



Jernbaneverket



Statens vegvesen

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

*Nils Arne K. Walberg
Graziella Devoli*

44
2014

R
A
P
P
O
R
T



Regional varsling av jordskredfare:

Analyse av historiske jordskred, flomskred og sørpeskred i Gudbrandsdalen og Ottadalen

Rapport nr. 44 - 2014

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

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfatter: Nils Arne K. Walberg og Graziella Devoli

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 40

Forsidefoto: Flom og skred gjorde store skader under Pinseflommen 2011.
(Foto: A. Taurisano, NVE)

ISSN: 1501-2832

ISBN: 978-82-410-0993-8

Sammendrag: Rapporten tar for seg ulike problemstillinger relatert til jordskred, flomskred, utglidninger og sørpeskred i Gudbrandsdalen og Ottadalen. Dette er første rapport i en serie som skal beskrive de områdene i landet som er spesielt utsatt for nevnte skredtyper. Dette området er valgt først på grunn av store skredhendelser med omfattende skader de siste årene. Rapporten er tredelt hvor del 1 omhandler geologiske, hydrologiske og meteorologiske faktorer i området som påvirker skredaktiviteten. Del 2 tar for seg historiske skredhendelser, mens del 3 omhandler tilgjengelig informasjon som kan brukes til å forebygge skred i området, dvs. oversikt over meteorologiske og hydrologiske observasjonsstasjoner, aktsomhetskart og erfaring fra den regionale jordskredfarevarslingen.

Emneord: Jordskred, flomskred, sørpeskred, nedbør, snøsmelting, Gudbrandsdalen, Ottadalen

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

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

Mai 2014

Innhold

Forord	4
1 Innledning	5
2 Områdebeskrivelse	8
2.1 Geografi.....	8
2.1.1 Næringsvirksomhet og arealbruk.....	8
2.1.2 Infrastruktur.....	9
2.2 Topografi og landformer.....	10
2.3 Geologi.....	11
2.4 Vegetasjon.....	13
2.5 Klima	14
2.5.1 Fremtidig klima.....	21
2.6 Hydrologi og hydrogeologi	21
2.6.1 Hydrologi.....	21
2.6.2 Vassdragsreguleringer	21
2.6.3 Hydrogeologi.....	22
3 Skredhendelser.....	24
3.1 Skredhistorikk	26
3.1.1 Storofsen 21. -23. juni 1789	29
3.1.2 Storflaumen i 1860.....	30
3.1.3 Vesleofsen 1995	30
3.1.4 Mai 2008	30
3.1.5 Pinseflommen juni 2011.....	30
3.1.6 Pinseflommen mai 2013.....	32
3.2 Statistikk	33
3.3 Sørpeskred	36
3.4 Erfaring med kvalitetssikring og innrapportering av hendelser	37
4 Observasjonsstasjoner	40
4.1.1 Meteorologiske stasjoner (MET).....	41
4.1.2 Hydrologiske stasjoner (NVE)	43
4.1.3 Grunnvannsstasjoner (NVE)	44
5 Aktsomhetskart – status	46
5.1 Nasjonal aktsomhetsanalyse utarbeidet for befolkede områder	46
5.2 Aktsomhetsanalyse utarbeidet på regionalt nivå	47
5.3 Nasjonal aktsomhetsanalyse i 1:50.000 målestokk	49
6 Varsling av jordskredfare.....	51
6.1 Fremgangsmåte jordskredfarevarsling.....	51
6.2 Erfaring fra testvarsel i dette området	52
6.3 Hva bør vektlegges ved varsling i dette området.....	53
7 Oppsummering for regionen	55
8 Referanser	56
Vedlegg 1: Jordskredvarsling Oppland 2013	58

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 kunne utarbeide terskelverdier for ulike hydrometeorologiske variable. Arbeidet med denne rapporten er et steg videre i prosessen rundt utviklingen av jordskredvarslingen og vil ta for seg historiske, geologiske og hydrologiske forhold i Gudbrandsdalen og Ottadalen, et område som i senere tid har opplevd en rekke store jordskredhendelser. Mange takk til alle som har bidratt med kommentarer og faglig diskusjoner: Steinar Myrabø fra Jernbaneverket (JBV), Lena Rubensdotter, Kari Sletten og Knut Stalsberg fra Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), Jaran Wasrud fra NVE Region Øst, samt Monica Sund og Søren Boje fra Seksjon for varsling av flom og jordskredfare (NVE).

Oslo, mai 2014



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Hervé Colleuille
seksjonssjef

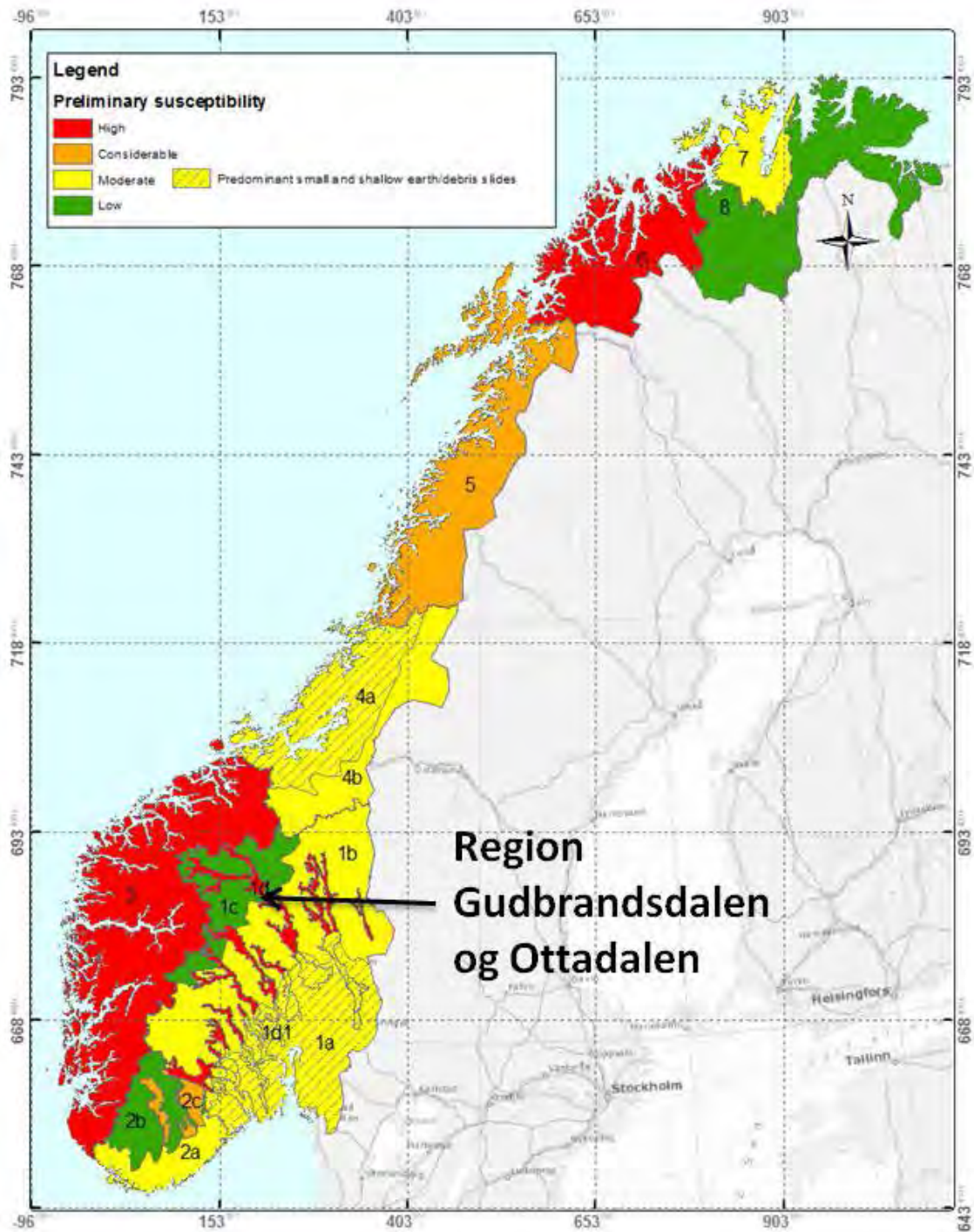
1 Innledning

Denne rapporten skrives som 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 om 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 flatt 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 er nærmere omtalt i kapittel 3.3. Felles for disse fire skredtypene er at høyt vanninnhold, intense vanntilførsel i løpet av korttid, oppbygging av vanntrykk i løsmassene eller snøen, og erosjon som følge av overflateavrenning, oftest er utløsende faktorer. Dette kan komme av kraftig eller vedvarende regn og/eller snøsmelting.

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

Bakgrunnen for rapporten er å samle relevant informasjon om tidligere skredhendelser, samt geologiske, hydrologiske og meteorologiske forhold i Gudbrandsdalen og Ottadalen som kan være til hjelp i utarbeidelsen av skredvarsler i denne regionen.

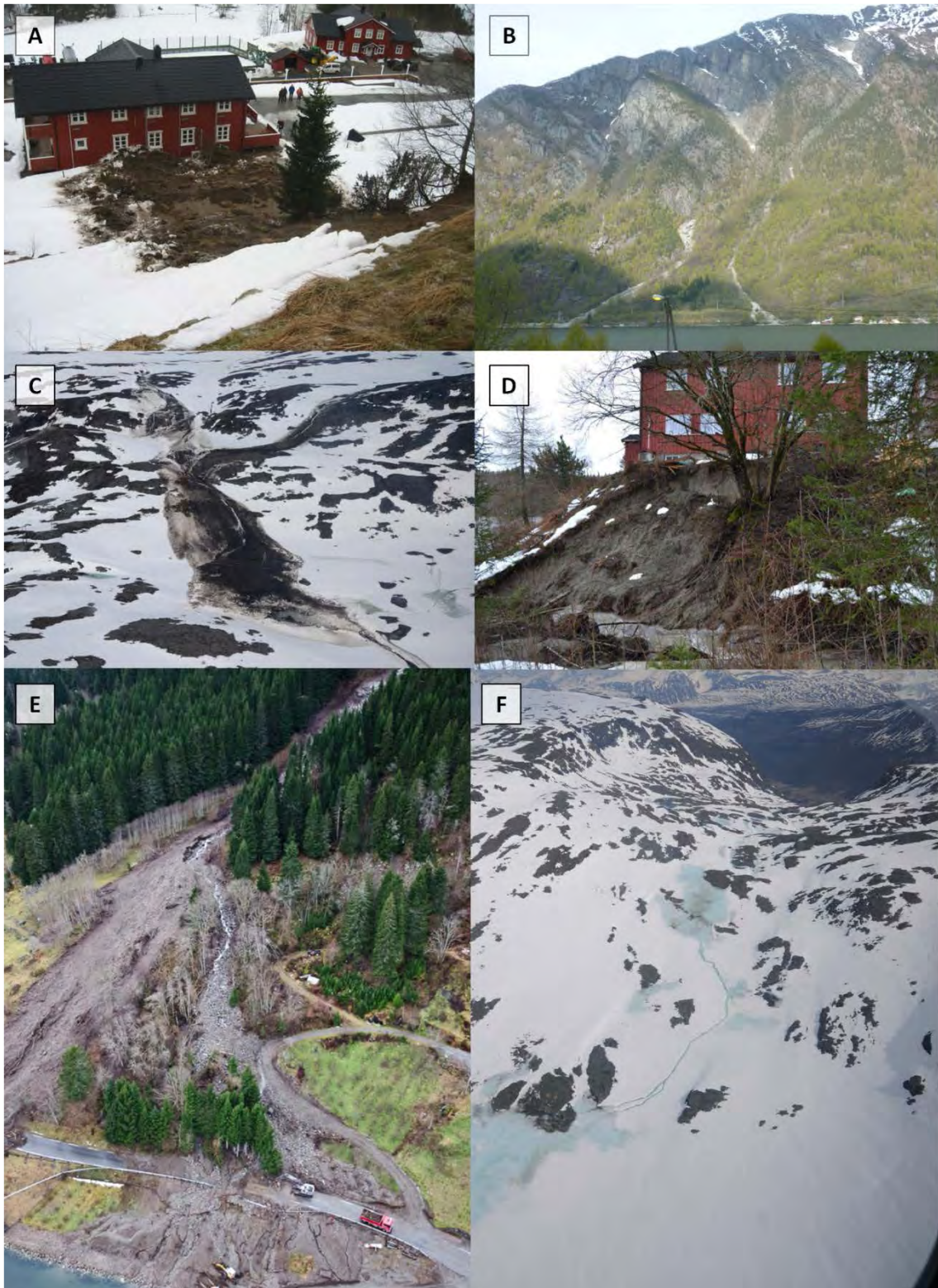
Gudbrandsdalen er sammen med de andre store dalførene på Østlandet, samt Vestlandet og Troms de områdene i Norge hvor det historisk sett har vært flest hendelser knyttet til jord- og flomskred. I en ny studie for varslingsformål (Devoli og Dahl, 2014) er landet delt inn i 8 regioner basert på topografi, geomorfologi, nedbørmønster og jordskredaktivitet. 3 av disse regioner er inndelt i subregioner. Figur 1 viser en oversikt over jordskredutsatte regioner i Norge, hvor regionen Gudbrandsdalen og Ottadalen er markert med høy aktsomhetsnivå (rødt) sentralt i bildet.



