



Regional varsling av jordskredfare:

Analyse av historiske jordskred, flomskred og sørpeskred i Troms

Nils Arne K. Walberg

Graziella Devoli

90
2014

R
A
P
P
O
R
T



Regional varsling av jordskredfare: Analyse av historiske jordskred, flomskred og sørpeskred i Troms

Rapport nr. 90 - 2014

Regional varslings av jordskredfare: Analyse av historiske jordskred, flomskred og sørpeskred i Troms

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfatter: Nils Arne K. Walberg og Graziella Devoli

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 40

Forsidefoto: Sørpeskred som utviklet seg til flomskred i Manndalen, Kåfjord, 18. mai 2010. (Foto: A. Taurisano, NVE)

ISSN: 1501-2832

ISBN: 978-82-410-1039-2

Sammendrag: Rapporten tar for seg ulike problemstillinger relatert til jordskred, flomskred, utglidninger og sørpeskred i Troms fylke, samt områdene Øksfjord, Stjernøya og Seiland i Finnmark. Dette er den andre rapport i en serie som skal beskrive de områdene i landet som er spesielt utsatt for nevnte skredtyper. Dette området er valgt på grunn av mange skredhendelser de siste årene, hvorav flere episoder har skapt problemer for infrastruktur og bebyggelse. Rapporten er tredelt, hvor del 1 omhandler geologiske, hydrologiske og meteorologiske faktorer som påvirker skredaktiviteten i regionen. Del 2 tar for seg historiske skredhendelser i området, mens del 3 omhandler tilgjengelig informasjon som kan brukes til å forebygge skred i området, dvs. oversikt over meteorologiske og hydrologiske observasjonsstasjoner, aktsomhetskart og den regionale jordskredfarevarslingen.

Emneord: Jordskred, flomskred, sørpeskred, nedbør, snøsmelting, Troms

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

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

Desember 2014

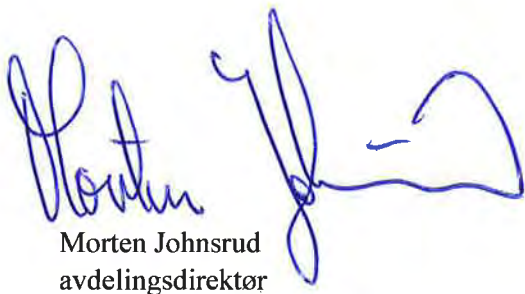
Innhold

Forord	4
1 Innledning	5
2 Områdebeskrivelse	8
2.1 Geografi.....	8
2.1.1 Næringsliv og arealbruk	8
2.1.2 Infrastruktur	9
2.2 Topografi og landformer.....	9
2.3 Geologi	11
2.4 Vegetasjon.....	14
2.5 Klima	14
2.5.1 Fremtidig klima.....	18
2.6 Hydrologi og hydrogeologi	18
2.6.1 Hydrologi.....	18
2.6.2 Vassdragsreguleringer	19
2.6.3 Hydrogeologi.....	22
3 Skredhendelser.....	23
3.1 Skredhistorikk	28
3.1.1 Sørpeskredhendelser 2010	30
3.1.2 Skredhendelser Troms 2012	32
3.1.3 Skredhendelser Nord-Norge mai 2013.....	33
3.2 Erfaring med kvalitetssikring og innrapportering av hendelser	35
4 Observasjonsstasjoner	37
4.1.1 Meteorologiske stasjoner (MET).....	38
4.1.2 Vannføringsstasjoner (NVE).....	40
4.1.3 Grunnvannsstasjoner (NVE)	41
5 Aktsomhetskart – tilgjengelig informasjon	42
5.1 Aktsomhetsanalyse utarbeidet i nærheten av befolkede områder	42
5.2 Aktsomhetsanalyse utarbeidet på 1.orden nedbørfelt	45
5.3 Aktsomhetsanalyse og aktsomhetskart i målestokk 1:50 000.....	47
6 Varsling av jordskredfare.....	50
6.1 Fremgangsmåte jordskredvarsling	50
6.2 Hva bør vektlegges ved varsling i dette området.....	50
6.3 Erfaring fra testvarsel i dette området	52
7 Oppsummering for regionen	55
8 Referanser.....	57
Appendiks 1: Jordskredvarsling Troms 2013.....	59

Forord

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har utviklet en regional jordskredfarevarslingstjeneste som ble operativ i oktober 2013. Testvarsling har foregått siden begynnelsen av 2012. Jordskredfare er et felles begrep i NVEs varslingstjeneste knyttet til sannsynligheten for at det kan forekomme jordskred, flomskred, mindre utglidninger og sørpeskred under spesielle hydrologiske forhold. Som et ledd i utviklingen av den nye varslingstjenesten er det viktig å analysere historiske hendelser for bedre å forstå de prosesser som ligger bak utløsningen av skred og for å utarbeide terskelverdier for ulike hydrometeorologiske variable. Arbeidet med denne rapporten er et steg videre i prosessen rundt jordskredvarslingen og den tar for seg historiske, geologiske og hydrologiske forhold i Troms – et område som har opplevd en rekke skredhendelser de siste årene. Mange takk til alle som har bidratt med kommentarer og faglig diskusjoner og korrektur av teksten: Knut Stalsberg, Kari Sletten og Lena Rubensdatter fra Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) og Bjørn Dolva Kristoffer fra Statens vegvesen.

Oslo, desember 2014



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Hervé Colleuille
seksjonssjef

1 Innledning

Denne rapporten er en del av arbeidet med utviklingen av en regional jordskredfarevarslingstjeneste for Norge ved Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Jordskredfare er et felles begrep som brukes i NVEs varslingstjeneste knyttet til sannsynligheten for at det kan forekomme jordskred, flomskred og mindre utglidninger, samt sørpeskred, under spesielle vær- og hydrologiske forhold.

Jordskred er raske utglidninger og bevegelse av vannmettede løsmasser (jord, stein, grus og sand) i bratte skråninger utenfor definerte vannveier. Flomskred er hurtige, flomlignende skred som hovedsakelig opptrer langs elve- og bekkeløp, også der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Jordskred og flomskred er ofte vanskelig å skille mellom da det kan være en glidende overgang mellom disse to skredtypene, og likhetene er mange (bl.a. bevegelse, materiale og utløsende faktorer). Forskjellen er i hovedsak basert på geomorfologiske parametre, som for eksempel at skråningen har/ikke har definerte vannveier, formen på avsetningene og sedimentsortering. Jordskred kan også utvikle seg til flomskred ved at de beveger seg inn i bratte og etablerte kanaler, oftest elve- og bekkeløp.

En utglidning er som regel en langsom bevegelse av løsmasser langs et glideplan som kan være plant eller skjeformet. I denne sammenheng brukes begrepet utglidning for å benevne mindre, grunne (0,5 m – 2-3 m) jordskred med liten utstrekning (< 30 m). Utglidning brukes ofte også for å indikere en generell massebevegelse i en skråning og for det første bruddet i et jordskred.

Sørpeskred er flomlignende skred av vannmettet snø og utløses vanligvis i områder med minst 0,5 m snødybde.

Felles for disse fire skredtypene er at høyt vanninnhold og oppbygging av vanntrykk i løsmassene eller snøen oftest er en utløsende faktor. Dette kan komme av kraftig eller vedvarende regn og/eller snøsmelting.

Uttrykket *skred* brukes i dette dokumentet som et generelt begrep til å beskrive jordskred, flomskred og mindre utglidninger. Ordene *skredhendelse* og *hendelse* brukes i dokumentet for «et skred som har skjedd i et bestemt område og har etterlatt tydelige spor». Denne definisjonen inkluderer både skred som ikke har forårsaket skader og ulykke, og skred som har forårsaket mange skader på infrastruktur og livet.

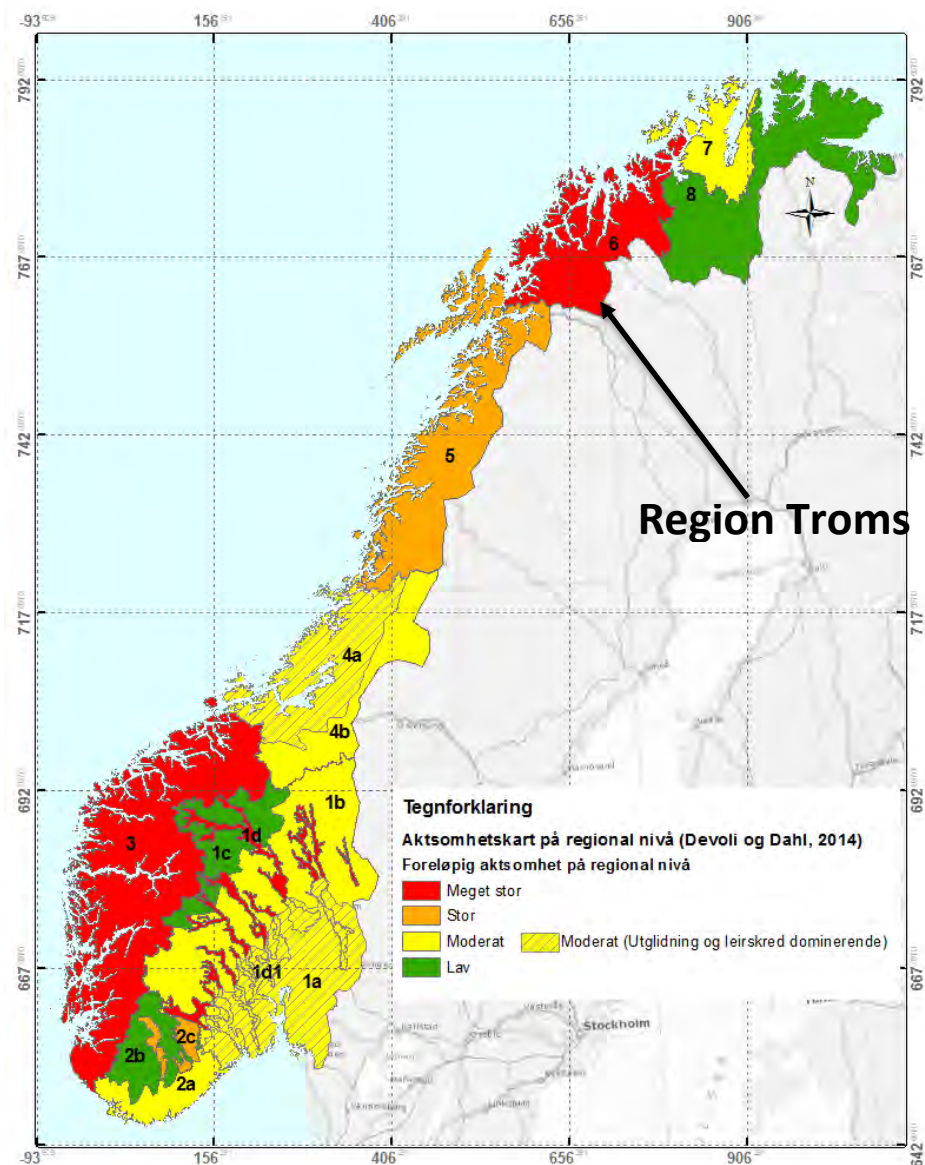
Som et ledd i utviklingen av den nye varslingstjenesten er det viktig å analysere historiske hendelser for å bedre forstå de prosesser som ligger bak utløsningen av skred, og for å kunne utarbeide terskelverdier for ulike hydrometeorologiske variable.

Menneskelige inngrep og aktiviteter kan også påvirke skråningsstabiliteten ved å endre den naturlige dreneringen eller hvordan vann tilføres løsmassedekket. Eksempler på dette er bygningsarbeid, skogsbilveier, jordbruk, avskoging og mangler på eller dårlige utførte sikringstiltak. Disse faktorene er ikke inkludert i denne rapporten, da dette kan være svært lokale forhold som igjen er vanskelige å ta hensyn til i en regional varslingstjeneste.

Hensikten med rapporten er å samle relevant informasjon om tidligere skredhendelser, geologiske, hydrologiske og meteorologiske forhold i Troms samt informasjon om type vegetasjon, infrastruktur og andre aspekter som kan være til hjelp ved utarbeiding av

skredvarsler for denne regionen. Rapporten ser også nærmere på tilgjengelig skred- og kartinformasjon for området, spesielt aktsomhetskart, og vurderer hvordan kvaliteten på informasjon brukt i rapporten påvirker de statistiske analysene.

Troms utgjør, sammen med Vestlandet og de store dalførene på Østlandet, de områdene i Norge hvor det historisk sett har vært flest hendelser knyttet til jord- og flomskred. I en ny studie for varslingsformål (Devoli og Dahl, 2014) er landet delt inn i 8 regioner basert på topografi, geomorfologi, nedbørsmønster og jordskredaktivitet. Figur 1 viser en oversikt over jordskredutsatte regioner i Norge, hvor regionen Troms (region 6) er markert med høyt aktsomhetsnivå (rødt) øverst i bildet.



Figur 1: Foreløpig inndeling av Norge i regioner med tanke på jord- og flomskred. Kartet viser hvilke regioner som er mer utsatte for jordskred og flomskred, basert på topografiske, geologiske og klimatologiske forhold og tidligere skredaktivitet. Rød farge viser mest utsatte regioner. Studiemrådet i denne rapporten er region 6, her kalt Region Troms, og inkluderer Troms fylke samt Øksfjord, Stjernøya og Seiland sør i Finnmark. De skraverete områdene (1a og 4a) viser regioner hvor marine avsetninger dominerer og leirskred og utglidninger derfor vil være den dominerende skredtypen. (Kilde Devoli og Dahl (2014)).

Troms opplevde både i mai 2010 og i juli 2012 en rekke jord- og sørpeskredhendelser, noe som i tillegg til flom, lokalt skapte problemer for bebyggelse og infrastruktur. Denne rapporten tar for seg hendelser knyttet til jordskred, flomskred, utglidninger og sørpeskred (Figur 2), og tar derfor ikke hensyn til hendelser knyttet til fast berggrunn (steinsprang, fjellskred), leire (leirskred, kvikkleireskred) og snøskred.



Figur 2: A) Typisk tungeformet jordskredavsetning ved Melhus, Sør-Trøndelag, mars 2012. Foto: A. Taurisano, NVE. B) To flomskredbaner (markert med svart piler) ved Byrkjenes, Odda, Hordaland, desember 2011. Foto S. Boje, NVE. C) Sørpeskred ved Nordreisa, Troms, mai 2010. Foto: A. Taurisano, NVE. D) Utglidning ved Grong, mars 2012. Foto: Haugen, NVE. E) Detalj av flomskredvifte ved Bakkevik i Skrednes, Balestrand, desember 2011. Foto: J. Bergheim, NVE. F) Ansamling av vann på vannmette snø er et tydelig faretegn for sørpeskred, mai 2010. Foto: A. Taurisano, NVE.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Geografi

Troms er Norges nest nordligste fylke og strekker seg fra 68°24' til 70° 12' N. I sør grenser Troms mot Nordland fylke, i øst til Sverige og Finland, og i nord mot Finnmark fylke. I vest ligger Norskehavet med Golfstrømmen, som spiller en stor rolle for klima og næringsliv (fiske). Studieområdet Troms inkluderer i tillegg til Troms fylke også Øksfjord, Stjernøya og Seiland helt sør i Finnmark. Dette på bakgrunn av resultatene fra aktsomhetsanalysen til Devoli og Dahl (2014), se Figur 1.

Troms har i overkant av 160 000 innbyggere fordelt på 24 kommuner. Tre steder har bystatus og står for omtrent halvparten av innbyggerne; Tromsø (54 000 innb.), Harstad (20 000 innb.) og Finnsnes (4 200 innb.). I tillegg finns en rekke tettsteder hvorav Setermoen, Skjervøy, Storslett, Borkenes, Sørreisa og Silsand har mer enn 1000 innbyggere. Dette betyr at en stor del av befolkningen bor i spredt bebyggelse og små tettsteder.

2.1.1 Næringsliv og arealbruk

Fisket har alltid vært, og er fortsatt, en viktig næringsvei i Troms, spesielt for de mindre kystnære tettstedene. Foruten de to store byene Tromsø og Harstad, er Finnsnes, Skjervøy, Gryllefjord og Karlsøy viktige mottaksområder for fisk. I tillegg til å delta i de store fiskeriene utenfor Lofoten og Vesterålen, samt på bankene utenfor Troms og Finnmark, drives også en del lokalt fiske langs kysten. Dette gjerne i kombinasjon med andre yrker innen jordbruk, turisme eller byggnæring. Oppdrett av blant annet laks og ørret bidrar også til mange arbeidsplasser og stor verdiskapning i fylket.

Jordbruket i Troms har vært i nedgang siden krigen, og drives i dag ofte i kombinasjon med andre næringer. Den vanligste driftsformen er produksjon av gress og husdyrhold til melk- og kjøttproduksjon. I tillegg til storfe og sau er geitehold vanlig, og fylket produserer mesteparten av geitemelka brukt i geitostproduksjon i landet. Å følge hvordan arealbruk har utviklet seg i regionen og hvorledes skråningsgradient har vært modifisert er ganske viktig for forstå skred aktiviten og forutsi deres forekomst, men dessverre finnes ingen informasjon om hvordan og hvor arealbruk har påvirket skråningsgradienten gjennom tid. Industrien i Troms er i stor grad knyttet til fiskeindustrien, spesielt i de to store byene, og er ellers lite utviklet i forhold til resten av landet. Fag- og forskningsmiljøet i Tromsø er i stor grad med på å bygge oppe ny næringsvirksomhet i fylket, spesielt innen marin bioteknologi, informasjons- og kommunikasjonsteknologi, jordobservasjon, satellittovervåkning og romfart. Ofte er det fokus på nordområdene og mye av arbeidet pågår gjennom Framsenteret – Nordområdesenter for klima- og miljøforskning.

Turismen i Troms er i stor grad knyttet rundt naturopplevelse og Tromsø by. Tromsø har en rekke besøksessentre og museer, den kjente Ishavskatedralen, Fjellheisen samt en rekke kulturtilbud. I tillegg innbyr naturen rundt til utflukter i midnattssol, fritidsfiske, hundesledekjøring, hvalsafari og ikke minst jakten på nordlyset (*Aurora polaris/polarlys*) vinterstid.

2.1.2 Infrastruktur

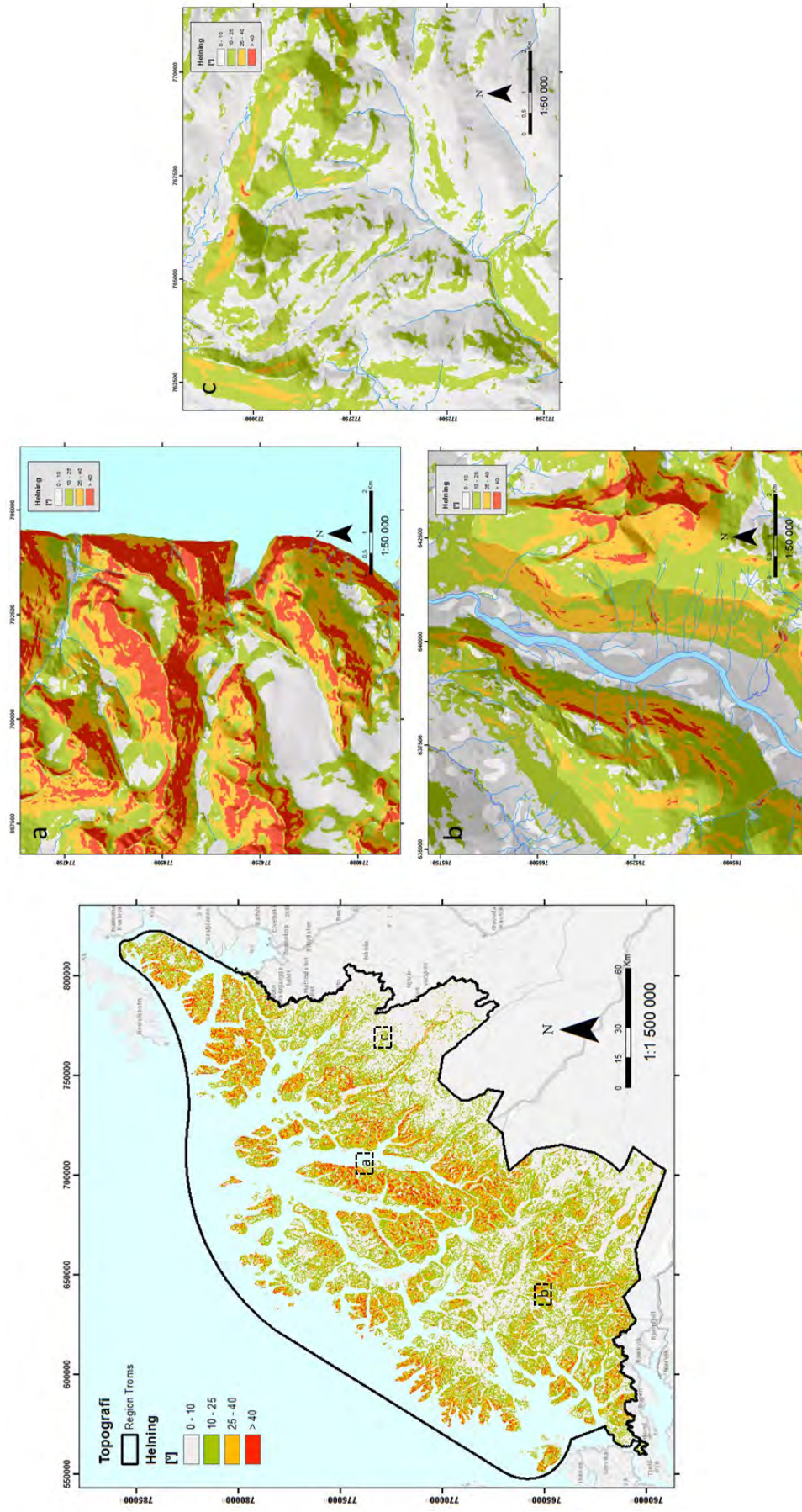
Troms har gode flyforbindelser med flyplasser i Tromsø og i Bardufoss. I tillegg betjenes Harstad og sørlige Troms av Evenes lufthavn, som ligger like over grensa til Nordland, slik at det til sammen er tre hovedflyplasser i regionen. Båtforbindelser har alltid vært viktig, da mye av befolkningen bor på øyer. I dag har alle de store øyene bro eller tunellforbindelse med fastlandet, men bilferger er fortsatt en viktig del av infrastrukturen ved å skape forbindelse til mindre øysamfunn og over lange fjordarmer. Til sammen har Troms fylke 31 aktive fergeleier hvor alle ligger langs fylkesveier. I tillegg anløper Hurtigruta Harstad, Finnsnes, Tromsø og Skjervøy daglig.

Det finnes ikke noe jernbane i Troms – nordligste stopp for Nordlandsbanen er Bodø, alternativt kan Narvik nåes via Sverige. Derfor er bil og buss eneste transportalternativ på land. Vegnettet er godt utbygd med Europavei 6 (E6) som hovedfartsåren gjennom indre deler av Troms. Fra E6 går det mange tverrforbindelser til ytre strøk, med E8 fra Nordkjosbotn til Tromsø som den viktigste. E8 fortsetter også østover fra Skibotn langs grensa mellom Sverige og Finland, og rett sør for fylkesgrensa mot Nordland går E10 mot Kiruna.

