

Arct-Risk Sluttrapport

Foto: Holt Hancock

DESEMBER 2024

Hovedresultater fra forskningsprosjektet “Risk governance of climate-related systemic risk in the Arctic” (Arct-Risk)

Eirik Albrechtsen, Stina M. H. Andreassen og Siri Holen (redaktører)

Torgeir Haavik, Holt Hancock, Martin Indreiten, Stig Johannessen, Marius Jonassen, Bjørn Ivar Kruke, Jacob Taarup, Siri Wickström og Knut Øien

Innledning

Denne rapporten presenterer hovedresultatene fra forskningsprosjektet Arct-Risk (Risk governance of climate-related systemic risk in the Arctic), som ble gjennomført i perioden 2021-24. Prosjektet ble finansiert av Norges Forskningsråds polarforskningsprogram (POLARPROG). Norges Teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) har hatt prosjektledelsen og gjennomførte prosjektet i samarbeid med en tverrfaglig gruppe fra Universitetssenteret på Svalbard (UNIS), Universitetet i Stavanger (UiS), NTNU Samfunnsforskning og SINTEF.



Longyearbyen med skredsikringstiltak (Foto: E.Albrechtsen)

Å forstå og tilpasse seg klimaendringene er en av de største utfordringene samfunnet står overfor i dag. Hovedmålet med Arct-Risk er å utvikle kunnskap og verktøy som kan hjelpe samfunnet å forstå og håndtere hvordan klimaendringene påvirker samfunnssikkerhet.



Skredsikring på Sukkertoppen (Foto: E. Albrechtsen)

Håndtering av snøskredrisiko i Longyearbyen, som opplever klimaendringer i raskere enn mange andre steder i verden, har vært hovedcasen i prosjektet. Prosjektet ble gjennomført i samarbeid med lokale aktører: Longyearbyen Lokalstyre, Sysselmannen, Telenor Svalbard, Skred AS, NVE region Nord, Arctic Safety Center (UNIS) og Nordkapp kommune. Dette samarbeidet har vært fundamentet for forskningsmetodikken i prosjektet, der det har vært tett samarbeid mellom forskere og brukere for å identifisere utfordringer, utvikle og implementere løsninger og tiltak, samt evaluere resultatene.

De to neste sidene oppsummerer prosjektets hovedfunn og viktig læring fra klimatilpasning i Longyearbyen og fungerer som et sammendrag av prosjektet. Deretter følger en beskrivelse av snøskredrisiko og håndteringen av denne i Longyearbyen, samt en kort beskrivelse av teoretisk rammeverk og forskningsmetode. Deretter del 2 av rapportens om inneholder 11 korte kapitler som presenterer hovedresultatene fra prosjektet med koblinger til mer informasjon.



Hovedresultater

- Demonstrasjon av *bruk av klimaprognoser og –data i risikosamstyring*, der et viktig resultat har vært å bryte ned klimadata i passende enheter med hensyn til geografi og tid. En annen viktig forskningsaktivitet har vært å tilgjengeliggjøre kunnskap om *hvordan endringer i klima og vær påvirker naturfarer og dermed også samfunnet* på en måte som har gjort kunnskapen anvendbar for beslutningstakere og planleggere (kap. 1)
- *Bevisstgjøring av usikkerhet i risikosamstyring knyttet til klimaendringer* gjennom identifikasjon av ulike kilder til usikkerhet i håndtering av naturfarer i Longyearbyen, og beskrivelser av hvordan disse usikkerhetene kan håndteres og kommuniseres (kap. 2)
- Utvikling av en modell og sjekklister for å *vurdere usikkerhet i snøskredvarsling* som gjør varslere oppmerksomme på kunnskapsstyrke i varslet, slik at eventuelt ytterligere undersøkelser for å redusere usikkerhet kan gjøres. Metoden for usikkerhetsvurdering er basert på en evaluering av skredvarslingen i Longyearbyen (kap. 3 og 4)
- Identifikasjon av *usikkerhet knyttet til utvikling av sikringstiltak* i prosessen med å etablere skredbarrierer i Vannledningsdalen, knyttet både til planprosessen og prosjekteringen. Studien viser et behov for bevisstgjøring om usikkerhet i ulike prosesser, samt en involverende tilnærming for å håndtere og kommunisere usikkerhet (kap. 5)
- Forklaring av betydningen av *lokalkunnskap i skredvarslingssystemer*, og en forståelse av ulike dimensjoner av lokalkunnskap (kap. 6)
- Forklaring av betydningen av å ta *hensyn til taus og relasjonell kunnskap i offentlige anskaffelser* som skredvarslingstjenester (kap. 7)
- Forståelse av hvordan *felles risikoforståelse i evakueringssituasjoner* kan bidra til bedre evakuering som et risikohåndteringstiltak mot akutte naturfarer. Spesielt knyttet til hvordan ulike aktører kan kommunisere mer effektivt i evakueringssituasjoner gjennom felles risikoforståelse (kap.8)
- Beskrivelse av *hvordan sensorteknologi kan anvendes som en del av systemer for naturfarevarsling* som snøskredvarsling gjennom dokumenterte erfaringer om utvikling og bruk av sensorsystemer i Longyearbyen. I tillegg en risikofaglig diskusjon om egnetheten til sensorbaserte varslingssystemer sammenliknet med permanente fysiske tiltak (kap.9)
- Forståelse for *hvordan kommuner kan tilpasse seg raskt endrede klimaforhold gjennom en kombinasjon av kortsiktig beredskap og langsiktig planlegging*, inkludert håndtering av usikkerhet og kontinuerlig oppdatering av ROS-analyser (kap. 10)
- Utvikling av en *klimatilpasningsindikator* for bevisstgjøring, evaluering og oppfølging av arbeidet med klimatilpasning på lokalt nivå (kap. 11).



Lærdom fra klimatilpasning i Longyearbyen

Fem viktige resultater fra Arct-Risk for fremtidig klimatilpasning

Longyearbyen opplever klimaendringene raskere enn de fleste andre steder i verden. Kunnskap om hvordan klimatilpasning er planlagt og gjennomført i byen er derfor viktig for fremtidig klimatilpasning både i Longyearbyen og andre steder i verden. Forskningsresultatene i Arct-Risk peker på fem hovedtema som er overførbare til andre steder:

1	Klimaprognoser og –data med hensiktsmessig oppløsning. Klimaprognoser må brytes ned i passende tids- og geografiske enheter for å gjøre dem anvendbare i risikovurderinger og planleggingsarbeid. I Arct-Risk har vi demonstrert dette ved å dekomponere klimadata for Svalbard til enheter som har gjort de anvendbare i risikovurderinger, bl.a. gjennom scenarier for Longyearbyen for ulike tidsperioder. Et annet viktig resultat har vært kunnskapsbaserte beskrivelser av hvordan klimaendringer påvirker naturfarer og dermed også samfunnet på en måte som gjør denne kunnskapen anvendbar for planleggere og beslutningstakere.
2	Identifisering og håndtering av usikkerhet. Klimatilpasning innbefatter tiltak for håndtering av fremtidige klimarelaterte naturhendelser som er forbundet med usikkerhet både med hensyn til hyppighet, lokasjon og omfang. I Arct-Risk har vi identifisert usikkerhet (mangel på kunnskap) i ulike faser av risikosamstyringen og hvordan disse usikkerhetene kan håndteres. Metoder for å identifisere og håndtere usikkerhet vil forbedre klimatilpassningsarbeidet og håndteringen av naturfarehendelser.
3	Betydningen av lokal kunnskap i ulike deler av håndtering av klimarisiko. Anvendelse av lokal kunnskap i ulike deler av klimatilpasning og i systemer for håndtering av naturfarehendelser vil gi bedre risikoforståelse og dermed et bedre beslutningsgrunnlag. I Arct-Risk har vi forskningsresultater som viser betydningen av: 1) bruk av lokal kunnskap for å forstå klimaendringene og deres påvirkning på samfunnet, 2) lokal kunnskap som et av grunnlagene for å utvikle permanente sikringstiltak, 3) lokal kunnskap som informasjon til varslingsystemer (varslere på fastlandet trenger «øyne i byen», men også knyttet til lokal kunnskap og historie om skred) og 4) lokal kunnskap som et vurderingskriterium ved tjenesteutsetting av samfunnskritiske funksjoner.
4	Sensorbaserte varslingsystemer for å håndtere naturfare og klimaendringer. Det siste tiåret er det utviklet og tatt i bruk sensorteknologi for å måle snødybde som en del av skredvarslingsystemet i Longyearbyen. I Arct-Risk har vi dokumentert erfaringer med utvikling og bruk av sensorbaserte varslingsystemer som en fleksibel og rimelig løsning som kan implementeres hurtig som et alternativ før og under etablering av permanente tiltak, men også som et alternativ til permanente tiltak. Det kan forventes mer bruk av sensorbaserte varslingsystemer i fremtiden, noe som gjør erfaringen fra Longyearbyen nyttig for utvikling og bruk av varslingsystemer andre steder.
5	Indikatorer for evaluering av håndtering av klimaendringer. I prosjektet har vi utviklet et sett med klimatilpassningsindikatorer sammen med Longyearbyen Lokalstyre for å gi lokale myndigheter en status på hvor man står i arbeidet med klimatilpasning. Slike systemer for å evaluere status på klimatilpassningsarbeidet på lokalt nivå er nyttig for bevisstgjøring om og oppfølging av det systematiske arbeidet med klimatilpasning.

Innhold

DEL 1: SAMMENDRAG

Hovedresultater	3
Lærdom fra klimatilpasning i Longyearbyen	4
Case: håndtering av klimaendringer og snøskredrisiko i Longyearbyen	6
Metode	11
Prosjektets samfunnseffekt	11

DEL 2: BESKRIVELSER AV HOVEDRESULTATER

1	Klimaendringer på Svalbard, nå og i fremtiden	14
2	Usikkerhet knyttet til risikostyring, naturfarer og samfunnssikkerhet	17
3	Evaluering av den lokale snøskredvarslingen i Longyearbyen	20
4	Usikkerhetssjekkliste	23
5	Usikkerhet knyttet til utvikling av sikringstiltak	25
6	Betydningen av lokalkunnskap for snøskredvarsling	27
7	Betydningen av taus kunnskap i offentlige anskaffelser av skredvarslingstjenester	29
8	Samskapning av risiko i evakuerings situasjoner	31
9	Bruk av sensortechnologi som en del av risikosamstyring	33
10	Langsiktig klimatilpasning og overførbarhet i kommunale rammeverk	37
11	Klimatilpasningsindikatorer for måling av arbeidet med klimatilpasning	39
12	Utdanning av morgendagens eksperter	43
13	Oversikt over alle leveranser i prosjektet	44
14	Referanser	46

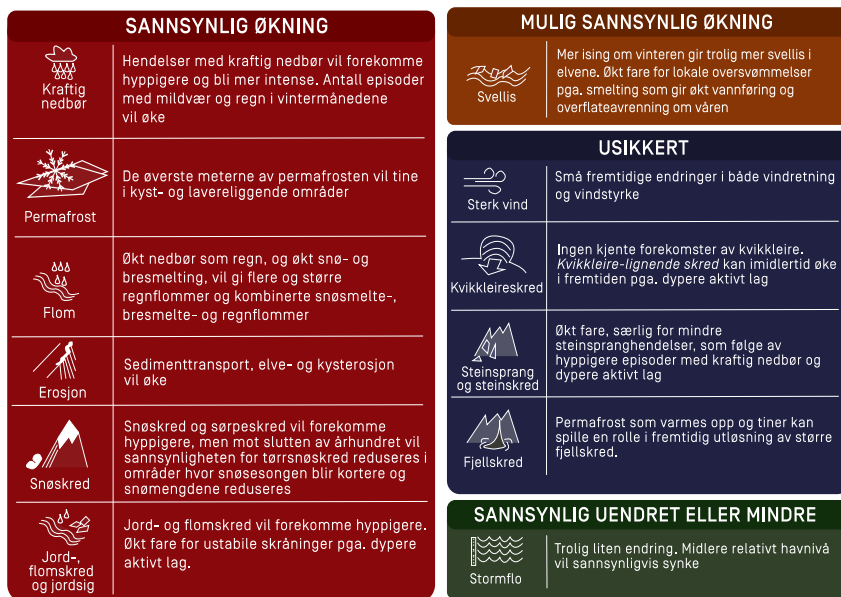
Case: håndtering av klimaendringer og snøskredrisiko i Longyearbyen

Longyearbyen er plassert på et gammelt elvedelta med bratte fjellsider på øst- og vestsiden av Longyeardalen, Adventsfjorden i nord og isbreer i sør. I midten av dalen ligger Longyearelva, se bildet under. Longyearbyen har, siden etableringen i 1905, vært eksponert for ulike naturfarer: forskjellige typer snøskred, jordskred, steinsprang og flom. Med de store klimaendringene i Arktis står Longyearbyen-samfunnet overfor nye utfordringer for å håndtere klimarisiko og naturfarer i stadig endring.



Oversiktsbilde av Longyearbyen, tatt fra nord (Foto: Knut Øien)

Den årlige middeltemperaturen i Arktis har steget nesten 4 ganger raskere enn i resten av verden siden 1979 (Rantanen et al., 2022). Ingen andre steder i verden har opplevd en så stor økning i årlig gjennomsnittstemperatur som den delen av Arktis hvor Longyearbyen ligger. Klimaendringene innebærer, i tillegg til økte temperaturer, mer nedbør både i form av regn og snø. Det forventes derfor en endring i flere av naturfarene i Longyearbyen, se Figur 1. For eksempel kan man allerede i dag merke den økte temperaturen gjennom en serie med rekordtemperaturer om sommeren som påvirker naturfare og samfunn. Et eksempel på en hendelse knyttet til dette skjedde sommeren 2020, da høye temperaturer førte til smelting og oversvømmelse i den da operative kullgruven, Gruve 7. Om vinteren merkes endringene i værforhold gjennom regnhendelser og milde perioder. Man kan se et mønster med flere hendelser med sørpeskred midt på vinteren, som er en type skred som primært har vært forbundet med senvinteren på Svalbard.



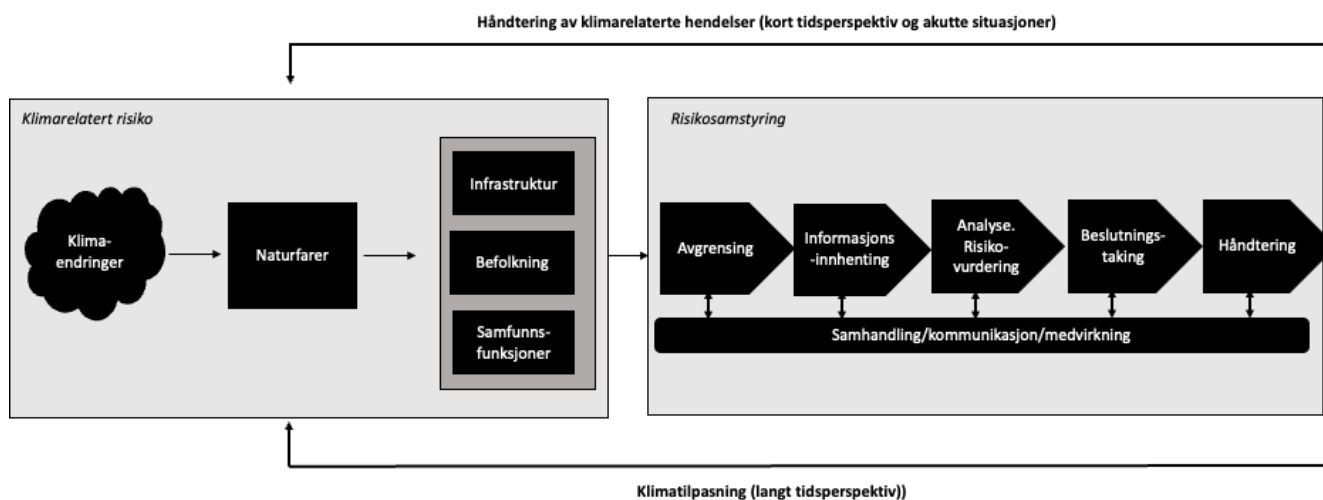
Figur 1: Forventede endringer av klima og naturfare i Longyearbyen fra perioden 1971-2000 til 2071-2100 (Norsk klimaservicesenter, 2022)

Som disse eksemplene viser, opplever Longyearbyen allerede i dag hvordan klimaendringer påvirker forekomst og omstendigheter rundt naturfare i større grad enn de fleste andre steder i verden. **Dette gjør forskning på håndtering av klimaendringenes påvirkning på samfunnsikkerheten i Longyearbyen svært relevant, med et stort potensial for erfaringsoverføring til steder som enda ikke har opplevd klimaendringer på samme måte.**

Risikosamstyring

Samfunn og sosiotekniske systemer kan ikke sees uavhengig av naturen. Til sammen utgjør klimaendringer, naturfarer, infrastrukturer, samfunnsfunksjoner og befolkningen det vi kan kalle klimarelatert systemisk risiko. Denne systemiske risikoen må vurderes, håndteres og kommuniseres i et samvirke mellom flere aktører. I ArctRisk har vi hatt en **tværfaglig og risikofaglig tilnærming** for å studere hvordan flere aktører sammen har skapt og brukt kunnskap til beslutninger for å håndtere risikoen som naturfarer og klimaendringer utgjør for Longyearbyen-samfunnet.