Figur 1: Inndeling av Norge i regioner med tanke på jord- og flomskred. Kartet viser hvilke regioner er mer utsatte for jordskred og flomskred, basert på topografiske, geologiske og klimatologiske forhold og tidligere skredaktivitet. Rød farge viser mest utsatte områder. De skrå linjene viser de to regionene (4a og 1a) der leireavsetning dominerer og hvor utglidning og leirskred er dominerende skredtypene. Kilde: Devoli og Dahl (2014).

Gudbrandsdalen opplevde både i juni 2011 og mai 2013 uvær som førte til flom og en rekke skredhendelser, noe som fikk alvorlige konsekvenser for bebyggelse og infrastruktur. En rekke veier og hus ble ødelagt av skred, og flere beboere i dalen ble evakuert i tiden under og etter uværet. Flere klimafremskrivninger frem mot år 2100 viser i tillegg til både økt temperatur og nedbørintensitet i Sør-Norge (NOU, 2010), noe som vil kunne føre til hyppigere utløsning av skred i området.

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 flomskred 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) 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.

Uttrykket *skred* brukes i dette dokumentet til å beskrive jordskred, flomskred og mindre utglidninger og sørpeskred.

Rapporten forsøker å gi en beskrivelse av jordskred, flomskred, utglidninger og sørpeskred i området basert på tilgjengelig data og rapporter. Enkle statistiske analyser er presentert, men resultatene er begrenset av usikre eller manglende data (underrapporteringer av historiske skredhendelser). Siden rapporten er utarbeidet på et regionalt nivå er lokale topografiske, geologiske, meteorologiske og hydrologiske forhold, samt menneskelige inngrep som kan påvirke forekomsten av skred ikke vurdert.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Geografi

Gudbrandsdalen er et av de store dalførene på Østlandet, og ligger mellom Valdres i vest og Østerdalen i øst. Dalen strekker seg fra Lillehammer (124 moh.) til Lesjaskogsvatnet (612 moh.), og ligger i Oppland fylke. Studieområdet inkluderer også Ottadalen som strekker seg fra Sel opp mot Strynefjell og Sognefjell, se Figur 3. Ser man på hele området som et distrikt bor i overkant av 70 000 mennesker der, fordelt på de 12 kommunene Lillehammer, Gausdal, Øyer, Ringebu, Sør-Fron, Nord-Fron, Sel, Vågå, Lom, Skjåk, Dovre og Lesja. Befolkningen er generelt spredt med enkelte tettsteder, markert med rødt i Figur 3.

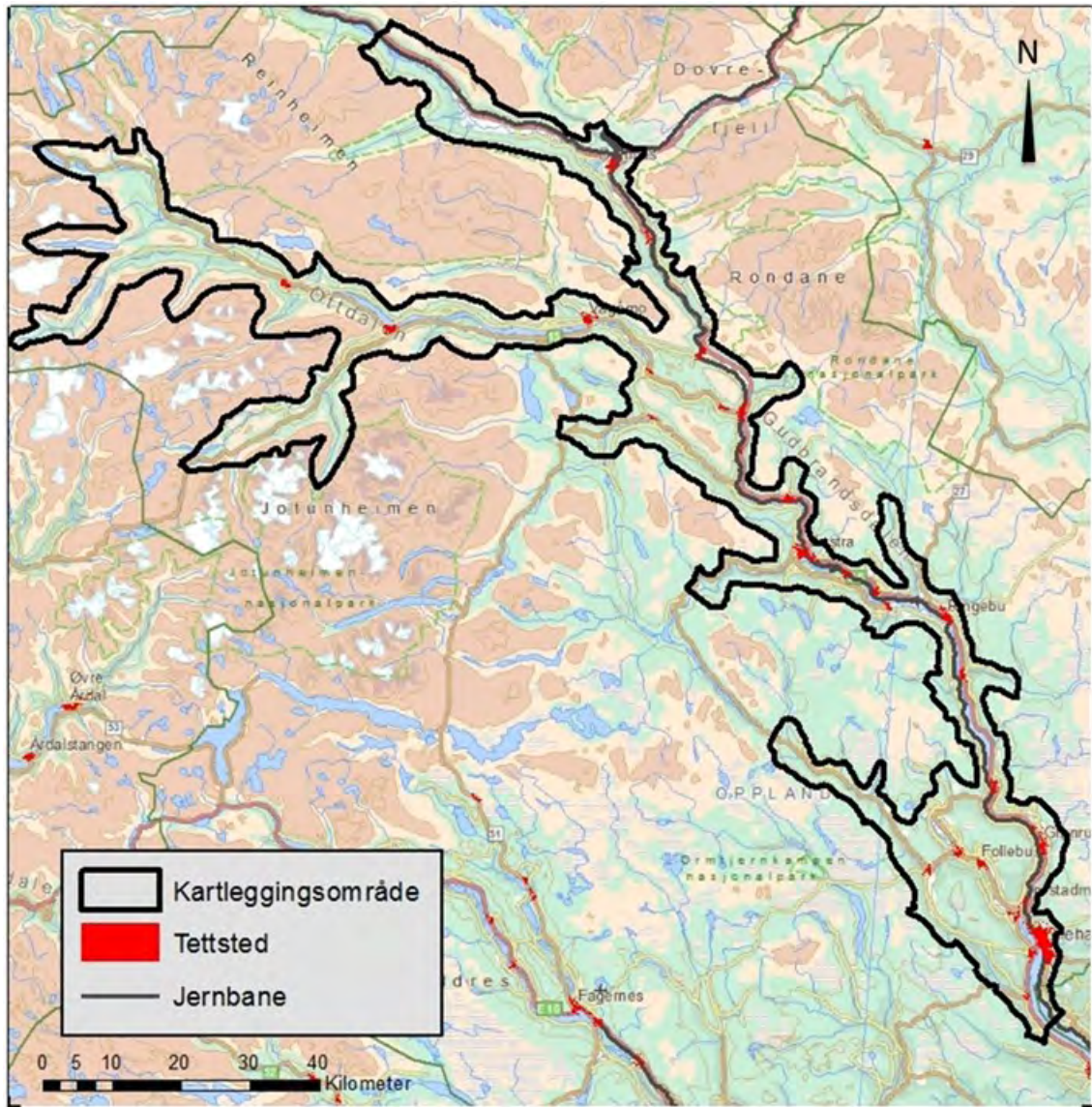
2.1.1 Næringsvirksomhet og arealbruk

Gudbrandsdalen preges av spredt bosetning med enkelte bo- og administrasjonssentre i de ulike kommunene. Flest innbyggere og industri er i den søndre delen rundt Lillehammer. Skog- og jordbruk er viktige næringer i hele dalen, og sysselsetter sammen med husdyrhold (storfe, sau og svin) mange av de lokale innbyggerne opp gjennom dalen. Dyrka mark brukes ofte til forproduksjon, men også naturlige beiter for husdyra er utbredt.

Industri er en synkende næring i området når det kommer til sysselsetting, men mange steder opprettholdes fortsatt eldre industritradisjoner i form av mindre bedrifter. Skifer- og klebersteinbrudd, trevare- og møbelindustri og diverse verksted- og produksjonsindustri drives fortsatt i dalen, som i Fåvang, Tretten, Otta og Bismo. I tillegg finns det 18 vannkraftverk i området.

Turistnæringa er en stigende næring i Gudbrandsdalen, og trekker folk både sommer som vinter. Spesielt viktig er nærheten til fjellområdene og nasjonalparkene i Jotunheimen, Reinheimen, Dovrefjell og Rondane. Om sommeren er det kulturhistoriske severdigheter som Dale-Gudbrands gård, de mange stavkirkene i området, nasjonalparkene, kulturarrangementer som Peer Gynt-spelet og Hunderfossen familiepark som tiltrekker seg turister. Om vinteren er det i første rekke skiturister som kommer til området for å gå på langrenn eller stå på alpint. En rekke kjente skisteder ligger i dalen, blant annet Hafjell, Skeikampen og Kvitfjell. I tillegg finns en rekke mindre alpinsentre og hytteområder tilrettelagt for langrenn.

Urbanisering av områder har i de siste ti år ført til store endringer i landskapet og skråninger (skogsbilveier, avskogning, økt infrastruktur og menneskelige inngrep) og derfor økt potensielle fare for jordskred og flomskred.



Figur 3: Kart over analyseområdet. Området strekker seg fra Lillehammer i sør, til Lesja mot Romsdalen i nord og Ottadalen til Skjåk i nordvest. Området er omgitt av de store fjellområdene i Sør-Norge; Jotunheimen, Reinheimen, Dovrefjell og Rondane. Befolkningen er generelt spredt med enkelte tettsteder, markert i rødt. Viktigste gjennomfartsåre er jernbanen og Europavei 6 som går hele veien fra Lillehammer til Dombås, hvor de deler seg i to.

2.1.2 Infrastruktur

Gudbrandsdalen er en viktig transportåre mellom Østlandet og Vestlandet med stor trafikk både på vei og jernbane. Hovedveien i sør-nord retning er Europavei 6 (E6) som går i dalbunnen fra Lillehammer til Dombås, hvor den fortsetter over fjellet mot Oppdal og Trondheim. Dette er en veldig viktig gjennomfartsåre mellom Oslo og industri og havbruksnæring på nordvestlandet. Riksvei 15 (Rv. 15) tar av ved Otta og går gjennom Ottadalen mot Strynefjell og Nordfjord. Tilsvarende ved Dombås tar Europavei 136 (E136) av og går gjennom Lesja-bygdene til fylkesgrensen mot Bjorli. På samme måte går Dovrebanen parallelt med E6 til Dombås, hvor hovedlinja fortsetter nordover mot Trondheim, mens Raumabanen fortsetter over Lesja mot Åndalsnes (se Figur 3).

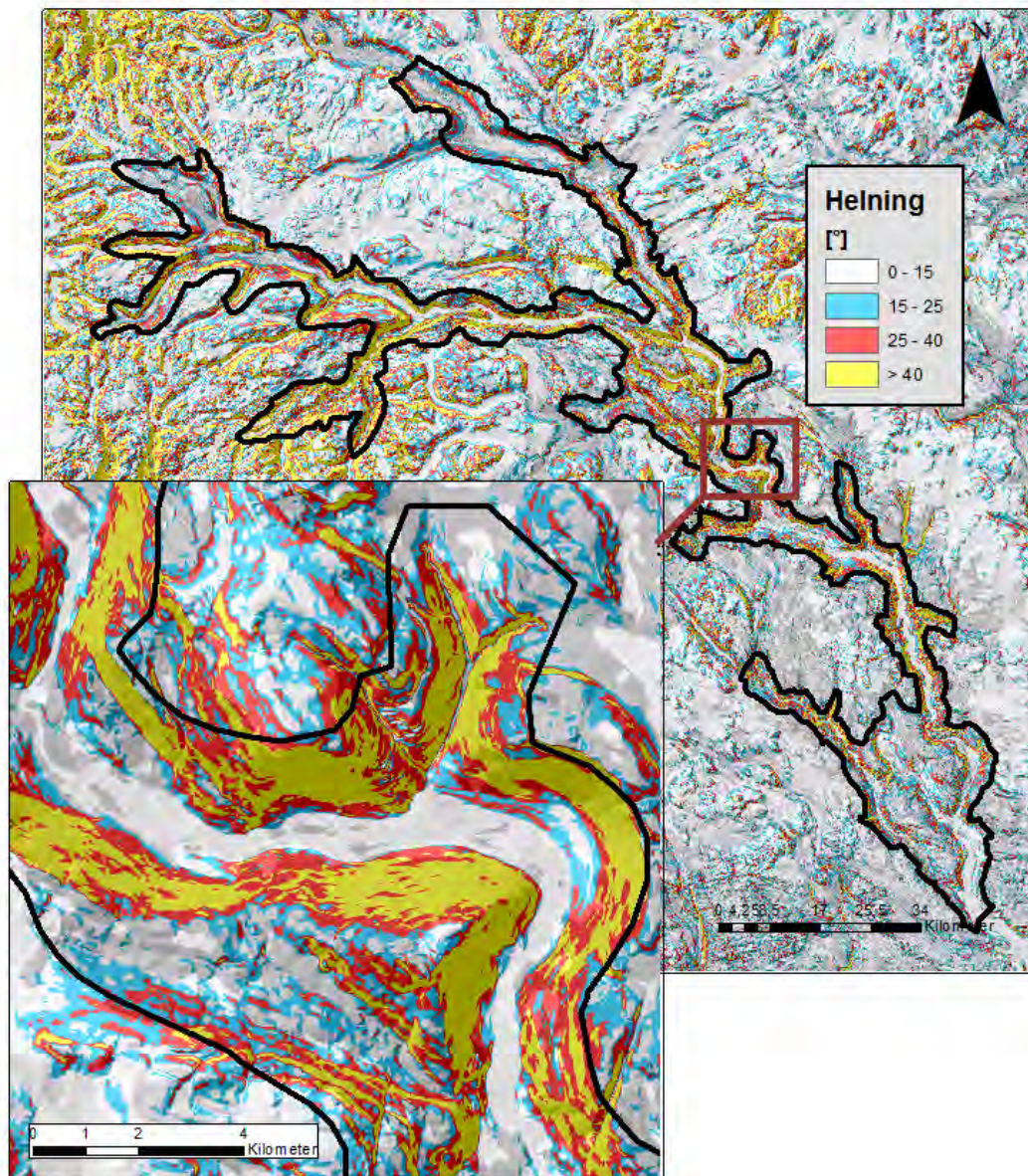
Under flommen i juni 2011 fikk vi se hvor sårbar infrastrukturen i Gudbrandsdalen er, og i en periode var alle hovedfartsårer mellom Østlandet (inkludert Hedmark) og Trøndelag stengt som vises i figur 4.