Kommunikasjon og transport er basert på et vegnett som har få omkjøringsmuligheter dersom vegen stenges på grunn av skred. Skred i stein, snø og løsmasser skaper store problemer langs veiene i fylket, og stenging av vei pga. skredhendelser eller fare for skred er en del av dagliglivet. Flere store rassikringsprosjekter er gjennomført de siste årene, og fylket er tildelt 326 millioner statlige kroner til rassikring gjennom *handlingsplan for rassikring langs fylkesvegnettet 2013-2019* som er utarbeidet av Samferdselsdepartementet. Det største pågående prosjektet er realiseringen av *Torsken-pakken* på Senja, hvor skredfare og stengte veier som følge av skred er hovedbegrunnelsen for prosjektet som til sammen består av 16 delprosjekter (Vegvesen.no, 2014).

2.2 Topografi og landformer

Troms har en svært variert natur og topografi. Langs kysten fins flere av Norges største øyer, i tillegg til mange små. I de ytre kystområdene har isbreer formet et variert landskap med bratte daler og spisse fjelltopper. Dette landskapet strekker seg flere steder langt inn i landet i form av lange fjordarmer. Flere store fjordsystemer og høye og bratte fjell finnes over hele fylket. Unntaket er indre strøk, Nordreisa og deler av Bardu og Målselv, hvor vi finner flatere fjellområder og enkelte lange og slake dalfører. Lyngen er det mest kjente fjellområdet med den høyeste toppen Jiehkkvárri, en bredekt topp på 1834 moh. I dette området ligger flertallet av breene i Troms. Helningskartet over regionen, se Figur 3, viser at store områder preges av bratte skråninger over 25°.

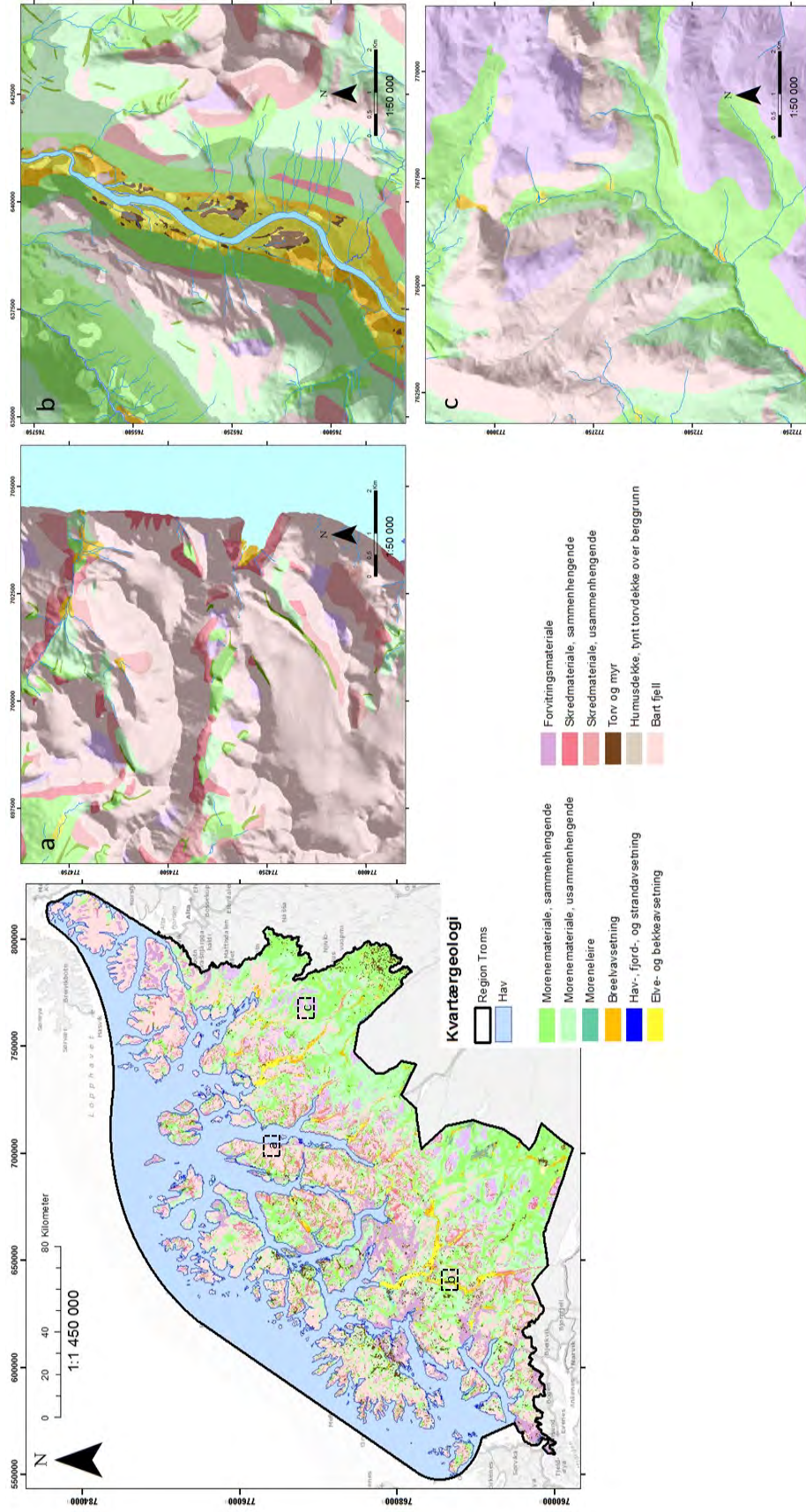


Figur 3: Hæningskart over regionen Troms. Hæningskartet er basert på 25x25 m oppløsning. Med unntak av indre strøk har store deler av regionen svært variert topografi. Detaljkart viser eksempler av denne variasjonen: a) alpinfordrandskap i Lyngen; b) skogkleddedalfører i Bardu og c) viddelandskap i Gjebarassa området.

2.3 Geologi

Geologien i Troms preges av metamorfe bergarter som ble dannet under den kaledonske fjellkjedefoldningen for ca. 450 millioner år siden (Figur 4). Da ble opprinnelige magmatiske bergarter og avsatte sedimenter begravd, forskjøvet og foldet til de bergartene vi finner i dag. De høyeste fjellene i regionen, Lyngsalpene, samt et belte fra Øksfjord opp mot Seiland består i hovedsak av harde bergarter som gabbro og amfibolitt. I de ytre kystområdene består øyene av gneis som danner grunnfjellet i området. Store deler av Troms, spesielt sentrale områder består av glimmergneiser, glimmerskifre, sandstein og amfibolitter. I indre strøk er område flatere med enkelte fjellpartier dannet av hardere bergarter. Her består berggrunnen hovedsakelig av sandstein og ulike gneiser. Her finnes også lange daler med lite fall slik som Måselvdalen og Bardudalen (Snl.no, 2014).

Løsmassekartet (Figur 5) viser at indre områder i stor grad er dekket av tykk morene, med tynnere dekke ut mot kysten. I dalbunnene dominerer fluviale avsetninger avsatt av dagens elver eller større breelver under isavsmeltingen etter siste istid. I de alpine områdene dominerer forvittringsmateriale, usammenhengende morenedekke og skredmateriale i underkant av bratte fjell. Inne i fjordene finnes også enkelte områder med marin leire.



Figur 5: Kvartærgeologien i Troms preges av moreneavsetninger i indre områder, skredavsetninger i bratte fjellområder, bart fjell i høyreliggende områder og breen- og elveavsetninger i de store dalstrøkene. Detaljkart viser eksempler av: a) alpinfordlandskap, med bratte fjellskråningene hvor bart fjell og skredavsetningene er dominerende (eks. fra Lyngen); b) dalfører, med dominerende moreneavsetning og breen- og elveavsetninger (eks. Bardu) og c) viddelandskap, med dominerende bart fjell, forvitningsmateriale og moreneavsetning (eks. Gjebarassa) (Kilde: www.ngu.no).

2.4 Vegetasjon

Vegetasjonen i Troms varierer med avstand til kysten og høyde over havet. I kystområdene kan vi generelt dele inn i tre vegetasjonssoner; strand-, li- og fjellsonen. Fjellsonen kan deles ytterligere inn i lavfjellet (lavalpin sone), mellomfjellet (mellomalpin sone) og høyfjellet (høyalpin sone).

Strandsonen er kjennetegnet som en skogløs sone langs kysten, enten som følge av klimatiske forhold eller kulturpåvirkning. I dette sjiktet veksler vegetasjonen ofte mellom et karrig, usammenhengende dekke og strandeng på finkorna strandsedimenter. Strandsonen er ikke til stede over alt, og her vil lisonen strekke seg fra havnivå og opp til skoggrensa. I Troms domineres lisonen av bjørkeskog. Furuskog har beskjeden utbredelse i kyst- og ytre fjordstrøk, og gran finnes kun i enkelte områder, da oftest plantet. Skoggrensa strekker seg opp til 350-400 moh., høyest i indre strøk. Den klimatiske grensa på gunstige steder ligger på 450 moh., men da flere faktorer enn sommertemperatur spiller inn, ligger skoggrensa sjeldent så høyt. Dette kan være utslag av topografi, jordsmonn, skredpåvirkning og kulturpåvirkning.

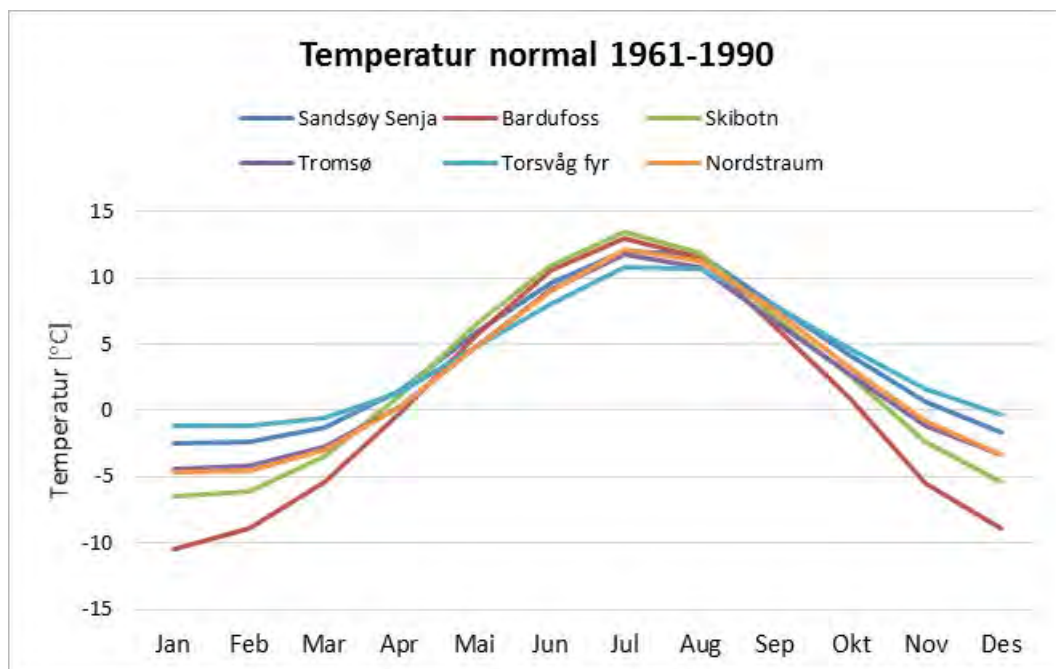
Den lavalpine sonen inneholder mange av de samme artene som i lisonen, men preges av lavere vegetasjon som busker og lyng. Sonen strekker seg opp til omtrent 700 moh. som er grensa for hvor vi finner rishei og blåbær. Den mellomalpine sonen preges av harde klimatiske forhold og kort vekstsesong, i tillegg til blokkmark og solifluksjon. Vegetasjonen er sparsom og preges mer av mose og lav. I den høyalpine sonen finnes det ingen sammenhengende vegetasjon, og plantene er begrenset til enkelte plasser med finkorna materiale (Bjørklund og Haugen, 2008; Haugen og Støvern, 2013).

2.5 Klima

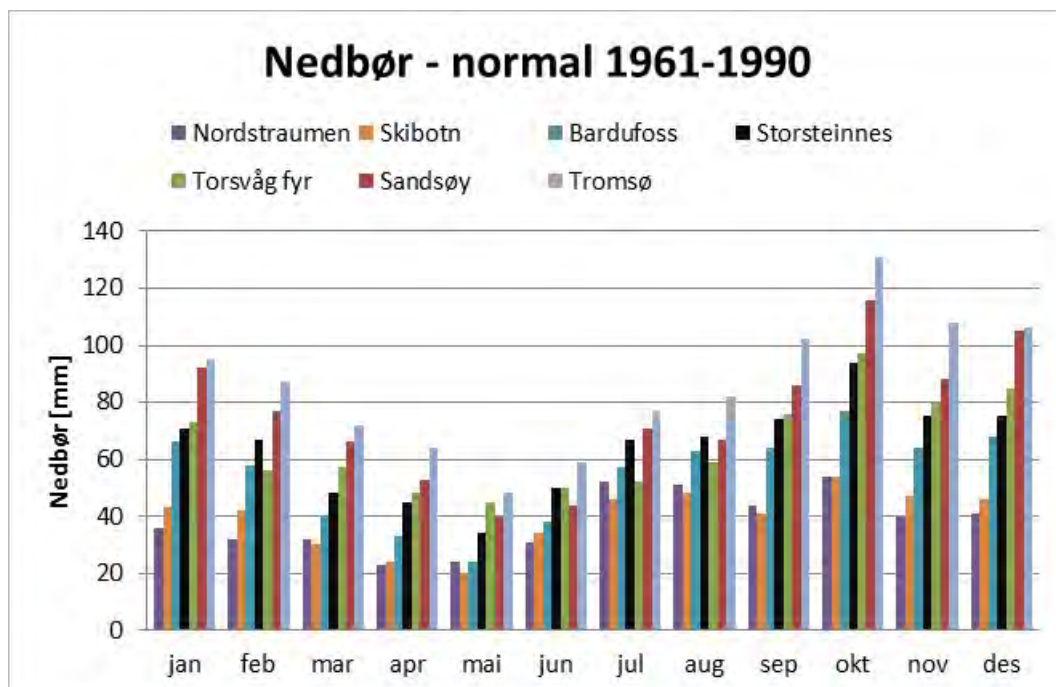
Klimaet i Troms er preget av den høye breddegraden, nærheten til Norskehavet og Golfstrømmen. Kystområdene er relativt varme året igjennom, se Figur 6. Sandsøy på Senja og Torsvåg fyr har normal månedstemperaturer på henholdsvis -2.5 °C og -1.1 °C i januar og 12.0 °C og 10.8 °C i juli. Dette gir en normal årstemperatur på 3.8 °C og 3.9 °C for henholdsvis Sandsøy på Senja og Torsvåg fyr. Ettersom avstanden til kysten øker, øker også den sesongvise temperaturvariasjonen. Indre strøk, representert ved Bardufoss, har månedsnormal for januar på -10.4 °C. Om sommeren skinner sola døgnet rundt og temperaturen kan stige betraktelig. Normaltemperaturen midtsommers ligger på 13.0 °C, noe som gir en normal årstemperatur på 0.7 °C, litt kaldere enn ved kysten.

Nedbøren i regionen avhenger også av avstanden til kysten, samt den lokale topografien, se Figur 7. Ytre områder har en årsnedbør på rundt 750 mm, mens det langs enkelte fjellområder innenfor kysten kan komme det dobbelte av dette på. Nedbøren vil også øke med høyden over havet, og oppe i fjellene vil det falle vesentlig mer. Indre områder har svært lite nedbør, ned mot 400 mm i året. Mest nedbør faller om høsten og vinteren, mens våren kan være en relativt tørr periode. Hvis vi analysere bare månedlige maksimalverdier i noen utvalgte steder observerer man at største verdier registreres i mars (fra 55 mm på indre strøk til opp 153 mm langs kysten), april (fra 85 til 122 mm), august (fra 41 mm til 89) og september (fra 66 til 210 mm).

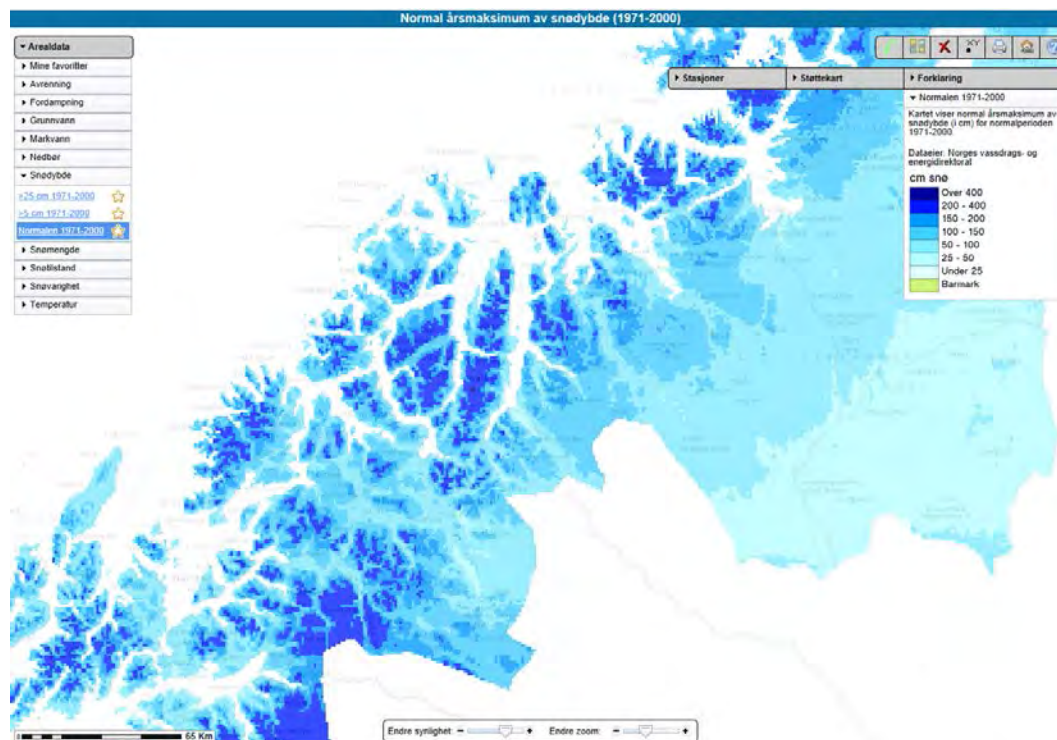
Med unntak av de ytre kyststrøkene pleier området å ha et kontinuerlig snødekke om vinteren (fra november til april-mai), men mildværsperioder og regn kan forekomme gjennom hele vinteren. Spesielt fjellområdene kan få mye snø, noe som mange plasser gir grunnlag for isbreer, spesielt på Lyngenhavøya. Figur 8 viser normal årsmaksimum av snømengde (i mm vannekvivalent) for perioden 1971-2000, og vi ser at den i fjellområdene ligger på mellom 1000-2000 mm vannekvivalent.



Figur 6: Temperaturnormaler for perioden 1961-1990 for utvalgte plasser i Troms. Data fra www.eklima.no.

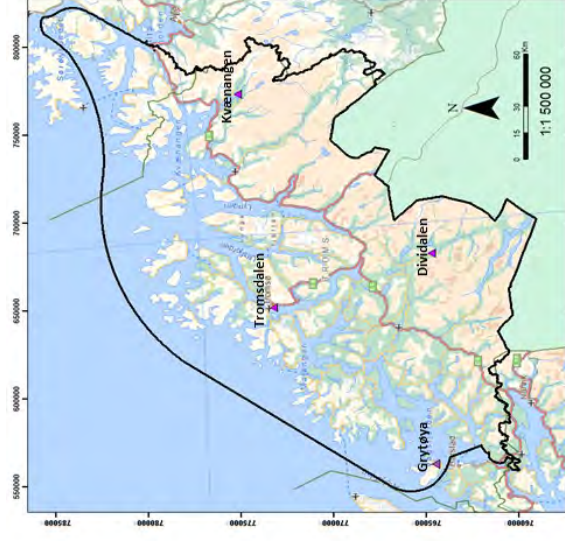
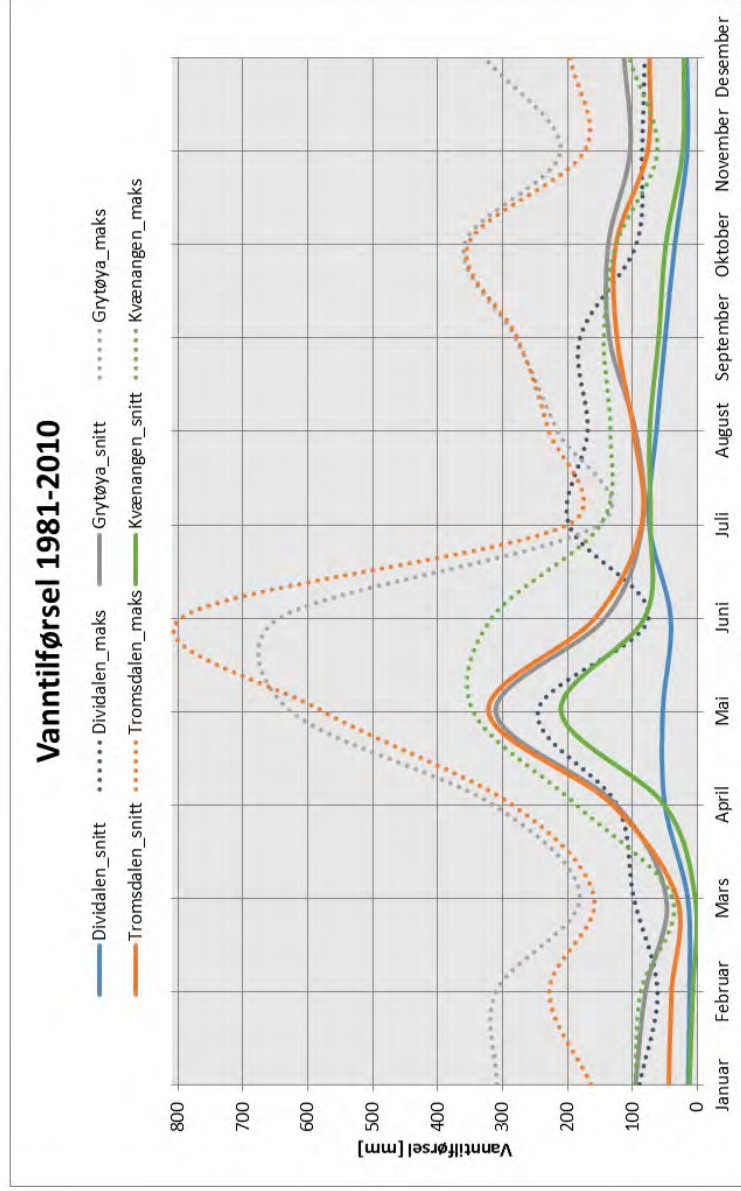


Figur 7: Nedbørnormaler for perioden 1961-1990 for utvalgte plasser i Troms. Data fra www.eklima.no.



Figur 8: Kartet viser normal årsmaksimum av snødybde (i mm vannekvivalent) for normalperioden 1971 – 2000 (www.xgeo.no).