Den risikofaglige tilnærmingen er basert på et rammeverk for risikosamstyring, se Figur 2. Rammeverket er brukt som en teoretisk modell i flere av aktivitetene i prosjektet. Vi har brukt begrepet **samstyring i stedet for styring for å synliggjøre at det er flere aktører som sammen analyserer og håndterer risiko**. På engelsk brukes «risk governance» om risikosamstyring. Modellen er basert på International Risk Governance Council (IRGC) sin modell for risikosamstyring (IRGC, 2017) og ISO 31000 Risikostyring. I tillegg er modellen inspirert av Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) sin modell for håndtering av klimarisiko (IPCC, 2018), som skiller mellom strategier for håndtering av naturfarehendelser i et kort tidsperspektiv, og strategier knyttet til klimatilpasning i et lengre tidsperspektiv. Dette er illustrert gjennom de to tilbakeførende pilene over og under boksene i Figur 2



Figur 2: Rammeverk for risikosamstyring

Til venstre i figuren er en boks som viser hvordan klimaendringer, naturfare og viktige samfunnskomponenter til sammen utgjør et risikobilde som må håndteres gjennom risikosamstyring. Risikosamstyring består, som vist over, av seks deler som påvirker hverandre: avgrensing/utvelgelse, informasjonsinnhenting, vurdering av risiko, beslutning om tiltak, gjennomføring av tiltak og samhandling/ kommunikasjon/medvirkning.

Et relativt nytt begrep som har fått mye oppmerksomhet i risikoforskning de siste årene, men også innen praksis i flere næringer, er usikkerhet. ISO 31000 definerer usikkerhet som en tilstand der det er mangel på kunnskap om en hendelse, dens konsekvenser, eller sannsynligheten for at den vil inntreffe. I den risikofaglige tilnærmingen i Arct-Risk har vi utført **forskning for å bevisstgjøre hva usikkerhet kan innebære, samt utviklet metoder for å identifisere og håndtere usikkerhet.**

Håndtering av snøskredrisiko i Longyearbyen

I ArctRisk har vi avgrenset forskningen om risikosamstyring til snøskredrisiko. Resultatene i prosjektene er likevel overførbare til annen naturfarehåndtering i Longyearbyen, som flomsikring av Longyearelva og det systematiske arbeidet med overvåkning av det aktive laget i permafrosten. Snøskred av ulik art er ikke noe nytt på Svalbard og i Longyearbyen. Flere små og store snøskred og sørpeskred har gått i fjellsidene som omgir byen. To ganger har skredene i byen krevd menneskeliv. I 1953 tok et sørpeskred i Vannledningsdalen tre menneskeliv, og i desember 2015 omkom to mennesker da et skred fra fjellsida av Sukkertoppen traff elleve av byens spisshus. I februar 2017 gikk et nytt skred, denne gangen fra toppen av Sukkertoppen. Skredet førte til materielle skader, men tok ingen menneskeliv.

En fellesnevner for skredene i 2015 og 2017 var unormale og ekstreme værforhold (DSB, 2015; Landrø m.fl., 2017). Dagen før 2015-skredet var preget av sterk vind fra øst og mye snøfall, i tillegg var det en temperaturøkning fra -12 til -2 grader i løpet av 24 timer (Jonsson og Jaedicke, 2017). Før 2017-skredet var det først en uke med varmt vær og mye regn, som ble etterfulgt av en uke med kaldt vær, før det de siste dagene før skredet var lett snøfall og sterk vind fra øst (Jonsson og Jaedicke, 2017).

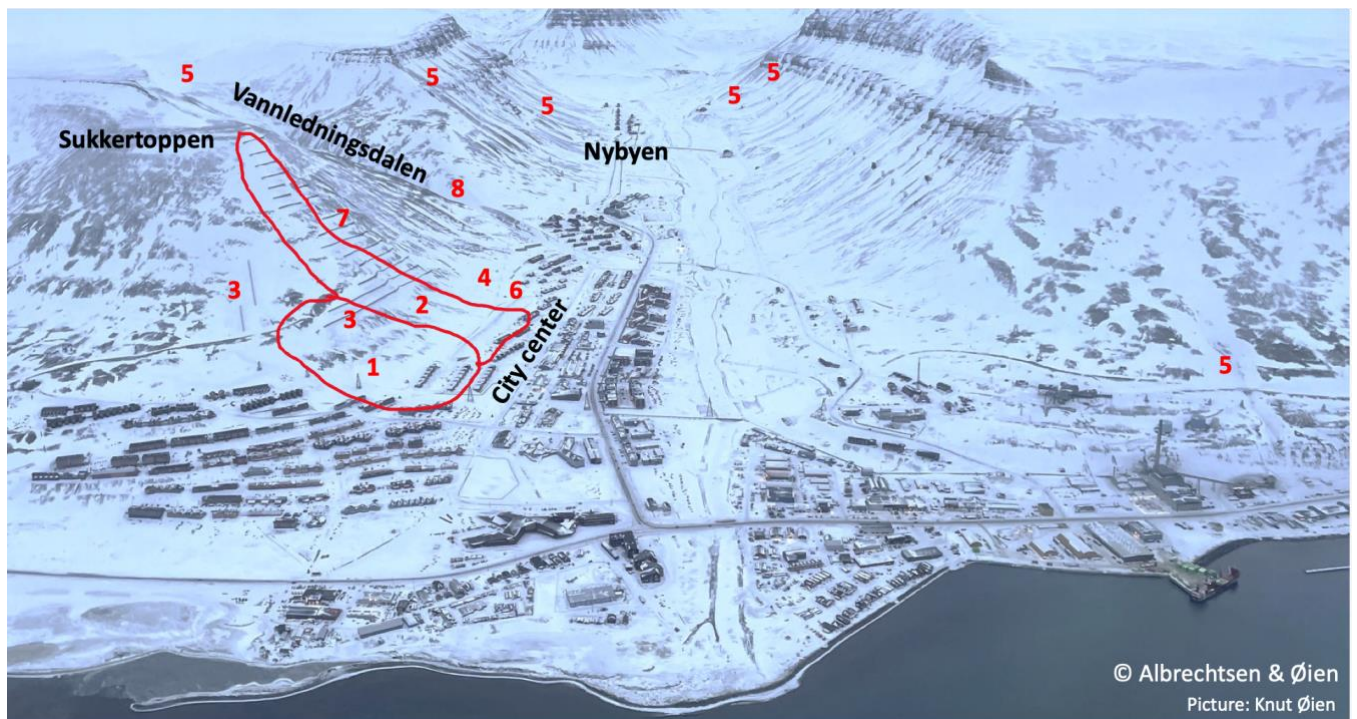
Før 2015-skredet var det lite systematisk arbeid med skredrisiko i byen, men som et strakstiltak etter 2015-skredet ble det etablert et steds spesifikt skredvarslingssystem (Hancock m.fl., 2024), som har fortsatt hver vintersesong siden 2015 i de delene av byen som ikke var sikret av fysiske tiltak. Planarbeid og risikokartlegging

for å etablere permanente tiltak startet i 2016. De første permanente sikringstiltakene med snøfangere og støtteforbygninger ble ferdig installert i 2018.

Tabell 1 og Figur 3 under gir en oversikt over sikringstiltak som er innførte siden 2015-skredet.

Tabell 1 Kronologisk oversikt, skred og sikringstiltak i Longyearbyen fra 2015 (Albrechtsen m.fl., 2024)

Nr.	Årstall	Hendelse/tiltak
1	Des. 2015	Snøskred fra Sukkertoppen treffer bygninger, 2 dødsfall
-	2016-dd	System for steds spesifikk skredvarsling etablert
2	Feb. 2017	Snøskred fra Sukkertoppen treffer bygninger, ingen dødsfall
3	2018	Ferdigstillelse av tre støtteforebygninger i skredbanen til 2015-skredet, to snøgjerder og dreneringsgrøft
4	2019-21	Fraflytting/fjerning av 140 boenheter i skredsoner, tilsvarende 10% av byen
5	2019-dd	Stasjoner med snøsensorer etablert som en del av varslingssystemet, først tre sensorer, senere både fem og seks sensorer med ulike plasseringer.
6	2022	Ferdigstillelse av 400 m lang og 5.5 m høy fangvoll
7	2022	Ferdigstillelse av støtteforebygninger i skredbanen til 2017-skredet
8	2024	Ferdigstillelse av nett i Vannledningsdalen for å håndtere sørpeskred



Figur 3: Oversikt over skred og sikringstiltak i Longyearbyen (Albrechtsen m.fl., 2024).

Skredene i 2015 og 2017 har på mange måter endret en hel by, bl.a. gjennom synlige fysiske sikringstiltak i fjellsiden over sentrum. De permanente sikringstiltakene (snøgjerder, støtteforebygninger, fangvoll og sikringsnett) sikrer sentrum av Longyearbyen. Andre deler av byen ligger fortsatt i skredutsatte soner: Nybyen, Sverdrupbyen/Huset (til høyre for Nybyen i bildet over) og Skjæringa/Burmadalen (i nederste høyre hjørne i bildet) samt veistrekken under Gruvefjellet og Platåfjellet (veger på begge sidene av elva fra sentrum til Nybyen/Huset). For disse sonene er det fortsatt steds spesifikk skredvarsling.

Skredvarsling

Umiddelbart etter 2015-skredet etablerte NVE stedsspesifikk snøskredvarsling i Longyearbyen, først av et konsulentselskap på kontrakt fra NVE og senere av NVE selv. Senere har skredvarsling i Longyearbyen vært utført av flere konsulentselskaper på kontrakt fra NVE (Hancock m.fl., 2024). Fra 24/25 på kontrakt fra Lokalstyret som har tatt over ansvaret for skredvarslingen. Den stedsspesifikke varslingen utføres på daglig basis, og ved økt risiko utføres også et detaljert skredvarsel. Varslet er basert på flere informasjonskilder: værvarsel, data fra værstasjoner, webkameraer, data fra snøsensorer og observasjoner gjort av en lokal observasjonsgruppe. Varslet er så input til beslutninger om for eksempel evakuering av boliger, som utføres av Syssemesteren i tett samarbeid med NVE.

Snøsensorer har siden 2019 gitt verdifull input om snødybde til skredvarslingen. Arctic Safety Centre ved UNIS har sammen med Telenor Svalbard utviklet sensorene som ble tatt i bruk. De første sensorene var dyre, tunge og strømkrevende, mens dagens sensorer har lav kostnad og bruker lite strøm. Snøsensordata i Longyearbyen og i Honningsvåg har vært en viktig del av en av arbeidspakkene i ArctRisk. ***I ArctRisk har vi spesielt forsket på usikkerhet i skredvarsling, på lokal kunnskaps rolle i varslingssystemer og hvordan sensorteknologi kan brukes som en del av varslingssystemer.***



Sensor Gruvefjellet. Foto: Eirik Albrechtsen,



Sensor ovenfor Huset. Foto: Martin Indreiten



Støtteforebygninger, fangvoll og snøgjerdar sett fra øverste del av Sukkertoppen. Foto: Eirik Albrechtsen

Permanente tiltak

De permanente tiltakene er godt synlige barrierer i byen for å hindre skade på infrastruktur, bygninger og befolkning. Klimafremskrivninger har vært et av kunnskapsgrunnlagene i utvikling av de permanente tiltakene og er på den måten et godt eksempel på risikosamstyring av klimarelatert risiko. ***I ArctRisk har vi studert utvikling av permanente tiltak i et risikofaglig perspektiv, der utvikling av et kunnskapsgrunnlag og planprosessen i Longyearbyen Lokalstyre har vært sentralt.***

Metode

Klimaendringer og -tilpasning knyttet til snøskred i Longyearbyen har, som beskrevet i forrige kapittel, vært hovedcasen i Arct-Risk. Longyearbyen har fungert som en «levende lab» for å:

- forstå klimaendringenes påvirkning på samfunnssikkerhet
- forstå, utvikle og teste teknologiske og organisatoriske løsninger for klimatilpasning

Arct-Risk har vært gjennomført som et tverrfaglig prosjekt som kombinerer teoretiske bakgrunner fra sikkerhetsfag, ingeniørfag, meteorologi, snøfag og sosiologi. En tverrfaglig tilnærming har vært viktig siden vellykket risikostyring og tilpasning til en usikker fremtid ikke bare handler om å skape mer vitenskapelig kunnskap om farene i seg selv. Vellykket styring og tilpasning krever også evnen og kapasiteten til å omsette ny kunnskap om farer, og endringer i farenes egenskaper, til handling.

Arct-Risks metodiske tilnærming er inspirert av aksjonsforskning, som blant annet kjennetegnes av ett samarbeid mellom forskere og brukere for å definere og løse problemer, gjøre tiltak og vurdere tiltakene. En slik tilnærming har vært vellykket for kunnskapen som er skapt i prosjektet. En suksessfaktor for dette har vært **et tett samarbeid med sentrale interessenter i Longyearbyen:** Longyearbyen Lokalstyre, Sysselmasteren på Svalbard, NVE region nord, Arctic Safety Centre og Telenor Svalbard. Representanter fra disse aktørene har sammen med representanter fra Nordkapp kommune inngått i en **lokal brukergruppe**. Nordkapp kommune har deltatt med bakgrunn i bruk av snøsensorer fra UNIS. Bevis for at denne tilnærmingen har fungert finner vi i ulike **resultater som er tatt i bruk i praksis** blant disse interessentene, se neste kapittel.

Datainnsamling:

- Serie med workshoper med lokal brukergruppe
- 38 intervjuer av ulike interessenter knyttet til snøskredhåndtering i Longyearbyen
- Observasjonsstudier av beslutningsprosesser knyttet til skredvarslinger
- Dokumentstudier
- Workshoper med internasjonal ekspertgruppe
- Seminarer/webinarer for å presentere og diskutere resultater



Fra workshop om usikkerhet med deltakelse fra lokal brukergruppe, november 2022. (Foto: Eirik Albrechtsen).

