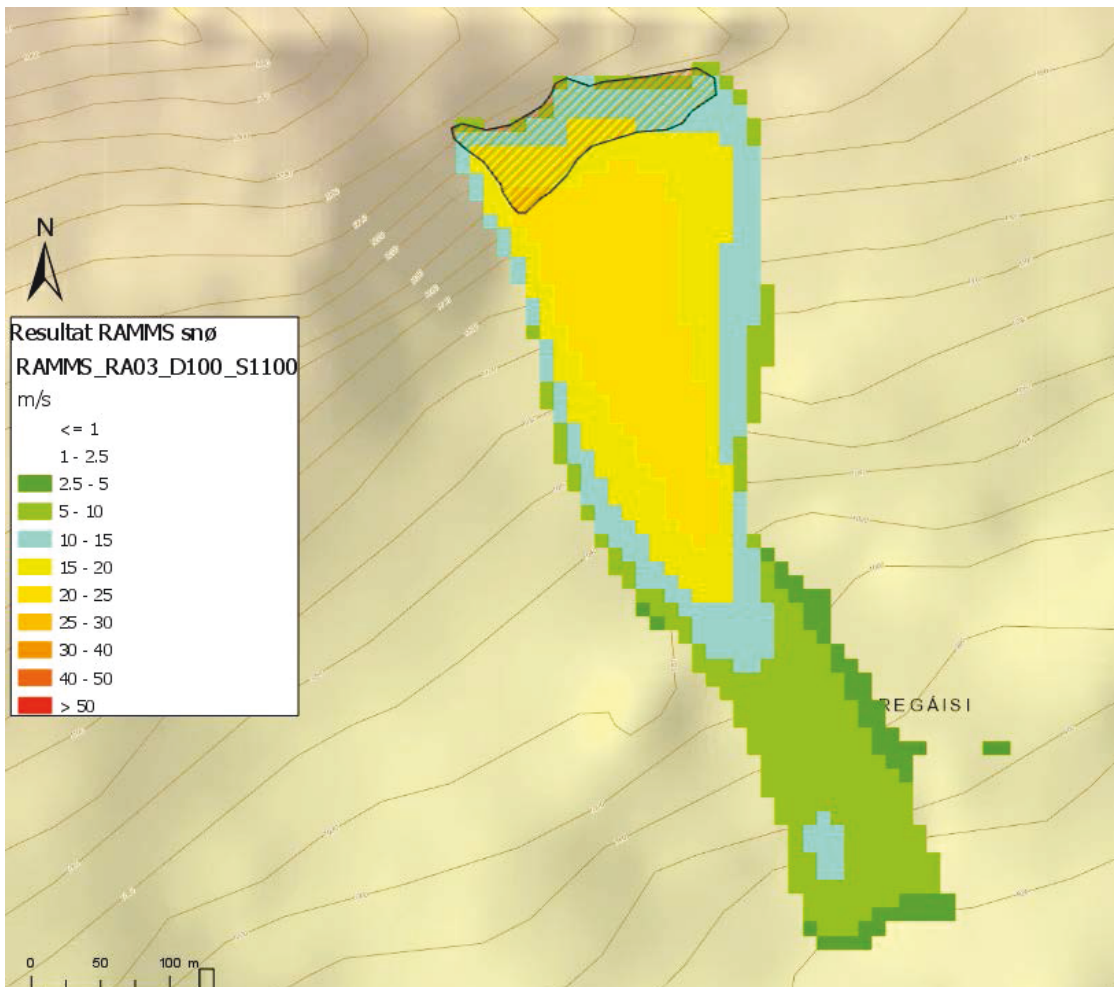
3.1.1 RAMMS

Skredutbredelsen er simulert ved hjelp av den dynamiske modellen RAMMS [7]. Vi vet ikke eksakt hvordan utbredelsen var ettersom det etter ulykken kom nysnø som delvis dekket over skredmassene og bruddkanten. Vi har angitt utbredelsen ut fra

vitneobservasjoner. For å matche utbredelsen i modellen med den antatte utbredelsen, er følgende input data benyttet i modellen:

- Bruddhøyde 100 cm
- Friksjonsparametere ifølge tabell i manual tilsvarende "Small avalanche" og "Return period 100 years"

Modellen indikerer at hastigheten på skredet har vært 20-25 m/s i skredløpet, mens den i utløpsområdet har ligget på 5-10 m/s (Figur 11).