Vanntilførsel og jordas vannmetning er viktige parametre i forhold til utløsning av løsmasseskred. Dataene for vanntilførsel er basert på modellert data for daglig regn og snøsmelting med en oppløsning på 1x1 km fra www.xgeo.no. Oppløsningen gjør at modellert høyde fraviker litt fra den faktiske høyden, spesielt i områder med store topografiske forskjeller. Figur 9 viser gjennomsnittelig og maksimal månedlig vanntilførsel for perioden 1981 – 2010 for utvalgte plasser i regionen (modellerte høyder i parentes): **Grytøya** (226 moh.), **Dividalen** (204 moh.), **Tromsdalen** (100 moh.) og **Kvænangsbotn** (247 moh.). Figuren viser at vanntilførselen generelt har en topp i snøsmeltesesongen om våren, spesielt i fjellområdene hvor det kan legges seg vesentlig snømengder i høyden, men at vanntilførselen også øker i forbindelse med nedbørhendelser om høsten. I de indre strøkene med lite nedbør gjennom vinteren og våren, her representert ved Dividalen, ser vi en mer jevn fordeling gjennom året uten noen tydelig topp. De høyeste maksimumsverdiene er gitt i mai, juli, august og september.



Figur 9: Vanntilførsel (regn og snøsmelting) for utvalgte plasser i regionen; Dividalen (204 moh.), Grytøya (226 moh.), Tromsdalen (100 moh.) og Kvænangsbotn (247 moh.). Data er fra www.xgeo.no.

2.5.1 Fremtidig klima

Klimafremskrivninger frem mot år 2050 og 2100 viser til både økt temperatur og nedbør i Troms. Temperaturen er ventet å øke i alle årstider med størst økning om vinteren og minst endring sommerstid. Den største økningen er forventet å forekomme i indre strøk. Nedbørmengdene vil øke alle årstider og middelfremskrivningen gir en 20 % økning sommerstid for nedbørregion som omfatter kystområdene i Nordland, Troms og Vest-Finnmark. Det er også sannsynlig at vi får flere dager med store nedbørmengder og at disse nedbørmengdene vil øke (NOU, 2010).

Avrenningen er forventet å øke høst, vinter og vår grunnet mer nedbør, men vil minke sommerstid. Fremskrivningene for flom er usikre med store lokale variasjoner. Generelt kan man forvente større regnflommer, mens sannsynligheten for store smelteflommer kan minke. Dette tiltross for mer nedbør i fjellet, da denne vil falle som regn og snømengden derfor vil minke. Høyere temperatur kan føre til tidligere vårflokker, mens vinter- og høstflokker kan øke. Mer intens og lokal nedbør kan skape problemer i små, bratte elver og bekker, og kan føre til økt fare for flom- og jordskred. Høyere temperatur vil redusere risikoen for snøskred i områder lavere enn 500-1000 moh, men øke faren for våtsnøskred og sørpeskred (NOU, 2010).

2.6 Hydrologi og hydrogeologi

2.6.1 Hydrologi

De hydrologiske forholdene både i Troms og Norden generelt preges i hovedsak av tre forutsetninger: 1) et kjølig klima som fører til lite fordamping og danner grunnlag for snødekke om vinteren. 2) Store nedbørmengder, spesielt i kystområdene. 3) den geologiske historien med kvartære istider.

Det hydrologiske regime beskriver overflateavrenningen i et område og bestemmes av avrenningens sesongvariasjon, dvs. flomperioder (H) og lavvannsperioder (L). Store deler av Troms, med unntak av ytre kystområder, har et fjellregime (H_1L_1) med en dominerende snøsmeltingsflom (H_1) og vinterlavvann pga snøakkumulasjon (L_1). Det innebærer at de tre månedene med høyest middelavløp forekommer om våren eller forsommeren, typisk mai-juli, mens de to laveste månedsavløpene inntreffer om vinteren eller tidlig vår, typisk februar-mars.

Langs kysten, hvor temperaturen er mildere og nedbøren øker, nærmer vi oss et overgangsregime (H_2L_2). Det betyr at vi har en overgang til sekundær regnflom som innebærer at andre eller tredje største månedsavløp finner sted om høsten eller tidlig vinter, typisk november - desember. I tillegg tilhører de to laveste månedsavløpene forskjellige årstider, typisk februar som følge av lave temperaturer og juli som følge av lite nedbør (Tollan, 2002).

Langs kyst og fjordområdene i Troms er elvene ofte korte og strie. De kan reagere raskt på intens snøsmelting og nedbør, og massetransporten kan øke drastisk. Disse elve- og bekkeløpene er også utsatt for sørpeskred og flomskred. I de indre strøkene finner vi større elver og vassdrag. Målselva er den største og sammen med sideelva Barduelva drenerer

Målselvassdaget nesten hele indre Troms. På samme måte drenerer Reisaelva med sidevassdrag store deler av indre Nord-Troms. Disse store vassdragene reagerer tregere på meteorologiske parametre og flommer hovedsakelig i forbindelse med snøsmelting. De mindre sideelvene og bekker i området er derimot utsatt for flom og skred også under intense nedbørperioder, slik som i juli 2012.

2.6.2 Vassdragsreguleringer

Det finnes en rekke vannkraftverk i Troms hvorav 7 er kraftverk med mer enn 10 MW maksimal ytelse. I tillegg er det for tiden stor interesse for vannkraftutbygging i Troms, spesielt innen småkraftverk. Per januar 2014 ligger det inne 71 søknader innen vannkraft i Troms hos NVE med en samlet produksjon på 662 GWh (nve.no, 2014) (Tabell. 1).

Vannkraftreguleringer av en viss størrelse har en betydelig effekt på vannføringsvariasjoner gjennom året, da man generelt har en nedtapping av magasinet om høsten og vinteren og oppfylling om våren og sommeren. Reguleringene har også effekt på flommene i området. De største flommene forekommer om våren i forbindelse med snøsmeltingen, og da er magasinene ofte nedtappet og har plass til mye flomvann, noe som igjen demper flommen. Høstflommer forårsaket av regn i fulle magasiner kan i motsetning forsterke flommen i enkelte tilfeller. Totalt sett i Norge har vassdragsreguleringer gjort at hyppigheten av store flommer har gått ned i store vassdrag.

Tabell 1: Oversikt over vannkraftverk og vassdragene de berører.

Navn	Maks ytelse [MW] *	Vassdragsnr.	Vassdrag	Driftsår	Kommune
Nord-Forså	1,1	188.231	Rolla	1957	Ibestad
Sør-Forså	1,1	188.232	Rolla	1985	Ibestad
Helleren	2,4	189.A	Skoddebergsvassdraget	1958	Skånland
Skoddeberg	6,78	189.C4	Skoddebergsvassdraget	1953	Skånland
Storfossen	0,32	190.3A	Storelva	1947	Gratangen
Storelva	0,47	192.2	Andørja	1948	Ibestad
Sørfjordkraft	0,7	193.12Z	Storelva	1987	Dyrøy
Mølnelva	1,2	193.D2	Skølvassdraget	2008	Dyrøy
Lysbotn	5,35	194.3D3	Lyselva	1941	Lenvik
Osteren	2,5	195.4A1	Osterelva	1936	Torsken
Bergsbotn	7,9	195.61	Senja vest	1985	Berg
Tverrelva	0,3	196.2B	Rossfjordvassdraget	1984	Lenvik
Bardufoss	41,5	196.AA3	Barduelva/Målselvassdraget	1953	Målselv
Krogstadelva	4,7	196.AB2Z	Krokstadvasselva/Barduelva/Målselvassdraget	2012	Bardu
Straumsmo	130	196.AC4	Barduelva/Målselvassdraget	1966	Bardu
Innset	90	196.AC8	Barduelva/Målselvassdraget	1960	Bardu
Dividalen	26	196.DA2	Divielva/Målselvassdraget	1972	Målselv
Middagsbukt	0,006	198.31	Nordkjøselva/Balsfjorden og Straumfjorden	2007	Balsfjord
Saltdalelva	5	198.72	Nordkjøselva/Balsfjorden og Straumfjorden	2012	Tromsø
Skarsfjord	4	200.51	Ringvassøya	1922	Tromsø
Ellenelva	4,8	203.A0	Lakselva	2012	Tromsø
Rottenvik	5,49	204.3A2	Storelva (Råttenvik)	1952	Lyngen
Mortendalselva	2,1	204.AZ	Balsfjordelva/Signalelva	2012	Storfjord

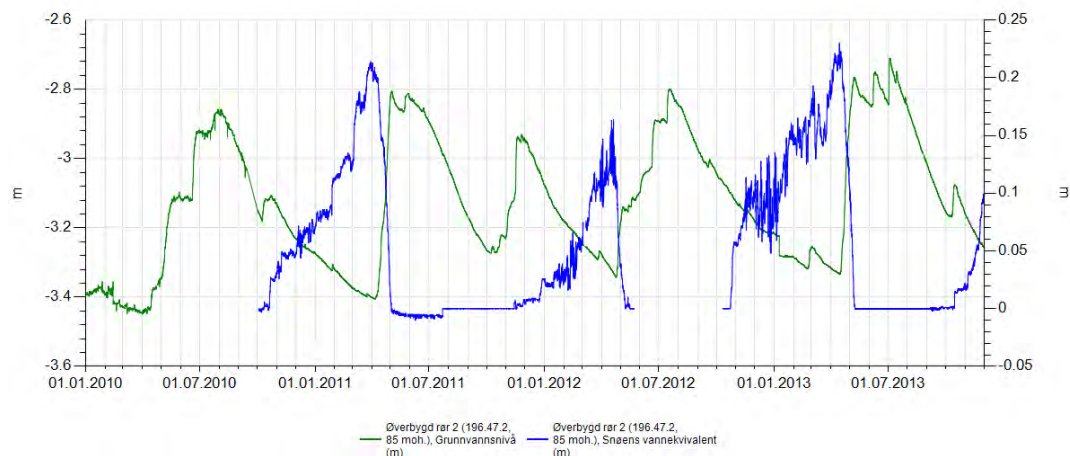
Skibotn	70	205.A7	Skibotnvassdraget	1979	Storfjord
Lávkajohka	8,7	205.B3B1	Lávkajohka/Skibotnvassdraget	1982	Storfjord
Sikkajohka	1,9	206.522	Kåfjordvassdraget/Lyngen øst, Uløya, Kågen og Skjervøya	1950	Nordreisa
Guolasjohka	80	206.A10	Kåfjordvassdraget	1971	Kåfjord
Kildalen	8,2	208.AA31	Kildalelva/Reisavassdraget	1960	Nordreisa
Småvatna	18,8	209.4AA3	Corrojhka/Abojhka	1970	Kvænangen
Cårrujavrit	1,7	209.4AA4	Corrojhka/Abojhka	1990	Kvænangen
Lassajavrra	7,2	209.4AC	Corrojhka/Abojhka	1977	Kvænangen
Kvænangsbøtn	44	209.51	Kvænangsvassdraget/Kvænangen sør	1965	Kvænangen
Bergsfjord	1,1	211.341	Loppa kommune og Langfjorden	1959	Loppa, Finnmark
Kåven	4,5	211.7A	Kovelva	1952	Alta, Finnmark
Hakkstabben	0,8	215.4	Seiland	1994	Alta, Finnmark

* *Kraftverk (> 10MW); småkraftverk (1-10 MW), minikraftverk (0,1-1,0 MW); mikrokraftverk (< 0,1 MW)*

2.6.3 Hydrogeologi

De store breelvavsetningene i mange dalbunner har et betydelig grunnvannspotensial og infiltrasjonskapasitet, og grunnvannsnivået avhenger av vanntilførsel fra omkringliggende områder og av vannføringen i elvene. Morenemateriale har ofte mindre mektighet og en lavere infiltrasjonskapasitet. Lokalt varierer med andelen finkornige materialer i morenen, samt underliggende berggrunn eller løsmasser. Under langvarige eller intense nedbørperioder kan morenemateriale bli vannmettet, eller infiltrasjonskapasiteten overstiges, og vi kan få lokalt stor overflateavrenning. Det var dette som skjedde i juli 2012.

Det finnes fire grunnvannsstasjoner i Troms. Figur 10 viser grunnvannstand og snøens vannekvivalent for stasjonen Øverbygd i Dividalen (65 moh) for perioden 1.1.2010 til 30.11.2013 (se også figur 9 for plassering av Dividalen målestasjonen). Vi ser tydelige sesongvariasjoner i grunnvannstand med gradvis synkende vannstand gjennom vinteren, og en tydelig stigning og topp i forbindelse med snøsmelting om våren/sommeren. Vi ser også at mye regn kan føre til at lokale toppe kan forekomme både vinterstid (2012) og sommerstid (2013).



Figur 10: Observasjoner av grunnvannstand (grønn) og snødybde (snøens vannekvivalent i mm, blå) for Øverbygd i perioden 1.1.2010 til 1.12.2013. Målingene viser tydelige sesongfluktuasjoner med lav grunnvannstand om vinteren og høy om sommeren. Vi ser også at det kan forekomme høy grunnvannstand om vinteren, slik som i 2012 (www.xgeo.no).

3 Skredhendelser

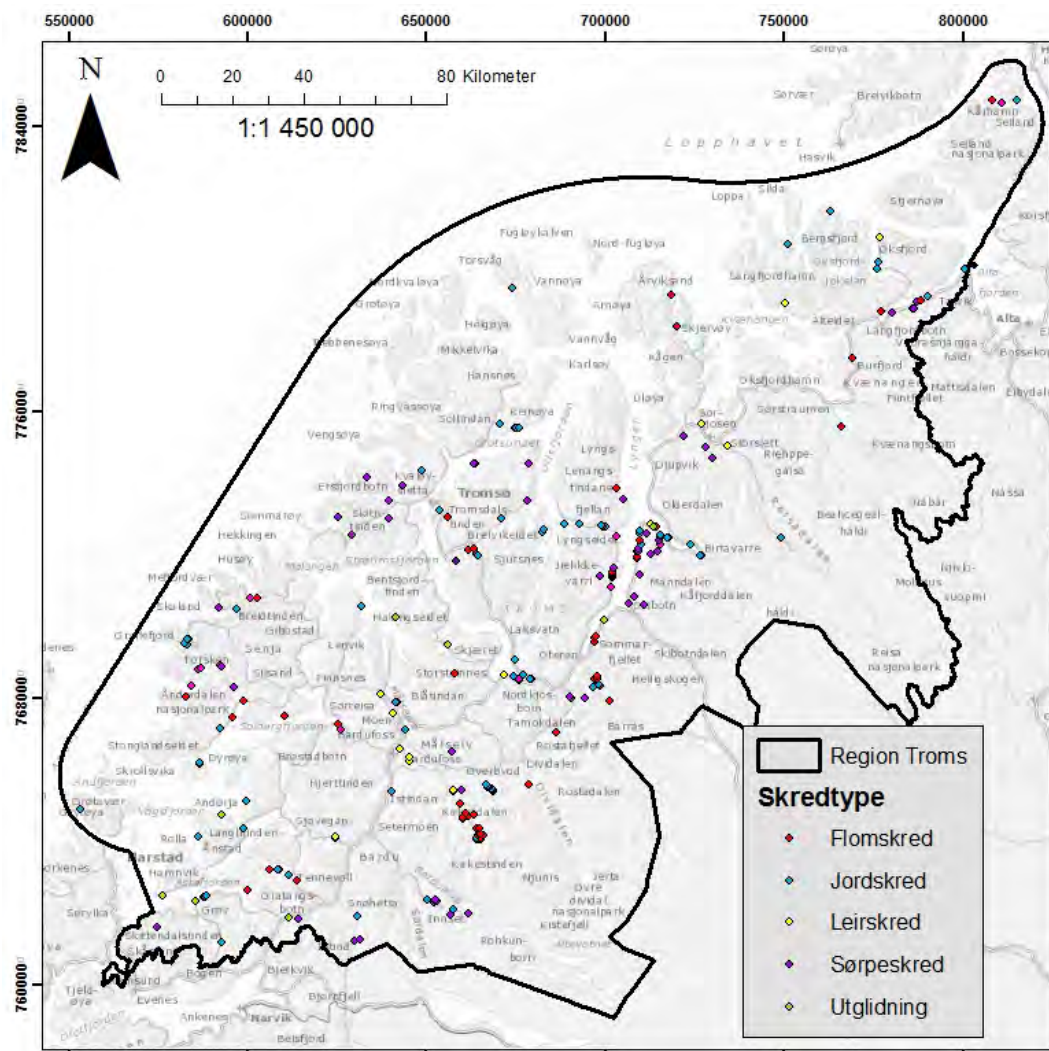
Den varierte topografien, de geologiske forholdene og det fuktige klimaet fører til at store deler av Troms preges av snø-, stein- og løsmasseskred, noe terrenget mange steder viser tydelige spor av. Mye bebyggelse og infrastruktur i Troms ligger en smal sone langs stranda i fjorder med bratte fjellsider, noe som gjør området spesielt utsatt for skred: både fra overliggende skråninger og at deler av strandsonen kan rase ut i fjorden (Longva m.fl., 1999). Troms-regionen opplever mye problemer knyttet til ulike typer skred. Spesielt vegnettet som ofte går i underkant av bratte fjellskråninger opplever store problemer. Snøskred vinterstid og steinsprang er det største problemet. I tillegg skaper sørpeskred og flomskred, i forbindelse med stor snøsmelting og mye nedbør, problemer og stengte veier. Totalt har mer enn 250 mennesker omkommet i skredulykker i Troms i historisk tid, hvorav langt på vei de fleste er omkommet i snøskred. 14 mennesker er registrert omkommet av leir- og jordskred, 32 av fjell- og steinskred, og 9 døde som følge av det undersjøiske skredet med påfølgende flodbølger som rammet Sokkelvika i Nordreisa kommune 7. mai 1959 (Furseth, 2006).

Når det gjelder skred i løsmasser har kvikkleireskred ført til en rekke ulykker i Troms. Store deler av bebyggelsen langs fjordene ligger under den marine grensen, som generelt ligger mellom 35 og 90 moh (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>), og høyest i indre strøk hvor landhevingen har vært størst. Disse skredene i strandsonen er vanskelige å forutsi og ofte menneskeutløst, slik som kvikkleireskredet i Lyngen 3. september 2010, og inngår derfor ikke i jordskredvarslingen.

I denne rapporten beskrives og analyseres kun hendelser knyttet til jordskred, flomskred, utglidninger og sørpesked. Data er primært samlet fra skreddatabase (www.skrednett.no; www.skredatlas.nve.no) og er kvalitetskontrollert av Seksjon for flom- og jordskredvarsling ved NVE. Dette for å bestemme skredtype mer nøyaktig i forbindelse med utarbeidelse av terskelverdier for skredfarevarsling. Andre kilder som regobs.no, informasjon fra media, foto og observasjoner av nyere hendelser er også brukt. I tillegg er det innhentet informasjon lokalt fra NVEs Region Nord, Statens Vegvesen, Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Universitet i Troms i form av tekniske rapporter, interne notater eller masteroppgaver.

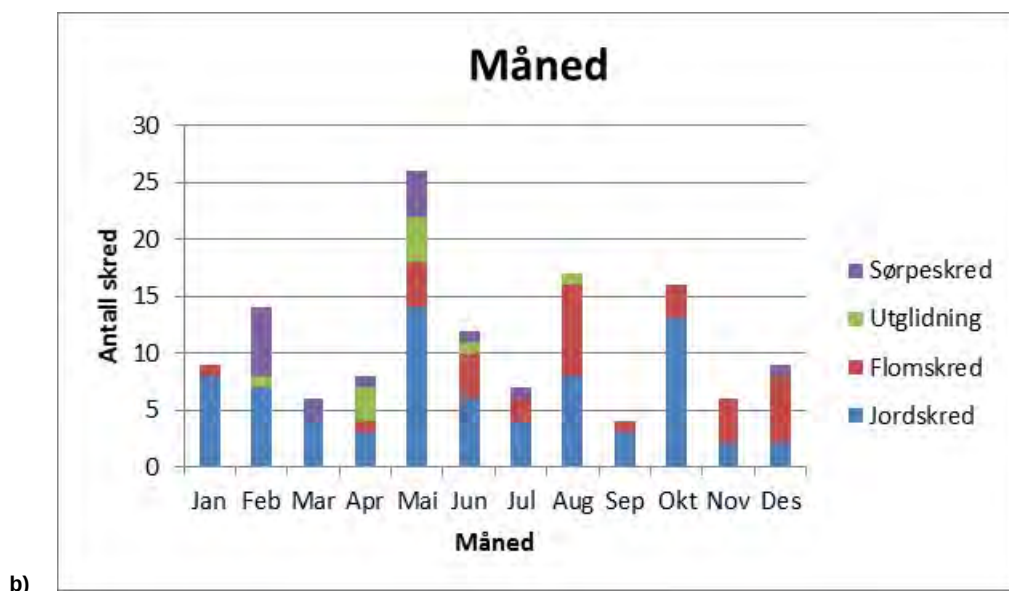
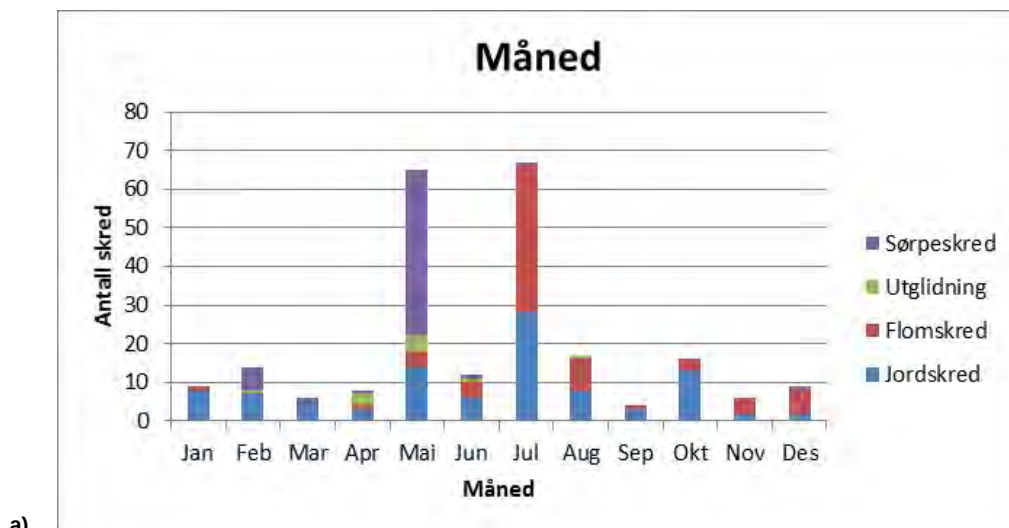
Enkle statistiske analyser har blitt utført med skreddataene med formål om å få bedre informasjon om når på året forekomsten av skred er størst, og om forholdet mellom skredhendelser og geologiske og topografiske parametre i regionen som kan brukes i varslingen av jordskredfare. Statistiske analyser presentert i rapporten er basert på 235 skredhendelser som strekker seg fra år 1196 til mai 2013.

Figur 11 gir en oversikt over til sammen 235 kvalitetskontrollerte skred fordelt på 98 jordskred, 70 flomskred, 55 sørpeskred og 10 utglidninger. I tillegg er 12 leirskred markert. Disse er enten historiske skred, hvor man ikke har kunnet skille mellom jordskred og leirskred, eller utglidninger i leire, uten at det nødvendigvis dreier seg om kvikkleireskred. Jordskred og flomskred hendelser har ikke vært systematisk dokumentert i denne regionen og denne mangelen på systematisk registrering opp gjennom historien fører til et svekket statistisk grunnlag.



Figur 11: Kartet viser 235 kvalitetskontrollerte skredhendelser i analyseområdet. Hendelsene er hentet fra skrednett.no, RegObs og informasjon fra media, foto og observasjoner av nyere hendelser.