Figur 4: Store skader på E6 grunnet flomskred og erosjon ved Rosten i Gudbrandsdalen i juni 2011. Her har oppryddingsarbeidet startet, men arrene etter tre skred er godt synlige (Foto: A.T. Hamarsland, NVE).

2.2 Topografi og landformer

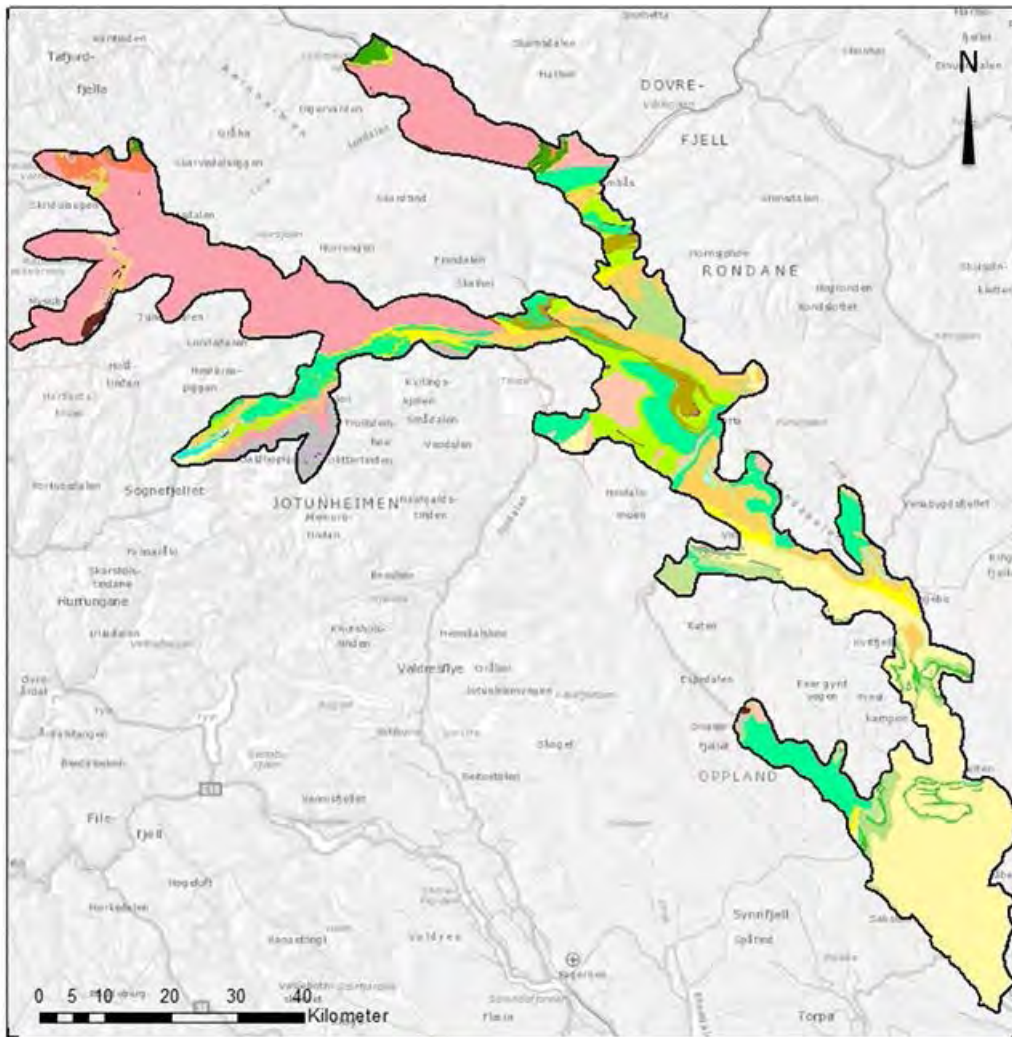
Som vi ser av helningskartet (Figur 5) består området av en hoveddal samt sidedaler med til dels bratte fjellsider opp mot høyfjellsplatåene i Jotunheimen, Reinheimen, Dovre og Venabygdsfjellet. Det sørlige området, vesentlig sør for Tretten, er preget av glasial erosjon og beskrives landskapsmessig som overgangen mellom det kystnære lavlandet og fjellet i Sør-Norge. Nordover har landskapet mer relieff og er dominert av glasial erosjon, noe som har ført til utformingen av bratte, ustabile fjellsider. Områdets geomorfologi er i dag dominert av nedbrytende prosesser relatert i de bratte fjellsidene og permafrost i de høyest liggende områdene (Etzelmüller m.fl., 2007).



Figur 5: Helningskart over Gudbrandsdalen og Ottadalen med omegn. Forstørret området viser Veikledalen og Kvam i sentralt i Gudbrandsdalen. Helningskartet er basert på 25x25 m oppløsning.

2.3 Geologi

Geologien i området, se Figur 6, preges av den kaledonske fjellkjedefoldning da den kaledonske foldesone beveger seg SV-NØ igjennom Oppland. Øverst i Gudbrandsdalen finner vi gneis av opprinnelig prekambrisk alder, men som er preget av de kaledonske foldningene. Sør for dette området, i randområdene til Jotunheimen, finner vi fyllitt og glimmerskifer. Dette stammer fra da et skyvedekke av dypbergarter (dagens Jotunheimen) ble forskjøvet over yngre sedimentære



Berggrunn	
Sandstein	Olivinstein
Konglomerat, sedimentær breksje	Anortositt
Sedimentære bergarter	Amfibolitt og glimmerskifer
Skifer, sandstein, kalkstein	Grønnstein, amfibolitt
Sandstein, skifer	Metasandstein, skifer
Kalkstein, skifer, mergelstein	Kvartsitt
Kalkstein, dolomitt	Glimmergneis, glimmerskifer, metasandstein, amfibolitt
Granitt, granodioritt	Fyllitt, glimmerskifer
Metabasalt	Kalkglimmerskifer, kalksilikagneis
Mangeritt til gabbro, gneis og amfibolitt	Marmor
Gabbro, amfibolitt	Diorittisk til granittisk gneis, migmatitt
Kvartsdioritt, tonalitt, trondhjemit	Øyegneis, granitt
	Båndgneis (amf., hbl. glim.gneis)

Figur 6: Berggrunnskart over Gudbrandsdalen og Ottadalen. Nordlige områder preges av harde bergarter som gneis, mens vi i sør finner lettere eroderbare bergarter som fyllitt og sandstein. (Kilde: www.ngu.no)

bergarter (leirskifer), noe som førte til omdanning av leirskiferen. Den søndre delen består av nok et skyvedekke av senkambrisk sandstein og konglomerat som igjen dekker fyllitten (Snl.no, 2013a). Bergartens evne til å transportere vann, permeabiliteten, er generelt bestemt av den lokale oppsprekingsgraden, og vil derfor variere. Generelt har gneis lav permeabilitet, mens skifer har lav permeabilitet i vertikalretningen og god i horisontalretningen. Permeabiliteten til fyllitt varierer med graden av metamorfose, mens sandstein generelt har god permeabilitet.

Skifer, fyllitt og sandstein er alle bergarter som forvitrer relativt lett, noe som bidrar til oppbyggingen av det lokale jordsmonnet. Jordarter bestående av forvitringmateriale fra skifer og fyllitt vil inneholde store mengder leirpartikler, noe som vil bidra til en lav permeabilitet. På grunn av at forvitringjord fra fyllitt gir gode vekstvilkår for planter sammenfaller noen steder fyllitt i berggrunnen med utstrekningen av dyrket mark. Dette kan blant annet sees i Venabygd i Ringebu.

Kvartærgeologien i området preges av at området relativt nylig har vært dekket av is, og består av materiale avsatt på slutten av eller etter siste istid (Fig. 7). Store områder i omkringliggende høyfjellsplatåer og i dalsidene er dekket av morenemateriale avsatt under siste istids avsmeltning. Tykkelsen på disse varierer, men spesielt i dalsidene ligger tykkelsen på disse avsetningene sjelden over 0,5-1 m. Dalbunnen består stort sett av fluviale avsetninger avsatt av tidligere breelver eller dagens elver. Disse avsetningene kan være vesentlig tykkere.

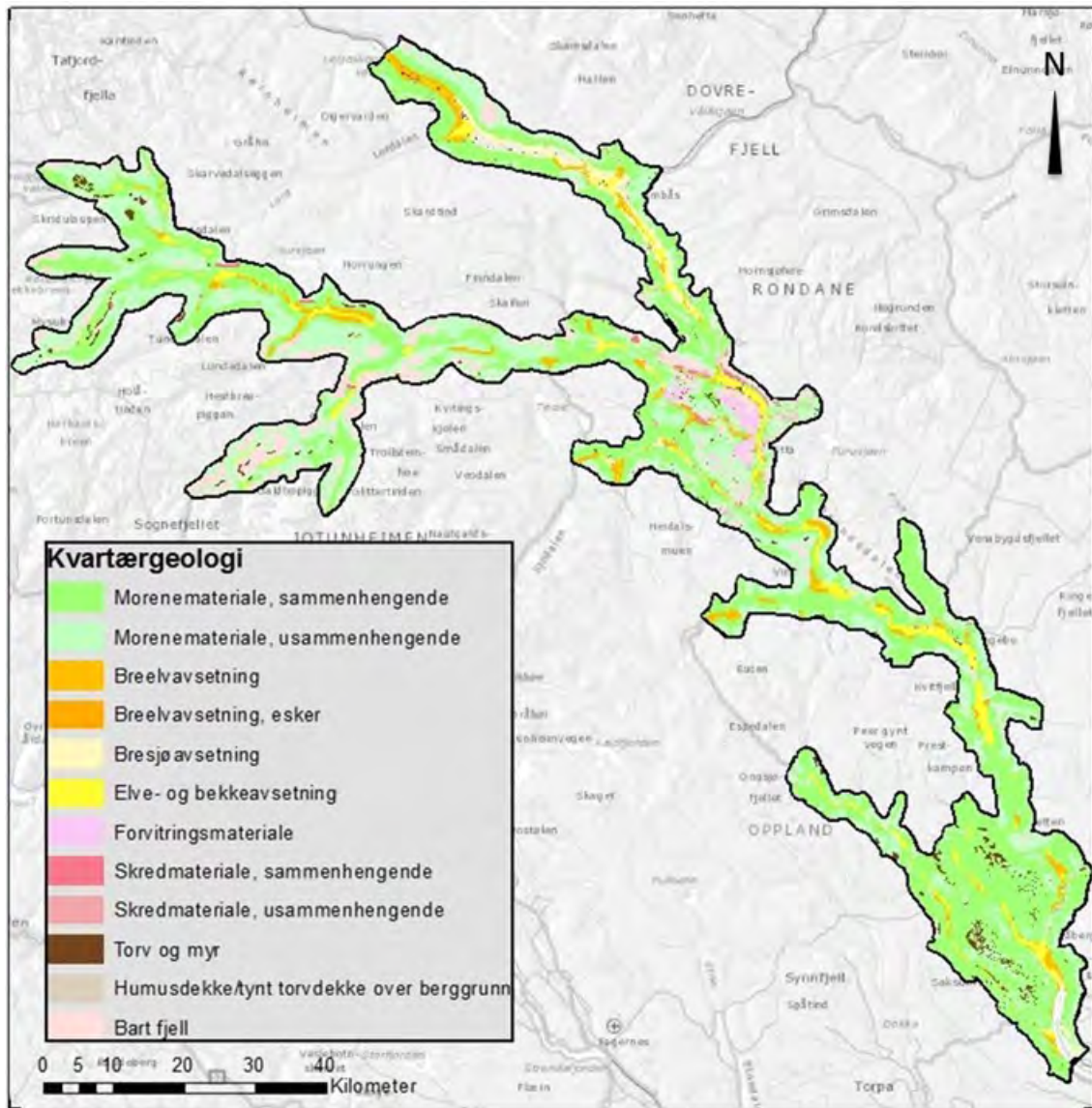
Moreneavsetninger kan variere noe i sammensetning, men generelt er de usortert og består av alle kornstørrelser fra små leirpartikler til store blokker. Det er heller ingen tydelig lagdeling, slik vi kan se i fluviale avsetninger i dalbunnen. Mengden og sammensetningen av morenemateriale er ofte sterkt påvirket av den lokale berggrunnen. I Otta området for eksempel finnes spesiell finkornete morene med opphav i bresjøsedimenter¹. I områder med harde bergarter, som gneis, er ofte morenedekke sparsomt og usammenhengende. Dette finner vi mest av i de nordlige områdene av Gudbrandsdalen og i Ottadalen. I områder med lett eroderbare kambro-silurske bergarter som leirskifer og fyllitt er morenedekke ofte tykkere og har større innslag av leirpartikler. Høyt innhold av leirpartikler kan redusere infiltrasjonskapasiteten i jorda og føre til større overflateavrenning og fare for jord- og flomskred under intensive eller langvarige nedbørperioder.