Prosjektets samfunnseffekt

- En av samarbeidspartnere i Arct-Risk, Skred AS, bruker usikkerhetsjekkliste for skredvarsling (kap. 4) som er utviklet i samarbeid mellom forskergruppa og Skred AS som et bakgrunnsdokument når de gjennomfører skredvarsling.
- Longyearbyen Lokalstyre har fått økt bevissthet om status for klimatilpasningsarbeidet gjennom vårt samarbeid om utvikling av klimatilpasningsindikatorer (kap. 11).
- Prosjektet arrangerte, sammen med Longyearbyen Lokalstyre, en «klimakafé» 6.juni 2023 med god deltakelse fra Longyearbyens befolkning. Arct-Risk bidro med møteledelse, et innlegg om klimaendringer og et innlegg om klimatilpasningsindikatorer. Et godt forum for å dele kunnskap om klimaendringer og -tilpasning
- Formidling av kunnskap om klimaendringer på Svalbard til ulike interessenter, samt tilgjengeliggjøring av denne kunnskapen gjennom opptak av webinar, podkastepisoder og brukervennlig rapport.
- Generell bevisstgjøring om usikkerhet i risikosamstyring i prosjektets brukergruppe og gjennom ulike formidlinger av hva usikkerhet kan være og hvordan det kan håndteres i skredvarsling/-sikring i ulike fora.
- En av prosjektmedlemmene har vært medforfatter til et kapittel om Svalbard i ny «Klima i Norge rapport» som blir publisert av NVE i 2025.
- Prosjektet har bidratt med klimadata til Sysselesteren på Svalbards ROS-analyse 2022.
- Prosjektmedlemmer deltok i gjennomføring av i Store Norskes klimarisikovurdering 2022, inkludert utvikling av klimaendringsscenarioer basert på vår kunnskap om klimaprognoser og -data.
- Utdanning av morgendagens eksperter: anvendelse av forskningsresultater i masterkurs ved Arctic Safety Centre, UNIS. I tillegg er 12 masteroppgaver (utført av 17 studenter) skrevet tilknyttet ArctRisk (kap. 12).
- ArctRisk er i Stortingsmelding Nr.26 (2023-24), «Svalbardmeldingen», beskrevet som et godt eksempel på et forskningsprosjekt i Longyearbyen og ved UNIS med direkte relevans for Svalbard, og der resultatene er blitt tatt i bruk lokalt, se boks til høyre

2023–2024	Meld. St. 26 Svalbard
Boks 6.1 Arct-Risk (Risk governance of climate-related systemic risk in the Arctic)	mend tering sel av
Forskningsprosjektet Arct-Risk skal utvikle kunnskap og verktøy for å forstå og håndtere effekter av klimaendringer på samfunnsikkerhet. Resultatene er allerede tatt i bruk i risiko- og sårbarhetsanalyser i Longyearbyen til å utvikle sensorsystemer for overvåkning av skredterreng og til risikostyring av sørpeskred.	Nødr Justis dan bard mess
UNIS etablerer et overvåkningssystem for permafrostrelaterte skred i Longyearbyen for å kunne varsle endringer i fjellskråninger, særlig under ekstreme værforhold.	Svalb Sysse hetsa områ period vurd



Klimakafé i samarbeid med Longyearbyen lokalstyre, juni 2023 (foto: Eirik Albrechtsen)

DEL 2

Korte beskrivelser av hovedresultater

Foto: Holt Hancock

1 Klimaendringer på Svalbard, nå og i fremtiden

Bakgrunn

Klimaet i Arktiske områder er i rask endring. Ifølge Rantanen et al. (2022) har den årlige middeltemperaturen i Arktis steget nesten fire ganger raskere i Arktis enn resten av verden siden 1979. De eksakte tallene på endring varierer mellom tidsperioder, sesonger og regioner innen Arktis, men alle studier peker på at klimaendringene er større i Arktis enn i andre deler av verden. Det er denne sterke oppvarmingen av Arktis sammenlignet med resten av verden som kalles "arktisk amplifikasjon". Generelt er oppvarmingen av Arktis sterkest på vinteren og spesielt i den europeiske delen av Arktis, det vil si områdene rundt Svalbard. Denne raske regionale oppvarmingen skyldes i stor grad smelting av sjøis. På sommerhalvåret gir mindre sjøis mindre refleksjon av solinnstråling og dermed ender mer varme opp i havet. På vinteren er det ingen solinnstråling og dermed ikke samme effekt, men da vil mindre sjøis føre til økt varmetap fra havet (sjøisen fungerer som et isolerende "teppe") som igjen varmer opp atmosfæren. På denne måten bidrar tap av sjøis til den arktiske amplifikasjonen, og dette er altså spesielt tydelig rundt Svalbard.

Formål

Forskningsaktiviteter for å:

- forstå av observerte klimaendringer på Svalbard og ekstremværehendelser i Longyearbyen
- øke kunnskap om forventede klimaendringer i Longyearbyen
- anvende klimaprognoser i risikovurderinger
- formidle kunnskap om klimaendringer til ulike interessenter

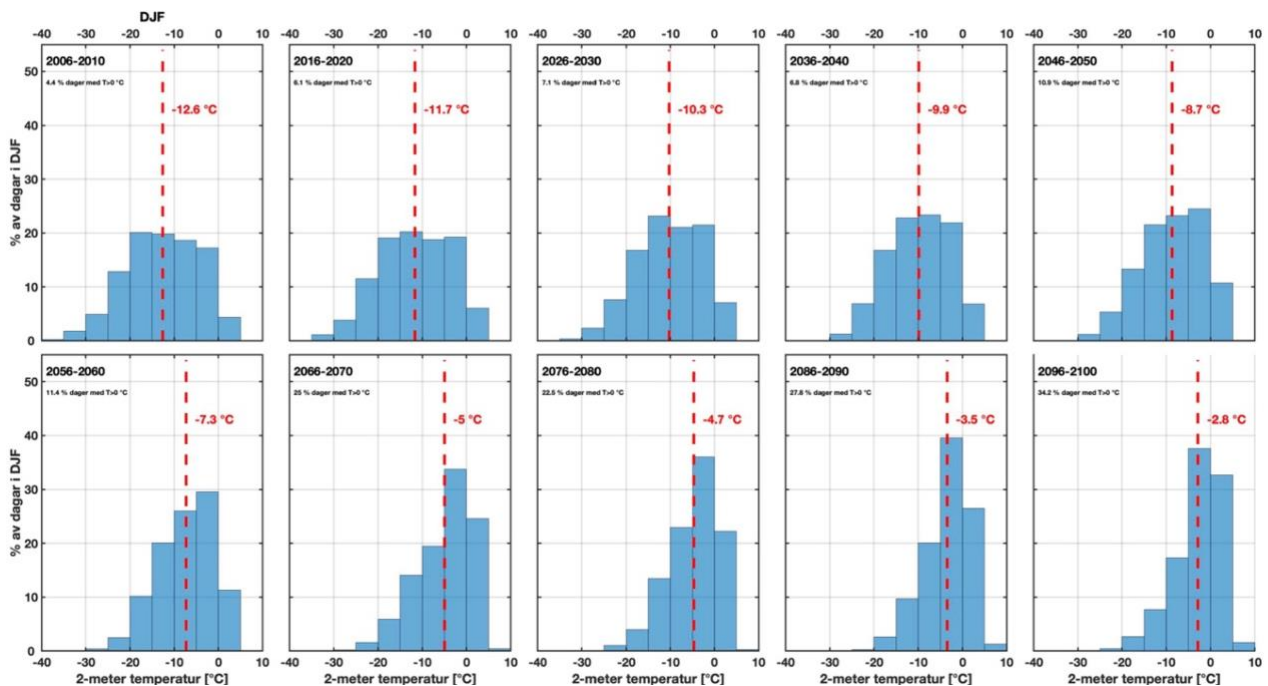
Resultater

Observerte klimaendringer på Svalbard i dag:

- Økte årstemperaturer er dokumentert ved målestasjoner på vestkysten av Svalbard og Longyearbyen fra 1980 og fram til i dag. Denne økningen er spesielt synlig på vinteren
- Økt nedbørsmengde ved målestasjoner på vestkysten av Svalbard og ved Longyearbyen
- Mer av nedbøren i dag sammenliknet med på 1970-tallet kommer som regn i stedet for snø ved målestasjoner på vestkysten av Svalbard og Longyearbyen. Dette gjelder spesielt for vinterhalvåret.

Forventede klimaendringer i Longyearbyen

Globale klimamodeller kjøres med relativt grove maskenett på 100-150 km. For å få bedre forståelse av regionale og lokale endringer må disse modellene nedskaleres, noe som for eksempel gjøres igjennom det internasjonale CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment)-initiativet. For å studere fremtidige klimaendringer på Svalbard brukte vi data fra den arktiske delen av CORDEX (Arctic CORDEX) Dette er samme data som for eksempel er benyttet i "Climate in Svalbard 2100" klimarapporten fra Norsk klimaservicesenter (NCCS), men vi har sett på disse dataene med høyere tidsoppløsning enn NCCS, gjennom å dele dem opp i 5-årsperioder frem til år 2100. Vi har fokusert spesielt på temperatur og nedbørsforhold for Longyearbyen på vinteren (da klimaendringene er sterkest). Figur 4 viser resultatene for fordeling av temperatur. Man ser en tydelig oppvarming over den studerte perioden (for desember-februar), og samtidig ser man også at antallet ekstra kalde dager minker med tiden.



Figur 4 Fordeling av temperaturer i vintersesongen i 5 års -perioder fra 2006 til 2100. Figuren viser endring i variabilitet, gjennomsnittlig vintertemperatur (rød, stiplet linje) og % av dager med temperaturer over 0°C (tekst i øvre, venstre hjørne).

Lærdom

Klimaendringene påvirker Longyearbyen-samfunnet gjennom endringer i naturfarer som omringer byen: snøskred, jordskred, steinsprang, flom og erosjon, som igjen kan påvirke infrastruktur og funksjoner i byen. Det er sannsynlig med flere naturfarehendelser i et varmere og våtere klima. Kunnskap om klimaendringer og deres påvirkning på lokalsamfunnet er derfor nødvendig for å forstå og håndtere risikoen knyttet til endringene.

For bruk i risikovurderinger er det hensiktsmessig med klimaprogner med høy (finmasket) geografisk oppløsning og korte tidsperioder. I dag er mange av klimaprogner beskrevet for store geografiske områder og i et langt tidsperspektiv helt fram til år 2100. I 2022 samarbeidet Arct-Risk med Store Norske om deres klimarisikovurdering. Et viktig bidrag fra Arct-Risk var å etablere scenarier for klimaendringene i Longyearbyen for kort, mellomlang og lang sikt som ble brukt til å identifisere hendelser og analysere risikoen ved disse.

Tabell 2: Klimascenarier for Longyearbyen til bruk i risikovurdering

Scenario 1: kort sikt (0-5 år)	Scenario 2: mellomlang sikt (6-25 år)	Scenario 3: lang sikt (25-50 år)
<ul style="list-style-type: none"> - Klimaendringene vil fortsette, og det forventes varmere og våtere vær - Det vil fortsatt være sjøis rundt øygruppen om vinteren, men med stor variasjon fra år til år. - Økt bresmelting vil fortsette - Sannsynligvis fortsette med hyppigere varmekorder - Snøsesongene vil bli kortere, men vi kan oppleve økte snømengder under enkelte stormer. - Det går mot et "Tromsø-light"-klima med hensyn til nedbør. - Ekstremscenarie: selv om klimaet generelt blir varmere og våtere, vil det fortsatt være sjeldne vintre uten regn på snø. Disse "gammeldagse Svalbard-vintrene" vil ha en sannsynlighet på 1/50 år og 1/100 år. 	<ul style="list-style-type: none"> - Klimaet vil fortsette å endre seg og bli mer likt klimaet i Tromsø - Våren vil endre seg minst, og det vil fortsatt være is rundt øygruppen, men isen vil ikke være stabil og vil komme og gå. - Det vil være stor variasjon fra år til år - Det er sannsynlig at vi vil oppleve den første helt isfrie sommeren i Arktis, noe som betyr at vi bare vil ha ettårs-is som ikke er så motstandsdyktig mot stormer og varmt vann i havet - Vintertemperaturer mellom -10 og -5 °C vil bli vanlige, mens temperaturer under -15 °C vil bli ekstremt sjeldne. Lange kuldeperioder vil forsvinne eller bli ekstremt sjeldne. - Ekstremscenarie: selv om klimaet generelt blir varmere og våtere, vil det fortsatt være sjeldne vintre med regn. I disse ekstremscenarioene vil det være minst 5 dager med regn i vintersesongen, med en sannsynlighet på 1/50 år og 1/100 år. 	<ul style="list-style-type: none"> - Klimaendringer i alle sesonger. - Ekstremårene vil kunne ha en gjennomsnittstemperatur over null grader, og snødekket vil ikke lenger være sammenhengende - Det vil bli flere smelte-fryse sykluser gjennom vinteren, noe som vil bli et årlig fenomen. - Vintertemperaturene vil variere mellom - 20 og +10 grader, med et økende antall dager med temperaturer mellom 0 og 5 grader. - Ekstremscenarie: Nedbørsmengder som tilsvarer dagens Tromsø eller et sted i Rogaland. Under slike forhold kan en enkelt varm nedbørshendelse føre til at all snø smelter.

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

Når klimaendringene allerede har påvirket Longyearbyen-samfunnet i langt større grad enn de har for fastlands-Norge, vil alle resultater fra Arct-Risk gi verdifull innsikt for å forberede og forstå fremtidig klimatilpasning på fastlandet. Konkret fra aktiviteten Arct-Risk har hatt på vær og klima, er en lærdom at å bryte ned klimaprognoiser i passende tids- og geografiske enheter er gunstig. For å gjøre ROS-analyser vil det være gunstig å bruke en kortere tidsaspekt enn å se f.eks. helt til 2100. De siste versjonene av ROS-analysen til Sysselmasteren tok begge i bruk innsikt om klimafremskrivninger fra Arct-Risk i sine vurderinger av naturfarer. Vi har bidratt med å utvikle scenarioer for Store Norske sin klimarisikovurdering i 2022. I tillegg har Arct-Risk bidratt med kunnskap til et nytt Svalbard kapittel i NVEs ny klimarapport som kommer i 2025

Mer informasjon

Wickström, S & Jonassen, M (2023) [«Klimaendringer på Svalbard nå og i fremtiden»](#) Rapport.

Wickström, S. (2022) "[Arktisk meteorologi og klima](#)» Opptak av webinar

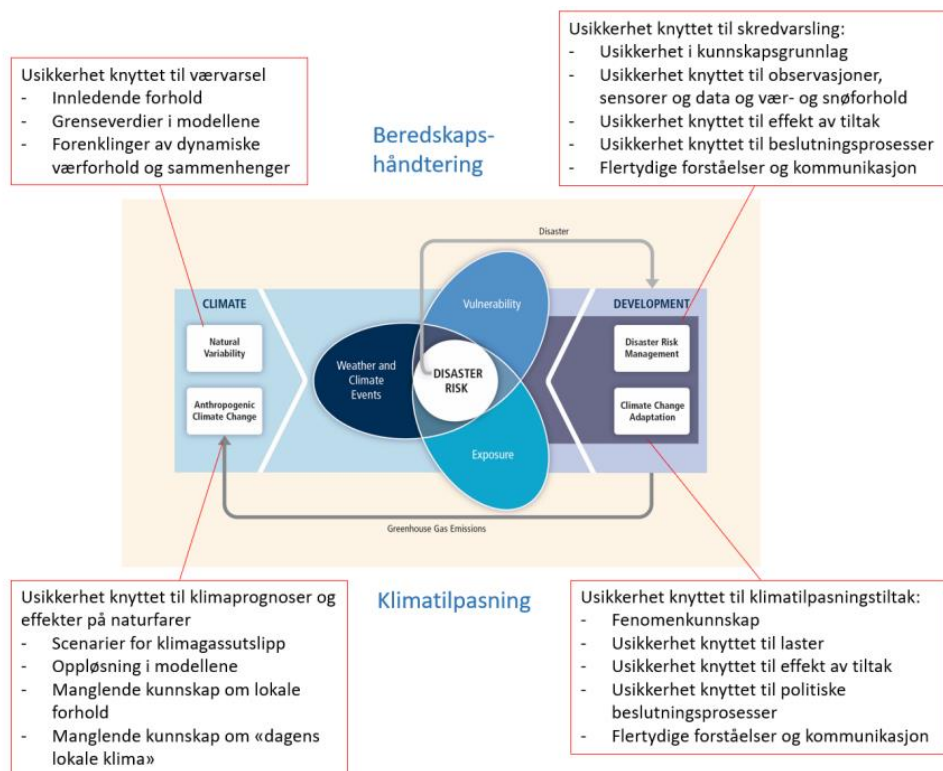
2 Usikkerhet knyttet til risikostyring, naturfarer og samfunnssikkerhet

Bakgrunn

Siden tusenårsskiftet har det vært en økt oppmerksomhet på å uttrykke risiko ved å bruke usikkerhet som en av parameterne. Blant annet har ISO31000 «Risikostyring» definert risiko som «virkningen av usikkerhet knyttet til mål», der usikkerhet er en tilstand der det er mangel på informasjon, manglende forståelse av eller kunnskap om en hendelse, dens konsekvens eller muligheten for at den skal forekomme. 1.-3. november 2022 b arrangerte Arct-Risk en workshop om usikkerhet knyttet til risikostyring, klimaendringer, naturfare og samfunnssikkerhet. Hensikten med workshopen var å skape og dele kunnskap om usikkerhet knyttet til risikostyring, naturfarer og samfunnssikkerhet. Workshopen hadde fysisk og digital deltakelse fra Icelandic Met, Longyearbyen Lokalstyre, MET, Nordkapp kommune, Norsk klimaservicesenter, NVE, Skred AS, Statens Vegvesen, Telenor Svalbard, NTNU, NTNU Samfunnsforskning, SINTEF, UiS og UNIS.