Figur 12a gir en oversikt over i hvilke måneder skredaktiviteten er størst, samt skredtype. Figuren viser at aktiviteten er størst i mai og juni, men denne fordelingen er sterkt preget av de mange registrerte hendelsene i mai 2010 (39 stk) og juli 2012 (59 stk). Ser vi bort ifra disse hendelsene (figur 12b) er fortsatt mai den måneden med flest skred, men fordelingen er mye jevnere året sett under ett.



Figur 12: a) Fordeling av de ulike skredtypene gjennom året. Fordelingen viser at skredhendelser forekommer igjennom hele året. b) Fordeling av ulike skredtypene hvor hendelser fra mai 2010 og juli 2012 er tatt bort.

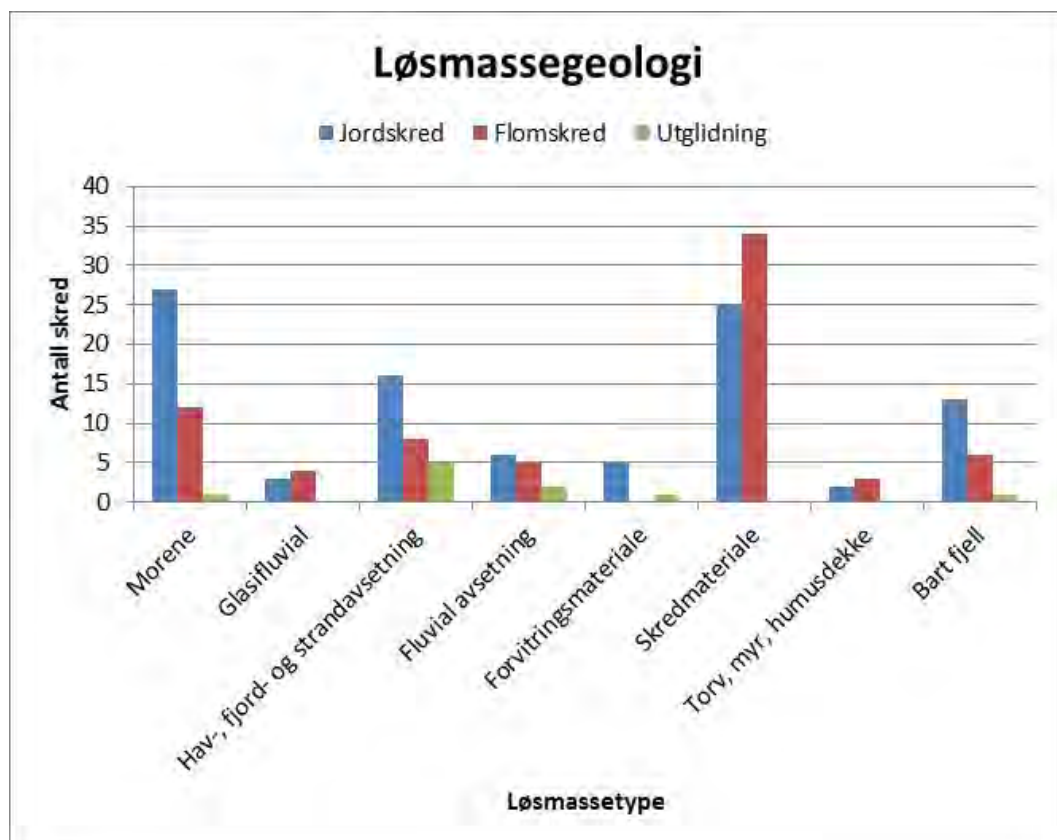
Et annet formål var å analysere forholdet mellom skredhendelser og geologi og topografi. For dette har vi brukt løsmasse- og berggrunnskartene tilgjengelige fra www.ngu.no. Figur 13 og 14 viser resultater fra disse analyser.

Figur 13 viser fordelingen av jordskred, flomskred og utglidninger med tanke på kvartærgeologien i området, og er utarbeidet ved å hente ut geologisk informasjon i punktet hvor skredhendelsen er registrert. Som vi ser er mesteparten av hendelsene registrert i morene (22,2 %), marine avsetninger (16,1 %) og i gammelt skredmateriale (32,8 %). En viktig feilkilde er i dette tilfelle feilmarginen i rapporteringen av skredets lokalitet. Enkelte ganger er skredet rapportert i dalbunnen langs vei, ved hus eller på utmark mens utløsningsområdet befinner seg oppe i fjellsiden. Det er heller ikke tatt hensyn til om skredet kan ha gått i kunstige skråninger, f.eks. fyllinger og veiskjæringer. At en så stor andel av skredene er utløst på bart fjell (11,1 %) vitner også om unøyaktig lokalitet eller løsmassekart.

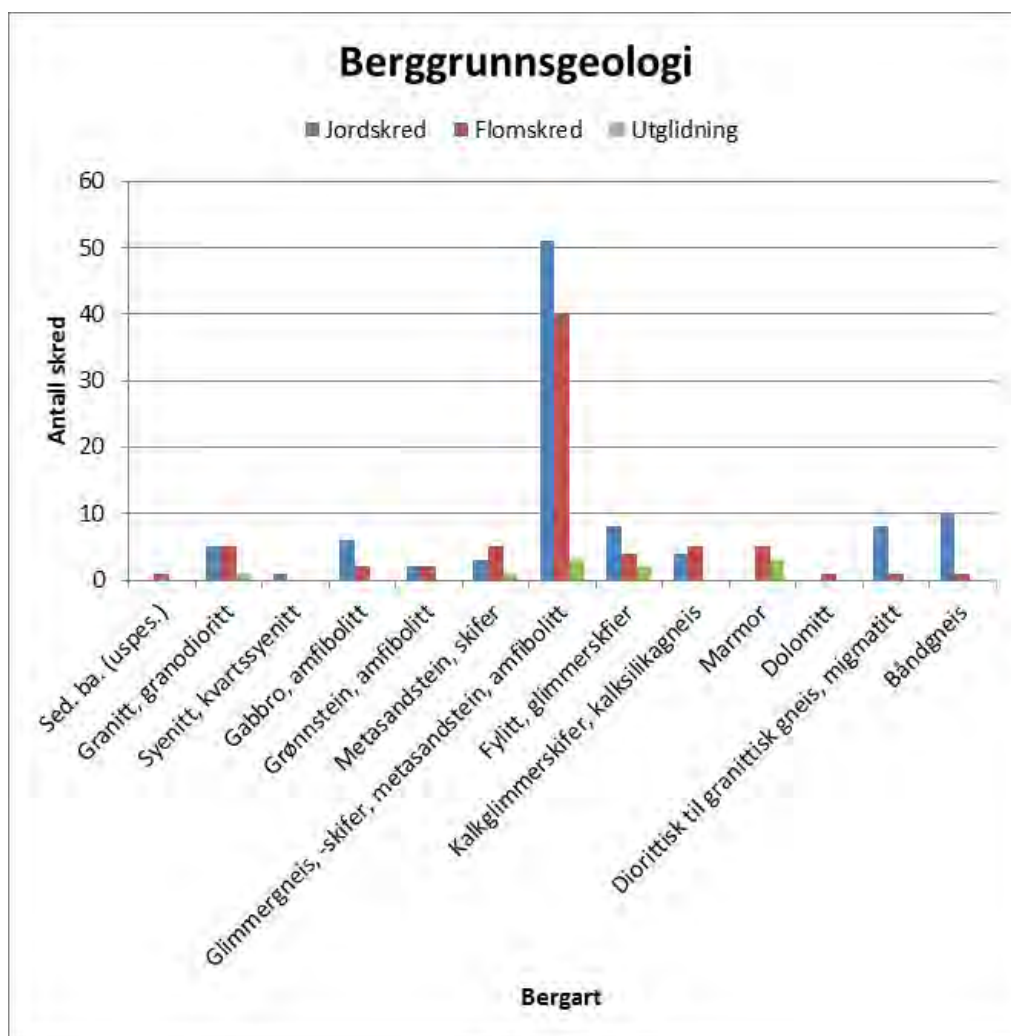
Figur 14 viser de ulike skredtypene fordelt på berggrunnsgeologi, og dataene er fremskaffet på samme måte som ovennevnte kvartærgeologiske data, med de samme feilkildene. Selv om det ofte er løsmasser i form av moreneavsetninger som løsner under et løsmasseskred, er det interessant å se på den underliggende berggrunnen. Fra Figur 14 er det vanskelig å trekke en slik slutning da flesteparten av skredhendelsene faller i gruppen *Glimmergneis, glimmerskifer, metasandstein og amfibolitt*. I tillegg til å være en veldig sammensatt gruppe, hva egenskaper angår geologisk sett, dekker gruppa også store deler av regionen. Dette gjør det vanskelig å trekke noen klare slutninger. Generelt kan tilførsel av stedegne materialer fra forvitring føre til økt tykkelse på løsmassedekke og lavere stabilitet. Bergarter som forvitrer lett bygger også raskere opp nytt jordsmonn i gamle skredløp, som over tid kan føre til nye skred i samme skredbane.

Oppløsningen på kvartærgeologi og berggrunnskartene er mellom 1:50.000 og i noen få steder til 1:250.000 og kan variere lokalt innad i studieområdet. Dette fører til at resultatene kan betraktes som for upresise og grove på et lokalt nivå. Selv om resultatene muligens ikke er pålitelige nok og kvartærgeologiske kart i målestokk 1:250.000 vil ofte være helt ubrukelige i en slik sammenheng, har vi bestemt oss for å presentere dem av to grunner:

- fordi jordskredvarslingen jobber på regionalt nivå og vi mener at resultatene fremstiller dette forholdet bra, og
- for å vise type av utfordringer som dukker opp på grunn av unøyaktig plassering av skredhendelsesdata og liten detaljgrad på tilgjengelig geologiske data.



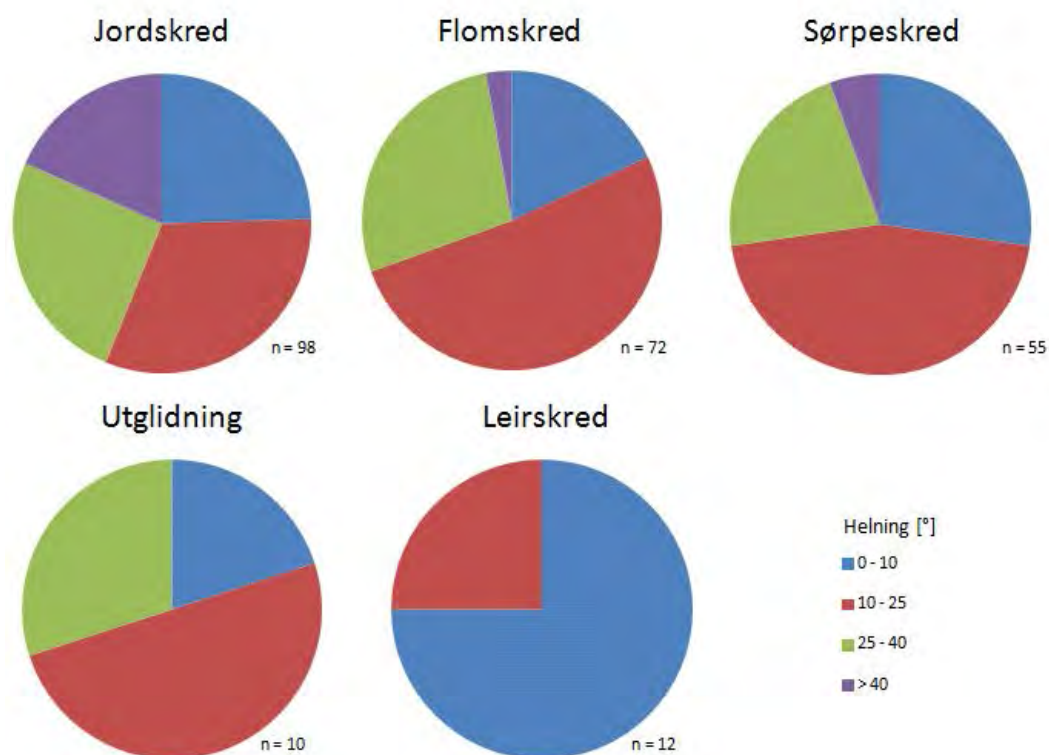
Figur 13: De ulike skredtypene fordelt etter løsmassegeologi. Det er ikke tatt hensyn til om skredet kan ha gått i kunstige skråninger (for eksempel fyllinger eller veiskjæringer).



Figur 14: De ulike skredtypene fordelt på berggrunnsgeologi.

Helningen, i punktet hvor skredet er registrert, er fremskaffet fra en 25 x 25 m digital terrengmodell (DTM), og resultatet kan ses i Figur 1. Som vi ser er mange av skredene registrert i områder med mindre enn 25° helning, noe som virker unaturlig. Dette har med at de ofte er registrert langs vei eller bebyggelse hvor skade er observert, mens selve utløsningsområde ofte finnes i en overliggende skråning. Spesielt gjelder dette eldre skred registret i skreddatabase. For nyere skred, basert på observasjoner, er utløsningslokaliteten mer nøyaktig, noe som fører til større andel registrerte skred utløst i bratte områder (Devoli m.fl., 2013). En celledørrelse på 25 x 25 m vil også føre til at mindre skrenter og bratte områder faller bort, og den beregnede helningen vil på grunn av dette også bli tolket lavere enn den reelle.

Helning



Figur 15: De ulike skredhendelsene fordelt på hellingen i terrenget. Hellingen er beregnet fra en 25 x 25 m terrengmodell. Unøyaktigheter i registrerte posisjoner fører til en høyere andel skred utløst i slake områder. n = antall skredhendelser i utvalget.

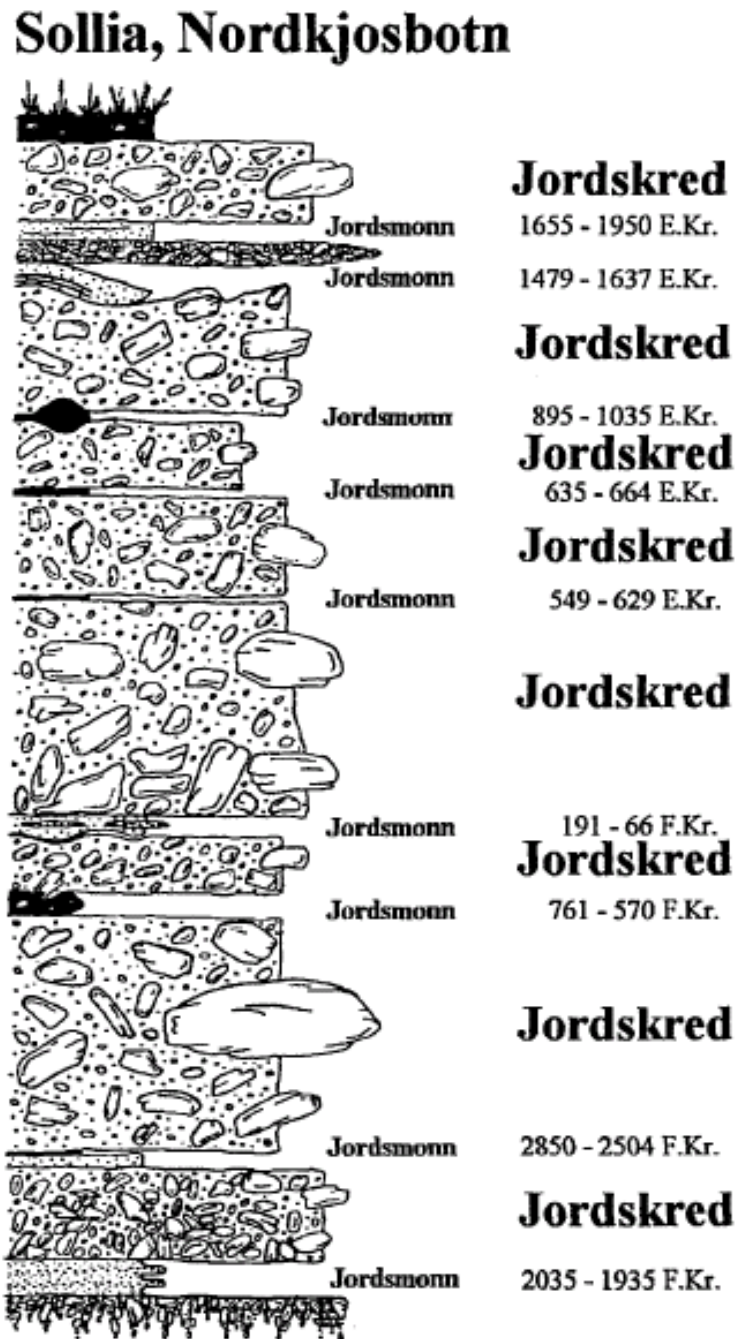
Selv om også disse resultatene ikke er helt pålitelige, presenterer vi dem for å vise en type utfordringer som oppstår når man bruker skredhendelser som er feil plasser. I dette tilfellet i avsetningsområder og ikke i utløsningsområder som det burde gjøres.

3.1 Skredhistorikk

I dette kapitlet gir vi et kort sammendrag av hvordan Norges geologiske undersøkelse (NGU) har kartlagt historiske jordskred i Balsfjord kommune, og kommet frem til estimerte gjentakintervaller for jordskred i dette området. I tillegg ser vi nærmere på noen av de store skredhendelser som har skjedd de siste årene.

NGU har undersøkt frekvensen av jordskred i bratte dalsider i forbindelse med skredkartlegging i deler av Balsfjord kommune (Sletten m.fl., 2006). 16 dype groper ble gravd i to ulike avsetningsvifter ved Sollia og Kileng, henholdsvis 3 og 10 km øst for Nordkjosbotn sentrum. Begge områdene viser tydelig spor etter jordskredaktivitet i form av jordskredkanaler og skredavsetninger. Gjennom stratigrafiske undersøkelser av de opptil 6 m dype gravegropene og datering av organisk materiale ble hyppigheten av jordskredaktivitet beregnet for tre vifter på hver lokalitet.

Figur 16 viser et eksempel på lagfølge i en gravegrop fra Sollia. Gjentakintervallet ble beregnet til å ligge på mellom 210 og 530 år på de ulike viftene her og på Kileng, basert på avsetninger over en tidsperiode fra 2500 – 6400 år. Dette er minimumsverdier da man må anta at enkelte skred er avsatt utenfor gravegropene (Sletten m.fl., 2006). Til sammenlikning krever byggt teknisk forskrift (TEK 10) en maksimal årlig sannsynlighet for skred på 1/1000 for eneboliger i Norge, dvs. et gjentakintervall på 1000 år.



Figur 16: Eksempel på gjentakende jordskredavsetninger fra Sollia, Nordkjosbotn. Organisk materiale i jordsmonnet mellom jordskredavsetningene er blitt datert for å bestemme frekvensen av jordskred i området (Sletten m. fl., 2006).

3.1.1 Sørpeskredhendelser 2010

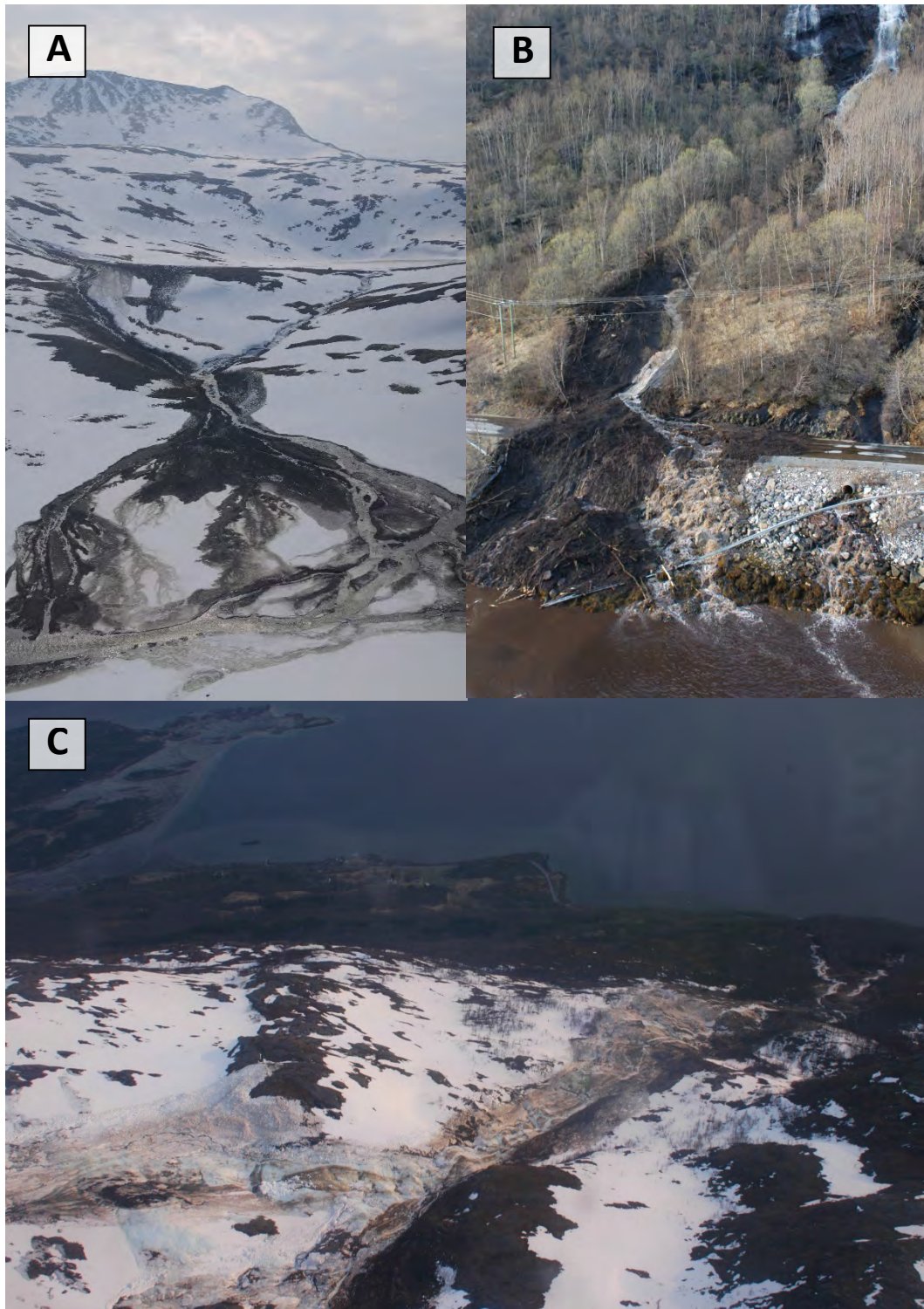
Sterk varme i Nord-Norge i midten av mai 2010, mange steder med maksimums-temperaturer høyere enn 20 °C over flere dager, førte til intens snøsmelting og avrenning over hele landsdelen. Varmen kom som følge av fønvind etter at et Vb-lavtrykk¹ kom inn over Sverige med mye nedbør og lokalt flom. Når lavtrykket passerte vannskillet mot Nordland var mesteparten av nedbøren utfelt, og i stedet satte det inn med fønvind, noe som skapte en svært rask og kraftig temperaturstigning i regionen. Før varmeperioden inntraff 15. mai var det fortsatt full vinter i fjellet, og grunnvannsstanden og vannmetningsgraden i jorda var generelt lav. Dette endret seg raskt når varmen kom, og store snømengder smeltet raskt. Dette førte til flom i hele landsdelen, og i enkelte stasjoner i nordlige deler av Nordland, Troms og Vest-Finnmark var vannføringene de største som er målt, og ble i enkelte vassdrag karakterisert som 200-årsflom. Flommen førte til skred, erosjon og oversvømmelser mange steder. Flere veier ble stengt og bygder isolert for en periode.