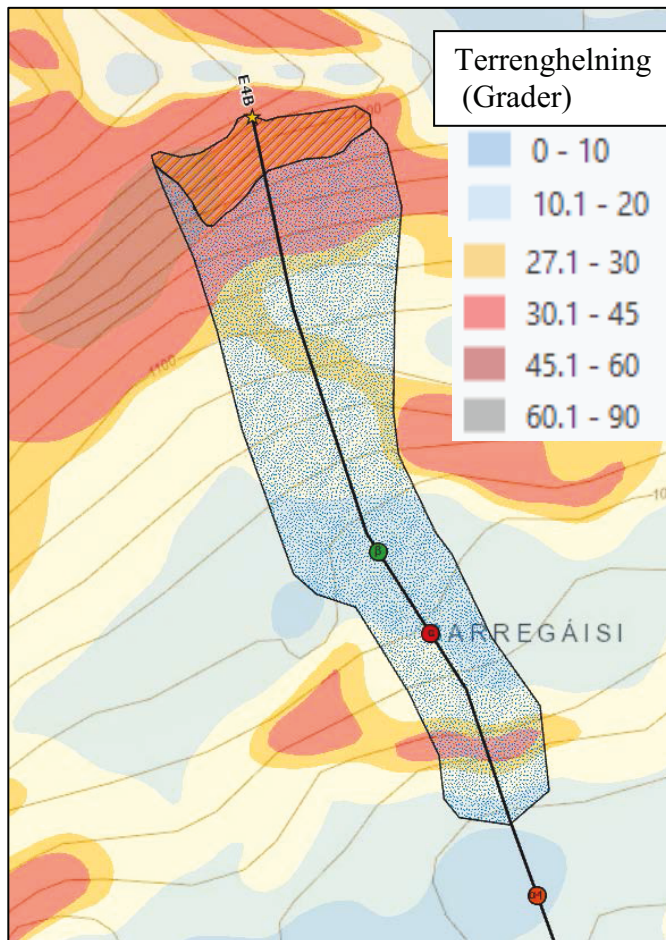


Figur 11 Modellering av ulykkeskredet med bruk av modellen RAMMS.
 Simulation of the avalanche with use of the model RAMMS.

3.1.2 Alfa/beta-modell

Skredmassene har stanset på en liten utflating der terrenghelningen ligger i området 10–20°. Ved bruk av den statistisk/empiriske alfa/beta-modellen [8] ligger den observerte skredrekkevidden innenfor 1 standardavvik (Figur 12). Vi vurderer at rekkevidden kan bli lengre ved optimale snøforhold og med en større bruddhøyde, men det er likevel å

betrakte som et relativt langt utløp. Trolig går det nærmest årlige skred med tilnærmet samme utløp i dette området.



Figur 12. Alfa/beta-modellen for et profil sentralt i skredbanen. Grønn sirkel angir 10° punkt, rød sirkel middelværdi for rekkevidde av skred, oransje sirkel ett standardavvik rekkevidde.

Run-out distances as predicted by the α - β model compared to the observed avalanche perimeter. The green circle indicates the point where the terrain inclination drops below 10° , the red circle corresponds to the mean value α_m predicted by the α - β model, whereas the orange circle marks the run-out angle $\alpha = \alpha_m(\beta) - \sigma$, with σ the standard deviation.

Dette skredet føyer seg inn i en rekke observasjoner fra Nord-Norge og Svalbard eller strøk i den sørlige delen av Norge med kontinentalt klima, der selv relativt små skred med fallhøyde på 100–300 m kan ha mindre utløpsvinkel α enn den statistiske middelværdien α_m fra α - β -modellen. Dette blir bekreftet av observasjoner av små snøskred i Canada [9]. Dette er av stor betydning for vurdering av skredfare i arealplanlegging.

4 Vurdering av stabilitet til snødekket etter ulykken

Det var ingen øyenvitner til ulykken. Den femte personen i turfølget, som ikke ble med mot toppen, lurte etter hvert på hvor de andre var, og gikk opp for å se etter dem. Han gjorde et søk med sender mottaker, da han innså størrelsen på skredet ringte han 112 og varslet politiet / redningstjenesten. Han opplyser at politiet ba han sørge for egen sikkerhet og komme seg ut av området. Deretter tok han seg ned til dalbunnen, møtte Aadne Olsrud og fortalte om hendelsen. Aadne Olsrud bor ved foten av Blåbærfjellet og har vært på fjellet utallige ganger, han er snøskredobservatør for snøskredvarslingen i NVE og var en sentral person gjennom hele redningsaksjonen. Det ble gjort et overflatesøk med helikopter på kvelden uten at noen av de savnede ble oppdaget.