Hovedkilder til usikkerhet med hensyn til håndtering av naturfarer i Longyearbyen

Figur 5 viser usikkerhet som ble identifisert og diskutert i workshopen med utgangspunkt i IPCC (2012) sitt konseptuelle rammeverk for klimarisiko. På oversiden av figuren viser tekstboksene usikkerhet knyttet til kortsiktig håndtering av naturfarehendelser. Disse er knyttet til værvarsel og skredvarsling. I tekstboksene under figuren er usikkerhet knyttet til langsiktig håndtering av risiko (klimatilpasning) vist. Disse er relatert til klimaprognoser og klimatilpasningstiltak. Disse usikkerhetene vil igjen påvirke kunnskap knyttet til naturfarer og hvordan naturfarer igjen påvirker samfunnssikkerheten.



Figur 5: Oversikt over kilder til usikkerhet

Håndtering og kommunikasjon av usikkerhet

Basert på presentasjoner og diskusjoner i workshopen kan håndtering av usikkerhet kategoriseres i fire hovedtyper:

1. *Synliggjøring av og bevisstgjøring om usikkerhet til beslutningstakere og andre interessenter:* Synliggjøring av usikkerhet leder til en bevisstgjøring om usikkerhet hos de som skaper beslutningsgrunnlag, beslutningstakere og andre interessenter. En måte å synliggjøre usikkerhetene på, kan være å kategorisere kildene til usikkerhet, noe som kan gjøres på ulike måter. Et eksempel er kategorisering i henhold til klimaforhold, naturfarer og samfunn og risikoreduserende tiltak. Tre måter å kommunisere usikkerhet på: 1) presisere usikkerhet 2) forklare usikkerhet, og 3) summere usikkerhet.
2. *Innhente mer kunnskap:* Det ble i workshopen diskutert flere forslag til å redusere usikkerhet gjennom å innhente mer og bedre kunnskap. Eksempelvis ved å involvere lokale aktører for å bidra med input til mer tilpassede klimaprofiler og ved å legge til rette for mer datainnsamling relatert til naturfare i Longyearbyen, også ved å inkludere dette i Lokalstyrets planer. Det ble videre pekt på at tilgang til alle grunnlagsdokumenter som f.eks. med mer detaljerte klimaprofiler er en viktig kilde til å øke kunnskapsstyrke for utvikling av klimatilpasningstiltak.
3. *Føre-var strategi:* Workshopen ga to eksempler på føre-var strategier for å håndtere usikkerhet. Usikkerhet i klimaprofilenes spredninger på klimautslipp-projeksjoner har blitt håndtert politisk på nasjonalt nivå ved å velge «worst case» scenarioet med høyest utslipp (RCP 8.5) fra den internasjonale klimarapporten fra IPCC. Dermed har man en føre-var-strategi som har tatt høyde for verst tenkelig utfall. I prosjektering av sikringstiltakene i Vannledningsdalen er usikkerhet knyttet til hvordan et fremtidig klima påvirker tiltaket i stor grad blitt håndtert gjennom å designe nettkonstruksjonene med konservative dimensjonerende verdier. I tillegg er det anbefalt å følge opp antagelser som er gjort for tiltakene etter at det er satt opp.
4. *Kommunikasjon av usikkerhet mellom fageksperter og beslutningstakere og mellom beslutningstakere og berørte personer:* Kommunikasjon av usikkerhet både mellom fageksperter og beslutningstakere og mellom beslutningstakere og berørte personer, har også vært diskutert i workshopen. For eksempel viste erfaringer fra raset ved Mannen fordeler av å være åpen om hvilket kunnskapsgrunnlag man baserte evakueringsbeslutninger på. Eksempelet viser at det i kommunikasjon med de berørte var nyttig å være konkret med tanke på hvilken informasjon man hadde.

Lærdom

Temaet knyttet til begrepet usikkerhet har vært en gjenganger i Arct-Risk. Studiene demonstrerer at bedre forståelse, kartlegging og kommunikasjon av usikkerhet kan forbedre samfunnets evne til å håndtere risiko relatert til klimaendringer og naturfare. Hva er viktig lærdom fra disse aktivitetene?

- *Usikkerhet kan reduseres og håndteres* ved å kartlegge kildene til usikkerhet systematisk (som sjekklister for skredvarsling), å bruke flere datakilder og modellkjøringer for å forbedre prognoser (f.eks. ensembleprognoser i værvarsling) og/eller designe tiltak med sikkerhetsmarginer (som sikringsnettene i Vannledningsdalen).
- *Lokal kunnskap er vesentlig* i både skredvarsling og klimatilpasning. Usikkerhet kan reduseres med input fra lokale aktører for å forbedre relevansen og nøyaktigheten av tiltak. Dette gjelder for observasjoner, vurderinger av tiltak og i kommunikasjonen med lokalbefolkningen.

- *Kommunikasjon av usikkerhet er en nøkkel til tillit.* Erfaringene fra studerte evakueringssituasjoner i prosjektet viser at tydelig kommunikasjon om både risiko og usikkerhet styrker forståelsen og aksepten blant de berørte..
- *Behov for kontinuerlig læring og justering.* Klimaprofilene og prosjektene i Vannledningsdalen illustrerer hvordan tiltak må baseres på oppdatert kunnskap og justeres etter hvert som mer informasjon blir tilgjengelig.
- *Felles språk og verktøy styrker beslutningsgrunnlaget.* Bruk av standardiserte metoder, som risikomatriksen og sjekklister, gjør det enklere å kommunisere komplekse forhold på tvers av fagfelt og mellom fagfolk og beslutningstakere.

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

Fremtidige klimaendringer vil være knyttet til stor grad av usikkerhet – vi vet at klimaet endrer seg men ikke hvordan. Det vil trolig skje flere naturfarehendelser i framtiden, men vi vet ikke hvor ofte de vil skje og hvilke hendelser som vil skje. Og vi vet ikke hva konsekvensene av slike hendelser vil være. Identifisering og håndtering av usikkerhet er derfor essensielt i systematiske risikosamstyring knyttet til klimatilpasning og håndtering av naturfarehendelser.

Videre lesning:

Albrechtsen, E., Holen, S. og Wickström, S. (2023) [Usikkerhet knyttet til risikostyring, naturfarer og samfunnssikkerhet](#). NTNU-rapport, Oppsummering av Arct-Risk workshop i Longyearbyen 1.-3.nov. 2022

Albrechtsen, E. (2022) [Introduksjon til usikkerhetsbegrepet i risikosamstyring](#) (presentasjon)

Albrechtsen, E, Holen, S (2023) [Identifying and managing uncertainty in governance of climate-related risk: Lessons from an Arctic society](#). Presentert på ESREL 2023



Foto: Holt Hancock

3 Evaluering av den lokale snøskredvarslingen i Longyearbyen

Bakgrunn

Etter den fatale snøskredulykken i 2015 ble det innført lokal snøskredvarsling i Longyearbyen. Denne varslingen ble den gang gjennomført av NVE. I 2017 gikk det et nytt snøskred på nesten samme sted, og etter en gjennomgang av denne ulykken ble det konkludert med blant annet mangelfull håndtering av usikkerhet. Fra 2019 var det Skred AS som overtok den lokale snøskredvarslingen i Longyearbyen, og som var ansvarlig for denne i skredsesongen 2020-2021, når Arct-Risk prosjektet startet arbeidet med å evaluere den lokale snøskredvarslingen. Evalueringen baserte seg også i noen grad på skredsesongen 2021-2022.



Det utarbeides to typer lokalvarsel for Longyearbyen, et daglig varsel og et detaljert varsel. Daglig varsel utarbeides i perioden 1. november - 31. mai. Et detaljert varsel utarbeides basert på en vurdering av behovet for dette i det daglige varselet. Dersom det anbefales midlertidige tiltak (gult varsel) eller evakuering (rødt varsel) innkaller Sysselmasteren til et vurderingsmøte hvor tiltak besluttes. Her deltar også Longyearbyen lokalstyre, NVE og skredvarslingstjenesten (som da var Skred AS).

Evalueringen ble gjennomført i nært samarbeid med en lokal brukergruppe bestående av Longyearbyen lokalstyre (LL), Sysselmasteren på Svalbard (SMS), Telenor Svalbard AS, Nordkapp kommune, Skred AS, Norges vassdrags og energidirektorat Region Nord (NVE), og Arctic Safety Centre i UNIS. Dette gjaldt spesielt de ansvarlige for lokalvarslingen (NVE og LL), den som utarbeider lokalvarsel (Skred AS), bidragsytere til lokalvarsel (UNIS og Telenor), og bruker/beslutningstaker (SMS). Skred AS gjennomførte varslingstjenesten på oppdrag av NVE, mens UNIS gjennomførte observasjoner på oppdrag av LL. I tillegg foretok UNIS innsamling av data, eksempelvis snødybdemåling, via sensorer utviklet i samarbeid med Telenor. Sensorteknologien er beskrevet nærmere i et eget delprosjekt.

Formål

Hovedhensikten med evalueringen av den lokale snøskredvarslingen i Longyearbyen var å bidra til best mulig kvalitet på snøskredvarslingen, herunder synliggjøring av usikkerhet, som underlag for beslutning om tiltak. Fokus var rettet mot utarbeidelse og bruk av lokalvarselet (nå betegnet som stedsspesifikt varsel eller stedsspesifikt skredbanevarsel), og mulige forbedringer, spesielt knyttet til innhold og struktur.

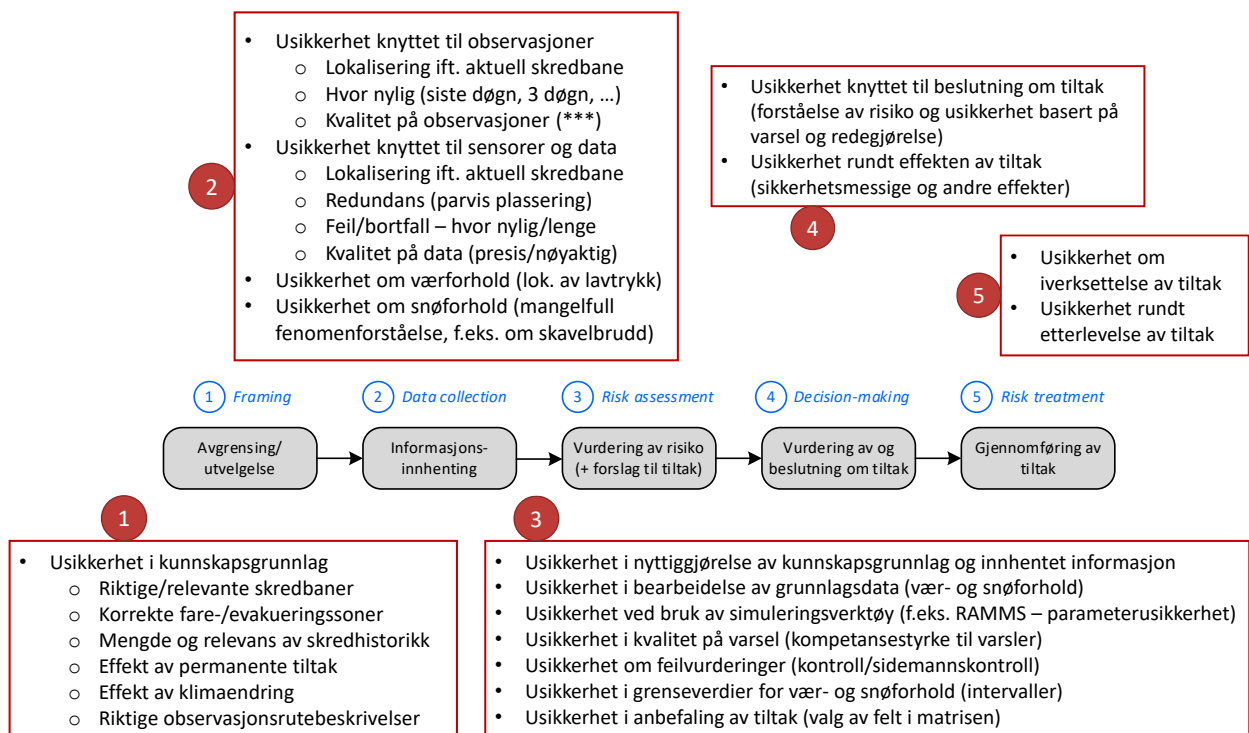
Praktiske forbedringsforslag til lokalvarslene (daglig varsel og detaljert varsel) ble basert på et risikofaglig perspektiv, herunder utformingen av risikomatrixene og formidling av risiko og usikkerhet, uten å gå i dybden på det skredfaglige, slik som snødekkeprofiler og oppbyggingen av snødekket.

Resultater

Hovedresultatet er en liste med forbedringsforslag knyttet til:

- Usikkerhet i detaljert varsel
- Usikkerhet i daglig varsel
- Matrixene i daglig og detaljert varsel
- Grunnlagsdokumentene
- Detaljert varsel generelt
- Daglig varsel generelt

Om lag halvparten av forbedringsforslagene rettet seg mot bedre håndtering av usikkerhet i varslene. En oversikt over bidrag til usikkerhet i de ulike trinnene i rammeverket for risikosamstyring er vist i figuren under.



Figur 6 Usikkerhet i trinnene i risikosamstyring for skredvarsling

Lærdom

Hovedkonklusjonen var at den lokale skredvarslingen fungerte godt og at den ble oppfattet som hensiktsmessig. Det var et tett og godt samarbeid mellom observatører og varslerer, og informasjon fra observasjoner reflektertes ofte direkte i varslene i langt større grad enn det ble gjort i det regionale varselet. Det er allikevel mulig å forbedre lokalvarslingen. En av utfordringene det ble sett spesielt på var håndteringen av usikkerhet, blant annet som følge av anbefalingen fra NVE (etter skredulykken i 2017) om at lokalvarslingen tar mer hensyn til usikkerheten i

varslene. Arbeidet med håndtering av usikkerhet ble videreført i Arct-Risk gjennom utvikling av en usikkerhetssjekkliste, som beskrevet i neste kapittel.

Forbedringsforslagene var i første rekke rettet mot snøskredvarslingen i Longyearbyen, men mange av forslagene er generaliserbare og kan benyttes i andre lokalvarsel. Rapporten kan også benyttes av NVE ved utarbeidelse av en generell retningslinje for lokalvarsel (stedsspesifikt varsel) i Norge.

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

Snøskredvarslingen er først og fremst værpåvirket, og i mindre grad – eller langsommere – påvirket av endringer i klimaet, men det er noen forhold som er viktig med hensyn til håndtering av klimaendringer. I konklusjonene etter evalueringen av skredulykken i 2017 sier NVE blant annet: "For å fange opp de fleste farlige situasjoner er det viktig at man tar høyde for usikkerhet. Klima er i endring, og tidligere snø- og skredhistorikk gir ikke nødvendigvis det fulle bildet av dagens situasjon." Tidligere snø- og skredhistorikk inngår i et grunnlagsdokument utarbeidet av NVE, som underlag for valg av hvilke skredbaner som skal dekkes av snøskredvarslingen. Dette vil gradvis endres over tid som følge av klimaendringene, og også ved at det innføres permanente tiltak for noen av skredbanene. Det er derfor viktig at mulige endringer i skredbaner og type skred (eksempelvis sørpeskred) vurderes ved regelmessig (årlig) oppdatering av grunnlagsdokumentet. Observasjoner og sensorteknologi må tilpasses deretter, eksempelvis sensorteknologi egnet for sørpeskred.

Videre lesning

Øien K. og Albrechtsen E (2022) . [Lokalt snøskredvarsel for Longyearbyen. Evaluering av nåværende system.](#) SINTEF rapport 2022:01035.