Den kraftige snøsmeltingen førte også til en rekke sørpeskred over et stort geografisk område fra Helgeland til Alta, hovedsakelig i indre strøk. De fleste skredene gikk 15. og 16. mai. Løsneområdene for skredene var ofte i slakt terreng 600 – 900 moh., og ettersom de fortsatte ned i lavlandet utviklet enkelte seg til flomskred. Det var størst skader langs små og bratte vassdrag, i tillegg til stor massetransport i lavereliggende områder (se Figur 17).

Temperaturstigningen i seg selv er ikke nok til å forklare det store antallet sørpeskred, da lignende temperaturstigninger skjer flere ganger hvert 10. år uten at det går så mange skred. Det var dessuten mindre snø enn normalt da mildværet inntraff.

Årsaken ligger derfor i oppbygningen av snødekket. Første del av vinteren dette året var kald med lite snø, noe som har ført til dannelse av svake lag av kantkornet snø og begerkrystaller i snødekket. Disse dannes når det er stor temperaturgradient mellom kald luft ved snøoverflaten og varmere luft nede ved bakken. Lagene kan forbli i snødekket gjennom hele vinteren, slik tilfellet sannsynligvis var i 2010 (Taurisano, 2011).

¹ Vb Lavtrykk: er en type sørøstlige vær som oppstår når et høytrykk ligger i Norskehavet som blokkerer for den normale transporten av fuktig luft langs polarfronten. Det ligger også et blokkerende høytrykk i øst over Nord-Russland eller Finland (Roald, 2013)



Figur 17: Sørpeskredhendelser i forbindelse med mildværet i Nord-Norge, mai 2010. A) Typisk sørpeskred som det gikk flere hundre av i fjellheimen under mildværet. Foto: A. Taurisano, NVE. B) Skader på vei etter et sørpeskred i et bekkefar ved Beisfjord. Foto: K.A. Hoseth, NVE. C) Sørpeskred som utviklet seg til flomskred i lavereliggende området, Skjomen. Foto: K.A. Hoseth, NVE.

3.1.2 Skredhendelser Troms 2012

Den 14. og 15. juli 2012 ble Sør-Troms og nordlige deler av Nordland rammet av stor flom som følge av kraftig nedbør og snøsmelting. Dette førte også til en rekke jord- og flomskred som forårsaket store skader på jordbruksland og veier (Figur 18).

Den 13. juli, før nedbørhendelsen startet, var det stort sett normal vannføring i hele området, og snøsmelteflommen hadde, så langt på forsommeren, kulminert noe under midlere flom. Vannmetningen i jorda var relativt høy i de indre deler av Troms og nordlige Nordland, samt at det fortsatt var noe snø igjen i fjellet.

Regnværet startet på formiddagen 14. juli som følge av varm og fuktig luft som kom inn fra øst. Nedbøren var på det mest intense på kvelden, før det avtok og opphørte utover dagen den 15. juli. Da hadde det regnet 50-60 mm (observert) ved målestasjonene Bardufoss, Sætermoen og Bones i Bardu. Sannsynligvis var det atskillig mer nedbør i høyden. I tillegg ble det observert temperatur på 10-16 °C ved den meteorologiske stasjonen i Dividalen, 202 moh., noe som bidro til stor snøsmelting i høyden hvor det fortsatt lå snø.

Flommen hadde i enkelte vassdrag et gjentakintervall på omtrent 100 år og totalt ble 62 skredhendelser registrert mellom Ofoten og indre strøk av Troms. Dette er vurdert på bakgrunn av observasjoner, medieinformasjon og trafikkmeldinger fra SVV samlet av NVEs Region Nord og Seksjon for varsling av flom- og jordskredfare (HF). Det ble registrert skred i Narvik, Bardu, Målselv, Balsfjord og Storfjord kommuner, med flest hendelser (49 stk) i Målselv. Spesielt utsatt var områdene Signaldalen, Kirkesdalen, Revelvdalen og Østerdalen.

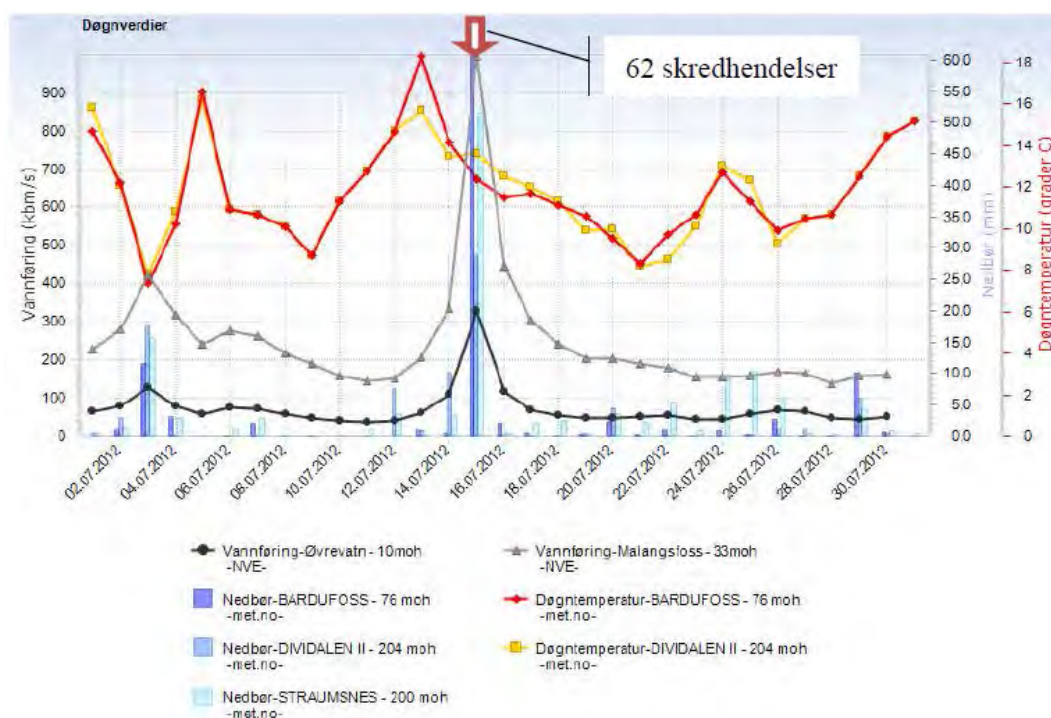
De fleste skredene var flomskred, og i enkelte områder ble det observert flomskred i nesten alle raviner og bekkeløp. Mange flomskred startet som rennende vann i de øvre og bratteste delene av fjellsidene. Mye vann førte til kraftig erosjon av løsmasser, spesielt i nedre del av skråningen hvor løsmassedekket er tykkere. Skredmassene ble avsatt som flomskredvifter nedenfor fjellsiden, med grove masser avsatt først. Ettersom vanninnholdet i slike skred er veldig stort kan finmasser transporteres langt selv i relativt flate områder. Lengste rekkevidde ble målt til 1600 m i Signaldalen. Mange flomskred startet også utenfor definerte bakkeløp i forholdsvis bratte, løsmassedekkede skråninger med raviner. Disse startet gjerne i et punkt som et jordskred og massene beveget seg videre nedover skråningen. Ettersom skredmassene ble ført inn i eksisterende raviner økte



Figur 18: Flomskred i Kirkesdalen, Målselv, juli 2012. Foto: O-A. Mikkelsen, NVE.

hastigheten og enkelte steder ble løsmassene gjennomskjært helt ned til berggrunnen (Devoli m.fl., 2013).

Figur 19 viser nedbør mengde og vannføring data fra noen stasjoner i Troms og antall skredhendelser.



Figur 19: Døgnnedbør, temperatur og vannføring for juli 2012. Rød pil viser tidspunkt for skredhendelser (Devoli m.fl., 2013).

En mer detaljert beskrivelse av skredhendelser som skjedde i Signaldalen i 14. juli 2012 finnes i Dyrvik (2014), hvor det presenteres en geomorfologisk og sedimentologisk analyse av flomskred og videre med fokus på kompleksitet i skredmekanikk, retningsendringer i viften og i avsetningsmønster.

En fjernanalyse, gjennomført i sommeren 2014 i NVE, av flybilder tatt i august 2013 viser et stort antall av skredhendelser enn tidligere antatt i Devoli m. fl. (2013). Analysen av flybilder viser at det var veldig høy skredaktivitet i Reveldalen, spesielt ved fjellet Ruten. På sørsiden og vestsiden av fjellet ble det identifisert mer enn 100 skred (fleste flomskred) som ikke var rapportert, sannsynligvis fordi skredene gikk i et ubebodd området uten infrastruktur.

3.1.3 Skredhendelser Nord-Norge mai 2013

Uvanlig høy temperatur i Nord-Norge siste halvdel av mai 2013 førte til rask snøsmelting og stor vannføring mange vassdrag. Flommen berørte i hovedsak høytliggende vassdrag og var en ren snøsmelteflom, da det kom lite eller ingen nedbør av betydning. Flommen kulminerte i de fleste vassdrag på nivå tilsvarende normal vårflom (middelflom), men mange vassdrag opplevde også flom med 5, 10 og helt opp mot 20 års gjentaksintervall.

Totalt ble minst 7 skredhendelser registrert, men erfaringsmessig er det underrapportering av slike hendelser i denne landsdelen, og det kan derfor antas at omfanget av skred kan ha vært noe større (Stranden og Sund, 2013).

- 15/5: En utglidning i en bredde på 3 m blokkerte et kjørefelt på E8 ved Seljelvnes i Balsfjord.
- 16/5: Mange (10 eller mer) sørpeskred i bratt terreng i sydlig sektor ble rapportert via RegObs i nærheten av Skibotn i Storfjorden. I tillegg ble mange utglidninger (snø) rundt klippepartier registrert i det samme området.
- 18/5: Et større jordskred i området ved Skoddebergvann i Grovfjord ble rapportert.
- 22/5: I Reisadalen gikk det flere jordskred på formiddagen som stoppet i fjellsiden ved Svartfoss. Senere på ettermiddagen gikk det først et skred i "Høyrebekken", deretter i bekken til venstre. Det siste skredet ødela den gamle brua på fylkesvei 865, og et tjuetalls mennesker øverst i Reisadalen mistet veiforbindelsen. Et sørpeskred gikk også i området.
- I Komagfjord i Finnmark, like utenfor kartleggingsområdet for denne rapporten, ble det også rapportert om et skred med begrenset størrelse, sannsynligvis en utglidning.
- 30/5: To mil nord for Skibotn i retning Manndalen gikk det en utglidning over E6, noe som sperret et kjørefelt og forårsaket mye jord, stein og vann i veibanen. Vannmengdene tyder på at det kan ha startet som et sørpeskred, men ytterligere informasjon mangler.

Ettersom det ble registrert få sørpeskred, antas det at snødekket generelt drenerte vannet godt, og at svake lag med porøs snø fra tidligere på vinteren var brutt ned. Observasjonene fra Storfjorden gjør det sannsynlig at det likevel stedvis kan ha eksistert slike lag i snødekket, noe som kan ha skapt gunstige forhold for sørpeskred med oppsamling av vann i kombinasjon med tett grunn under snøen (Stranden og Sund, 2013).

3.2 Erfaring med kvalitetssikring og innrapportering av hendelser

Skredhendelsene beskrevet og analysert i rapporten er opprinnelig hentet fra hendelsesdatabase utviklet av NGU (www.skrednett.no). Dette er en verdifull kilde til informasjon om historiske skred, men den har noen begrensninger i detaljnivå. I databasen finnes det i tillegg mange feilregistreringer når det gjelder hendelsesdato og skredtype, noe som igjen er minimumsinformasjon dersom det skal kunne brukes i statistikk. Dette er også viktig for bedre å kunne utarbeide terskelverdier for varsling, da ulike skredtyper utløses ved ulike værforhold og vanntilførsel. Av samme grunn er det også viktig å skille mellom hendelser utløst i naturlige skråninger og de som forekommer i kunstige skråninger (fyllinger, skjæringer etc.), eller i skråninger som er påvirket av menneskelige inngrep (bl.a. bebyggelse, hogst, skogsveier).

På grunn av disse begrensningene, og for å kunne bruke skreddata i statistiske analyser i forbindelse med utarbeidelsen av terskelverdier for skredfarevarsling, har Seksjon for flom- og jordskredvarsling tidligere (2011-2012) kvalitetskontrollert skredhendelser i ulike regioner for å bestemme skredtype og dato mer nøyaktig. Kontroll av historiske hendelser gjøres på bakgrunn av topografiske og geomorfologiske karakteristika, samt værforhold i perioden rundt skredutløsning.

Analyse av flybilder og nyhetssaker i ulike medier etter en hendelse, samt verktøy som Google Street View, er blitt brukt til å bekrefte lokalitet, skredtype og dato for registrerte skredhendelser, samt forbedre datakvaliteten på enkelte hendelser.

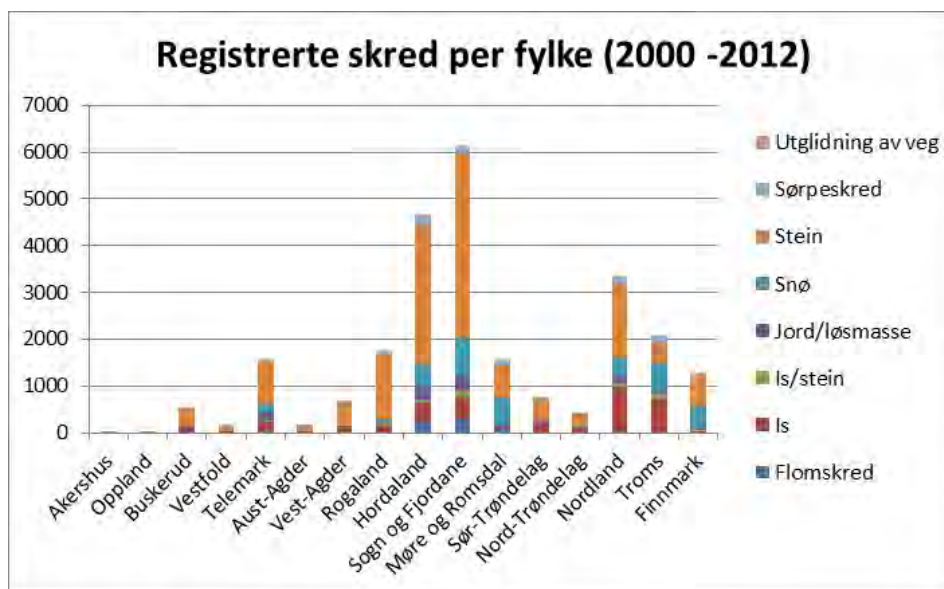
I tilfeller hvor slik informasjon ikke finnes, dvs. manglende medieomtale eller tilgjengelige bilder etter skreddato, alternativt hendelser som ikke er synlige i flybilder (mindre utglidninger og vannrike flomskred) klarer man nødvendigvis ikke å få bekreftet skredtypen. Slike usikkerheter vil også påvirke statistikken. Et eksempel på dette kan være at man benytter geomorfologien til å avgjøre om et skred *mest sannsynlig* dreier seg om et flomskred (kanalisert) eller jordskred (ikke kanalisert).

I enkelte områder er det også blitt observert at registrering av skred mangler (underrapportering). Som nevnt innledningsvis er det tilfeldigheter som avgjør om en skredhendelse blir rapportert inn i den hendelsesdatabasen eller ikke. Av historiske hendelser er man prisgitt at noen gjør jobben med å lete frem kilder og lokaliteter, noe som heldigvis er gjort for større skredulykker. Mindre hendelser uten særlig omfang er derimot veldig vanskelig å finne informasjon om. Hvis vi antar at det er færre skred som fører til alvorlig skade, enn de som ikke gjør det, vil vi kun ha et fåtall av de faktiske skredhendelsene i våre registre.

De analyser gjennomført her baseres seg også om skredhendelser som ble registrerte i de siste årene i NVE Region Nord - spesielt hendelser fra 2010 og 2012.

Skredhendelsene er først og fremst knyttet til episoder hvor vei, jernbane eller bebyggelse er blitt påvirket. Skred som påvirker bebyggelse, eller ikke påvirker noe infrastruktur, er det ingen som har ansvaret for å registrere. NVE forsøker å samle alle skredhendelser i Norge via registreringsverktøyet RegObs (www.regobs.no) og hendelsesdatabase (www.skrednett.no og www.skredatlas.no). Slik det fungerer for jord- og flomskredhendelser i dag, blir de ofte registrert av NVE på bakgrunn av medieoppslag og

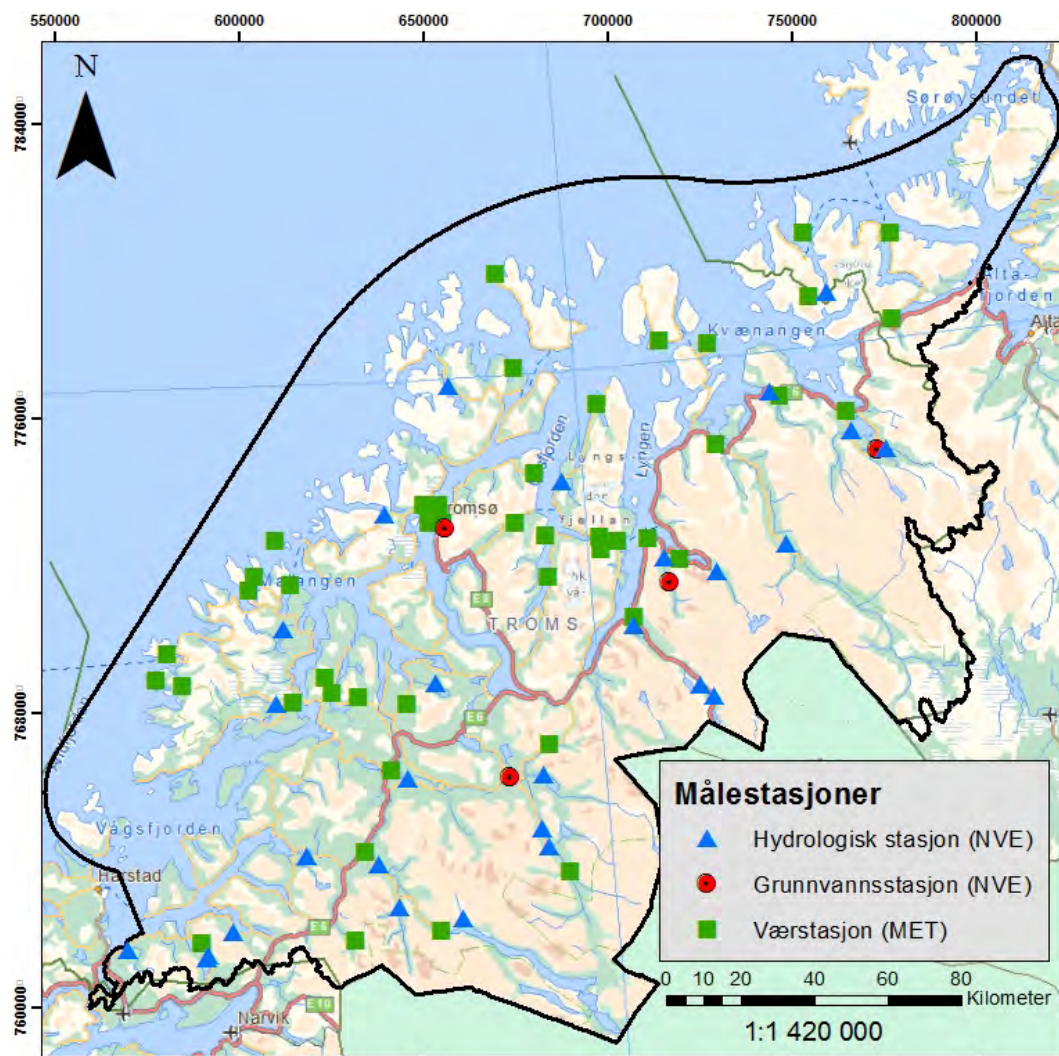
alternativt vha (fly-)bilder etter større hendelser. Dette fører til stor usikkerhet knyttet til nøyaktighet i forhold til tid, sted og skredtype, da informasjon tilgjengelig ofte er begrenset. Dette påvirker kvaliteten på og nytteverdien av rapporteringene. Antall skred registrert av Statens vegvesen i perioden 2000-2012 er vist i Figur 20. Tallet for registrerte jord/løsemasseskred, utglidninger og sørpeskred er generelt lavt i forhold til isnedfall, snøskred og steinsprang.



Figur 20: Antall registrerte skred i Statens vegvesen i perioden 2000 -2012, fordelt på fylke.

4 Observasjonsstasjoner

Dette kapitlet inneholder en oversikt over meteorologiske og hydrologiske målestasjoner i området drevet av NVE og MET. Data fra disse stasjonene er tilgjengelig for alle via www.xgeo.no og www.met.no (Fig. 21). De fleste stasjonene har nåtidsdata og er viktige verktøy i varslingen av fare for flom og skred i det aktuelle området.



Figur 21: Oversikt over hydrologiske og meteorologiske målestasjoner i kartleggingsområdet. Informasjon om de ulike stasjonene finnes i tabellene på de neste sidene.