Mange steder i Gudbrandsdalen og Ottadalen er moreneavsetningene dekket av skredmateriale fra ulike skredprosesser under og etter isavsmeltingen beskrevet i Blikra og Sletten (2002) og Sletten og Blikra (2007) og kort omtalt i kapittel 3.

2.4 Vegetasjon

Kartleggingsområde er preget av store høydeforskjeller, både fra Lillehammer (124 moh.) til Lesjaskogsvatnet (614 moh.), men også fra dalbunnen til omkringliggende fjellområder. Dalbunnen er i stor grad flat og preget av jordbruk, og åkre dekker store områder. Tregrensa i Jotunheimen strekker seg opp mot 1200 moh. og er den høyeste i Norge. Dalsidene er derfor dekket av tett skog, ofte gran, så sant ikke lav gradient gjør at området blir benyttet som jordbruksland. Områder over tregrensa eller bratte dalsider er frie for skog.

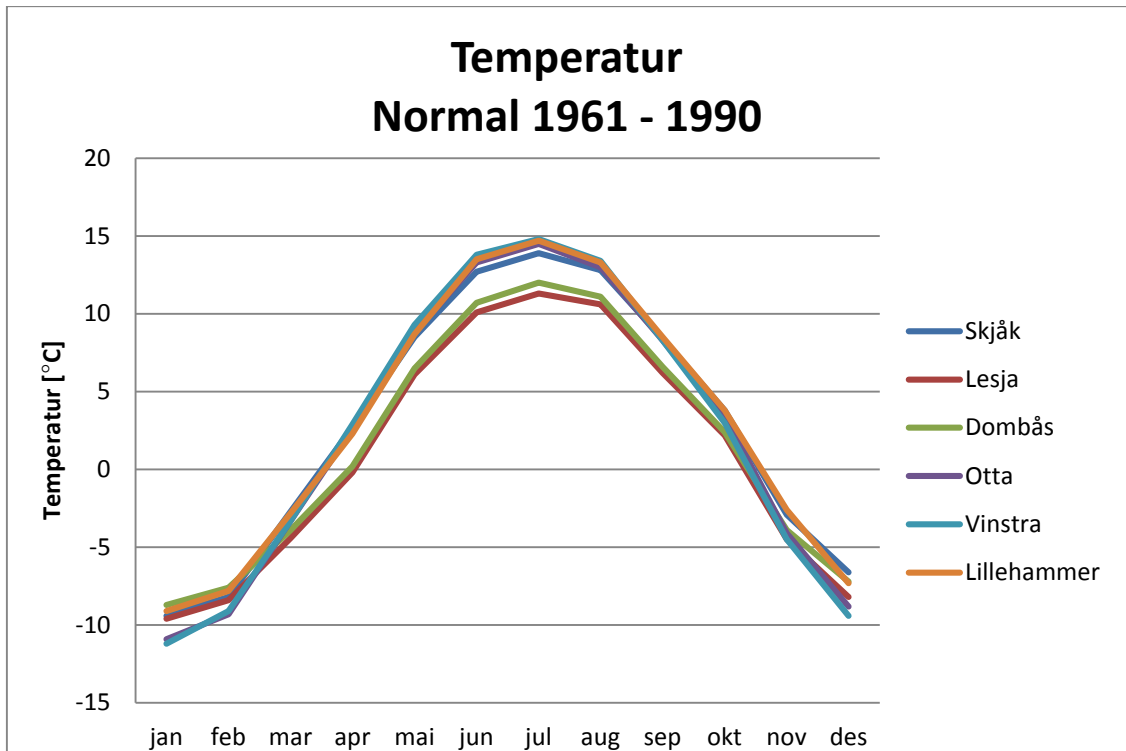
¹ NVE nylig installert en grunnvannstasjon i Heidal for å studere bedre hydrogeologiske forholdene i disse sedimentene



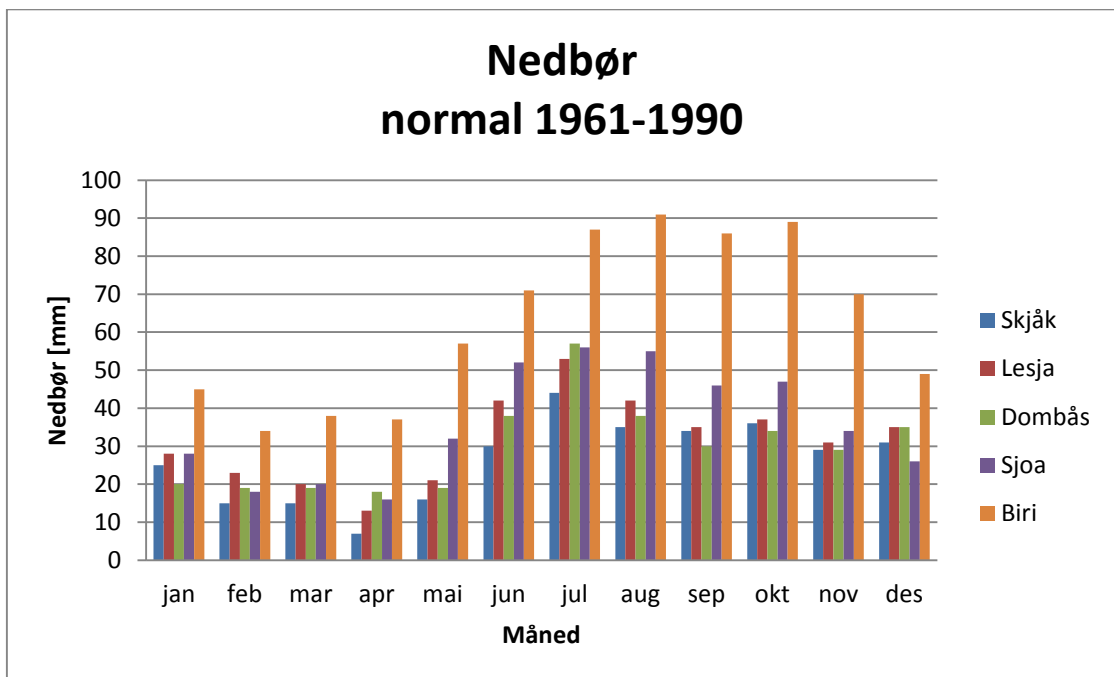
Figur 7: Kvartærgeologien i området preges av moreneavsetninger i dalsidene, mens dalbunnen er preget av fluviale- og glasifluviale avsetninger. (Kilde: www.ngu.no)

2.5 Klima

Klimaet i området er et typisk innlandsklima med kalde vintre og varme somre (Figur 8). Mengden nedbør som kommer i løpet av året er relativt lav som følge av avstanden til kysten, og mesteparten kommer i løpet av sommermånedene (Figur 9). Den nordlige delen av kartleggingsområdet befinner seg i regnskyggen på østsiden av Jotunheimen. De indre bygdene på her er blant de nedbørfattigste områdene i Norge, hvor Skjåk har en årsnedbør tilsvarende 317 mm vannekvivalent. Sør i området har Biri 754 mm årsnedbør. Området har normalt stabilt snødekke om vinteren, med normal årsmaksimum av snømengde (1971-2000) tilsvarende opp til 1000 mm vannekvivalent i omkringliggende høyfjellsområder (Figur 10). Temperatur, nedbør og snømengde vil også variere lokalt på grunn av store høydeforskjeller mellom dalbunnen og omkringliggende fjellområder.

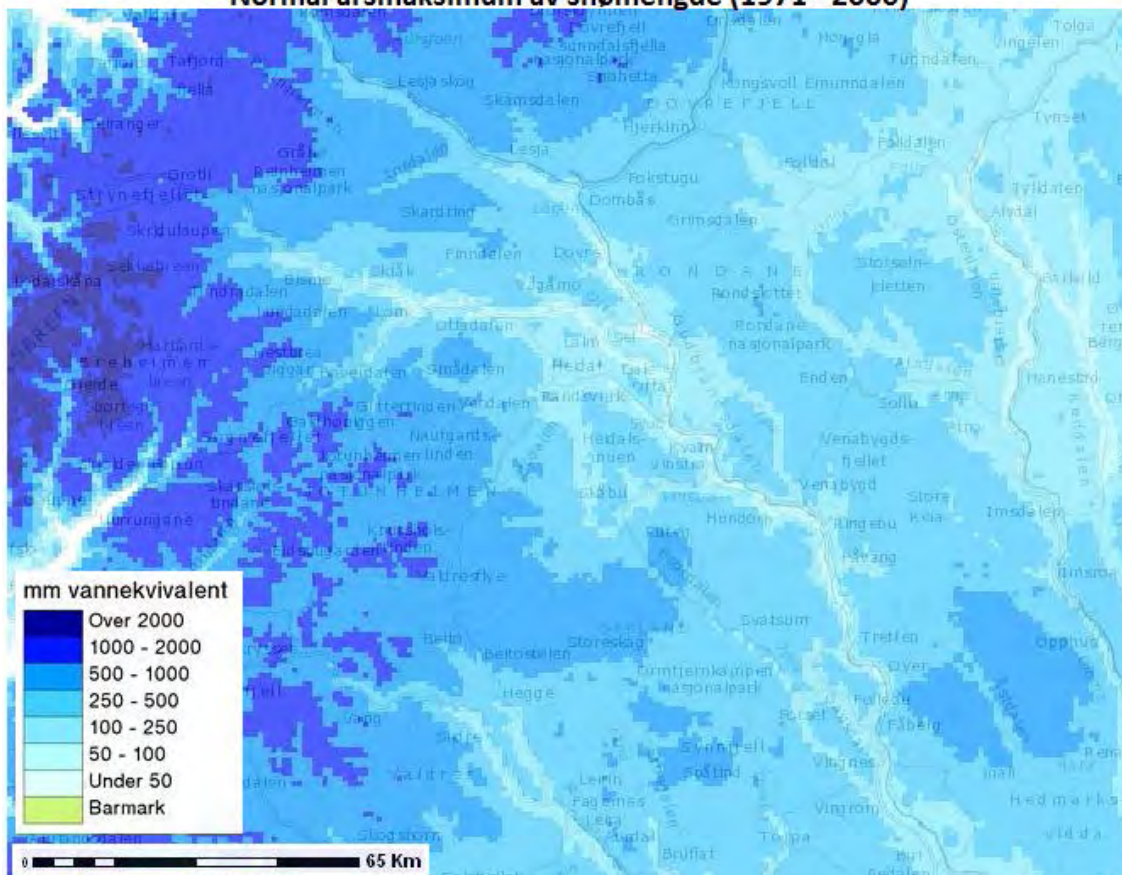


Figur 8: Temperaturnormaler i perioden 1961-90 for utvalgte plasser i analyseområdet. Data fra eklima.no.



Figur 9: Nedbørnormaler i perioden 1961-90 for utvalgte plasser i analyseområdet. Data fra eklima.no.

Normal årsmaksimum av snømengde (1971 - 2000)



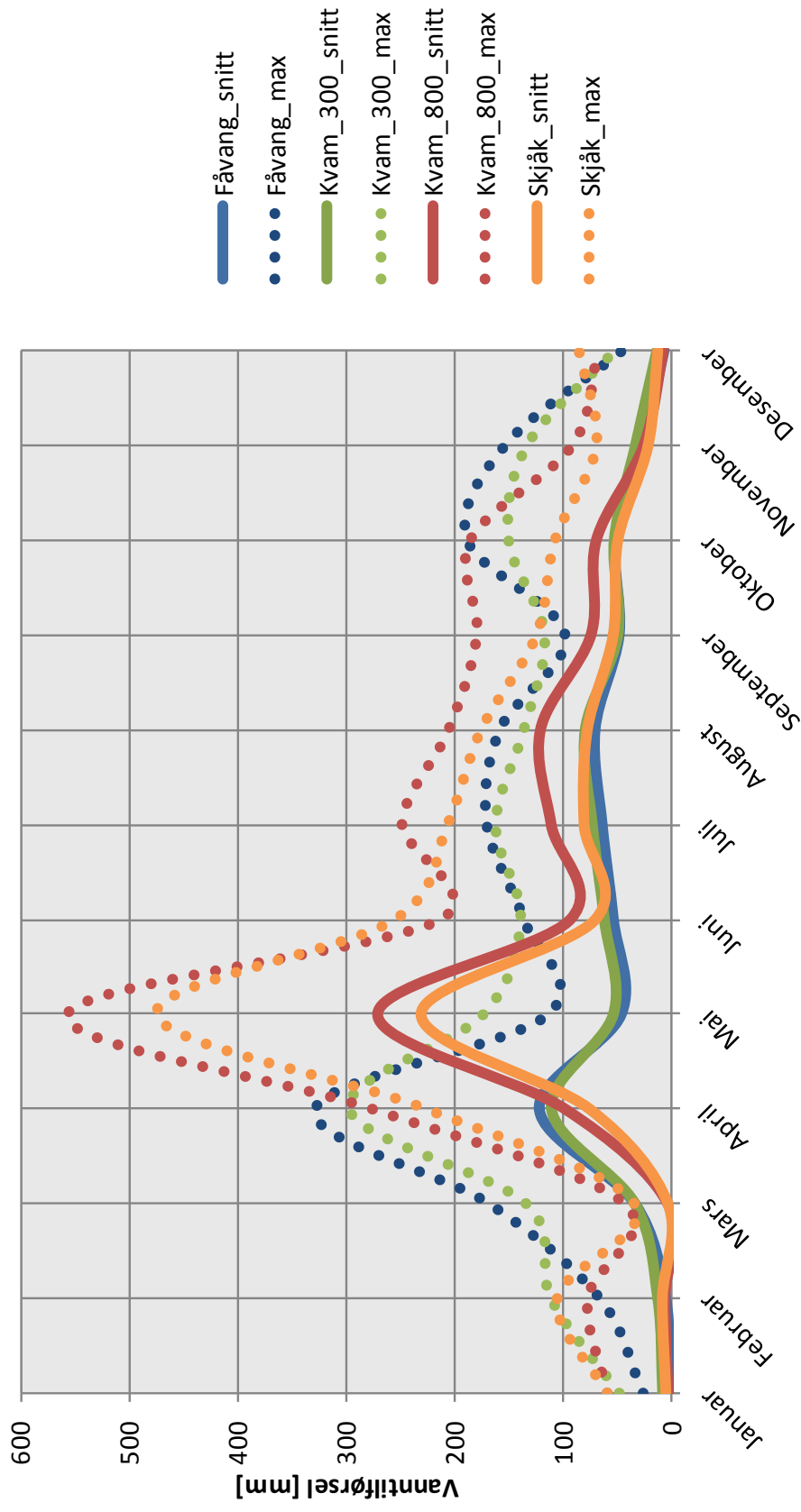
Figur 10: Kartet viser normal årsmaksimum av snømengde (i mm vannekvivalent) for normalperioden 1971 – 2000 (www.xgeo.no).