Øien, K., H. Hancock, Indreiten, M. og Albrechtsen (2022). [Evaluation of a Local Avalanche Forecasting System in Svalbard](#), Presentert på ESREL 2022



Foto: Martin Indreiten

4 Usikkerhetssjekkliste

Bakgrunn

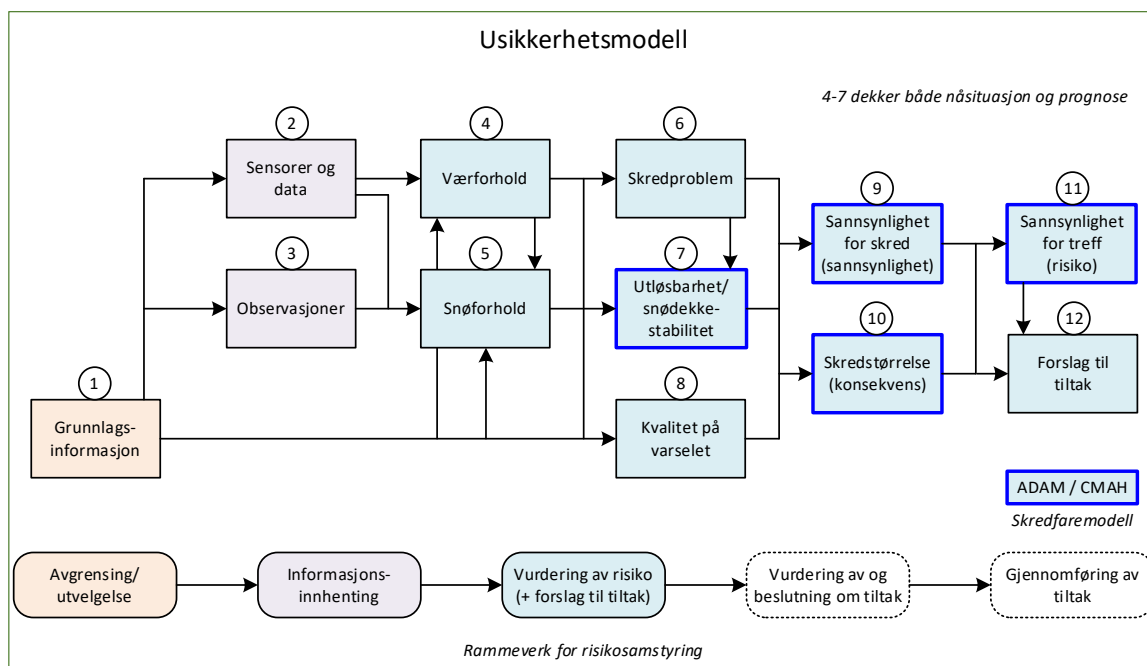
Arbeidet med en usikkerhetssjekkliste bygger videre på evalueringen av den lokale snøskredvarslingen i Longyearbyen, og forbedringsforslag rettet mot bedre håndtering av usikkerhet i varslene. I evalueringen etter skredulykken i 2017 peker NVE direkte på behovet for dette: "Det lokale varslene må i større grad kommunisere usikkerheten i vurderingene og grunnlagsdataene. Det bør innføres en sjekkliste for å synliggjøre usikkerhet."

Formål

Hovedhensikten med usikkerhetsvurderingen er å gjøre snøskredvarslene oppmerksomme på svak kunnskap i varselet og på bakgrunn av dette vurdere ytterligere undersøkelser for å redusere usikkerheten, samt å formidle dette til beslutningstakerne. En robust beslutning krever at beslutningstakerne forstår usikkerhetene.

Resultater

Resultatene består av en usikkerhetsmodell og en usikkerhetssjekkliste. Disse er ledsaget av veiledning om definisjoner/forklaringer av hver usikkerhetsfaktor og veiledning om hvordan man vurderer både individuelle usikkerhetsfaktorer og den samlede aggregerte usikkerheten. Usikkerhetsmodellen og usikkerhetssjekklisten med eksempel på bruk er vist nedenfor.



Figur 7 Usikkerhetsmodell for skredvarsling

Modellen består av 12 usikkerhetsfaktorer eller kilder, knyttet til de relevante trinnene i rammeverket for risikosamstyring, og bokser med tykk blå ramme angir hvilke faktorer som er basert på skredfaremodeller. Nummereringen følger arbeidsflyten til skredvarslene.

De 12 usikkerhetsfaktorene/kildene fra usikkerhetsmodellen er listet opp kronologisk fra topp til bunn i henhold til arbeidsflyten i skredvarslingen, og de er gruppert i henhold til de tre første fasene av rammeverket for risikosamstyring. Deretter vurderes hver usikkerhetsfaktor som lav, middels eller høy usikkerhet av varslene.

Faktorer med middels eller høy usikkerhet må spesifiseres (vist med blå tekst i siste kolonne for eksempelet i figuren). Til slutt angis en samlet usikkerhet basert på vurderingene av de enkelte faktorene, både beskrivende og ved å angi lav, middels eller høy samlet usikkerhet. Usikkerhetssjekklisten søker derfor å klargjøre hva vi vet og hva vi ikke vet, og i hvilken grad.

Usikkerhetsvurdering				
USIKKERHET - Totalvurdering	Lav	Medium	Høy	
<i>Usikkerheten i varselet er høy som følge av manglende observasjoner og data, herunder snødybde. Usikker skredstørrelse.</i>				X
FORHOLD/KILDER TIL USIKKERHET	Lav	Medium	Høy	Spesifisering (for Medium og Høy usikkerhet)
USIKKERHET I GRUNNLAG				
1. Grunnlagsinformasjon		X		<i>Usikkerhet om grunnlagsinformasjon om pålagring ved gitte vindretninger</i>
USIKKERHET I INNHELTET INFORMASJON				
2. Sensorer og data			X	<i>Usikker snødybde da snødybdemålerne er ute av drift</i>
3. Observasjoner			X	<i>Lite tilgjengelige observasjoner (kun uskarpe bilder)</i>
USIKKERHET I VURDERINGENE				
4. Værforhold - nåsituasjon og prognose	X			
5. Snøforhold - nåsituasjon og prognose		X		<i>Usikkerhet om hvilket sjikt skred løsner</i>
6. Skredproblem - nåsituasjon og prognose	X			
7. Utløsbarehet/snødekkestabilitet - nåsituasjon og prognose	X			
8. Kvalitet på varselet	X			
9. Sannsynlighet for skred (sannsynlighet)	X			
10. Skredstørrelse (konsekvens)			X	<i>Usikkerhet om skredstørrelse og utløpslengde</i>
11. Sannsynlighet for treff (risiko)	X			
12. Forslag til tiltak	X			

Figur 81. Eksempel på utfylt usikkerhetssjekkliste

Lærdom

Vi har utviklet en usikkerhetssjekkliste basert på en usikkerhetsmodell, som teoretisk er basert på et rammeverk for risikosamstyring, skredfaremodeller og arbeidsprosesser for skredvarslerne. For å gjøre den praktisk anvendbar er omfanget av vurderingen balansert opp mot samlet tid og innsats for å gi et skredvarsel. Den er også inkludert i skredvarslingssmalen for å gjøre usikkerhetsvurderingen effektiv.

Noen justeringer ble gjort før testing, mens den første testingen ikke avdekket noe ekstra behov for å legge til eller fjerne usikkerhetsfaktorer. Fortsatt bruk kan imidlertid føre til ytterligere justeringer, også når det gjelder veiledning om definisjoner og evalueringer, blant annet for å gjøre usikkerhetsvurderingen mindre påvirket av den subjektive oppfatningen til hver enkelt varslar.

Sjekklisten gir merverdi til varslerne når det gjelder bevissthet og påminnelse om de individuelle usikkerhetsfaktorene som må vurderes under utarbeidelsen av skredvarselet, noe som ble bekreftet under den første testperioden. Sjekklisten antas også å gi merverdi til risikoeierne i form av mer robuste beslutninger. En hovedutfordring med å ta usikkerhetssjekklisten i bruk er mangel på insitamenter for tilbyderne av varslingstjenester når pris er det eneste kriteriet som benyttes for å skille tilbyderne.

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

Når det gjelder håndtering av klimaendringer er det særlig den første usikkerhetsfaktoren/kilden som er viktig, dvs. om grunnlagsinformasjonen er tilstrekkelig oppdatert med hensyn til mulige nye skredbaner og former for skred, slik som sørpeskred. Sørpeskred vinterstid antas å øke som følge av klimaendringene.

Videre lesning

Øien K, Albrechtsen E, Kronholm K, Nordbrøden H, Hancock H, og Indreiten M.(2023) [Uncertainty assessment and communication in site-specific avalanche warning – a model and a checklist](#). Presentert på *International Snow Science Workshops (ISSW) 2023*.

5 Usikkerhet knyttet til utvikling av sikringstiltak



Bakgrunn

Mens klimaendringer påvirker miljøet i en global skala vil konsekvensene merkes lokalt. For å håndtere disse endringene er det behov for å implementere klimatilpasningstiltak på lokalt nivå. Planlegging og implementering av klimatilpasning krever kunnskap på flere nivåer, inkludert tekniske og sosiale aspekter. Usikkerhet er en iboende del av slike prosesser og må tas i betraktning ved utvikling av klimatilpasningsstrategier. I Longyearbyen merkes klimaendringene med endrede forhold for snøskred og et av klimatilpasningstiltakene er bygging av strukturelle barrierer for snøskred.

Formål

Målet med studien er å identifisere hvordan usikkerhet er håndtert i prosessen med å implementere en skredbarriere i Vannledningsdalen. De siste årene er det endrede forhold for sørpeskred i denne dalen og tidligere forebyggende tiltak ved å fjerne snø kan ikke lengre brukes. Derfor har det blitt vurdert som nødvendig å forebygge sørpeskred med sikringsnett. Studien setter søkelys på planprosessen som ble ledet av Longyearbyen Lokalstyre og gjort i samarbeid med NVE og konsulentgruppen som prosjekterte skredbarrierene, og baserer seg både på dokumentstudier og intervjuer.

Resultater

Det er identifisert flere kilder til usikkerhet i de ulike stadiene av prosessen, disse knytter seg til for eksempel manglende inkludering av lokalkunnskap og befolkningens forventninger, designløsninger som ikke tidligere er brukt for sørpeskred og konsekvensvurderinger. De ulike aktørene i prosessen forholder seg ulikt til usikkerhetene. Selv om myndighetene implisitt inkluderer usikkerhet i dokumentasjon, er det lite eksplisitt diskusjon av usikkerhet i dokumentasjon av planprosessen. Konsulentene diskuterer i større grad usikkerhet eksplisitt i prosjekteringsanalysene. For konsulentene er vitenskapelige usikkerheter i fokus, mens myndighetene nevner politiske beslutninger som viktigst.



Foto: Stig Johannessen



Foto: Stig Johannessen

Lærdom

Usikkerhetene identifisert i studien indikerer et behov for en mer åpen diskusjon om usikkerhet og manglende kunnskap. En mer åpen tilnærming til å inkludere usikkerheter vil kunne bidra til å identifisere mer målrettede strategier for å håndtere dem. Løsninger for å diskutere usikkerheter på tvers av disipliner er også nødvendig, selv om dette ikke er en enkel prosess. Studien finner også at sosiale aspekter, som medvirkning fra innbyggerne, mangler.

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

I fremtiden vil det være nødvendig å implementere klimatilpasningstiltak for ulike naturfarer som flom og jordskred, og usikkerheter vil være en del av disse klimatilpasningsprosessene. Å bli mer komfortabel med å diskutere usikkerheter kan være et verktøy for å finne bedre løsninger i fremtidige klimatilpasningsprosesser.

Videre lesning

Albrechtsen, E., & Holen, S. (2023). [Identifying and Managing Uncertainty in Governance of Climate-Related Risk: Lessons From an Arctic Society](#). Presentert på ESREL 2023

Holen, S (in review) Climate adaptation and risk governance: a qualitative study on uncertainty during implementation of physical avalanche barriers in Longyearbyen

6 Betydningen av lokalkunnskap for snøskredvarsling

Bakgrunn

Klimaendringer endrer naturen rundt oss og farene den representerer. Snøskred oppstår på nye steder, og i nye former sammenlignet med det som var vanlig tidligere. Det innebærer at vurdering av snøskredfare krever mer enn generisk kunnskap; det krever også kunnskap om snøskred som kan settes i sammenheng med kunnskap om lokale forhold. I skredforskning er det behov for mer forståelse for hvordan observatører og varslere anvender lokalkunnskap i varslingsarbeidet.

Formål

Studien hadde til formål å styrke forståelsen av hvilke typer og hvordan lokalkunnskap kommer til anvendelse når observatører og varslere arbeider med å forstå skredrisiko i spesifikke omgivelser. Studien fokuserer på meningskaping, og hvordan lokale observatører og varslere arbeider med å skape mening av ulike former for informasjon og data. Vi stiller spørsmål om hva som er ingrediensene i lokalkunnskap med hensyn til skredvarsling, og hvilken rolle lokalkunnskap spiller i meningskaping.



Resultater

Vi anvender perspektiver fra litteraturen om sensemaking (meningskaping), sensework og taus kunnskap for å analysere og konseptualisere observatørenes og varslernes arbeidsmetoder og tolkningsmetoder, og vi gjør dette på en måte som muliggjør generalisering ut over de spesifikke casene i Longyearbyen.

Skredrelatert kunnskap er nært forbundet med observatørenes erfaringer med og utforsking av den lokale geografien og topografien, og ikke bare i profesjonell sammenheng; observatører er ofte friluftsmennesker som går på tur, står på ski eller guider andre i nærmiljøet, og slik opparbeider seg verdifull erfaring om lokal geografi og topografi. Dette kommer til anvendelse i skredvarslingsarbeidet.

Vi har identifisert tre ulike dimensjoner ved lokalkunnskap:

- situert, sosial kunnskap (f.eks. skapt i sosial omgang med andre observatører)
- kroppsliggjort kunnskap (f.eks. 'følelse for snø')
- syntetisk kunnskap (kunnskaping med støtte i sensorbasert teknologi).

Disse dimensjonene ved kunnskap har implikasjon for utvikling og drift av skredvarslingssystemer.

Lærdom

Forskningsresultatene har ikke bare betydning for de som utformer skredvarslingssystemer og organisering av disse, de har også – og først og fremst – betydning for mennesker som bor i skredutsatte områder. Skredvarsling er ikke bare avhengig av kvalitet i selve varslingen, effekten av varsling er også avhengig av tillit mellom lokalbefolkning og observatører. Tillit til risikovurderinger styrkes av gjennomsiktighet i arbeidsmetodikk og kunnskapsgrunnlag, og forskningsresultatene bidrar til dette.

Det er også mulig å trekke lærdommer for innkjøpere av varslingstjenester. Deres utfordringer skriver vi om under «Betydningen av taus kunnskap i offentlige anskaffelser av skredvarslingstjenester».

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

Med klimaendringer forventer vi oss varmere, våtere og villere vær, noe som vil gi økt behov for skredvarsling mange steder, også på steder som ikke har vært skredutsatt tidligere. Dette betyr også at det vil være behov for flere skredobservatører i fremtiden. Resultatene fra denne studien vil blant annet ha betydning for kvalitet i rekruttering og opplæring av observatører.

Videre lesning

Johannessen, S., & Haavik, T. K. (2024). [The role of local knowledge in snow observation and applied snow avalanche forecasting in Longyearbyen, Svalbard](#). *Cognition, Technology & Work*, 26(3), 417-433.



7 Betydningen av taus kunnskap i offentlige anskaffelser av skredvarslingstjenester

Bakgrunn

Lov om offentlige anskaffelser har til hensikt å fremme effektiv bruk av samfunnets ressurser, samtidig som den skal bidra til at det offentlige opptre med integritet, slik at allmennheten har tillit til at anskaffelser skjer på en samfunnstjenlig måte. For å sikre rettferdig konkurranse og for ikke å favorisere enkelte tilbydere, setter loven begrensninger for offentlige innkjøpers interaksjon med tilbydere, involvering i tjenesteleverandørens arbeid, og fleksibiliteten med hensyn til tilpasning av kontrakter etter at en anbudskonkurranse er vunnet. Videre skal loven forhindre favorisering ved å fastslå at profesjonelle relasjoner som utvikles mellom innkjøpere og tilbydere i en kontraktsperiode ikke skal tillegges vekt ved konkurranseutsatt fornyelse av kontrakt. Anskaffelsesloven gjelder i utgangspunktet også for sikkerhetskritisk infrastruktur, og omfatter dermed også anskaffelse av tjenester knyttet til snøskredvarsling.