4.1.1 Meteorologiske stasjoner (MET)

Stasjons ID	Stasjonsnavn	Parametre	Vassdragsnr.	Høyde [moh]
91727	Arnøyhamn	Snødybde	207.2	10
89350	Bardufoss	Temperatur*, nedbør, vindstyrke*, vindretning*, snødybde, lufttrykk, luftfuktighet	196.AA5	76
88100	Bones i Bardu	Nedbør, snødybde	191.D0	230
88660	Botnhamn	Nedbør, snødybde	194.2	10
89940	Dividalen II	Temperatur*, nedbør, vindstyrke*, lufttrykk, luftfuktighet		204
89000	Finnfjordeidet	Snødybde	196.2B	26
88630	Fjordgård	Snødybde	194.1	45
87860	Grovfjord	Snødybde	189.A	11
88460	Grunnfarnes	Nedbør, snødybde	195.3	3
90650	Grunnfjord - Stakken	Nedbør, snødybde	200.2	7
88500	Gryllefjord	Snødybde	195.42	25
88690	Hekkingen fyr	Temperatur*, vindretning*, vindstyrke*, luftfuktighet	194.1	14
88640	Husøy	Snødybde	194.1	10
89650	Innset i Bardu	Nedbør, snødybde	196.AC8	314
90560	Kvaløysletta	Temperatur*, nedbør*	197.2	63
92900	Langfjordbotn	Snødybde	211.81	21
92500	Langfjordjøkelen ¹	Temperatur*	210.5	915
91180	Lenangstraumen	Snødybde	203.9	48
91130	Lyngen - Gjerdvassbu	Temperatur*, snødybde	203.72	710
91150	Lyngen - Ura	Nedbør, snødybde	203.73	60
91245	Lyngseidet V	Snødybde	204.32	53
91500	Nordnesfjellet	Temperatur*, nedbør*, vindretning*, vindstyrke*, snødybde, luftfuktighet	205.3	700

92350	Nordstraum i Kvænangen	Temperatur*, nedbør, vindretning*, vindstyrke*, snødybde, luftfuktighet	209.7	6
92170	Oksfjord	Snødybde	208.4B0	45
90980	Oldervik	Snødybde	203.1A0	17
94230	Rognsundet	Temperatur*, vindretning*, vindstyrke*	215.4	18
88200	Senja - Laukhella	Nedbør, snødybde	194.42	9
88440	Sifjord	Snødybde	195.3	10
91060	Sjursnes	Snødybde	203.31	25
91540	Skardalen	Snødybde	206.2Z	6
91380	Skibotn II	Temperatur*, nedbør, vindretning*, vindstyrke*, snødybde	205.21	5
91725	Skjervøy	Nedbør, snødybde	206.74	25
92910	Sopnesbukt	Nedbør, snødybde	211.81	8
90495	Stakkevollan	Temperatur*, nedbør*	197.3	80
90050	Storjorda i Målselv	Snødybde	196.4Z	77
89500	Sætermoen II	Nedbør, snødybde	196.AB30	114
92600	Sør-Tverrfjord	Snødybde	211.320	10
91740	Sørkjosen Lufthavn	Temperatur*, nedbør, vindstyrke*, vindretning*, snødybde, luftfuktighet	208.1	6
89980	Tamokdalen	Snødybde	196.EA0	230
90800	Torsvåg fyr	Temperatur*, vindretning*, vindstyrke*, luftfuktighet, lufttrykk	202.30	21
90510	Tromsdalen	Temperatur*, nedbør*	199.12	3
90450	Tromsø	Temperatur*, nedbør*, vindretning*, vindstyrke*, snødybde, luftfuktighet, lufttrykk	197.3	100
90400	Tromsø - Holt	Temperatur*, nedbør*, luftfuktighet	197.3	20
90490	Tromsø - Langnes	Temperatur*, nedbør, snødybde, vindstyrke*, vindretning*, relativluftfuktighet, lufttrykk	197.3	8

90451	Tromsø plu.	Nedbør*	197.3	100
92880	Ystnes	Snødybde	211.50	10
91080	Ytre Holmebukt	Nedbør, snødybde	203.52	25

* betyr at stasjonen har timesopppløsning på nevnte målinger

¹ er ikke tilgjengelig på xgeo.no

4.1.1.2 Vannføringsstasjoner (NVE)

Stasjons ID	Stasjonsnavn	Parametre	Vassdragsnr.	Vassdrags. Areal (km2)	Høyde [moh]
211.2.0	Andrevatn	Vannføring, vannstand	211.33Z	15,94	258
205.6.0	Didnojkka	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	205.CA4	1,12	521
190.7.0	Dudalselv ¹	Vannføring, vannstand			
197.10.0	Ersfjordelva	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	197.6Z	19,39	91
196.36.0	Fosshaug	Vannføring, vannstand	196.AB61	11,38	77
205.8.0	Helligskogen	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	205.C12	15,24	317
206.2.0	Holm Bru	Vannføring, vannstand	206.A10	17,37	27
196.26.0	Høgskarhus	Vannføring, vannstand	196.DB0	97,96	150
203.2.0	Jægervatn	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	203.8B	54,33	4
196.53.0	Koievasselv ¹	Vannstand	196.AD2Z	73,64	500
209.3.0	Kvænangselv Bru	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	209.A0	70,48	13
196.11.0	Lille Rostavatn	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	196.F4	54	103
209.4.0	Lillefossen	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	209.3A0	42,11	26
196.12.0	Lundberg	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	196.ABA0	24,74	95
194.1.0	Lysevatn	Vannføring, vannstand	194.3C0	42,15	25
196.35.0	Malangsfoss	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	196.B11	7,89	33
206.3.0	Manddalen Bru	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	206.1A0	76,86	21
194.4.0	Mevatn	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	194.A	8,35	17

208.2.0	Oksfjordvatn	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	208.4B0	57,84	9
205.3.0	Skibotn Bru ¹	Vannføring, vannstand	205.A1	23,87	4
189.1.0	Skodbergvatn	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	189.D	62,16	103
189.4.0	Skodbergvatn ndf.	Vannføring, vannstand	189.C2	3,53	37
196.21.0	Skogly	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	196.DA1	76,85	120
200.4.0	Skogsfjordvatn	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	200.6B	117,83	20
208.3.0	Svartfossberget	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	208.B72	10,48	102
189.3.0	Tennevikvatn	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	189.2A	25,81	40
196.7.0	Ytre Fiskeløsvatn	Vannføring, vannstand	196.5B	36,08	160
191.2.0	Øvrevatn	Vannføring, vannstand, lufttemperatur	191.A5	11,87	10

¹ er ikke tilgjengelig i sanntid på xgeo.no

4.1.3 Grunnvannsstasjoner (NVE)

Stasjons ID	Stasjonsnavn	Parametre	Vassdragsnr.	Vassdrags. Areal (km2)	Høyde [moh]
196.47.2	Øverbygd rør 2	Grunnvannsnivå, lufttemperatur, snødybde, snøens vannekvivalent	196.CA0	27,18	86
206.10.1	Mann dalen	Grunnvannsnivå	206.1A0	76,86	90
197.11.1	Tromsdalen	Grunnvannsnivå	199.1Z	31,19	61
209.9.1	Kvæ nangen	Grunnvannsnivå	209.52	1,52	9

5 Aktsomhetskart – tilgjengelig informasjon

Aktsomhetskart er kart som viser områder hvor et skred potensielt kan forekomme (NVE, 2011a). Det viser hvor mulig det er at jordskred kan opptre i et område på grunn av lokale terrengforhold (topografiske og geologiske forhold). Kartene produseres for ulike formål, derfor kan ulike metoder og målestokk brukes. Tilgangen på relevante geodata i et område er avgjørende for kvaliteten på kartene. Avhengig av metoder og målestokk brukt i analyse, resultater kan være ulike (som vises i noen eksempler nedenfor). I et aktsomhetskart kategoriseres områder som enten *stabile* (ikke mulig at skred forekomme) eller *ustabile* (mulig at skred forekomme) og ofte blir alle områder gitt en grad av aktsomhet (fra lav til høy). Høy aktsomhet tilsier stor mulighet for at jordskred kan forekomme, mens lav aktsomhet tilsier lav mulighet.

Ideelt sett bør kartene visualisere potensielle utløsningsområder og utløpsområder for skred, men dette krever detaljert bakgrunnsinformasjon i stor målestokk. Dette er tidkrevende og vanskelig å fremskaffe. Ofte ønsker man å dekke et større område og kartene baserer seg derfor på grovt oppløselige opplysninger som kan fremskaffes for større områder (som for eksempel vassdragsnivå). De kan derfor bare si noe om generelt skredpotensial i et område, men de kan hverken angi skredsannsynlighet og eller benyttes til detaljplanlegging ned på byggesaksnivå, hvor det trengs mer nøyaktige farevurdering og gradering av sannsynlighet (gjentaksintervall).

Enkle kvalitative aktsomhetsanalyser i nasjonal og regional målestokk (>1: 100 000) kan være svært nyttig i den første fasen av en varselvurdering, i tidlige faser av fare- og risikoanalyser, og under beredskap når andre detaljerte fare- og risikovurdering ikke er tilgjengelige.

Kartene i middels og stor målestokk (1:50 000-1:5 000) kan brukes som hjelpemiddel i arealplanlegging og kan også brukes i samband med overvåking og beredskap i spesielt utsatte områder der mer detaljerte kart ikke finnes.

I dette kapittel beskrives og oppsummeres tilgjengelige aktsomhetskart for jordskred og flomskred i regionen produsert i regi av NVE i de siste årene. Aktsomhetsanalysene ble gjennomført med ulike metoder og modeller, ulike formål og for ulike brukere, noe som resulterer i at oppløsningen og grenser av aktsomhetsområder kan variere fra kart til kart. I hvilken rekkefølge kartene blir presentert nedenfor har vært avhengig av analysedato og når kartene ble offentliggjort.

5.1 Aktsomhetsanalyse utarbeidet i nærheten av befolkede områder

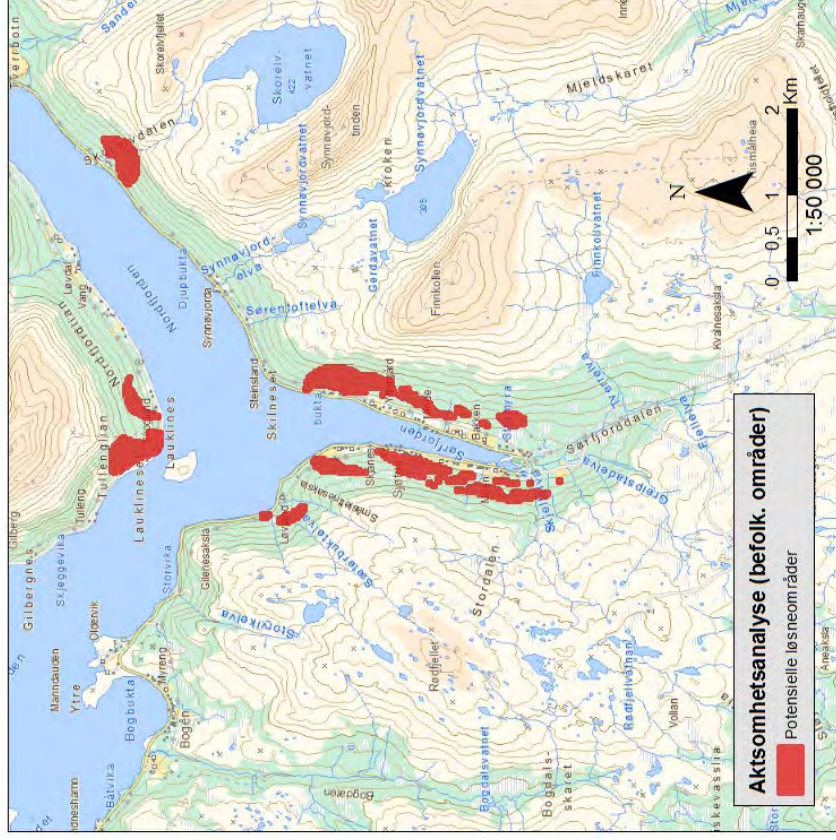
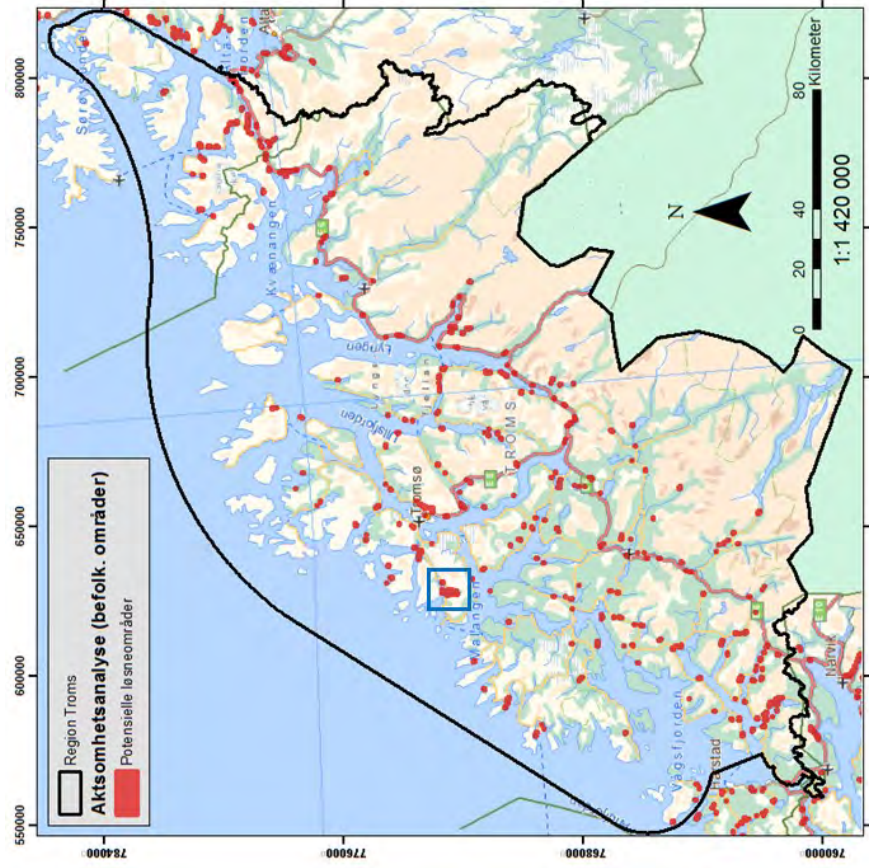
Som en del av prosjektet *Plan for skredfarekartlegging* (NVE, 2011a) ble en innledende GIS-analyse for identifisering av løsneområder (eller utløsningsområder) for jordskred utarbeidet av NVE og NGU (NVE, 2011b). Hensikt var å identifisere potensielle løsneområder bare for jordskred i nærheten av bebyggelse og viktig infrastruktur, for på den måten å vurdere hvilke områder som må prioriteres med hensyn til mer detaljert jordskredfarekartlegging.

For å gjøre dette ble områder med helning mellom 25° og 40° (fra landsdekkende DEM 25x25 m) (NVE, 2011b) kombinert med løsmassefordeling og løsmasstype (sammenhengende og usammenhengende morenemateriale, samt skredmateriale) fra NGUs kvartærgeologiske database (målestokk 1:50 000 til 1:250 000), og mulige løsneområder ble identifisert. Disse ble så koblet opp mot Statistisk Sentralbyrås (SSB) datasett for befolkning og informasjon fra GAB-databasen

(nasjonalt register for grunneiendommer, eiere, adresser og bygninger) om bebyggelse hvor mange mennesker normalt oppholder seg, dvs. sykehus, skoler, kontorer osv.

Inkludert en 300 m buffersone rundt befolkningsdataene resulterte analysen i et datasett med 30 000 potensielle løsneområder nær bebyggelse fordelt over hele landet (NVE, 2011b). Det er viktig å forklare at parameterne brukt i denne analyse gjelder bare for å identifisere løsneområde for jordskred og ikke for andre løsmasseskred typer som for eksempel flomskred. 300 m brukt som buffersone kan være et kort distanse noen ganger, og spesielt for flomskred som kan starte langt inn i fjellene.

Resultatet av analysen viser at Troms er et av mange steder i landet hvor det eksisterer potensielle løsneområder i nærheten av bebyggelse (Figur 22a og b). På et regionalt nivå er ikke utslaget så stort på grunn av spredt bebyggelse i regionen, men i enkelte bebodde fjordområder er store deler av bebyggelsen potensielt utsatt for jordskred, og slike områder bør vurderes kartlagt nærmere.



Figur 22: Venstre, Kart som viser potensielle utløsningsområder for jordskred i nærheten av befolkede områder i Troms regionen. Analyse ble gjennomført bare for å vurdere jordskred og ikke flomskred eller andre løsmasseskred. Blå firekant indikere posisjon av detaljkart til høyre. Høyre, Detaljkart som viser potensielle løseområder for jordskred nær bebyggelse rundt Sørfjorden innerst i Kattfjorden, Tromsø kommune (NVE, 2011b).

5.2 Aktsomhetsanalyse utarbeidet på 1.orden nedbørfelt

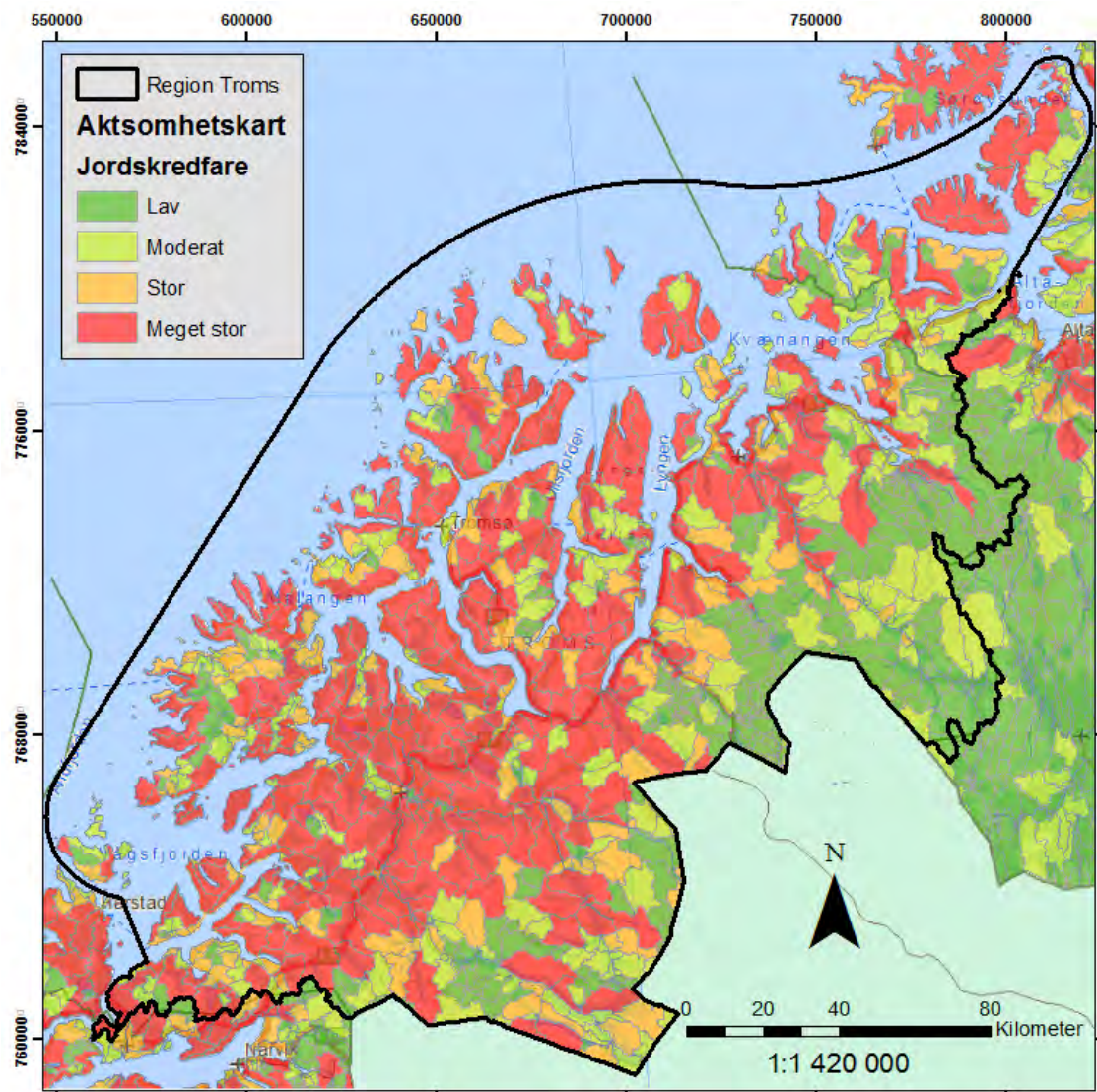
I 2013 og 2014 utførte Rainer Bell fra Universitetet i Wien, i samarbeid med NGI og NVE, en aktsomhetsanalyse for løsmasseskred med tanke på å forbedre jordskredvarslingen (Bell m.fl., 2014, NGI, 2014). Analysen ble utført for tre landsdeler i Norge, Østlandet, Nord-Norge og Vestlandet.

Bakgrunnen er at den hydrometeorologiske indeksen som benyttes i den daglige jordskredvarslingen (basert på nedbør, snøsmelting og grunnvannstand), ofte viser stor fare for jordskred i områder hvor jord- og flomskred historisk sett sjelden opptrer. Ved å kombinere et nytt kart og den hydrometeorologiske indeksen vil man forsøke forbedre varslene i disse områdene.

Ulike variable som kvartærgeologi, arealdekke, gjennomsnittlig årlig nedbørdata, ulike parametre for vannavrenning og ulike derivater av en 15x15 m DEM (helning, aspekt) ble kombinert ved å benytte den statistiske tilnærmingen *Generalized Additive Models (GEM)*. I denne analyse ble 1. orden nedbørfelt i REGINE databasen brukt som «terrengenheter». Romlig sannsynlighet (spatial probability) i de ulike nedbørfeltene fremkommer av modellverdien, og viser hvilke nedbørfelt som kan være mest utsatt for løsmasseskred (jordskred, flomskred, utglidning og leirskred). Resultater fra modellen ble kontrollert mot registrerte skredhendelser fra skreddatabase for å definere aktsomhetsgrenser. Da hensikten er å forbedre varslingen har man valgt å modellere på en regional oppløsning bestemt av 1. orden nedbørfelt i REGINE databasen. Dette løser også problemet med usikkerhet knyttet til eksakt lokasjon av skredhendelser, da man kan anta at registrert lokalitet er innenfor det samme nedbørfeltet hvor skredet faktisk løste ut.

Modellen er fortsatt i en utviklingsfase og grenseverdiene benyttet for å fastsette aktsomhetsklassene (lav, moderat, høy og meget høy) er fortsatt under vurdering. Foreløpige resultater fra aktsomhetsmodelleringen viser at områder med store topografiske forskjeller og geologiske forhold som ofte kan knyttes til skredhendelser er klassifisert med høy aktsomhet, mens flate områder som ikke er så utsatt for skred er klassifisert med lav aktsomhet.

Figur 23 viser kart som et produkt av denne analysen. Figuren viser resultater for Troms hvor mørke grønne områder (1.orden nedbørfelter) indikerer at det er liten romlig sannsynlighet for løsmasseskred i disse områdene (lav aktsomhetsgrad), mens røde områder indikerer stor romlig sannsynlighet (høy aktsomhetsgrad). Vi ser at store områder av Troms er klassifisert som høyeste aktsomhetsnivå, mens de flate fjellområdene i indre strøk har lavere aktsomhetsgrad (Bell m.fl., 2014).



Figur 23: Aktsonhetskart som viser hvilke 1. ordens nedbørfelt har høy romlig sannsynlighet for at et løsmasseskred kan løses ut i basert på statiske topografiske, hydrologiske og geologiske forhold (Bell m.fl., 2014).