Dagen etter ulykka var det det tett snøvær uten sikt, som ikke ga muligheter til å hverken fly eller gå inn i området. Hvis en skulle gå inn til skredområdet må man gjennom skredterreng.

Dag 2 ble mannskap fra NVE flydd opp i nærheten av skredområdet for å vurdere snøskredfaren i forhold til sikkerheten til redningsmannskap. De ble gravd flere snøprofiler i området [6] og alle viste vedvarende svakt lag av rim, og noen med kantkorn. Det var lett å påvirke de svake lagene og en måtte regne det som sannsynlig at en kunne fjernutløse skred. Den 4. januar var det lite vind og nedbør i området. Men sikten ble for dårlig til at det ble flydd inn redningsmannskap, Sikten var også dårlig den 5. januar og 6. januar kom det mer nedbør og skredfaren i fjellsida økte igjen.

Værforholdene bedret seg først nærmere to uker etter ulykken. NGI ble anmodet av Politiet om assistanse for å vurdere sikkerheten for bakkemannskaper. Det hadde da kommet inntil 1 m nysnø siden ulykken, og det ble utført forsøk med nedsprenkning av snø fra utløsningsområdet både med Daisybell og med dynamitt. Daisybell klarte ikke å løse ut skred, mens dynamitt (20–30 kg ladninger på overflaten) ga flere skred i nysnøen. I tillegg ble det gjennomført flere stabilitetstester i nærområdet som viste at snødekket var i ferd med å stabilisere seg.

Onsdag 17. januar blir forholdene vurdert å være trygge nok til at mannskaper kunne gjennomføre bakkesøk. En av de savnede blir funnet ved hjelp av S/M signaler. Dagen etter blir ytterligere to personer funnet med S/M utstyr. Den fjerde personen ble imidlertid ikke funnet, og det blir igangsatt søk med søkestenger. Etter flere dager med søk uten resultat blir været igjen dårligere og videre søk ble oppgitt pga. fare for nye skred.

5 Referanser

- [1] RegOBS, «Observasjon 2018-12-20,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.regobs.no/Registration/172145>.
- [2] RegOBS, «Observasjon 2018-12-25,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.regobs.no/Registration/172685>.
- [3] RegOBS, «Observasjon 2018-12-26,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.regobs.no/Registration/172748>.
- [4] RegOBS, «Observasjon 2018-12-30,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.regobs.no/Registration/173201>.
- [5] RegOBS, «Observasjon 2018-12-30,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.regobs.no/Registration/173261>.
- [6] RegOBS, «Observasjon 2019-01-04,» 2019. [Internett]. Available: <https://www.regobs.no/Registration/174197>.
- [7] SLF, «RAMMS Manual Ver 1.4.1. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF),» Davos Dorf, Sveits., 2016.
- [8] K. Lied og S. Bakkehøi, «Empirical Calculations of Snow-Avalanche Run-Out Distance Based on Topographic Parametres.,» *Journal of Glaciology*, 26 (94), pp. 165-177., 1980.
- [9] A. S. T. Jones, «Empirical Calculations of Snow-Avalanche Run-Out Distance Based on Topographic Parametres». *Thesis from the University of Calgary, Dept. of Civil Engineering*, 2002, 141 pp.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Snøskredulykke i Tamokdalen 2019-01-02		Dokumentnr./Document no. 20170131-13-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client NVE	Dato/Date 2019-05-29-03-26
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr. & dato/Rev.no. & date 2 / 2019-05-29
Distribusjon/Distribution FRI: Kan distribueres av Dokumentsenteret ved henvendelser / FREE: Can be distributed by the Document Centre on request		
Emneord/Keywords Snøskred, skiløperulykke		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Troms	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Balsfjord	Felt navn/Field name
Sted/Location Blåbergtind	Sted/Location
Kartblad/Map 172S	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 33 Øst: 684632 Nord: 7674155	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/Self review by:	Sidemanns-kontroll av/Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2019-03-26 Frode Sandersen	2019-03-18 Henrik Langeland	<i>Velg kontrolldato</i>	
1	Sammendrag og bildelegender på engelsk		2019-04-29 Dieter Issler		
2	Mindre tilføyelser i notatet om at femte person i turfølger gjennomførte søk i skredet da han oppdaget skredet og inkludering av snøprofil fra NVE	2019-05-20 Frode Sandersen	2019-05-29 Henrik Langeland		

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 29. mai 2019	Prosjektleder/Project Manager Frode Sandersen
---	----------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