Vanntilførsel og jordas vannmetning er viktige parametre i forhold til utløsning av skred. Dataene for vanntilførsel er basert på modellert data for daglig regn og snøsmelting for tre plasser i regionen; Fåvang [300 moh], Kvam [300 og 800 moh] og Skjåk [600moh]. Dataene er hentet fra www.xgeo.no, og er modellert med en oppløsning på 1x1 km. Dette gjør at modellert høyde ikke stemmer overens med den geografiske høyden i de aktuelle punktene, noe som påvirker dataene. De modellerte høydene er Fåvang [240 moh], Kvam [354 og 840 moh] og Skjåk [880 moh].

Figur 11 viser gjennomsnittlig og maksimal månedlig vanntilførsel for perioden 1981-2010² for utvalgte plasser i regionen. Figuren viser tydelig at vanntilførselen er lav under vinteren med en tydelig topp under snøsmeltingsperioden. Det er et tydelig skifte mot høyre for de høyereliggende lokalitetene, Kvam_800 og Skjåk, noe som henger sammen med senere snøsmelting i høyden. Grafene for maksimumsverdier viser at også store nedbørmengder utover sommeren og høsten kan føre til stor vanntilførsel.

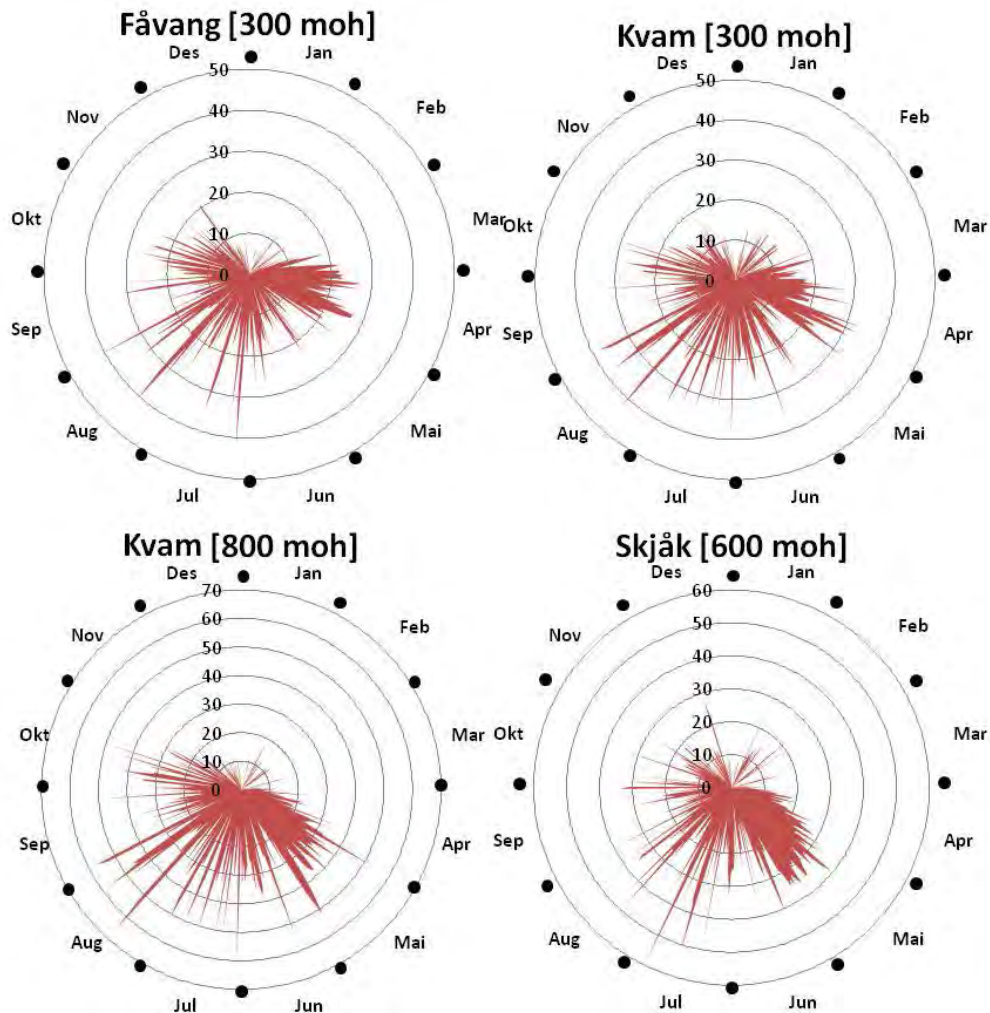
² 30 års referanseperiode som benyttes i modellen i xgeo.no.

Vanntilførsel 1981-2010



Figur 11: Vanntilførsel (regn og snøsmelting) for utvalgte plasser i regionen. Vi ser en tydelig forskyvning mot høyre for de høyere liggende punktene Kvam_800 og Skjåk på grunn av senere snøsmelting i høyden. Data fra www.xgeo.no.

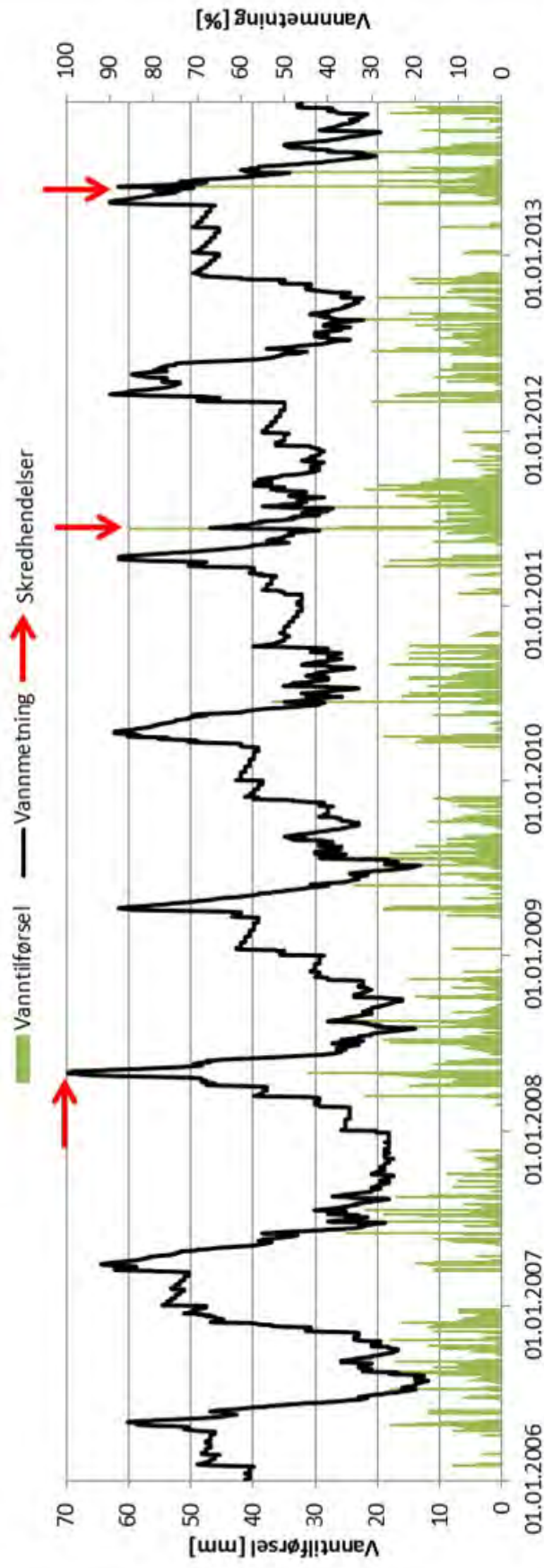
Figur 12 viser daglig maksimal vanntilførsel [mm] for de fire lokalitetene i perioden 1981-2010. Legg merke til at aksene endrer seg på de ulike figurene. Også i denne figuren ser vi at de høyereliggende områdene (Kvam_800 og Skjåk) har lengre periode om våren med liten vanntilførsel som følge av sen snøsmelting. Interessant er at de største daglige verdiene forekommer om sommeren og høsten som følge av intens nedbør.



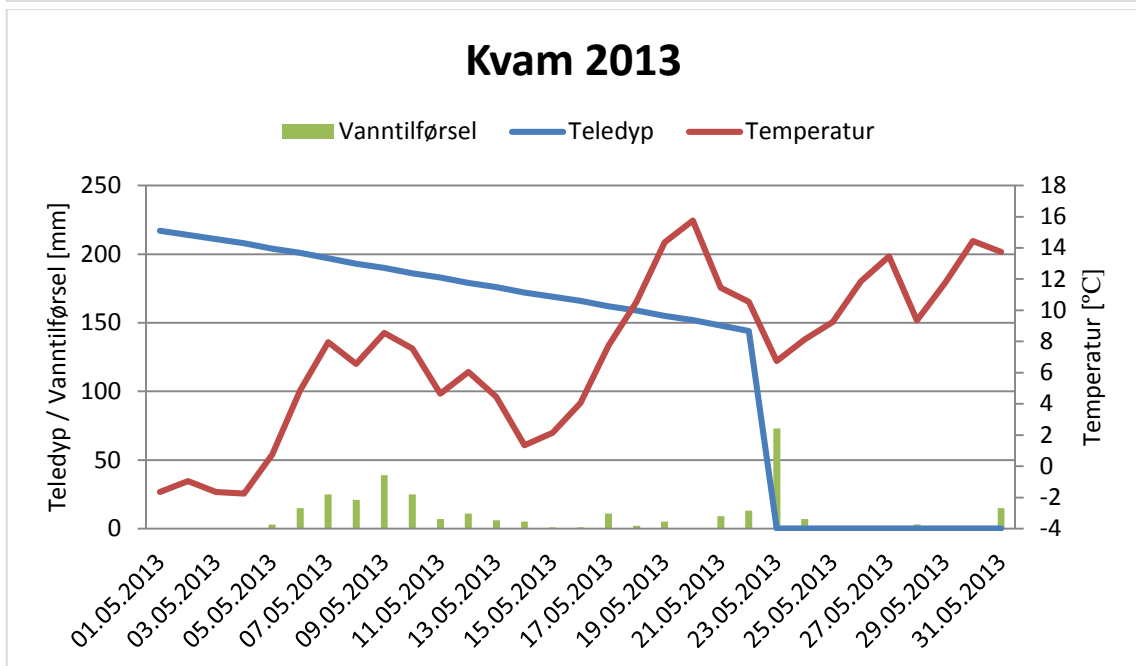
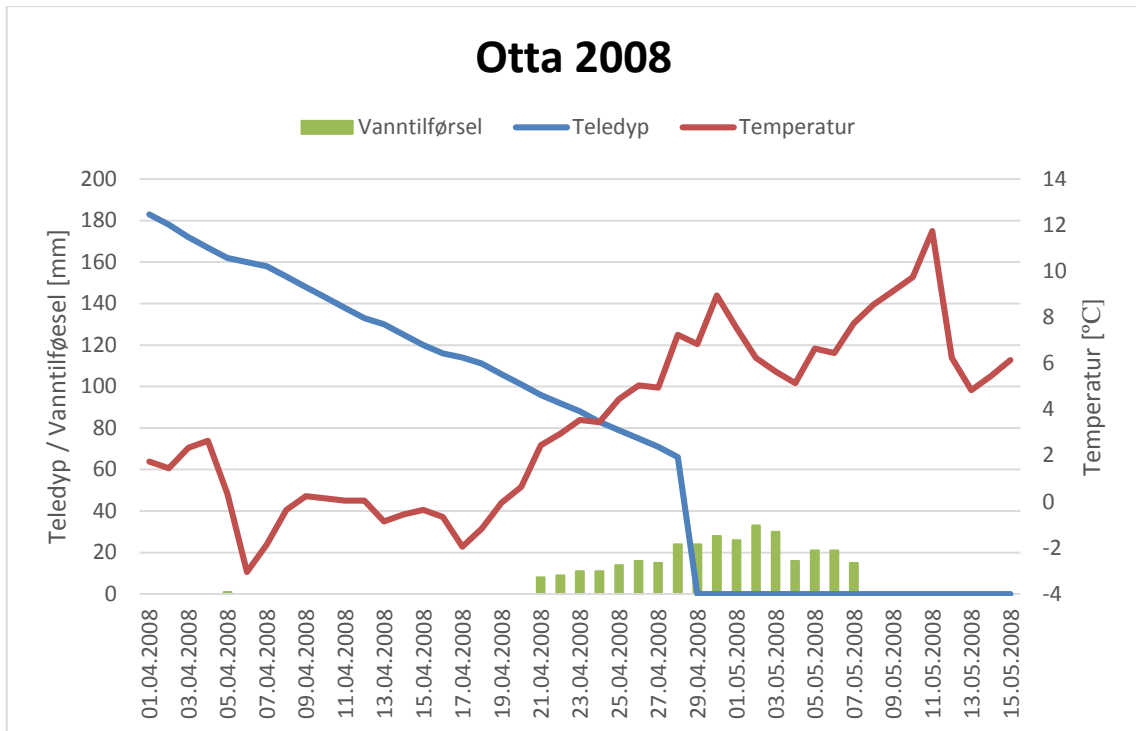
Figur 12: Daglig maksimal vanntilførsel for de ulike punktene i perioden 1981-2010.