5.3 Aktsomhetsanalyse og aktsomhetskart i målestokk 1:50 000

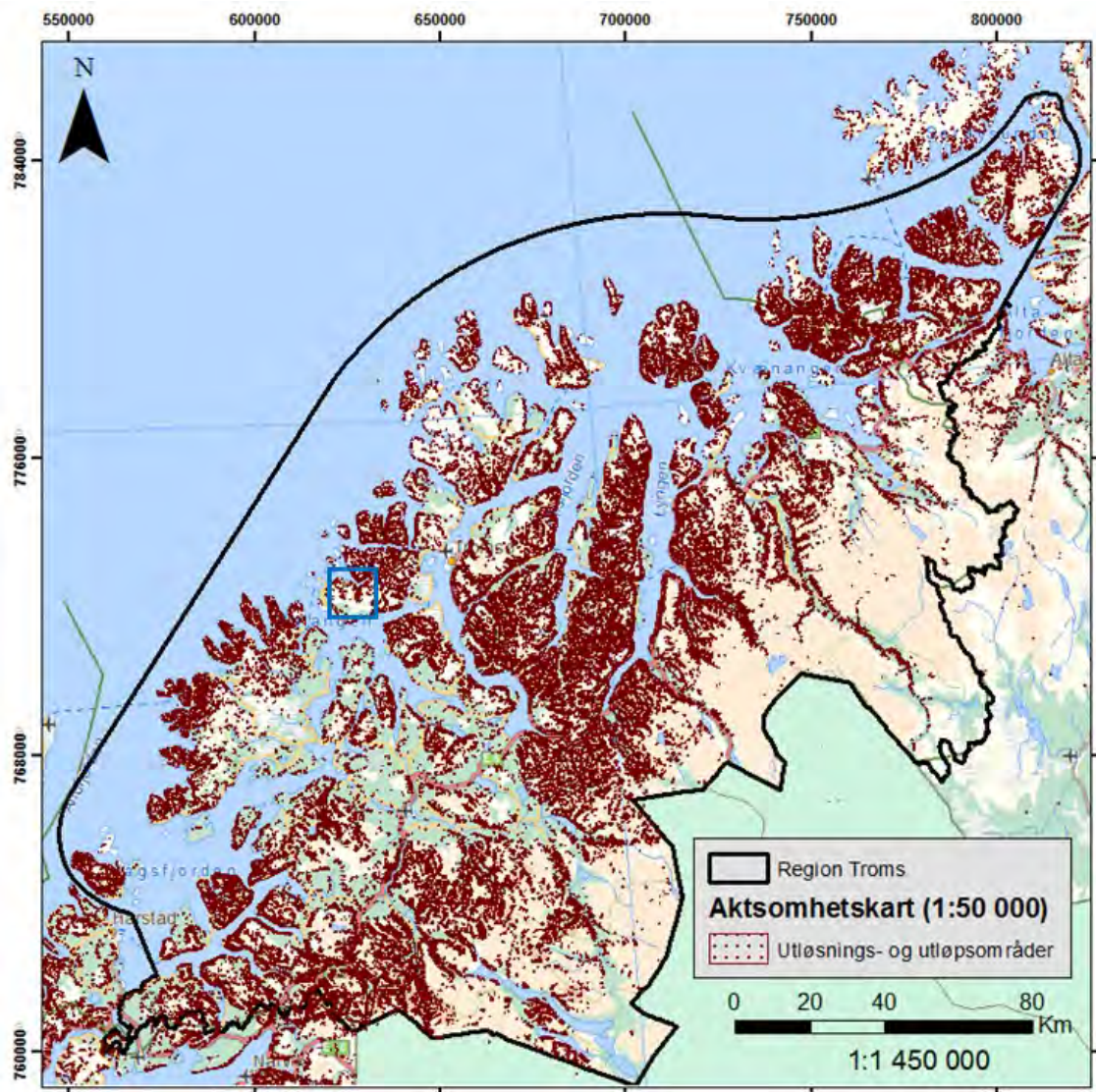
Norges geologiske undersøkelse (NGU) har i lengre tid arbeidet med utviklingen av et nasjonalt aktsomhetskart for jord- og flomskred i målestokk 1:50 000. Modelleringen har som overordnet mål å dekke alle områder hvor det rent topografisk er mulig at jord- og flomskred kan forekomme og består av to trinn; utvelgelse av startsoner og utløpsmodellering. Modelleringen tar hensyn til jordskred og små- og mellomstore flomskred, men inkluderer ikke flomskred i store og slake bekkeløp.

For identifisering av mulige startområder benyttes en empirisk tilnærming basert på tre topografiske egenskaper hentet fra en digital terrengmodell (DTM); hellingsvinkel, bakkeoverflatens krumning (*planar curvature*) og størrelse av det vanntilførende dreneringsområdet for hver DTM-celle. I tillegg er det benyttet to datasett for å få en mer nøyaktig sonering over hele landet og for å tilpasse parametre for startsonemodellen - et landsdekkende løsmassekart forenklet i 3 klasser og et nyutviklet kart over tidligere geomorfologisk aktivitet.

Skredutløpet er beregnet fra hver modellerte startcelle ved hjelp av en *multiple flow direction modell* som tar hensyn til topografien - Flow-R (Horton m.fl., 2008). Med en probabilistisk metode beregner modellen i hvilken retning skredet flyter, og med en energibasert beregning hvor langt skredet beveger seg (Fisher m.fl., 2012 og Fisher m.fl., 2014). For å tilpasse parametrene til de vekslende geografiske forholdene i Norge er det benyttet 5 kalibreringsområder; Tromsdalen og Skittenskardalen, Balsfjord, Junkerdalen, Nesna-området og Norddal i Møre og Romsdal.

Resultat av denne analyse er et kart som viser potensielt utsatte områder (utløsnings- og utløpsområder) for jordskred eller små- mellomstore flomskred (1:50 000).

Oversiktskart presentert i figur 24a viser fordeling av potensielle utsatte områder for jordskred og flomskred i Troms regionen, representert med brun farge. Figur 24b viser detaljer av kartet for Sørfjorden innerst i Kattfjorden, Tromsø kommune.



Figur 24a: Oversiktskart som viser fordeling av potensielle utsatte områder for jordskred og små flomskred i Troms regionen (fra www.skrednett.no og skredatlas.nve.no). Blå firekant indikere detaljkart presentert i figur 24b.



Figur 24b: Detalj av kart i figur 24a. Kart viser hvor jordskred og små flomskred kan forventes i dette området. Brune områder er resultater av modeller og viser hvor kan skred starte og hvor kan avsette seg. (utløsningsområder og utløpsområder er ikke differensiert fra hverandre). Grenser av områder er avhenging av parameterne og målestokk brukt i modellen (fra www.skrednett.no, og skredatlas.nve.no).

6 Varsling av jordskredfare

NVE bruker begrepet ”jordskredfare” i varslingstjenesten for å informere om fare for jordskred, flomskred og mindre utglidninger i løsmasser, samt sørpeskred. Jordskredfarevarslene legges ut på nettsiden www.varsom.no, samme plattform hvor også flom-, is- og snøskredvarslingen til NVE publiseres.

6.1 Fremgangsmåte jordskredvarsling

NVEs varslingssystem for jordskredfare baserer seg på påviste sammenhenger mellom tidspunkt for tidligere skredhendelser, og meteorologiske og hydrologiske variable. Kunnskapen om disse sammenhengene er brukt til utvikling av terskelverdier for blant annet vanntilførsel (regn og snøsmelting) og jordas vanninnhold.

Ut fra meteorologiske data som lufttemperatur og nedbør er avrenning, snøforhold og vannforholdene i bakken simulert. Dette, sammen med NVEs sanntidsdata for hydrologiske variable (vannføring, snø, grunnvannstand, markvann, tele), er grunnlaget for vurdering av jordskredfare. Hovedprinsippet er at et varsel om jordskredfare utstedes når en kombinasjon av terskelverdier overskrides.

Følgende elementer blir gjennomgått i den daglige rutine:

- a) daglige meteorologiske prognoser for temperatur og nedbør;
- b) daglige prognoser for hydrologiske variable inkludert indekser basert på empiriske statistiske analyser
- c) sanntidsobservert grunnvannstand og vannføring
- d) analyse av historisk skredaktivitet.

Hydrologiske variable som benyttes i jordskredvarslingen baserer seg på simuleringer fra en distribuert versjon av den hydrologiske HBV-modell (Beldring m.fl., 2003). Modellen inndeler Norge i 1 km² store gridceller, der hver celle behandles som et eget nedslagsfelt med simulering av elementene i vannbalansen. Modellen kjører 9 dager frem i tid med inngangsdata (værmodellene AROME-Norway og EC) fra Meteorologisk institutt som inneholder prognoserte døgnverdier for nedbør og lufttemperatur.

Prognoserte og observerte data tilgjengeliggjøres i beslutningsverktøyet www.xgeo.no, som er utviklet ved et samarbeid mellom NVE, MET, SVV og JBV. Data på xgeo.no vises som døgnmidlet eller akkumulerte verdier og gjelder fra kl. 06 den aktuelle dagen til kl. 06 dagen etter. I tillegg til verktøyene på xgeo.no anvendes informasjon om bl.a. nedbørsintensitet fra kilden.met.no eller via meteogrammer på yr.no. *(Avsnittet er i sin helhet hentet fra Boje og Colleuille, 2013).*

6.2 Hva bør vektlegges ved varsling i dette området

Det er spesielt to hendelsesforløp som tilsier økt fare for jordskred i dette området; snøsmelting og intensiv nedbør. Dersom dette opptrer samtidig, noe som kan være tilfelle om våren, bør man være spesielt oppmerksom. Når det gjelder snøsmelting er det ofte ikke perioden med snøsmelting i lavereliggende områder som er avgjørende, men perioden da snøsmelting i omkringliggende fjellområder foregår. Dette fører til stor overflateavrenning, samt forhøyet grunnvannstand og mulig

metning av jorda i nedenforliggende områder. Snøsmelting er spesielt viktig med tanke på jordskredutløsning i indre deler av Troms hvor det generelt er lite nedbør.

Store og langvarige nedbørmengder kan føre til økt poretrykk som følge av vannmetning av jorda og høyere grunnvannstand, noe som kan utløse jordskred og utglidninger. I tillegg vil intensiv nedbør føre til stor overflateavrenning og erosjon, da jorda ikke klarer å absorbere alt vannet, noe som øker faren for flomskred i områder hvor vannet samler seg, spesielt langs bekker og raviner. Økt vannføring i små vassdrag vil også øke erosjonen som kan føre til lokale utglidninger langs vassdraget. Mengden av nedbør som må til for å løse ut skred vil variere fra området til området. Kystnære strøk og fjellområder langs kysten får vanligvis mer nedbør enn indre strøk, noe som gjør at kritiske nedbørverdier er høyere her enn det de er i de tørrere områdene av indre Troms og Finnmark.

Når det gjelder sørpeskred er også kraftig snøsmelting ofte utslagsgivende, og sørpeskred opptrer derfor ofte på våren. Spesielt oppmerksom skal man være dersom det er mulighet for at vannet kan samle seg opp i forsenkninger i terrenget, spesielt ved tele hvor vannet ikke får drenert unna. Et typisk faretegn er tydelig blåskjær i snøen, eventuelt vanndammer i snødekket. Dette betyr at snøen er vannmettet. Sørpeskred kan også utløses under kraftig regnvær på snødekket, noe som kan opptre igjennom hele vinteren, spesielt i kystområder, og man skal da være spesielt oppmerksom langs isdekkede bekker og i raviner. Sørpeskred kan også opptre om høsten dersom store snøfall etterfølges av store mengder nedbør som regn. Sent om våren kan sørpeskred utløses oppe i fjellene hvor snøen fortsatt ligger, og disse kan utvikle seg til flomskred etter hvert som de beveger seg nedover fjellsiden.

Når det gjelder sørpeskred skal man også huske på at lagdelingen i snøen også påvirker om sørpeskred vil løsne eller ikke. Vedvarende svake lag av kantkornet snø eller begerkrystaller i snødekket øker faren for sørpeskred under kraftige temperaturstigninger eller intensivt regn.

Jord- og sørpeskred opptrer ofte i forbindelse med værtyper som også kan føre til flom. Store regnflommer i Vest- og Nord-Norge opptrer oftest når det er høytrykk over Storbritannia eller på kontinentet med kraftig vestavind nord for høytrykket. Rester av tropiske sykloner kan også gi mye nedbør og flom på Vestlandet, Nordland og sørlige deler av Troms. Også værssystemer fra øst-sørøst kan føre til skredhendelser og flom i Troms. Dersom det dreier seg om et Vb-lavtrykk som kommer inn via Sverige, slik som i mai 2010, er dette mulig å varsle på forhånd. Likevel kan intense nedbørhendelser også komme brått på, slik som i 2012 hvor det falt dobbelt så mye nedbør som forutsett. De siste årene 4 årene har Troms også opplevd flom og skred som følge av kraftig snøsmelting og/eller intens nedbør i forbindelse med vær situasjoner fra øst- sørøst.

Et aspekt som varslingen ikke tar hensyn til er at jord- og flomskred utløst som følge av menneskelige påvirkning. Dette kan være for dårlig drenering av skogsbilveier, tette kulverter (issvull, jord, vegetasjon) eller hogst i bratte skråninger. Terrengendringer i skråninger på grunn av disse årsaker kan variere gjennom tid, også ovenfor skråningen. Mangel på systematisk informasjon og kartlegging av disse parameterne gjør det vanskelig å inkludere dette i aktsomhetsanalysen. I disse tilfelle det kan skje at et skred kan forekomme også utenfor potensielt utsatte områder som dette presentert i Figur 24b og at skred kan bli utløst av mindre nedbørmengder og kan dermed ikke varsles. Mer informasjon om dette og hvordan man kan forebygge menneskeutløste skred kan finnes på www.varsom.no/Jordskred/Bruk-av-varselet---beredskap/.

6.3 Erfaring fra testvarsel i dette området

Jordskredvarslinga ble lansert 21. oktober 2013, men prøvevarsling har pågått siden september 2011. Frem til 15. juli 2013 ble prøvevarselet distribuert gjennom e-post til utvalgte brukere og instanser, men ble etter dette lagt ut på en beta-versjon av varsom.no. Appendiks 1 beskriver varslene som er utstedt for Troms i 2013. Det har ikke blitt utstedt noen varsler på høyeste aksomhetsnivå (rød), men en dag i juli ble det varslet oransje nivå, dvs. stor fare for skred. I tillegg har det blitt varslet moderat fare (gult nivå) under alle årstider.

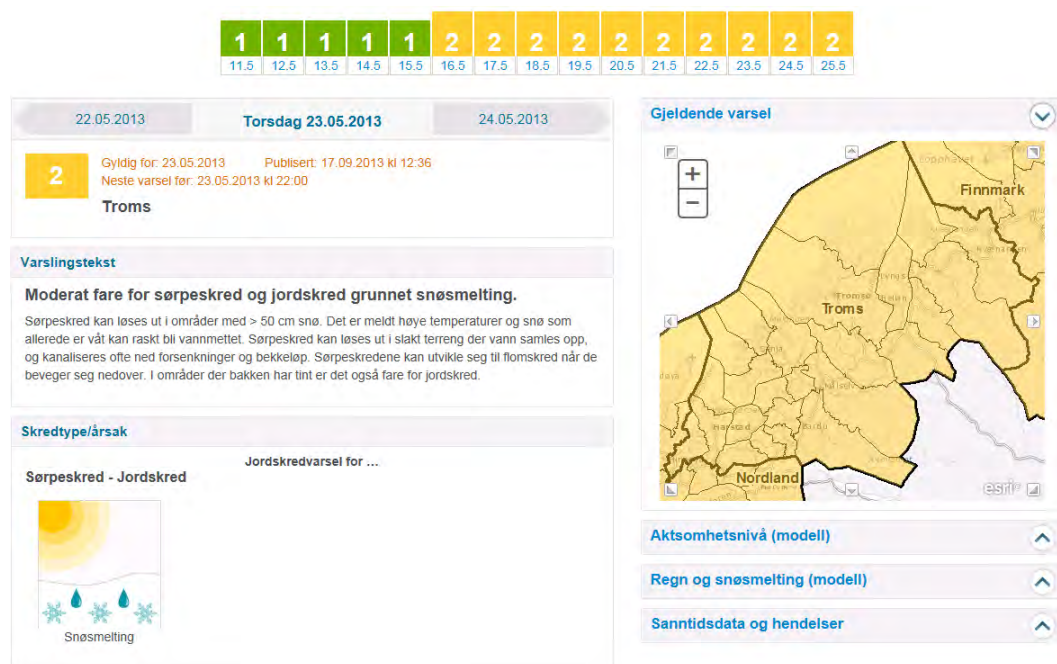
Nedenfor følger en beskrivelse av tre hendelser som har ført til økt jordskredfare i 2013.

Onsdag 15/5 ventes det økte temperaturer i Nord-Norge og det varsles gult aksomhetsnivå for Nordland, Troms og Finnmark for torsdag 16. og fredag 17/5 (Figur 25). Bakgrunnen er at det svært varme været i kombinasjon med vått snødekke gir fare for sørpeskred.

Påfølgende lørdag og søndag opprettholdes gult nivå med bemerkning om avtagende fare i Troms og Finnmark.

Mandag 20/5 forventes ytterlige temperaturøkning og gult nivå opprettholdes mandag og tirsdag med kommentar om økende tendens. Gult farenivå opprettholdes den kommende uken i perioden onsdag 22/5 til lørdag 1/6 grunnet stor snøsmelting og høy vannmetning, noe som gir moderat fare for sørpeskred i områder med mer enn 50 cm snø, samt jordskred og flomskred.

Til sammen ble det varslet moderat fare, gult nivå i en periode på 18 sammenhengende dager i Troms (Figur 25). Spesielt tidlig i denne perioden rundt 15. til 17/5 gikk det en del sørpeskred, men de er sannsynligvis underrapportert. Blant annet ble det i RegObs den 16/5 rapportert om hyppige sørpeskred (mer enn 10 stk) i bratt terreng i sydlig sektor i Storfjorden i Troms. Denne perioden samsvarer med store flom- og skredproblemer på sentrale deler av Østlandet, noe som trakk oppmerksomheten bort fra Troms og oppfølging av mulige skredhendelser der.

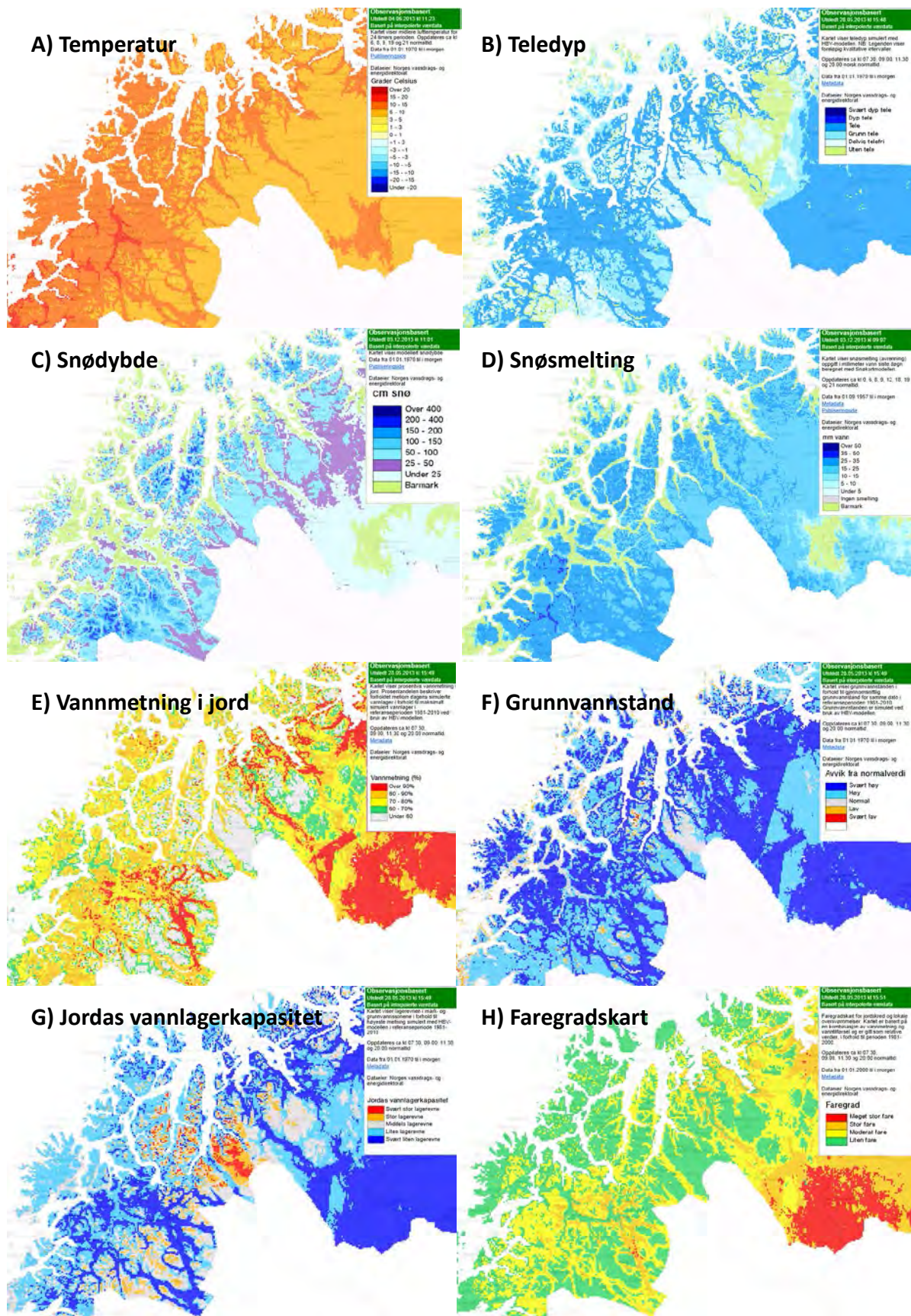


Figur 25: Jordskredvarselet for Salangen kommune i Troms, 23. mai 2013. Varselet varsler moderat fare for sørpeskred og jordskred grunnet snøsmelting (www.varsom.no).

Figur 26 viser en oversikt over noen av de tilgjengelige kartene fra www.xgeo.no som ble benyttet i varslingen i mai 2013. Kartene viser ulike temadata som A) døgntemperatur, B) teledyp, C) snødybde, D) snøsmelting, E) vannmetning i jord, F) grunnvannstand, G) jordas vannlagerkapasitet og H) et faregradskart som er basert på en kombinasjon av vannmetning og vanntilførsel. Kartene kan gi en prognose opp til 8 dager frem i tid basert på temperatur- og nedbørmodeller fra met.no, mens kart som viser tilbake i tid er basert på interpolerte værdata (www.xgeo.no).

Tirsdag 2/7 varsles det stor fare for jordskred og flomskred (oransje nivå) grunnet mye regn kombinert med høy vannmetning og grunnvannstand i Troms. Tromsø satte 24 t nedbørrekord med 50 mm målt nedbør på Tromsøya, men hendelsen utløste ingen skredhendelser. Faresituasjonen med oransje farenivå kan ha vært overvurdert i form av at modellert vannmetningen i jorda og grunnvannstand var overestimert i forhold til observasjoner.

Lørdag 12/10 varsles det moderat fare for jordskred, flomskred og utglidninger grunnet mye regn i hele Troms. I tillegg er det høy grunnvannstand og vannmetningsgrad i bakken. Søndag nedjusteres varselet. Ingen skred ble registrert, men store nedbørmengder vasket ut veien flere steder.



Figur 26: Oversikt over ulike kartverktøy som blir benyttet i jordskredvarslingen. Kartene er observasjonsbasert og viser forholdene i Troms siste døgn frem til kl. 08 den 18. mai 2013 (www.xgeo.no).

7 Oppsummering for regionen

Troms har opp igjennom historien opplevd en rekke skredhendelser av ulik alvorlighetsgrad, hvor de største regionale skredhendelsene ofte forekommer samtidig med flom. Topografien og geologien i Troms gjør at skred og faren for skred er noe innbyggerne må leve med til daglig, da mye av infrastrukturen i området, samt en del bebyggelse, ligger utsatt til for ulike skredtyper. Dette er noe gjennomgangen av historiske skredhendelser viser, med over 230 registrerte jord- og sørpeskred. Dette antallet er en minimumsverdi da underrapportering av disse skredtypene er et problem i dette området, spesielt hva historiske skred angår.

De siste 4 årene har regionen opplevd omfattende flom- og skredhendelser knyttet til vær-situasjoner østfra. Kraftig nedbør eller intens snøsmelting i indre områder, hvor dette historisk sett sjelden opptrer, har ført til flere skred og mer omfattende skader enn hva tilfellet ville vært ved kysten. Dette har med hvordan tidligere klima og ekstremvær har bearbeidet terreng og løsmasser. Ved kysten hvor vi generelt har mye nedbør og uvær har de fleste ustabile skråninger allerede rast, mens løsmassene fortsatt ligger inntakt i innlandet. Dette gjelder ikke sørpeskred som avhenger av de sesongvise vær- og snøforholdene. Fortsatt vil vestaværhendelser prege området, men på grunn av nevnte faktorer må man være spesielt oppmerksom ved store nedbørhendelser østfra.