Formål

Disse kravene, som skal sørge for rettferdig konkurranse, gjør at *kvalitet i tjenestene* står i fare for å falle ut av ligningen. I dette arbeidet utforsker vi hvilke konsekvenser anskaffelsesregelverket kan ha for kvalitet i tjenester. Vi ønsker å belyse betydningen av taus kunnskap som utvikles gjennom faglig erfaring og relasjonsbygging i kontraktsperioden, og hvordan anskaffelsesloven påvirker muligheten til å vektlegge slik taus kunnskap i konkurranser. Systemet for snøskredvarsling i Longyearbyen er et case i studien.

Resultater

Studien identifiserer og beskriver ulike former for kunnskap som forvaltes innenfor rammene av en skredvarslingstjeneste.

- *Situasjonell kunnskap hos lokale observatører* omfatter både individuell ekspertise og kunnskap utviklet gjennom utdanning og erfaring, og kunnskap som er situert i det profesjons-sosiale fellesskapet som utvikles mellom lokale observatører
- *Profesjonell kunnskap* inkluderer generisk og spesifikk kunnskap, organisatoriske strukturer og rutiner og tjenesteleverandøren,
- *Relasjonell kunnskap*, som handler om kunnskap som er situert i relasjonen mellom tjenesteleverandøren og de lokale observatørene.

Lærdom

Særlig den relasjonelle kunnskapen er vanskelig å forvalte innenfor rammene av anskaffelses-regelverket. Dette er taus og i stor grad usynlig kunnskap i kontraktssammenheng, og risikerer dermed å gå tapt for hver ny kontraktsrunde. Dette er ikke intensjonen i regelverket, men like fullt en konsekvens av tendensen til å 'kommodifisere' tjenester, dvs spesifisering av tjenester som besående av standardiserte og avgrensede oppgaver. Den tause kunnskapen vi har beskrevet i denne studien kan minne om enkelte av egenskapene man i sikkerhetslitteraturen knyttet til Høypålitelige Organisasjoner, og kan slik sett peke på utfordringer med å kontraktsfeste høypålitelighet.

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

Med klimaendringer forventer vi oss varmere, våtere og villere vær, noe som vil gi økt behov for skredvarsling mange steder, også på steder som ikke har vært skredutsatt tidligere. For å sikre gode skredvarslingstjenester er det viktig å sikre en best mulig forvaltning av kunnskap som opparbeides gjennom praksis og samhandling i slikt arbeid. Denne forskningsaktivitet har rettet søkelys mot dette.

Videre lesning

Størkersen, K. V., Haavik, T. K., Almklov, P. G., Gauteplass, A. Å., & Jore, S. H. (2024). [Unprocurable essentialities: Situational and relational knowledge in publicly procured security services](#). *Safety Science*, 178, 106605.

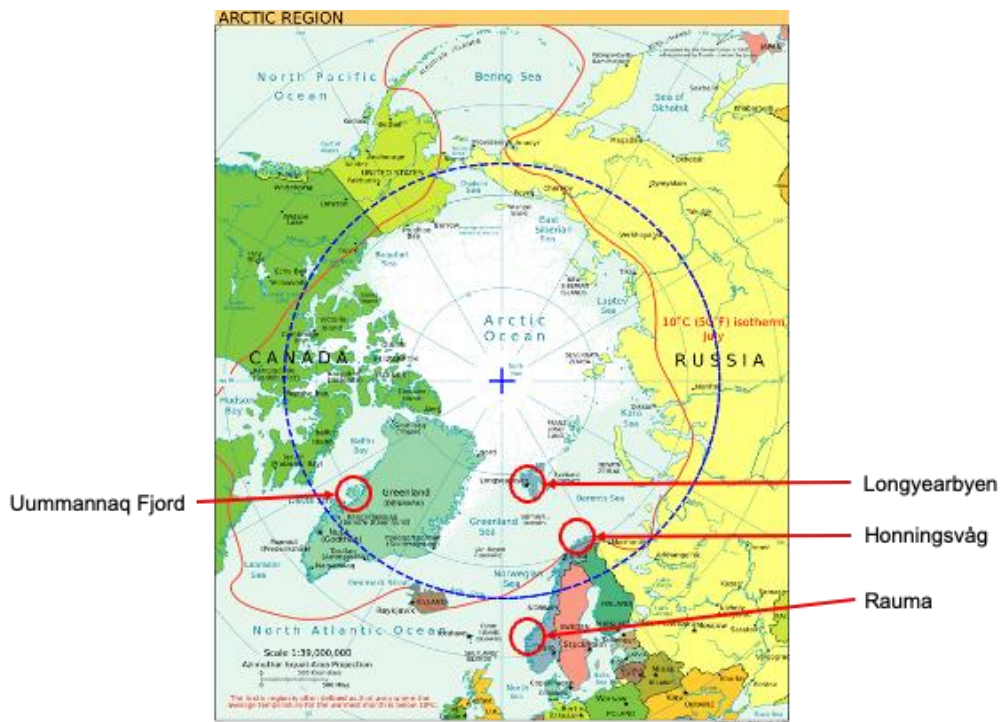


Foto: Holt Hancock

8 Samskapning av risiko i evakueringsssituasjoner

Bakgrunn

Klimaendringer fører til omfattende endringer i temperatur, nedbørsmønstre, havnivå, og frekvensen av naturfarer og ekstremvær. Dette utfordrer sikkerheten til kritiske funksjoner, infrastrukturer, og liv og helse til innbyggere i utsatte samfunn. Flere nordlige og arktiske samfunn står nå overfor risikoer de ikke tidligere har erfart, og må håndtere gjentatte farer som steinskred, tsunamier og snøskred. Blant disse har Karratfjorden i Grønland, Rauma og Honningsvåg i Norge, og Longyearbyen på Svalbard, erfart en økning i farer som steinskred, flomskred, jordskred, snøskred, og skredutløste flodbølger. Gjentakende evakuering og noen ganger permanent fraflytting har derfor vært nødvendige risikohåndteringstiltak for å bevare samfunnssikkerheten i disse samfunnene som er studert i denne komparative casestudien.



Formål

Med økt sannsynlighet for høyere konsekvenser av naturfarer vil også behovet for overvåkning øke. Evakuering som er organisatorisk midlertidig risikohåndteringstiltak mot akutte naturfarer som skred, ras, flom, og konsekvenser av ekstremvær vil bli vanligere i flere lokalsamfunn i fremtiden. Prosjektet har sett på evakuering for å forstå hvordan effektiv risikohåndtering kan oppnås igjennom risiko samskapning, hvor myndigheter, eksperter og innbyggere samarbeider for å utarbeide en felles forståelse for risiko. Ved å studere beslutnings- og meningsdannelsesprosessen som fører til evakuering, ønsket vi å forstå hvordan ulike aktører—spesielt myndigheter, eksperter og innbyggere—kan kommunisere mer effektivt for å redusere spenninger og bygge tillit. Dette arbeidet er en viktig del av beslutningsprosessen for å oppnå en ofte manglende fellesforståelse for lokalt eierskap og sosiomaterielle tilhørighet.

Resultater

Studien tilsier at vellykkede evakueringsmønstre avhenger av risiko-samskapningsprosesser hvor alle involverte aktører er aktive i beslutnings- og kommunikasjonsprosessene. Videre, var også viljen til å anerkjenne og integrere de ulike lokale aktørenes lokale forankring og sosiale investeringer avgjørende for å etablere gode relasjoner mellom myndigheter, eksperter, og de utsatte innbyggerne. Kontinuerlig kommunikasjon var også særlig viktig for å bevare tålmodigheten til innbyggere som grunnet risikoens natur ble evakuert over lengre- og flere perioder med høy usikkerhet. Kommunikasjonsprosessene førte også til økt tillit mellom partene som følger av at aktørene fikk et eierskap til faren, men også til de potensielle konsekvensene.

Lærdom

Funnene fremhever viktigheten av at risiko-samskapning innebærer en delt forståelse for de sosiomaterielle kostnadene ved risiko. Det handler ikke bare om å forstå den umiddelbare faren, men også hvordan risikoen også påfører lokalsamfunnet andre kostnader. Denne tilnærmingen førte til utarbeidelsen av en generisk modell for risiko samskapning som framhever dikotomien mellom vitenskapelig- og lokal- kunnskap, samt fortids- og fremtids- kunnskap. Hvor bevissthet rundt dette vil kunne styrke risikohåndtering igjennom å gi legitimitet og sosial aksept for evakueringsbeslutninger.

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

Modellen vil særlig kunne bli viktig i en fremtid preget av en økning i klima-relatert risiko hvor stadig flere samfunn vil bli utsatt for hyppigere og mer intense naturhendelser. Kontinuerlig kommunikasjon og relasjonsbygging vil bli spesielt viktig for risikohåndtering av situasjoner hvor permanente tekniske tiltak ikke kan innføres. Funnene tilsier at risiko samskapning kan styrke innbyggeres evakueringskapasitet og redusere konflikt, samt fremhever det behovet for liknende dialogiske kommunikasjonsprosesser i andre samfunn som opplever, og vil oppleve naturfarer. Dette gjelder spesielt i samfunn hvor svak kunnskapsstyrke om fareutvikling, og høy lokal sosialmaterialistisk investeringsgrad. Denne forskningen fremhever dermed viktigheten av å utvikle og tilpasse kommunikasjonsstrategier som en del av risikobasert klimatilpasning.

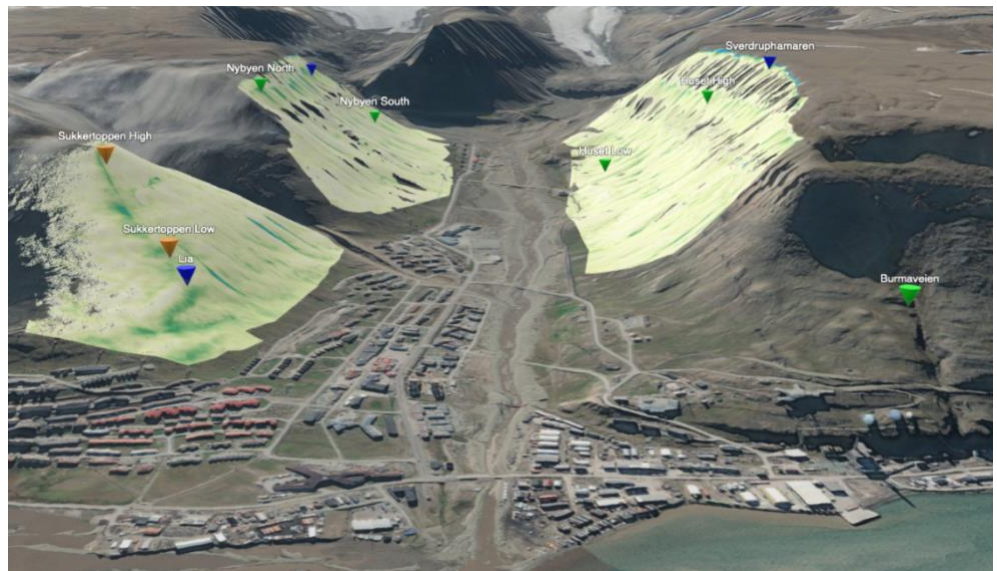
Videre lesning

Johannessen, S. m.fl. (2025) Co-creation of risk in evacuation settings: A risk governance approach to natural hazards risks. Safety Science

9 Bruk av sensorteknologi som en del av risikosamstyring

Bakgrunn

En sentral del av det lokale varslingsystemet som ble etablert i Longyearbyen etter snøskredene i 2015 og 2017 har vært ultrasoniske sensorer for å måle snødybde. Sensorene måler snødybden i terreng som er vanskelig tilgjengelig i vintersesongen og utsetter heller ikke observatører for skredrisiko i forbindelse med målinger. Før vinteren 2017/18 ble det etablert tre sensorstasjoner for å måle snødybde, en i Lia over sentrum, en over Nybyen og en over Huset (mørkeblå markeringer i **Error! Reference source not found.** under). Før 2021/22 sesongen ble de opprinnelige sensorene erstattet med tre par med sensorer (sekst totalt) i de samme områdene som de første sensorene (grønne markeringer). De to sensorene i Sukkertoppen (oransje markeringer) er i dag fjernet siden det er etablert permanente sikringstiltak der. Før 22/23 sesongen ble det etablert en sensor over Burmaveien (grønn markering). Siden de første sensorene i 2017 har det også vært en teknologisk utvikling med lavere kostnader og lavt elektrisk forbruk, som muliggjør overvåkning av naturfarer på en rimelig og fleksibel måte.



Oversikt over sensorer i Longyearbyen.

Formål

- Etablere en beste praksis for utvikling av sensorsystemer for måling av snødybde som en del av risikohåndtering/skredvarsling
- Forklare hvorfor bruk av sensorsystemer er et verdifullt bidrag til klimatilpasning

Grunnlaget for forskningen har vært utvikling og bruk av systemet for snødybdemåling i Longyearbyen og Honningsvåg gjennom 5 vintersesonger fra en «proof-of-concept» test av teknologien i 2017 til et robust system for å måle snø dybde som en viktig del av skredvarslingen i dag

Resultater

Sensorer for å overvåke snødybde både i Longyearbyen og Honningsvåg brukes som en av inputene i lokal snøskredvarsling. Sensorene gir kunnskap om snøforhold som ikke er tilgjengelig på andre måter, og er sammen med observasjoner av snødekket (se kapittel 5) viktig lokal input til daglig og detaljert snøskredvarsel for beslutninger om tiltak. Erfaringer fra Longyearbyen viser at sensorene gir gode indikasjoner på endringer i snødekket og dermed også betydningsfulle endringer i risikobildet.

Beste praksis for bruk av sensorteknologi for naturfarehåndtering

Beste praksis for bruk av sensorteknologi for naturfarehåndtering, basert på erfaringer med utvikling av og bruk av ultrasoniske sensorer for å måle snødybde i Longyearbyen og Honningsvåg:

- *Sensorteknologi tilpasset naturfaren.* Valgte sensorer må måle sentrale fysiske parametere for den aktuelle naturfaren. Utviklingen av sensorsystemet bør inkludere den beste tilgjengelige sensorteknologien, samtidig som det tas hensyn til ressursbegrensninger knyttet til tilgjengelige arbeids- og økonomiske ressurser i implementering, drift og vedlikehold.
- «*Low cost, low power*». Sensorkonsepter med lave kostnader muliggjør installasjonen av flere sensorer. Dette betyr at store områder kan dekkes av sensorsystemet og åpner opp for å installere sensorer på utsatte steder der sensorer også kan bli ødelagt. Lavstrømsensorer begrenser vedlikeholdstid og -kostnader, muliggjør plassering på steder med begrenset tilgang eller strømforsyning, og bidrar til å bedre datalevering.
- *Risikoinformert plassering av sensorer.* Plassering av sensorene spiller en kritisk rolle for den totale ytelsen til et sensorsystem. En risikoinformert tilnærming i planleggingsfasen vil styrke kvaliteten av sensorsystemet. Bruk av ulike kunnskapskilder vil gi et godt grunnlag for beslutninger om plassering av sensorene. Disse kunnskapskildene inkluderer lokal kunnskap om tidligere naturfarehendelser, lokal kunnskap om adkomst til lokasjoner og data fra satellitt-, drone-, lidar- og TLS-systemer (terrestrial laser scanning)
- *Redundans og pålitelighet.* Sensorsystemet må ta høyde for uforutsette og utfordrende omstendigheter gjennom redundans (f.eks. flere sensorer som samler samme informasjon), planer for både systematisk vedlikehold og plutselig reparasjoner og sikker og pålitelig databehandling/-lagring.
- *Fleksibilitet.* Systemet bør designes slik at det legger til rette for å tilpasse seg endringer i risikobildet og/eller å ta i bruk nye sensorteknologier. Fleksibilitet vil øke systemets levetid og robusthet ved å tillate tilpasning til nye sensorteknologier eller å integrere sensorer som måler en annen parameter dersom det skjer endringer i naturfaren som skal overvåke. Et eksempel på en slik fleksibilitet er å ta i bruk sensorteknologi for å måle vannmetning i snø for overvåkning av sørpeskred-fare. I lys av klimaendringene er en slik fleksibilitet viktig.