Tilstanden i bakken er også viktig med tanke på utløsning av jordskred. Figur 13 viser daglig simulert vannmetning og vanntilførsel i perioden 1.1.2006 til 31.10.2013. Vannmetning i jord er her simulert som prosentandel av forholdet mellom dagens simulerte vannlager i forhold til maksimalt simulert vannlager i perioden 1981-2010 ved bruk av HBV modellen. (www.xgeo.no). På samme figur er skredhendelsene i 2008, 2011 og 2013 avmerket med røde piler, og vi ser at skredhendelsene i 2008 kan forklares med full vannmetning som skyldes kun snøsmelting, hendelsene i 2011 skyldes stor vanntilførsel (regn), mens hendelsene i 2013 skyldes en kombinasjon av høy vannmetning på grunn av stor vanntilførsel fra snøsmelting, i forkant av hendelsen, og store regnmengder.

Vanntilførsel og vannmetning Kvam [300 moh]



Figur 13: Kombinasjon av vanntilførsel [mm] og vannmetning [%] i perioden 1.1.2006 til 31.10.2013. Tidsrommet inkluderer tre store skredhendelser i Gudbrandsdalen, her markert med røde piler.



Figur 14: Teledyp, temperatur og vanntilførsel for perioden rundt skredene i Otta i 2008 og Kvam i 2013. Dataene er modellerte verdier hentet fra www.xgeo.no i nærheten av hendelsene i Kvam og Otta.

Figur 14 viser simulert teledyp, vanntilførsel og temperatur for perioden rundt skredene i Otta i 2008 og Kvam i 2013. I 2013 ble det rapportert at det før hendelsene var dyp tele i bakken, mens det var mer usikkert i 2008. Under hendelsene i juni 2011 var det ikke noe tele i området. Manglende observasjoner gjør validering vanskelig, men Figur 15 indikerer at tele i bakken kan ha hatt en medvirkende årsak i skredene i 2008 og 2013. Tele virker som en impermeabel grense i jorda og hindrer dypere infiltrasjon av vann i ned bakken. Dette fører til at vannet samler seg opp og poretrykket øker. Avhengig av intensiteten på vanntilførselen kan jorda også bli fullstendig vannmettet og vi får økt overflateavrenning og mulig erosjon. Tele laget kan fungere som et glideplan for jordskred, hvor vannmettet jord over telen glir på den frosne jorda.

2.5.1 Fremtidig klima

Klimafremskrivninger frem mot år 2100 viser til både økt temperatur og nedbørintensitet i Sør-Norge. Temperaturen vil øke i alle årstider, mens nedbøren vil øke mest om vinteren på Østlandet, mens sommernedbøren vil være uendret eller muligens minke litt i Sør-Norge. Det er også sannsynlig at vi vil få flere dager med store nedbørmengder og at disse ekstreme nedbørmengdene vil øke. Dette gjelder også om sommeren selv om gjennomsnittsnedbøren er beregna til å minke. Fremskrivningene anslår at tallet på dager med mye nedbør vil øke utover i hundreåret (NOU, 2010).

Fremskrivningene for flom er usikre med store lokale variasjoner. Generelt kan man forvente større regnflommer, mens sannsynligheten for store smelteflommer kan minke tiltross for mer nedbør i fjellet da snømengden vil minke. Høyere temperatur kan føre til tidligere vårflokker, mens vinter- og høst flokker kan øke. Viktig for Gudbrandsdalen er også at mer intens og korttid lokal nedbør vil skape problemer i små, bratte elver og bekker, og kan føre til økt fare for jord- og flomskred (NOU, 2010). Samtidig blir mange skred i tørre områder på Østlandet forårsaket av intens snøsmelting som følge av varme og sterk sol (Sandersen, 1997), noe som gjør at vi ikke kun kan koble økt skredfare med potensielt økte kraftige uværshendelser. Høyere temperatur vil redusere risikoen for snøskred i områder lavere enn 500-1000 moh, men øke faren for våtsnøskred og sørpeskred.

2.6 Hydrologi og hydrogeologi³

2.6.1 Hydrologi

Gudbrandsdalslågen er den største elva i området og renner gjennom hele området fra Lesjaskogsvatnet i nord til utløpet i Mjøsa ved Lillehammer. Lågen drenerer et ca. 11 500 km² stort nedbørfelt, hvorav 65 % av nedbørfeltet ligger over 1 000 moh og 80 % av dette ligger vest for elva. En rekke sideelver drenerer til vassdraget. Nærheten til de store fjellområdene i Sør-Norge preger elvene i området, som typisk flommer om våren eller forsommeren pga snøsmelting. Gudbrandsdalslågen kan ofte ha to flommer i løpet av sommeren. Først kommer tilsig fra de nordlige og østlige vassdragene når snøen smelter i disse områdene. På østsiden har Lågen sideelvene Mesna, Tromsa, Moksa, Våla, Frya, Ula og Jora. Noen uker senere smelter snøen i Jotunheimen, og de vestlige vassdragene som Lora, Otta, Sjoa og Vinstra flommer. Høyeste registrerte vannføring er 2 800 m³/s, mens middel sommervannføring ligger på rundt 250-400 m³/s. Vintervannføringen i nedre deler av Gudbrandsdalslågen kan gå ned i 60-80 m³/s. Sidevassdragene kan også flomme ved store nedbørmengder, eller nedbør kombinert med snøsmelting. Gudbrandsdalslågen renner ut i Mjøsa, hvor vannet renner videre ned Vorma til sammenslåingen med Glomma ved Årnes.

2.6.2 Vassdragsreguleringer

Omtrent 20 % av den årlige avrenning fra nedbørfeltet til de større tilløpsvassdragene til Gudbrandsdalslågen er regulert. Det er i alt 23 reguleringsmagasiner i området medregnet elvemagasinerne Harpefossen og Hunderfossen i Gudbrandsdalslågen (Tabell 1). Vinstravassdraget er mest regulert med over 50 % av vannet regulert via magasiner. Reguleringene har en betydelig effekt på vannføringsvariasjonene gjennom året, da man generelt har en nedtapping om vinteren, oppfylling om våren og en relativ stabil vannstand gjennom sommeren og høsten. Reguleringene har også effekt på flommene i området. De største flommene kommer om våren i forbindelse med snøsmeltingen, og da er magasinene ofte

³ Dette kapitlet omtaler spesielt hydrologiske forholdene i hovedvassdragene fordi det mangler detaljert informasjon/observasjoner i sidevassdragene hvor de fleste skred i området forekom.

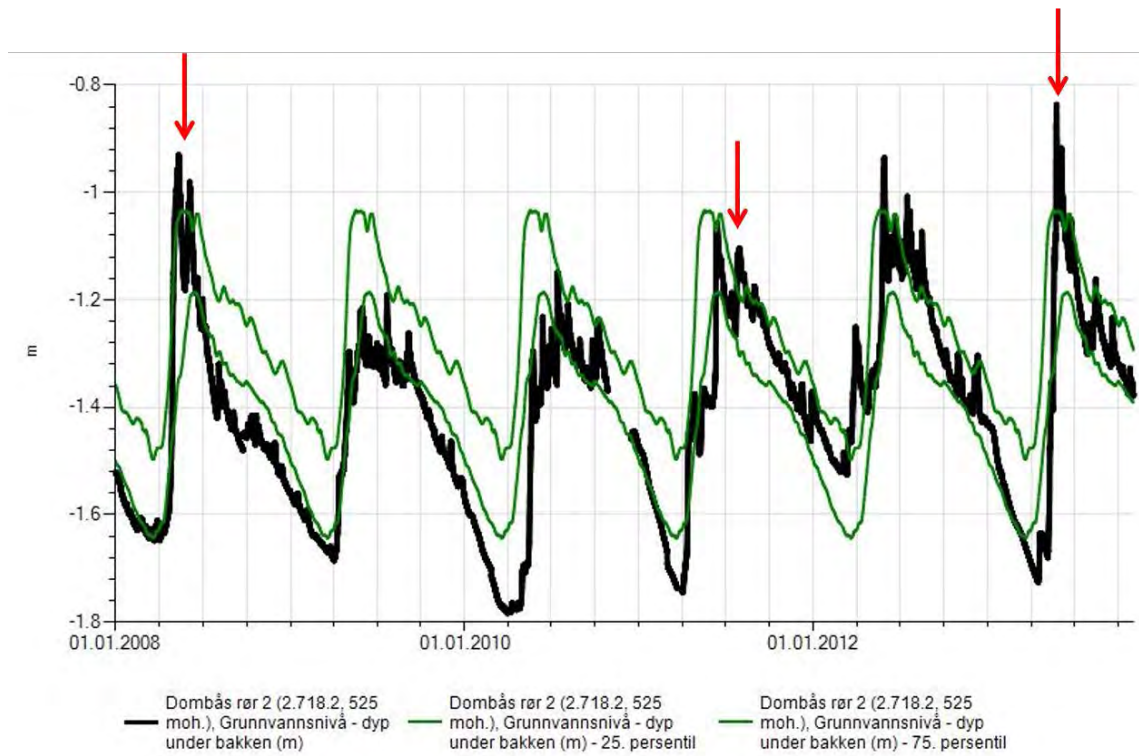
nedtappet og har plass til mye flomvann, noe som demper flommen. Høstflommer forårsaket av regn i fulle magasiner kan i motsetning forsterke flommen i enkelte tilfeller. Totalt sett har vassdragsreguleringene gjort at hyppigheten av store flommer har gått ned de siste 50 årene. (GLB, 2013a,b)

Tabell 1: Oversikt over regulerte vassdrag i kartleggingsområdet. Totalt har vi 23 reguleringsmagasiner som til sammen regulerer omtrent 20 % av den årlige vannføringen i nedbørfeltet (GLB, 2013c).

Regulerte vassdrag	Årlig avrenning nedbørfelt [10 ⁶ m ³]	Areal nedbørfelt [km ²]	Antall kraftverk	Antall regulerte magasin	Regulerte magasin	Reguleringsgrad av nedbørfeltets avrenning
Ottavassdraget	3500	4200	6	4	Breidalsvatnet, Raudalsvatnet, Tesse, Aursjøen	12 %
Vinstravassdraget	1080	1380	2	6	Heimdalsvatn, Øyangen, Vinstre, Bygdin, Olstappen, Kaldfjorden- reguleringen	53 %
Vålavassdraget	189	303	1	0		
Moksavassdraget	55	95,5	1	4	Goppollen, Djupen, Grunnvatnet, Våsjøen	15 %
Mosåavassdraget			1 (nedlagt)	1	Nedre Moksjø	
Gaussavassdraget	463	940	5	6	Øvre og Nedre Ongsjøen, Bennisjøen, Hornsjøen, Ropptjern, Rausjøen	6,2 %
Gudbrandsdalslågen			2	2	Harpefossen, Hunderfossen	

2.6.3 Hydrogeologi

De store elve- og breelvavsetningene i dalbunnen har et betydelig grunnvannspotensial og infiltrasjonskapasitet, og grunnvannsnivået avhenger av vanntilførsel fra omkringliggende områder og vannføringen i elvene. Morenemateriale i dalsidene har en lavere infiltrasjonskapasitet, som lokalt varierer avhengig av andelen finkornige materiale i morenen, samt underliggende bergrunn eller løsmasser. Under langvarige eller intense nedbørperioder kan morenemateriale bli vannmettet, eller infiltrasjonskapasiteten overstiges, og vi kan få lokalt stor overflateavrenning. Det finnes kun en grunnvannstasjon i området med lang måleperiode, på Dombås (Figur 15), men flere er planlagt, se avsnitt 4.1.3.