Menneskelige inngrep og aktiviteter kan også påvirke skråningsstabiliteten ved å endre den naturlige dreneringen eller hvordan vann tilføres løsmassedekket. Eksempler på dette er bygningsarbeid, skogsbilveier, jordbruk, avskoging og mangel på eller dårlig utførte sikringstiltak. Disse faktorene er ikke inkludert i denne rapporten da dette kan være svært lokale forhold som er vanskelige å ta hensyn til i en regional varslings-tjeneste. Mangel på systematisk informasjon og kartlegging av disse parameter, og lokale variasjon og gjennom tid, gjør det også vanskelig å inkludere dem i aktsomhetsanalysen. I skråninger med menneskeskapte terrengendringer vil et skred kunne forekomme også utenfor potensielt utsatte områder og være utløst av mindre nedbørsmengder, og kan derfor ikke alltid bli varslet.

I dag har NVE en nasjonal varslings for jordskredfare, som omhandler faren for jordskred, flomskred, utglidninger og sørpeskred. Et godt utbygd nett av målestasjoner for vær- og hydrologiske parametre i Troms brukes som et viktig verktøy i utarbeidelsen av varselet. Jordskredvarselet utstedes to ganger daglig, og distribueres gjennom www.varsom.no. Varselet er nasjonalt, og lokale variasjoner kan derfor forekomme. Spesielt kan kraftig bygenedbør om sommeren opptre veldig lokalt og være vanskelig å forutsi, samtidig som den kan være veldig utslagsgivende for jordskredfaren. Man skal derfor alltid være spesielt oppmerksom under kraftig og langvarig regnvær, samt kraftig snøsmelting om våren.

Informasjon og analyser presentert i denne rapporten må vurderes med tanke på usikkerheten i dataene og underrapportering av historiske skredhendelser i dette området. Rapporten oppsummerer likevel for første gang statusen for jord- og flomskred på regionalt nivå i Norge, inkludert en oversikt over historisk skredaktivitet. Rapporten vil være et viktig grunnlagsmateriale for vurdering av jordskredfare i området. Vi har dessuten kjennskap til at det i det siste er startet opp flere arbeider (bl.a masteroppgaver) som

ytterligere vil kunne bidra til en bedre lokal beskrivelse av historiske hendelser og forståelse for utløsende årsaker i regionen.

8 Referanser

- Beldring, S., Engeland, K., Roald, L.A., Sælthun, N.R. og Voksø, A. (2003). *Estimation of parameters in a distributed precipitation runoff modell in Norway*. Hydrology and earth Sciences. 7: 304-316.
- Bell, R., Cepeda, J. og Devoli, G. 2014. *Landslide susceptibility modeling at catchment level for improvement of the landslide early warning system in Norway*. Proceedings of World Landslide Forum 3, 2-6th June 2014, Beijing.
- Bjørklund, P.K. og Haugen, F-A. (2008). *Vegetasjon og beite i beiteområdet Kvalvikelva – Kabelbukt*. Rapport fra vegetasjonskartlegging i Lyngen kommune, nr. 14. Ås: Norsk institutt for skog og landskap.
- Boje, S. og Colleuille, H. (2013). *Bruk av indeksskart i xgeo for vurdering av jordskredfare*. Notat til Statens vegvesen. 18. okt. 2013.
- Devoli, G., og Dahl, M.P. (2014) *Preliminary zonation and susceptibility analysis for landslide early warning purposes in Norway*. NVE Report 37, 2014.
- Devoli, G., Engen, I.K., Hoseth, K.A. og Pettersson, L-E. (2013). *Flom og skred i Troms juli 2012*. NVE Rapport 24/2013. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Dyrvik A. (2014). *Geomorfologisk og sedimentologisk analyse av avsetjingsforløp og skredmekanikk for debris flow-hendingar frå 14. juli 2012 i Signaldalen, Troms*. Masteroppgåve i geologi GEO 3900. Fakultett for naturvitenskap og teknologi, Institutt for geologi, UiT Norges Arktiske Universitet, Troms.
- Eklima.no - *Free access to weather- and climate data from Norwegian Meteorological Institute from historical data to real time observations*. Tilgjengelig fra www.eklima.no.
- Etzelmüller, B., Romstad, B., og Fjellanger, J. (2007) *Automatic regional classification of topography in Norway*. Norwegian Journal of Geology, Vol. 87, 167-180. Trondheim.
- Fischer, L., Rubensdotter, L., Stalsberg, K., Melchiorre, C., Horton, P., og Jaboyedoff, M. (2012). *Debris flow modeling for susceptibility at regional to national scale in Norway*. In Eberhardt et al. Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding, p. 723-729.
- Fischer, L., Rubensdotter, L. og Stalsberg, K. (2014). *Aktsomhetskart jord- og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering*. NGU rapport nr 2014.019
- Furseth, A. (2006) *Skredulykker i Norge*. Oslo: Tun Forlag.
- Haugen, F-A. og Støvern, L-E. (2013). *Vegetasjon og beite i beiteområdet til Sørreisa sankelag*. Rapport fra vegetasjonskartlegging i Sørreisa og Målselv kommuner, nr. 14. Ås: Norsk institutt for skog og landskap.
- Horton, P., Jaboyedoff, M., and Bardou E (2008). *Debris flow susceptibility mapping at a regional scale*, 4th Canadian Conference on Geohazards, 20-24th May 2008, Quebec, Canada

Longva, O., Blikra, L.H., Mauring, E., Thorsnes, T. og Reither, E. (1999). *Testprosjekt Finneidfjord; integrert skredfarekartlegging – metodevurdering*. NGU Rapport nr.: 99.051. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse

NGI (2014). Susceptibility map for debris flows, debris slides and soil slides in Western Norway. Technical note 20130802-01. Norges Geotekniske Institutt, Oslo, Norway

NOU (2010). *Tilpassing til eit klima i endring: samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane*. I O. Flæte (Ed.), *Norges offentlige utredninger*, 10. Oslo: Statens forvaltningstjeneste. S. 44 – 56.

NVE (2011a). *Plan for skredfarekartlegging – status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi*. I E.K. Øydvin (Re.), NVE Rapport 14. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat

NVE (2011b). *Plan for skredfarekartlegging – delrapport jordskred og flomskred*. I T. Bargel (Re.) NVE Rapport 16. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat

Nve.no. (2014). *Konsesjonssaker – vannkraft*.
<http://www.nve.no/no/Konsesjoner/Konsesjonssaker/Vannkraft/>. (hentet 21. jan 2014).

Roald, L.A. (2013). *Flom i Norge*. Forlaget Tom & Tom

Sletten, K., Blikra, L.H., Hansen, L., Bargel, T.H. og Olsen, L. (2006). *Skredkartlegging i deler av Balsfjord kommune, Troms*. NGU Rapport nr.: 2006.084. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse.

Snl.no (2014). *Troms*. I Store norske leksikon. <http://snl.no/Troms> (hentet 7. jan 2014).

Stranden, M. B. og Sund, M. (2013). *Flom og skred i Nord-Norge mai 2013*. NVE Rapport 54/2013. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Taurisano, A. (2011). *Sørpeskred – hva er det, og kan vi varsle det?* Intern opplæring flom- og løsmasseskredvarslere. 1. mars 2011. Norges vassdrags- og energidirektorat.

Tollan, A. (2006). *Vannressurser*. S. 73-78. Oslo: Universitetsforlaget.

Varsom.no – *Varsling av naturfarer i Norge*. Tilgjengelig fra www.varsom.no.

Vegvesen.no (2014). *Vegprosjekter - Torskenpakken*.
<http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/torskenpakken/Torskenpakken.283597.cms>
(hentet 15. jan 2014).

Xgeo.no – *et føre var verktøy for varsling og beredskap*. Tilgjengelig fra www.xgeo.no.

Appendiks 1: Jordskredvarsling Troms 2013

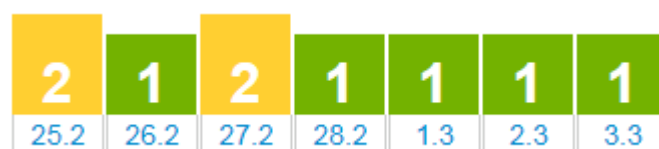
Følgende appendiks inneholder en deskriptiv sammenfatning av alle jordskredvarsler med gult, oransje eller rødt aktsomhetsnivå utstedet for Troms i 2013.

Uke 3 (14/1-20/1): Torsdag 17.1 varsles det gult nivå for Troms og Nordland (Ofoten og Lofoten) for fredag 18.1 på bakgrunn av økt fare for sørpeskred i forbindelse med temperaturstigning og kraftig nedbør. Varselet nedjusteres fredag morgen på bakgrunn av mindre nedbør enn forventet, og er dermed markert som grønt. Ingen hendelser ble registrert.



Figur 1-1: Jordskredvarsler uke 3.

Uke 9 (25/2-3/3): Mandag 25.2 varsles gult nivå Troms og nordlige Nordland. Bakgrunnen er store nedbørmengder på vannmettet snø som gir økt fare for flomskred, spesielt i forsenkninger og bekkeløp. Tirsdag nedjusteres varselet i Troms da nedbøren forflytter seg sørover mot Nordland og Nord-Trøndelag, men på onsdag inkluderes sørlige deler av Troms i varselet om gult farenivå for sørpeskred grunnet store nedbørmengder og mildvær. Det gikk flere sørpeskred under mildværet i området rundt Tromsø.



Figur 1-2: Jordskredvarsler uke 9.

Uke 20, 21 og 22 (13/5-2/6): Onsdag 15.5 ventes det økte temperaturer i Nord-Norge og det varsles gult farenivå for Nordland, Troms og Finnmark for torsdag 16.5 og fredag 17.5. Bakgrunnen er at det svært varme været i kombinasjon med vått snødekke gir fare for sørpeskred. I perioden lørdag til mandag opprettholdes gult nivå med bemerkning om avtagende fare i Troms og Finnmark. Mandag 20.5 forventes ytterligere temperaturøkning og gult nivå opprettholdes mandag og tirsdag 21.5 med kommentar om økende tendens. Gult farenivå opprettholdes den kommende uken i perioden onsdag 22.5 til lørdag 1.6 grunnet stor snøsmelting og høy vannmetning, noe som gir moderat fare for sørpeskred i områder med mer enn 50 cm snø, samt jordskred og flomskred. Spesielt tidlig i denne perioden rundt 15. til 17.5 gikk det en del sørpeskred, men antallet er sannsynligvis underrapportert. Blant annet ble det via RegObs (en observatør) den 16.5 rapportert om hyppige sørpeskred (mer enn 10 stk) i bratt terreng i sydlig sektor i Storfjorden i Troms.



Figur 1-3: Jordskredvarsler uke 20, 21 og 22.

Uke 27 (1/7-7/7): Tirsdag 2.7 varsles det stor fare for jordskred og flomskred (oransje nivå) grunnet mye regn kombinert med høy vannmetning og grunnvannstand i Troms. Tromsø satte 24 t nedbørrekord med 50 mm målt nedbør på Tromsøya, men hendelsen utløste ingen skredhendelser. Faresituasjonen med oransje farenivå kan ha vært overvurdert i form av at modellert vannmetningen i jorda og grunnvannstand var overestimert i forhold til observasjoner. Varselet nedjusteres til laveste nivå påfølgende dag.



Figur 1-4: Jordskredvarsler uke 27.

Uke 31 (29/7-4/8): Mandag 29.7 varsles det moderat fare for jordskred (gult nivå) grunnet kraftige, lokale regnbyger for Kvænangen og Nordreisa kommune i Troms, samt indre strøk av Finnmark. Bakgrunnen er at det ventes opp mot 30 mm regn i indre strøk. Ingen hendelser registreres i Troms.



Figur 1-5: Jordskredvarsler uke 31.

Uke 41 (29/7-4/8): Lørdag 12.10 varsles det moderat fare for jordskred, flomskred og utglidninger grunnet mye regn i hele Troms. I tillegg er det høy grunnvannstand og

vannmetningsgrad i bakken. Søndag nedjusteres varselet. Ingen skred ble registrert, men store nedbørmengder vasket ut veien flere steder.



Figur 1-6: Jordskredvarsler uke 41.

Uke 50 (9/12-15/12): Tirsdag 10.12 sendes det ut varsel om moderat fare for jord- og sørpeskred grunnet mye regn og stor snøsmelting i Nordland og Sør-Troms. Bakgrunnen er at det ventes store nedbørmengder i kombinasjon med en betydelig temperaturøkning og mye vind i fjellet, noe som kan gi stor snøsmelting. Stor vanntilførsel, i tillegg til høy grunnvannstand og høy vannmetningsgrad i bakken kan føre til både jordskred, flomskred og utglidninger, samt sørpeskred i fjellområder med mer enn 50 cm snø. Et sørpeskred ble rapportert i Kaperdalen på Senja, i tillegg til flere hendelser i Nordland.



Figur 1-7: Jordskredvarsler uke 50.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2014

- Nr. 1 Analyse av energibruk i forretningsbygg. Formålsdeling. Trender og drivere
- Nr. 2 Det høyspente distribusjonsnett. Innsamling av geografiske og tekniske komponentdata
- Nr. 3 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Dimensjonerende korttidsnedbør for Telemark, Sørlandet og Vestlandet: Eirik Førland, Jostein Mamen, Karianne Ødemark, Hanne Heiberg, Steinar Myrabø
- Nr. 4 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 7. Skred og flomsikring. Sikringstiltak mot skred og flom Befaring i Troms og Finnmark høst 2013
- Nr. 5 Kontrollstasjon: NVEs gjennomgang av elsertifikatordningen
- Nr. 6 New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. Tuomo Saloranta
- Nr. 7 EBO Evaluering av modeller for klimajustering av energibruk
- Nr. 8 Erfaringer fra ekstremværet Hilde, november 2013
- Nr. 9 Erfaringer fra ekstremværet Ivar, desember 2013
- Nr. 10 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 4. kvartal 2013. Ellen Skaansar (red.)v
- Nr. 11 Energibruksrapporten 2013
- Nr. 12 Fjernvarmens rolle i energisystemet
- Nr. 13 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Karakterisering av flomregimer. Delprosjekt. 5.1.5
- Nr. 14 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer
- Nr. 15 Tilleggsrapport: Oppsummering av Energimyndighetens og NVEs gjennomgang av elsertifikatordningen
- Nr. 16 Flomberegning for Nesttunvassdraget (056.3Z). Thomas Væringstad
- Nr. 17 Årsrapport for tilsyn
- Nr. 18 Verktøyprosjektet - hydrologi 2010-2013. En oppsummering av aktiviteter og resultater. Erik Holmqvist (red.)
- Nr. 19 Flom og jordskred i Nordland og Trøndelag desember 2013. Elin Langsholt, Erik Holmqvist, Delia Welle Kejo
- Nr. 20 Vindkraft i produksjon i 2013
- Nr. 21 FoU-prosjekt 81072 Pilotstudie: Snøskredfarekartlegging med ATES (Avalanche Terrain Exposure Scale) Klassifisering av snøskredterreng for trygg ferdsel
- Nr. 22 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 3.1. Hvordan beregne ekstremverdier for gitte gjentakintervaller? Manual for å beregne returverdier av nedbør for ulike gjentakintervaller (for ikke-statistikker)
- Nr. 23 Flomsonekart Delprosjekt Tuv. Kjartan Orvedal, Julio Pereira
- Nr. 24 Summary of the review of the electricity certificates system by the Swedish Energy Agency and the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE)
- Nr. 25 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Drift og formidling 2011. Jonatan Haga Per Alve Glad
- Nr. 26 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 1 Naturskadestrategi. Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom. Utredning for Naturfareprogrammet (NIFS)
- Nr. 27 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Skredfarekartlegging i strandsonen
- Nr. 28 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. "Kvistdammer" i Slovakia. Små terskler laget av stedeget materiale, erfaringer fra studietur for mulig bruk i Norge
- Nr. 29 Reestablishing vegetation on interventions along rivers. A compilation of methods and experiences from the Tana River valley
- Nr. 30 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Karakterisering av flomregimer
- Nr. 31 Småkraftverk: Tetthet og reproduksjon av ørret på utbygde strekninger med krav om minstevannføring Svein Jakob Saltveit og Henning Pavels
- Nr. 32 Kanalforvaltningen rundt 1814 – del av en fungerende statsadministrasjon for det norske selvstendighetsprosjektet. Grunnlovsjubileet 2014
- Nr. 33 Museumsordningen 10 år
- Nr. 34 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Skredfarekartlegging i strandsonen -videreføring
- Nr. 35 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Karakterisering av flomregimer Delprosjekt. 5.1.5. Revisjon av rapport 13-2014
- Nr. 36 Kvartalsrapport for kraftmarknaden 1. kvartal 2014. Gudmund Bartnes (red.)
- Nr. 37 Preliminary regionalization and susceptibility analysis for landslide early warning purposes in Norway

- Nr. 38 Driften av kraftsystemet 2013
- Nr. 39 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Effekt av progressivbruddutvikling for utbygging i områder med kvikkleire: Sensitivitetsanalyse basert på data fra grunnundersøkelser på vegstrekingen Sund-Bradden i Rissa
- Nr. 40 Naturfareprosjektet DP. 6 Kvikkleire. Effekt av progressiv bruddutvikling for utbygging i områder med kvikkleire: Sensitivitetsanalyse-1
- Nr. 41 Bioenergi i Norge
- Nr. 42 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Dimensjonerende korttidsnedbør for Møre og Romsdal, Trøndelag og Nord-Norge. Delprosjekt. 5.1.3
- Nr. 43 Terskelstudier for utløsning av jordskred i Norge. Oppsummering av hydrometeorologiske terskelstudier ved NVE i perioden 2009 til 2013. Søren Boje, Hervé Colleuille og Graziella Devoli
- Nr. 44 Regional varslings av jordskredfare: Analyse av historiske jordskred, flomskred og sørpeskred i Gudbrandsdalen og Ottadalen. Nils Arne K. Walberg, Graziella Devoli
- Nr. 45 Flomsonekart. Delprosjekt Hemsedal. Martin Jespersen, Rengifo Ortega, Julio H. Pereira Sepulveda
- Nr. 46 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Mulighetsstudie om utvikling av en nasjonal blokkprøvedatabase
- Nr. 47 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. Detektering av sprøbruddmateriale ved hjelp av R-CPTU
- Nr. 48 En norsk-svensk elsertifikatmarknad. Årsrapport 2013
- Nr. 49 Øvelse Østlandet 2013. Evalueringsrapport
- Nr. 50
- Nr. 51 Forslag til nytt vekstsystem i modellen for å fastsette kostnadsnormer i regionalnettene
- Nr. 52 Jord- og sørpeskred i Sør-Norge mai 2013. Monica Sund
- Nr. 53 Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak for 2013
- Nr. 54 Naturfareprosjekt DP. 1 Naturskadestrategi Samarbeid og koordinering vedrørende naturfare. En ministudie av Fellesprosjektet E6-Dovrebanen og Follobanen
- Nr. 55 Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Effekt av progressiv bruddutvikling for utbygging i områder med kvikkleire: Numerisk metode for beregning av udrenert brudd i sensitive materialer
- Nr. 56 Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Effekt av progressiv bruddutvikling for utbygging i områder med kvikkleire: Tilbakeregning av Vestfossensskredet
- Nr. 57 Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder: Effekt av progressiv bruddutvikling i raviner
- Nr. 58 Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Sikkerhet ifm utbygging i kvikkleireområder: Sannsynlighet for brudd med prosentvis forbedring
- Nr. 59 Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Likestilling mellom bruk av absolutt material faktor og av prosentvis forbedring: bruk av spenningsendring for å definere lokalskred og områdeskred
- Nr. 60 Skredfarekartlegging i Høyanger kommune
- Nr. 61 Flaumsonekart Delprosjekt Førde. Kjartan Orvedal og Ivar Olaf Peereboom
- Nr. 62 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Regionalt formelverk for flomberegning i små nedbørsfelt Delprosjekt. 5.1.6.
- Nr. 63 Naturfareprosjektet DP. 3.2 Datasamordning Ministudie av samordning og deling av flom-og skreddata for tre samarbeidende etater
- Nr. 64 Naturfareprosjektet. Delprosjekt 2- Beredskap og krisehåndtering. Delrapport 1 - Beredskapsplaner og krisehåndtering
- Nr. 65 Grønne tak og styrtregn. Effekten av ekstensive tak med sedum-vegetasjon for redusert avrenning etter nedbør og snøsmelting i Oslo. Bent C. Braskerud.
- Nr. 66 Norges vannbalanse i TWh basert på HBV-modeller. Undertittel: Statistikk og variasjoner 1958-2012. Erik Holmqvist.
- Nr. 67 Effekt av lagringstid på prøve kvalitet. Marie Haakensen / NIFS.
- Nr. 68 Effect of storage time on sample quality. Marie Haakensen / NIFS.
- Nr. 69 Flomsonekart. Delprosjekt Fagernes. Ahmed Reza Naserzadeh og Camilla Meidell Roald.
- Nr. 70 Status høsten 2014 - resultater og veien videre. Marie Haakensen / NIFS.
- Nr. 71 Aktive vannføringsstasjoner i Norge, Lars Evan Pettersson.
- Nr. 72 Smarte målere (AMS) og feedback. VasaaETT og Heidi Kvalvåg.
- Nr. 73 Filefjell og Anestølen. Evaluering av måledata for snø, sesongen 2012/2013. Heidi Bache Stranden og Bjørg Lirhus Ree.
- Nr. 74 Avbrotstatistikk 2013. Astrid Ånestad.
- Nr. 75 Energibruk i undervisningsbygg. Benedicte Langseth og Multiconsult m.fl.
- Nr. 76 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 2. Beredskap og krisehåndtering. Haakensen.
- Nr. 77 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6. Kvikkleire. Haakensen.
- Nr. 78 Status og prognoser for kraftsystemet 2014..” Synnøve Lill Paulen.
- Nr. 79 Snøskredvarslingen. Evaluering av vinteren 2014. NIFS. Emma Barfod.

- Nr. 80 Norwegian Avalanche Warning Service. Program Review. NIFS. By Grant Statham. Emma Barfod.
- Nr. 81 Oppsummeringsrapporter ifm høring 2-2014. Mi Lagergren.
- Nr. 82 Oppsummeringsrapporter ifm høring 2-2014. Mi Lagergren.
- Nr. 83 Inventory of glacier-related hazardous events in Norway. Miriam Jackson and Galina Ragulina.
- Nr. 84 Evaluering av flomvarslings modellverktøy. Ingjerd Haddeland.
- Nr. 85 Kartlegging av oppvarmingsutstyr i husholdningene. Magnussen.
- Nr. 86 Elsertifikat Årsrapport 2013
- Nr. 87 Naturfareprosjektet: Droneteknologi. Haakensen/NIFS.
- Nr. 88 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6. Kvikkleire. Haakensen/NIFS. Klimaendring og dampsikkerhet: En pilot-
- Nr. 89 studie.. D.Lawrence.
- Nr. 90 Rapport Troms. Graziella Devoli/ NIFS.
- Nr. 91 Rapport Kvikkleire. Graziella Devoli /NIFS
- Nr. 92 Ground improvement. NIFS.
- Nr. 93 Skredet ved Nord-Statland. Utredning av teknisk årsakssammenheng. Einar Lyche, Stein-Are Strand.
- Nr. 94 Pinseflommen på Østlandet i mai 2013. Inger Karin Engen.
- Nr. 95 Utvidet tolkingsgrunnlag for vingebor. NIFS.
- Nr. 96 Tolking av aktiv udrenert skjærstyrke fra vingebor. NIFS.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no