Lidar scan, Vannledningsdalen. (Foto: Martin Indreiten)



Montering av snøsensor Gruvefjellet (Foto: H.Hancock)

Risikofaglig sammenlikning av permanente sikringstiltak og organisatoriske tiltak

I en av forskningaktiviteten har vi gjort en risikofaglig sammenlikning av permanente sikringstiltak (støttestrukturer, snøgjerd, fangvoll, flytting av bebyggelse) og organisatoriske tiltak (varslingssystemer basert på sensorteknologi) ved å bruke kriterier for barriereyteelse. Resultatet av sammenlikningen:

- *Permanente tiltak er pålitelige og effektive for risikobildet de er utformet for, men kan være mindre hensiktsmessige for skiftende og usikre forhold som en følge av klimaendringer.*
- *Organisatoriske tiltak representerer en fleksibel, kostnadseffektiv og bærekraftig tilnærming til håndtering av risiko. Med klimaendringenes påvirkning på naturfare og samfunn, bør organisatoriske tiltak basert på sensorteknologi være en viktig tilnærming, da de kan gi fleksibilitet og tilpasningsevne til det dynamiske og komplekse bildet av naturfarer.*

Vår vurdering er basert på tidsbegrenset erfaring. Det er derfor behov for mer forskning over lengre tidsperiode påkrevd for å evaluere effekten av de ulike tiltakene i Longyearbyen. Vår tilnærming gir et godt rammeverk for en slik analyse for å dekke ulike effekter.



Foto: Holt Hancock



Foto: Martin Indreiten

Lærdom

Det er mye som tyder på en bevegelse mot mer bruk av sensorer for overvåkning av ulike typer naturfare i ulike kontekster. Dokumentasjon av historien om utvikling og bruk av snøsensorer for risikohåndtering i Longyearbyen er derfor viktig erfaringer for fremtidige systemer som baserer seg på sensorer.

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

Forskningen på organisatoriske tiltak i Longyearbyen gir verdifull kunnskap som kan kobles til flere sentrale forslag i St.meld 27 (2023-24) om flom- og skredforebygging.

- «Regjeringa har startet arbeidet med å gjennomgå krav til sikkerhet mot naturfarer i byggeteknisk forskrift. Å ta hensyn til klimaendringer i arealplanlegging er avgjørende for å redusere konsekvensene av flom og skred. For å møte utfordringene vil regjeringa vurdere å tillate andre tiltak enn permanente, fysiske sikringstiltak». I Arct-Risk har vi genert kunnskap om utvikling og bruk av varslingssystemer med hensyn til bruk av sensorteknologi, håndtering av usikkerhet (kap. 3) risikokommunikasjon og evakuering (kap. 7), lokal kunnskaps betydning (kap. 5) samt etablert et sikkerhetsfaglig rammeverk for å sammenlikne permanente og organisatoriske tiltak.

-
- «Regjeringa vil at risikobasert varsling av naturfare skal tas i bruk i større grad» - I prosjektet har vi dokumentert erfaringer om hvordan ulike kunnskapskilder kan benyttes for å prioritere hvor og hvordan sensorer for snøskredvarsling etableres
 - Regjeringa løfter fram at «et viktig, overordnet prinsipp er at forebyggende tiltak skal prioriteres ut fra samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Tiltak som settes i verk skal ha større nytte enn kostander» I Arct-Risk har vi dokumenter hvordan lavkostnads teknologi kan anvendes som et viktig og effektivt element i varslingssystemer

Videre lesning

Hancock, H., Jenssen, E., Indreiten, M., Albrechtsen, E. (2023) "[Sensors as a risk management tool - Measuring snow to help manage avalanche risks in Longyearbyen](#)" Rapport

Hancock, H & Indreiten, M. (2022) [Honningsvåg - snødata 2022. Oppsummering av data fra snøsensorer og lidar-skanning.](#) Rapport

Hancock, H., Jenssen, E., Indreiten, M. & Albrechtsen, E. (2023) "[Development of a sensor system to support avalanche risk management in Arctic Norway](#)" Presented at the International Snow Science Workshop ISSW23

Albrechtsen, E. Indreiten, M, Hancock, H. (2024) [Snow avalanche risk mitigation in the age of climate change in Longyearbyen.](#) Proceedings of INTERPRAEVENT 2024

10 Langsiktig klimatilpasning og overførbarhet i kommunale rammeverk

Bakgrunn

En viktig del av håndteringen av en klimarisiko i endring vil være den klimatilpasningen vi gjør over lengre tid for å sikre at evnen til å håndtere klimarelaterte hendelser, som naturfarer og ekstremvær, ikke faller utenfor kapasitet til å håndtere dem. Med bakgrunn i Longyearbyens håndtering av skredrisiko ble det sett på hvordan de langsiktige utfordringene møtes. Erfaringer herfra vil kunne bidra til å forberede fastlandet på hvilke utfordringer de kan møte i dette arbeidet.



Foto: Eirik Albrechtsen

Formål

Formålet med denne studien var å utforske om det kommunale rammeverket legger til rette for klimatilpasning, og hvordan klimarisikostyring kan implementeres i dette. Forskningen tar sikte på å forstå hvordan kortsiktig beredskap for naturfarer og langsiktig klimatilpasning håndteres på lokalt nivå som i Longyearbyen, som står overfor raskere klimaendringer enn mange andre steder i verden.

Klimaendringene skjer som nevnt raskere rundt Svalbard-øygruppen enn noe annet sted. Longyearbyen håndterer dermed allerede nå endringer som det norske fastlandet og andre steder vil måtte møte i fremtiden. Nødvendighet har gjort at Longyearbyen har fått mye erfaring på kort tid med både kortsiktige og langsiktige tiltak for å håndtere klimarisiko. Siden Longyearbyen i stor grad jobber innen samme plansystem som det fastlandskommunene gjør vil deres erfaringer med å håndtere klimarisiko være verdifulle for å kunne forberede seg på fremtiden.

Resultater

Resultatene viser at det er en dissonans mellom kortsiktig beredskap for naturfarer og den langsiktige tidslinjen for klimaendringer og den resulterende klimarisikoen. Denne uforenligheten kan tilskrives usikkerhet og mangel på retningslinjer for hvordan man skal håndtere denne usikkerheten i beredskaps- og klimatilpasningsarbeid innen lokale myndigheter. Informantene indikerer at det er utfordringer knyttet til å oversette klimaprognoiser til konkrete tiltak, og at det er nødvendig å gjøre langsiktige klimautfordringer mer håndterbare innenfor de eksisterende planleggingshorisontene på kommunalt nivå.

Lærdom

For å utnytte tilgjengelige ressurser best mulig, kreves lokal koordinering, mobilisering og kunnskapstilegnelse, noe som kan være utfordrende både med tanke på kapasitet og økonomi for en gjennomsnittlig fastlandskommune. I det nåværende systemet må kommunene være villige og i stand til å bære disse kostnadene for å ha tilstrekkelig kunnskap om hva de trenger hjelp med. Dette er ikke alltid mulig, eller realistisk, når risikoene ikke oppfattes som umiddelbare og overhengende.

Også viktigheten av å ha et levende dokument for Risiko- og Sårbarhetsanalyse (ROS) som kontinuerlig vurderer og oppdaterer informasjon om klimarisiko som kommer frem. Det understreker også behovet for klare mål og retningslinjer for å hjelpe kommunene med å navigere usikkerheten knyttet til klimarisiko og tilpasning. Lokal kunnskap og erfaring, som den i Longyearbyen, kan være en verdifull ressurs for andre kommuner som står overfor lignende utfordringer.

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

Denne forskningen er spesielt relevant for håndtering av klimaendringer fordi den belyser hvordan kommuner kan tilpasse seg raskt endrede klimaforhold gjennom en kombinasjon av kortsiktig beredskap og langsiktig planlegging. Den viser også hvordan man kan håndtere usikkerhet og mangel på retningslinjer ved å bygge på lokal erfaring og kontinuerlig oppdatering av risikoanalyser. Det er i midlertidig et viktig poeng å ta med at det er svært kostbart i form av innsats og kapasitet, så vel som i økonomiske midler å få til dette fordi det i stor grad må skje som resultat av politisk vilje heller enn som prosessresultat.

Videre lesning

Andreassen, Stina (2024) [Climate risk management at the local level: experiences from Longyearbyen](#). Proceeding of INTERPRAEVENT 2024

11 Klimatilpasningsindikatorer for måling av arbeidet med klimatilpasning

Bakgrunn

Krav til klimatilpasning inngår i de statlige planretningslinjene for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning, hvor det blant annet står: "Planleggingen skal også bidra til at samfunnet forberedes på og tilpasses klimaendringene (klimatilpasning)". Kommunene er førstelinje i arbeidet med klimatilpasning, herunder at de har ansvaret for samfunnssikkerhet og beredskap i henhold til sivilbeskyttelsesloven.

Behovet for klimatilpasning er spesielt stort på Svalbard og i Longyearbyen. Som vist i kapittelet om klimaendringer på Svalbard er det ikke noe annet sted på jordkloden hvor temperaturen stiger raskere enn på Svalbard. I Longyearbyen har årlig gjennomsnittstemperatur økt med over 4 grader Celsius bare siden 1991 og nye varmerekorder settes stadig.

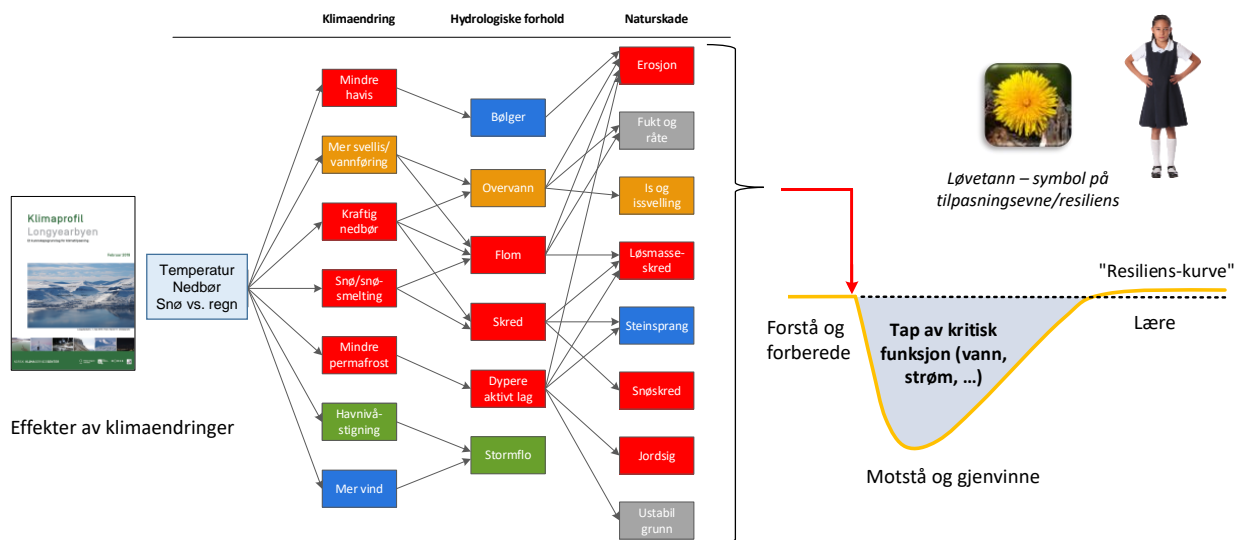


Foto: Holt Hancock

Formål

På bakgrunn av kravene og behovet har formålet vært å belyse og besvare følgende spørsmål: Hva er effektene av klimaendringene i Longyearbyen? Hva gjør Longyearbyen lokalstyre (LL) for å tilpasse Longyearbyen til klimaendringene? Hvordan måle LLs klimatilpasningsinnsats?

Måling av klimatilpasningsevnen – grad av klimaresiliens – er illustrert i figuren nedenfor. Tilsvarende som løvetannbarn er tilpasningsdyktige (resiliente), må samfunnet være klimaresilient.



Figur 9. Måling av klimatilpasningsevne – grad av klimaresiliens

Med utgangspunkt i klimaprofilen for Longyearbyen er det etablert et indikatorbasert verktøy som kan si noe om status og utvikling i arbeidet med klimatilpasning i Longyearbyen. Dette er direkte i tråd med Arct-Risk prosjektets hovedmål om å utvikle kunnskap og verktøy for å forstå og håndtere effekter av klimaendringer på samfunnssikkerhet.

Resultater

Det er flere nivå med resultater. Et viktig resultat av arbeidet er utviklingen av en metode for etablering av indikatorer for måling av klimatilpasning – Climate Adaptation Indicators Method (CLAIM). Derne utgjør settet av indikatorer – indikatorverktøyet – et hovedresultat, og til slutt har vi resultatene som bruken av verktøyet gir i form av status, trend, osv. for klimatilpasningsarbeidet.

Metoden (CLAIM) er illustrert i figuren under (klimaendringsfiguren i trinn 3 er vist i forrige figur).

Trinn	Kort beskrivelse	Nivå i modellen
Definer omfanget av vurderingen		
1	Velg område	Nivå 1
2	Velg infrastrukturer og samfunnsfunksjoner	Nivå 2
3	Velg aktuelle klimarelaterte naturfarer/naturskader	Nivå 3
Etabler forhold og indikatorer for alle faser		
4	Vurder hver fase for hver klimarelaterte naturfare/naturskade	Nivå 4
5	Velg forhold for hver fase	Nivå 5
6	Velg indikatorer for hvert forhold	Nivå 6
Forbered og utfør målingene og beregningene		
7	Fastsett grenseverdiene for hver indikator, angi vektorer og velg ansvarlig rolle	6
8	Angi måleverdier for indikatorene (utfør målingen)	6
9	Gjennomfør beregningene (skår og resiliensnivå)	1-6
Presenter resultatene		
10	Presenter resultatene (status og utvikling)	1-6

Figur 10 Metode for utvikling av indikator

Sentralt i metoden er faser, forhold og indikatorer (trinnene 4-6). Faser, forhold og antall indikatorer per forhold er angitt i tabellen i Figur under.

Fase	Forhold	Antall	
1	Forstå risikoene	1.1 Kunnskap om klimatilpasningsutfordringer	7
		2.1 Ansvarliggjøring og involvering	6
2	Forberede/forutse	2.2 Forankring i planverk og reguleringer	9
		2.3 Inkludering av klimatilpasning i behandling og vurdering av plansaker og investeringsprosjekter	2
		2.4 Overvåking av bygninger og infrastruktur	3
		3.1 Plassering av bygg i forhold til klimautsatte områder	17
3	Absorbere/motstå	3.2 Krav til bygninger (klimarelatert)	1
		3.3 Plassering og redundans av veiinfrastruktur i forhold til klimautsatte områder	13
		3.4 Plassering av infrastruktur under og oppå bakken	2
		3.5 Redundans i strømforsyning	1
		3.6 Vann og avløp, og overvann (bl.a. vannkvalitet og håndtering av overvann)	3
		3.7 Redundans i vannforsyning	1
		3.8 Vedlikehold (for å opprettholde god standard og robusthet mot klimarelaterte hendelser)	5
		3.9 Ressurser til klimatilpasningstiltak	2
		4	Respondere/gjenvinne
4.2 Beredskapsøvelser og reelle hendelser	2		
4.3 Tilgjengelighet av strøm, vann og avløp, veier og fibernett	6		
4.4 Tilgjengelighet av andre kritiske/viktige funksjoner	7		
4.5 Ressurser for å håndtere klimarelaterte hendelser	5		
5	Tilpasse/lære	5.1 Læring etter klimarelaterte hendelser (egne eller andres)	2
		5.2 Tilpassing etter hendelser	1
		5.3 Nye løsninger	1
5	22	98	

Figur 11. Faser og forhold

Status måles/bedømmes for hver indikator med skårverdier, som så aggregeres (gjennom vekting) via forhold til faser og totalt. Et eksempel på resultatvisning med testverdier (fiktive verdier) er vist i tabellen i Figur under. Her er det vist resultater per forhold. I tillegg gis det resultater per indikator, per forhold og totalt, både som status og som trend, når målingen foretas regelmessig (typisk årlig).