Figur 15: Observasjoner av grunnvannsstand for Dombås i perioden 1.1.2008 til 30.10.2013. Målingene viser tydelige sesongfluktasjoner med lav grunnvannsstand om vinteren og høy om sommeren. Vi ser også at grunnvannstanden varierer over kortere perioder gjennom sommeren og høst som følge av nedbør. Tidspunktet for skredhendelsene i 2008, 2011 og 2013 er markert med røde piler. Kilde: www.xgeo.no

3 Skredhendelser

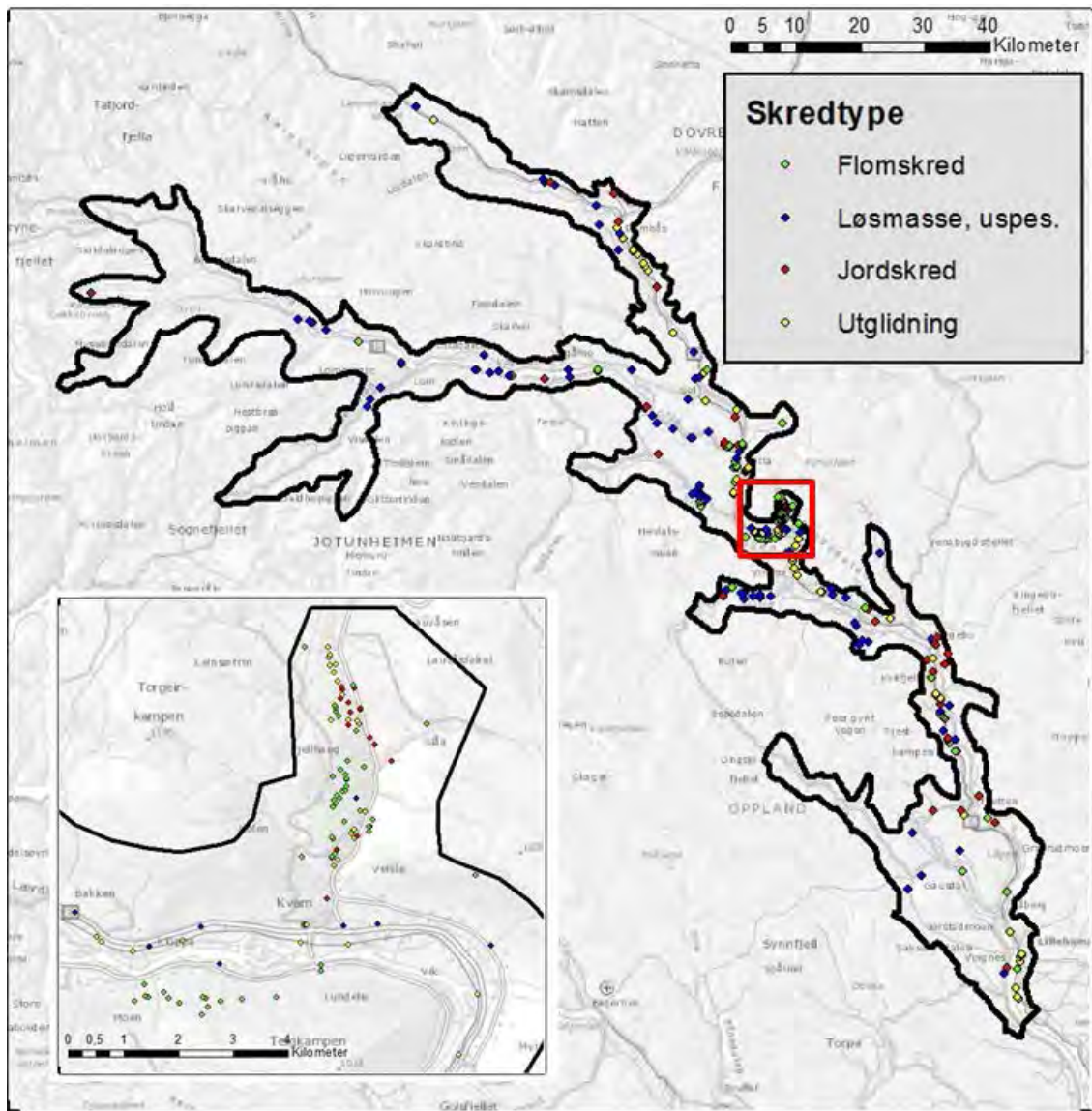
Gudbrandsdalen og Ottadalen har opp igjennom historien opplevd en rekke skredulykker. Både jordskred, flomskred, leirskred og oppdemming av elver med påfølgende dambrudd har alle skapt store ødeleggelser og tatt liv. Totalt har minst 81 mennesker mistet livet i Oppland som følge av leir- og jordskred, 135 av snøskred og 26 av fjell- og steinskred (Furseth, 2006).

I denne rapporten beskrives og analyseres kun hendelser knyttet til jordskred, flomskred og utglidninger, samt et kapittel om sørpeskred. Data er samlet inn fra nasjonal skreddatabase (www.skrednett.no) og kvalitetskontrollert av Seksjon for flom- og jordskredvarsling for å bestemme skredtype mer nøyaktig i forbindelse med utarbeidelsen av terskelverdier for skredfarevarsling. Statistiske analyser presentert i rapporten er basert på 328 skredhendelser mellom år 1300 og juni 2013, fordelt på 79 utglidninger, 58 jordskred, 96 flomskred og 95 uspesifiserte løsmasseskred.

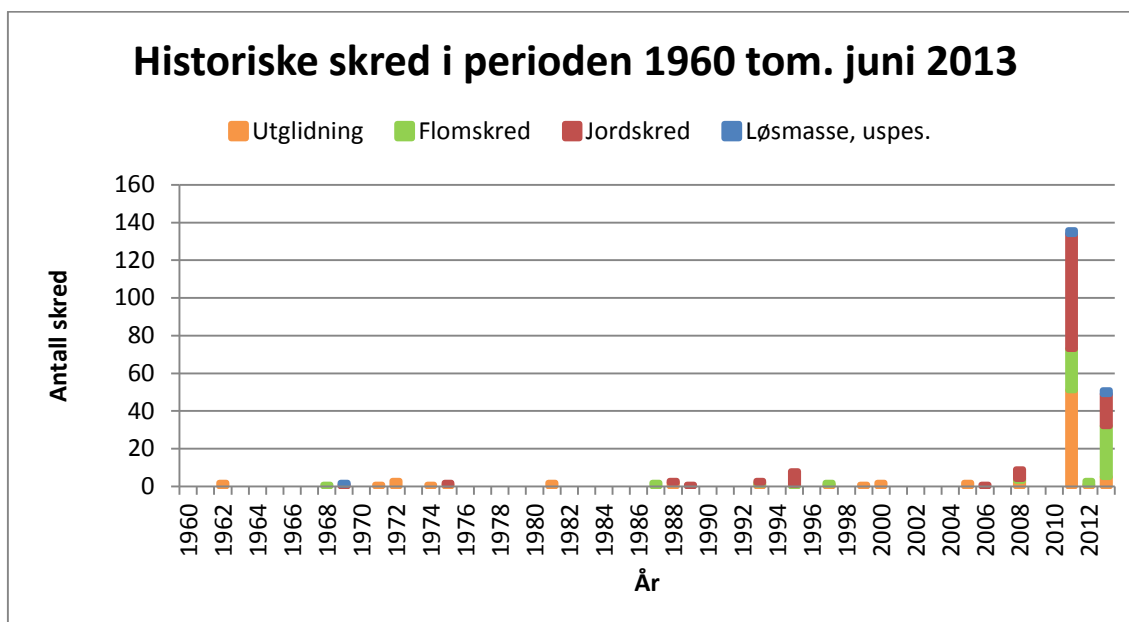
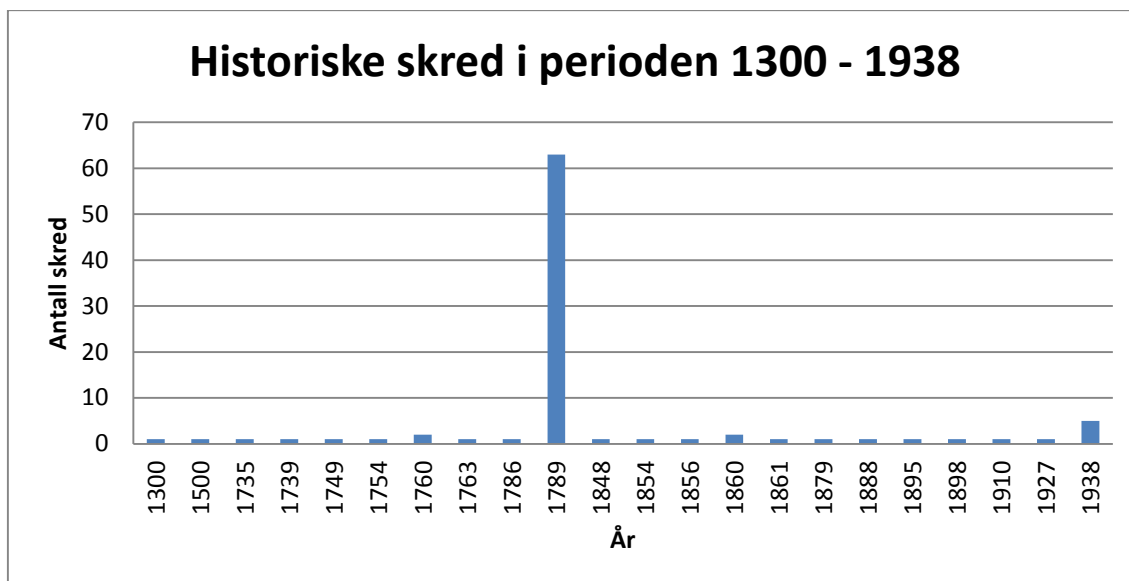
Hendelser fra før 1960 er primært historiske hendelser knyttet til skredulykker som har rammet folk og bebyggelse. Disse er registrert i den nasjonale skreddatabasen av Astor Furseth/NGU basert på historisk materiale som for eksempel kirkebøker. Flertallet av disse hendelsene er knyttet til Storofsen i 1789, og ofte beskriver en hendelse flere skred i et område. Samtlige av disse hendelsene er kategorisert i gruppa uspesifiserte løsmasseskred da det er vanskelig å avgjøre om det dreier seg om jordskred, flomskred eller utglidninger. Ofte er de beskrevet som *jordskred* eller *vassrike jordskred*. Fire andre hendelser av nyere dato hvor det ikke har vært mulig å spesifisere skredtypen nærmere er også registrerte som uspesifiserte løsmasseskred.

En geografisk oversikt finnes i Figur 16 mens Figur 17 viser en oversikt over antall og type skred registrert per år, hvorav 76 % av hendelsene stammer fra årene (antall skredhendelser hendelser i parentes) 1789 (63), 2011 (136) og 2013 (51). Dette vil selvfølgelig prege statistikken. Analyse viser at skredhendelsene ofte henger sammen med flom forårsaket av store nedbørmengder og/eller kraftig snøsmelting, slik som under Storofsen i 1789. Denne sommeren ble også kalt Skriusommaren på grunn av alle skredhendelsene, men også senere er området rammet av flom og skred, som under Storflaumen i 1860, Storflåmen i 1938 og Vesleofsen i 1995 (Roald, 2013). Også i senere tid har ekstreme vær-situasjoner og flom ført til flere titalls skred i området, senest i 2011 og 2013.

En rekke år i perioden har ingen rapporterte skredhendelser, slik at det faktiske antallet skred sannsynligvis er vesentlig høyere. Mangel på systematisk registrering opp igjennom historien, men også i dag, fører til et svekket statistisk grunnlag. Dette er nærmere belyst i seksjon 3.4. I tillegg er enkelte registrerte hendelser utelatt da de mangler vesentlig informasjon, bl.a. dato (< 10 stk.).