Fase	Forhold	E	D	C	B	A	Skår	
1	Forstå risikoene	1.1 Kunnskap om klimatilpasningsutfordringer	E					1,79
		2.1 Ansvarliggjøring og involvering	D					1,08
2	Forberede/forutse	2.2 Forankring i planverk og reguleringer	E					2,17
		2.3 Inkludering av klimatilpasning i behandling og vurdering av plansaker og investeringsprosjekter	D					2
		2.4 Overvåking av bygninger og infrastruktur	E					1,5
		3.1 Plassering av bygg i forhold til klimautsatte områder	D					1,79
3	Absorbere/motstå	3.2 Krav til bygninger (klimarelatert)	E					0,5
		3.3 Plassering og redundans av veiinfrastruktur i forhold til klimautsatte områder	D					1,35
		3.4 Plassering av infrastruktur under og oppå bakken	E					2
		3.5 Redundans i strømforsyning	E					0
		3.6 Vann og avløp, og overvann (bl.a. vannkvalitet og håndtering av overvann)	D					2,17
		3.7 Redundans i vannforsyning	E					0,5
		3.8 Vedlikehold (for å opprettholde god standard og robusthet mot klimarelaterte hendelser)	D					1,5
		3.9 Ressurser til klimatilpasningstiltak	E					2,5
		4	Respondere/gjenvinne	4.1 Beredskapsplaner	E			
4.2 Beredskapsøvelser og reelle hendelser	D						1,25	
4.3 Tilgjengelighet av strøm, vann og avløp, veier og fibernett	E						4,17	
4.4 Tilgjengelighet av andre kritiske/viktige funksjoner	E						2,21	
4.5 Ressurser for å håndtere klimarelaterte hendelser	E						2	
5	Tilpasse/lære	5.1 Læring etter klimarelaterte hendelser (egne eller andres)	E					2
		5.2 Tilpassing etter hendelser	D					1,5
		5.3 Nye løsninger	E					2,5

Figur 12. Visning av resultat av vurderinger per forhold

De foreløpige resultatene ble presentert for innbyggerne i Longyearbyen under en klimakafé arrangert 6. juni 2023. Noe arbeid gjenstår som må ferdigstilles av Longyearbyen lokalstyre.

Lærdom

Metoden gir bevissthet om effektene av klimaendringene og hva som er viktig for å tilpasse seg klimaendringene, og målingene viser "hvor skoen trykker", dvs. hvor det er størst behov for innsats i arbeidet med klimatilpasning

(eksempelvis krav til bygninger, redundans i strømforsyning og redundans i vannforsyning, som illustrert i tabellen over). Trenden ved gjentatte målinger viser resultatene av klimatilpasningsinnsatsen.

Basert på resultatene kan Longyearbyen lokalstyre (LL) gjennomføre en evaluering av arbeidet med klimatilpasning og rapportere dette til lokale myndigheter som kan rapportere videre til sentrale myndigheter. Evalueringen, og politisk behandling av denne, gir underlag og videre føringer for klimatilpasningsarbeidet i LL.

Hvorfor er dette en lærdom for håndtering av klimaendringer?

Håndtering av klimaendringer forutsetter at man har kunnskap om effektene og status på tilstanden slik at man vet hvor man står i arbeidet med klimatilpasning. Klimatilpasningsindikatorerne gir en slik status.

Videre lesning

Øien K. og Albrechtsen E. [Klimatilpasning i Longyearbyen. Måling av klimatilpasningsinnsats med resiliensindikatorer](#). SINTEF rapport 2024:01195.

12 Utdanning av morgendagens eksperter

12 masteroppgaver (17 studenter)

- Keng He, Martin (2021) [Usikkerhetens innvirkning på håndtering av naturfarer. En kvalitativ casestudie av skredvarsling i Norge](#)
- Espeland Aakre, Sebastian (2022) [Communicating climate-related hazard risks in a changing world: A case study of risk communication in Longyearbyen](#)
- Derås, Emilie Torsdatter, Johnsen, Kaja og Kverneland, Vilde (2022) [Klimatilpasning i norske lokalsamfunn](#)
- Lyche, Kristin (2023). [Snowpack Modelling Forced by Numerical Weather Predictions and Manually Observed Snow Profiles.](#)
- Einangshaug, Miriam (2023) [From Arctic communities to the big city: perceiving and communicating climate risk in a rapidly changing world. Experience from Norway.](#)
- Bolkan, Ida og Djupvik Grindheim, K. (2023). [En analyse av risikokommunikasjon og befolkningens risikopersepsjon i Longyearbyen: En Mixed Methods Case Studie av flom som en klimarisiko.](#)
- Mauseth Jakobsen, Frida og Rasmussen, Nora Kristine. (2023) [Klimaendringenes påvirkning på veitransportssystemene i Vest-Finnmark: En kvalitativ case](#)
- Radlwimmer, Antonia (2023) [Measuring and modelling precipitation to improve natural hazard management in Longyearbyen.](#)
- Hov Andreassen, Stina Marie & Øien Røisgård, Håvard (2023) [Klimatilpasning i Longyearbyen. Erfaringer og overføringsverdi til fastlandet for et sikkert samfunn.](#)
- Théron, V. (2024) Establishing a wind climatology of fine-scale atmospheric phenomena in the region of Isfjorden
- Thomae, S. (2024) Local weather variability in Longyearbyen and surroundings, Svalbard. (Bacheloroppgave)
- Andreassen, Silje Maya (2004) [Klimaprognoser i helhetlige risiko- og Sårbarhetsanalyser. Hvilke utfordringer møter kommuner når klimaprognoser skal benyttes i de helhetlige risiko- og sårbarhetsanalysene?](#)

Masterkurs ved UNIS: AS-304 Risk handling in the Arctic operational context

I løpet av prosjektperioden har aktiviteter og resultater fra Arct-Risk blitt bruk i masterundervisningen ved Arctic Safety Center. Fra å være en del av enkeltkurs i 2021 til i 2024 hvor et helt emne på 10 studiepoeng, AS-304 «Risk handling in the Arctic operational context» er basert hovedsakelig kun på forskningsresultatene fra ArctRisk

Fra undervisning om barriereteori og permanente sikringstiltak på Varden, 2022. (Foto: Martin Indreiten)



13 Oversikt over alle leveranser i prosjektet

Journal artikler

Johannessen, S., Hancock, H., Wickström, S., Albrechtsen, E. (2024) [Risk governance of climate-related hazards in Longyearbyen, Svalbard: A review of risk governance approaches and knowledge gaps](#). *Climate Risk Management*, vol 43 (100585)

Johannessen, S., Haavik, T.K.. (2024) [The role of local knowledge in snow observation and applied snow avalanche forecasting in Longyearbyen, Svalbard](#). *Cognition, Technology & Work*. Volume 26, pages 417–433,

Størkersen, K.V., Haavik, T.K., Almklov, P.G, Gauteplass, A.Å., Jore, S.H., (2024). [Unprocurable essentialities: Situational and relational knowledge in publicly procured security services](#). *Safety Science*, vol 178, 106605.

Konferanseartikler

Antonsen, S, Haavik, T., Kruke, B.I. og Johannessen, S. (2022) ["Living near natural hazards in the age of climate change – the relationship between expert and local knowledge in risk governance"](#) I Proceedings of the 32nd European Safety and Reliability Conference (ESREL 2022)

Øien, K, Hancock, H, Indreiten, M og Albrechtsen, E. (2022) ["Evaluation of a Local Avalanche Forecasting System in Svalbard"](#) I Proceedings of the 32nd European Safety and Reliability Conference (ESREL 2022)

Johannessen, S.A. (2022) ["Potential Time Related Impacts of Turn-Over on Knowledge Continuity as Risk Perception in Longyearbyen, Svalbard"](#) I Proceedings of the 32nd European Safety and Reliability Conference (ESREL 2022)

Albrechtsen, E, Holen, S (2023) ["Identifying and managing uncertainty in governance of climate-related risk: Lessons from an Arctic society."](#) In Proceedings of the 33rd European Safety and Reliability Conference (ESREL 2023) Edited by Brito, M.P, Aven, T., Baraldi, P., Čepin, M. and Zio, E. Research Publishing, Singapore.

Øien, K., Albrechtsen, E., Kronholm, K., Nordbrøden, H., Hancock, H. & Indreiten, M. (2023) [«Uncertainty assesment and communication in site-specific avalanche warning - a model and a checklist»](#) Presented at the International Snow Science Workshop ISSW23, Bend, Oregon, 8-13 October 2023

Hancock, H., Jenssen, E., Indreiten, M. & Albrechtsen, E. (2023) ["Development of a sensor system to support avalanche risk management in Arctic Norway"](#) Presented at the International Snow Science Workshop ISSW23, Bend, Oregon, 8-13 October 2023

Hancock, H., Indreiten, M., Jaedicke, C (2024), [Avalanche risk management in Longyearbyen, ISSW2024](#)

Lyche, Kristin, Hancock, H, Wickström, S, Bruland, O. (2024) [High Arctic snowpack modeling forced by numerical weather predictions and manually observed snow profiles](#). ISSW2024

Saloranta, T, Müller, K., Wickström S (2024) [Trends in hydrometeorological avalanche indicators in Norway and Svalbard in 1961-2020](#). ISSW2024

Grindheim, K.D., Bolkan, I., Kruke, B.I. (2024) [Flood Risk Communication And Perception In Longyearbyen](#). Proceedings of the 34th European Safety and Reliability Conference (ESREL 2024)

Albrechtsen, E. Indreiten, M, Hancock, H. (2024) [Snow avalanche risk mitigation in the age of climate change in Longverbyen](#). Proceeding of INTERPRAEVENT 2024

Andreassen, S.M.H. (2024) [Climate risk management at the local level: experiences from Longyearbyen](#). Proceeding of INTERPRAEVENT 2024

Rapporter

Øien, K. og Albrechtsen, E. (2022) ["Lokalt snøskredvarsel for Longyearbyen - Evaluering av nåværende system. SINTEF rapport 2022:01035" \(In Norwegian\)](#).

Hancock, Holt & Indreiten, M. (2022) [Honningsvåg – snødata 2022](#).

Albrechtsen, E., Holen, S., Wickström, S., (2023) ["Usikkerhet knyttet til risikostyring, naturfarer og Samfunnssikkerhet. NTNU rapport" \(In Norwegian\)](#).

Holt Hancock, Einar Jenssen, Martin Indreiten, Eirik Albrechtsen (2023) ["Sensors as a risk management tool - Measuring snow to help manage avalanche risks in Longyearbyen"](#).

Wickström, Siiri & Jonassen, Marius (2023) [«Klimaendringer på Svalbard nå og i fremtiden»](#)

Øien, K og Albrechtsen, E. (2024) Klimatilpasning i Longyearbyen. [Måling av klimatilpasningsinnsats med resiliensindikatorer](#). SINTEF rapport 2024:01195.

Presentasjoner på vitenskapelige konferanser uten paper

Indreiten, M & Albrechtsen, E. (2021) "Handling uncertainty - a way to improve risk management in local avalanche warning systems". Paper presented at the *Arctic Safety Conference* in Longyearbyen, Norway, 09-11 November 2021

Keng He, M. & Albrechtsen, E. (2021) "Uncertainty in risk-informed decision-making processes in snow avalanche risk management in the Arctic". Paper presented at the Arctic Safety Conference in Longyearbyen, Norway, 09-11 November 2021

Øien, K. (2021) "Resilience-based monitoring of climate adaptation" Paper presented at the Arctic Safety Conference in Longyearbyen, Norway, 09-11 November 2021

Wickström, S. (2022), "Air Temperature and Precipitation Trends in Svalbard Affected by Sea Ice Decline and Changes in Atmospheric Circulation". Presentation at Arctic Climate and Weather Extremes: Detection, Attribution, and Future Projection, Aspen, Colorado (US), 15-20 May 2022

Jonassen, M, (2022) "Rain-on-snow - events in Svalbard, climatology and trends" Presentation at Arctic Climate and Weather Extremes: Detection, Attribution, and Future Projection, Aspen, Colorado (US), 15-20 May 2022

Jonassen, Marius (2023) Rain on snow in Svalbard. Presentation at The Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Potsdam, 28 March 2023

Jonassen, Marius (2023) Perspectives from the fastest warming place on Earth, Svalbard. Presentation at Seminar: Anthropocene in Polar and High-altitude Regions - Working Towards Solutions Polar Seminar', Föhr, Germany, March 2023

Wickström, S, Jonassen, M. Hancock, H, Johannesen, S, Albrechtsen, E (2022) «Meteorological drivers of snow avalanche hazards in Longyearbyen's current and future climate" Presentert på 32nd European Safety and Reliability Conference (ESREL 2022), 28.aug-1.sept 2022, Dublin, Irland

Radlwimmer, A, Wickström, S., Hancock, H., Jenssen, E. (2024) In situ observations of snow depths on avalanche prone slopes surrounding Longyearbyen, Svalbard. Poster presented at the 2024 Arctic Frontiers 29 Jan – 01 Feb 2024, Tromsø.

Media

Albrechtsen, E., Wickström, S., Indreiten M (2022) [til Longyearbyen for klimatilpasning, kronikk i Nationen 10 Mars 2022](#), (In Norwegian).

Indreiten, M & Hancock, H. (2022) [«Bærekraftig aktivitet i Arktis»](#), #Skredfag 09, page 3-4 (24 May 2022),

Forsker på samfunnssikkerhet og snøskredfare. [Interview at Radio Nordkapp, 31.august 2022](#).

Abels bakgård – [Fra gruver til GoreTex: Svalbard i endring. Particiaption in radio program panel, 9.september 2022](#).

Mildaste januar på Svalbard på 90 år. [Intervju NRK, 16 Januar 2023](#).

Hvordan påvirker klimaendringer sikkerhet? [Episode i podkasten «Sikkert og visst», 28.februar 2023](#).

How climate change is threatening a remote town nestled in the Arctic Circle, [Interview at PBS News Hour April 11 2023](#).

Tiny technology to outwit deadly winter threat, [Telenor Stories, 15 February 2023](#).

Albrechtsen, E. (2024) Innovativ snøskredvarsling i Longyearbyen: teknologiske løsninger for klimatilpasning. [Kronikk i Svalbardposten](#) 25.desember 2024

Populærvitenskaplig formidling

Indreiten, M. & Albrechtsen, E. (2021). Klima, samfunnssikkerhet og beredskap på Svalbard, *Svalbardkurset*, Longyearbyen, 10 August 2021 (in Norwegian)

Indreiten, M. (2021) «Usikkerhetskåndtering i stedsspesifikk skredvarsling» Nordisk konferanse om snøskred og friluftsliv. Gol, 5-7 November 2021 (in Norwegian)

Antonsen, S, Haavik, T., Kruke, B.I. og Johannessen, S. (2022) "[Living near natural hazards in the age of climate change – the relationship between expert and local knowledge in risk governance](#)" I Proceedings of the 32nd European Safety and Reliability Conference (ESREL 2022)

Hancock, H. (2022) "[Avalanche risk management in Longyearbyen NGI Workshop Snøskredforskning i Norge](#)" 22.09.22

Albrechtsen, E. og Hancock, H. (2022) "[Usikkerhet i skredvarsling. Avalunsi, Norsk Skredfaglig forening](#)" 18.11.22

Wickström, S. (2022) "Arktisk meteorologi og klima» Presentation at Arct-Risk workshop 6 May 2022." (In Norwegian).

Albrechtsen, E (2022) "Introduksjon til usikkerhetsbegrepet» Arct-Risk workshop om usikkerhet" 1.-3. november 2022

14 Referanser

Albrechtsen, E., Indreiten, M, Hancock, H. (2024), *Snow avalanche risk mitigation in the age of climate change in Longyearbyen*, Proceeding of INTERPRAEVENT 2024

DSB (2015). *Skredulykken i Longyearbyen 19.desember 2015*. DSB, Tønsberg.

Hancock, H, Indreiten, M, Jaedicke, C. (2024), *Avalanche risk management in Longyearbyen*, In proceedings of ISSW2024

IRGC (2017) Introduction to the IRGC Risk Governance Framework. International Risk Governance Centre

ISO 31000:2018 Risk Management – Guidelines International Standards Organization, Geneva, Switzerland

Jonsson, A & Jaedicke, C (2017) *Avalanches in Longyearbyen Svalbard 2015 and 2017*. Avalanche Protection – Visions, side 182-186

Landrø, M, Mikkelsen, O-A, & Jaedicke, C (2017) *Gjennomgang og evaluering av skredhendelsen i Longyearbyen 21.02.2017*. NVE report 21-2017

Norsk klimaservicesenter, 2022. *Klimaprofil Longyearbyen*

Rantanen, M, Karpechko, A.Y., Lipponen, A, Nordling, K., Hyvärinen, O., Ruosteenoja, K., Vihma, T., Laaksonen, A. (2022) The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979 *Commun. Earth Environ.*, 3 (1)