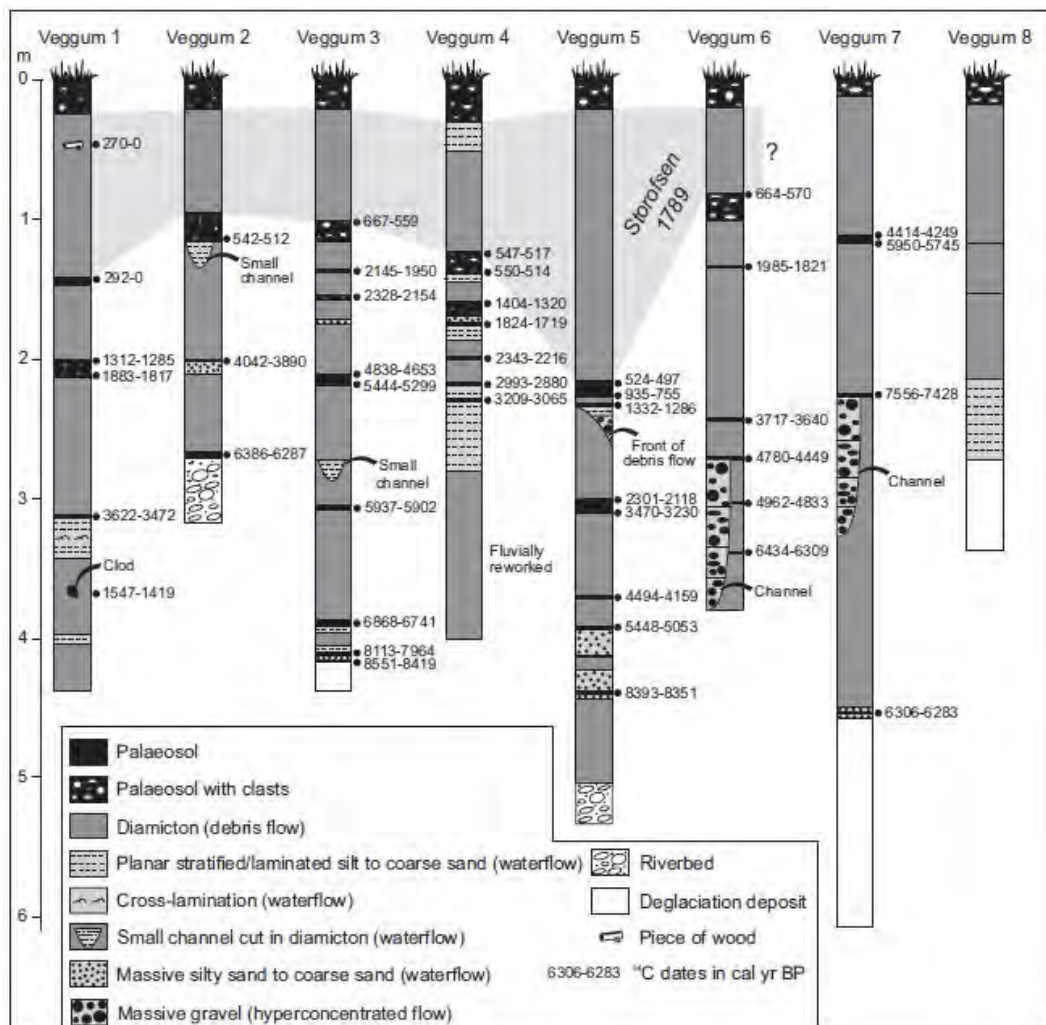
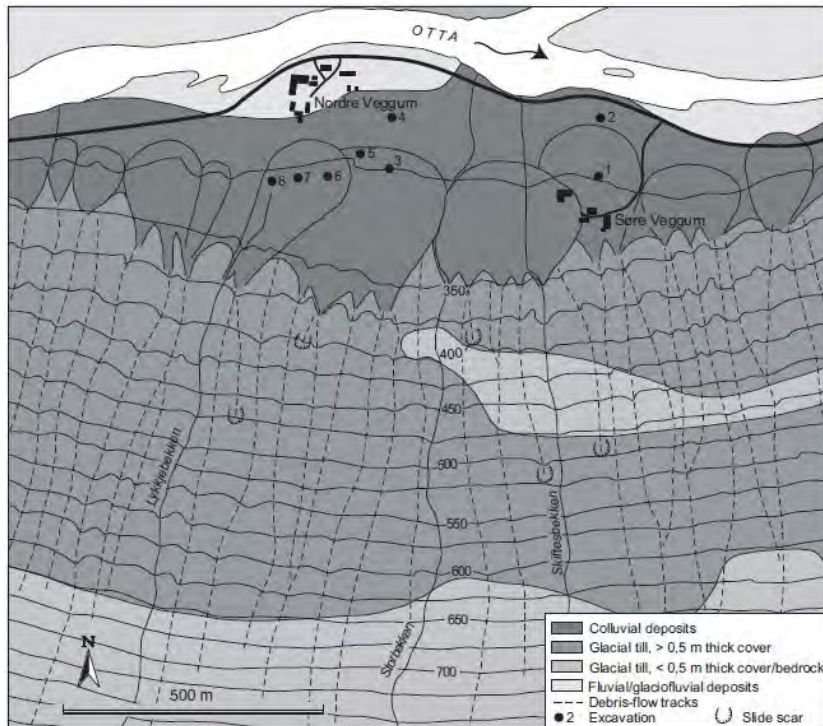
Figur 16: Oversikt over alle skredhendelsene som er brukt i analysen, totalt 328 skred. Uthevet området viser Kvam og Veikledalen, hvor flom og skred gjorde en rekke skader i 2011 og 2013.



Figur 17: Oversikt over registrerte skred i perioden 1300 til og med juni 2013. Som vi ser av figuren er alle skred før 1960 registrert som uspesifiserte løsmasseskred. Den øverste grafen viser kun år med registrerte skred. Vi ser også at 76,2 % av skredhendelsene er registrert i årene 1789, 2011 og 2013, noe som preger de statistiske analysene.

3.1 Skredhistorikk

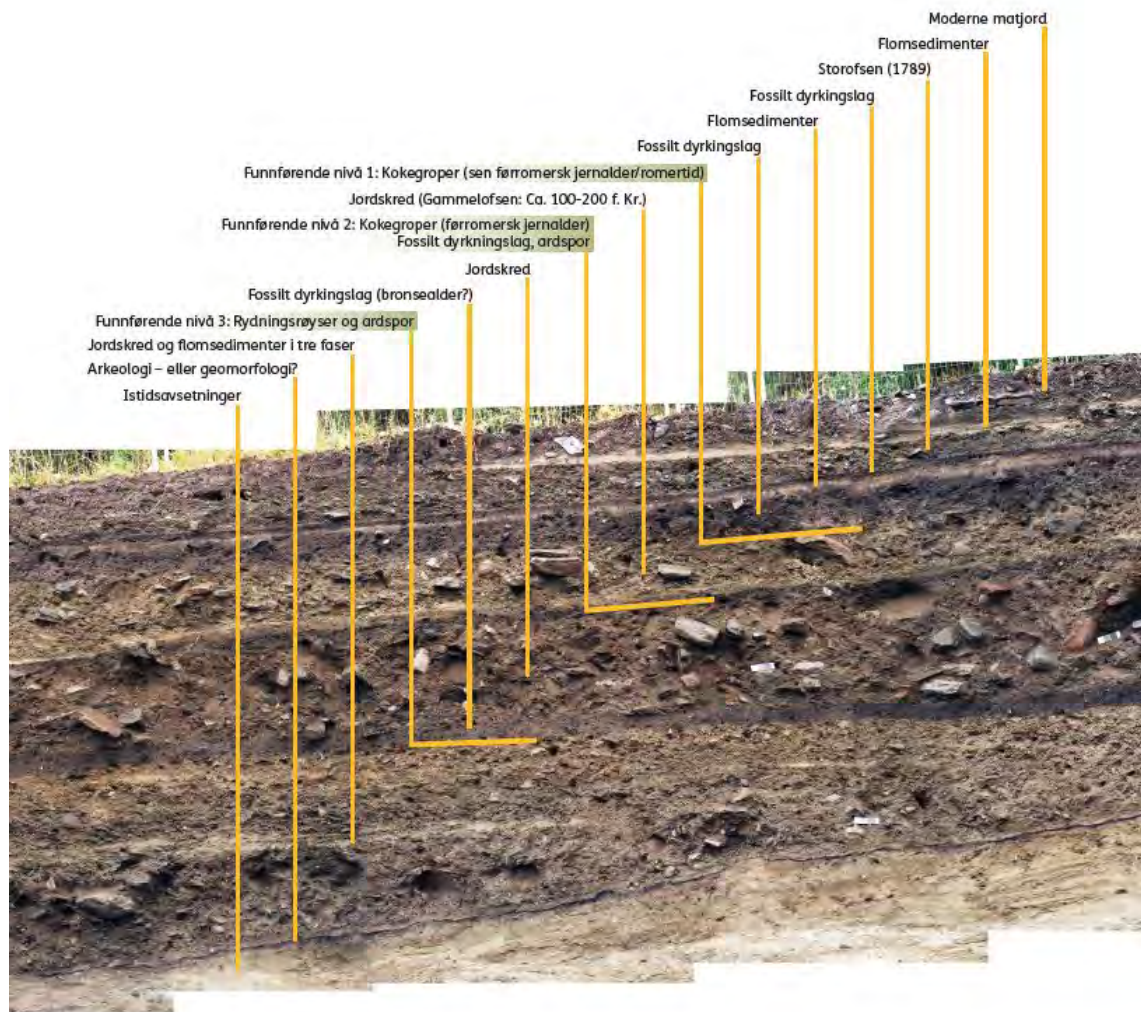
Sletten og Blikra (2007) undersøkte jordskredaktiviteten de siste 10 000 år ved hjelp av flomskredmateriale avsatt på 4 ulike lokaliteter i øvre Gudbrandsdalen. 19 dype groper (3-7 m) ble gravd i ulike avsetningsvifter, stratigrafien undersøkt og organisk materiale ble datert. Undersøkelsene viser at flomskred har vært vanlig i Gudbrandsdalen i perioden etter siste istid, og 62 % av avsetningene ble vurdert som eldre enn 5000 år. I motsetninger til liknende undersøkelser på Vestlandet, viser ikke resultatene fra Gudbrandsdalen noen signifikant forskjell i jordskredaktivitet gjennom kalde og varme perioder. Dette kan ha en sammenheng med at jord- og flomskred i det kontinentale innlandsklima ofte blir utløst av kraftig snøsmelting, og således ikke direkte kan overføres til perioder med dårlig vær (Blikra og Sletten, 2002).



Figur 18: Kart og graveproper med radiokarbondatering for området ved Veggum (Sletten og Blikra, 2007).

Kartet over Veggum gård, 8 km vest for Otta, i Figur 18 viser tydelig en rekke raviner og arr etter historisk skredaktivitet, noe som over tid har bygd opp vifteformene som kan skimtes i kartet. Dette stadfestes av de stratigrafiske undersøkelsene som kan sees nederst i Figur 19. Figuren viser resultatene fra 8 kjerneprøver fra viftene med datering av organisk rike lag. Her kan vi se avsetninger fra jord- og flomskred vekselvis med organisk rike lag bygd opp i perioder uten skredaktivitet (Sletten og Blikra, 2007). Disse resultatene underbygges ved at det ved alle de 4 undersøkte lokalitetene, eller i umiddelbar nærhet, er rapportert jord- eller flomskred under skredhendelsene i 2011 og 2013.

Arkeologiske undersøkelser i forbindelse med utvidelsen av E6 gjennom Gudbrandsdalen har avdekket en rekke interessante funn, både hva historiske bosetninger angår, men også informasjon om tidligere flom- og skredhendelser. Spesielt interessant er avsetningene fra en flom- og flomskredkatastrofe som skjedde for omtrent 2200 år siden, og som har fått tilnavnet Gammelofsen. Mens vår tids største kjente naturkatastrofe, Storofsen, kun har avsatt et sedimentlag som er i størrelsesorden noen få centimeter er dette laget opp til en meter tykt, noe som vitner om hvor kraftig denne hendelsen må ha vært. Et jordprofil som er gravd ut på Fryasletta i Sør-Fron kan sees i Figur 19 (Nikolaisen, 2013). De følgende avsnittene tar for seg de største historisk kjente skredhendelser i området.



Figur 19: Jordprofil etter utgravninger ved Fryasletta i Sør-Fron kommune. Profilen avdekker opp til 4000 år med sammenhengende ras-, flom- og dyrkingshistorikk i området. Foto: Kulturhistorisk museum.

3.1.1 Storofsen 21. -23. juni 1789

Bakgrunnen for de mange skredene under Storofsen begynner allerede i 1788, da en regntung og våt høst ble avsluttet med langvarig barfrost. Dette gjorde at telen i Sør-Norge ble uvanlig dyp før bakken ble dekket av snø utover vinteren og vårvinteren 1789. I Gudbrandsdalen, som i resten av landet, ble dette en uvanlig kald vinter med store mengder snø, og bøndene trodde det gikk mot totalt uår. Men 18. mai kom et østavær med temperaturstigning og regn, og dette fuktige og varme været fortsatte utover sommeren. Våren var blant de fineste som ble meldt, og det var utsikter til kronår for landbruket, tiltross for den harde vinteren. Men kvelden 20. juli startet regnværet med et kraftig skybrudd over Østlandet. Uværet skyldtes et van Bebbler (VB) lavtrykk som hadde beveget seg fra Middelhavet over Polen før det nådde Østlandet fra sørøst. Kaldluft i vest skyldtes et lavtrykk i havet vest for Trøndelag, og et nedbørområde ble liggende mer eller mindre i ro over Østlandet i tre dager og produserte enorme mengder nedbør (Furseth, 2006 og Roald, 2013).

21. juli fortsetter vær-situasjonen og tallrike skred begynner i de bratte fjellsidene. 22. juli fortsetter uværet med varm og fuktig luft over Østlandet, både fra et lavtrykk over England og fra sørøst via VB-banen. Skred går i ett sett i Gudbrandsdalen, og det er trolig den verste nedbør og flomdagen på mange hundre år. Den 23. juli svekkes lavtrykket over Polen og nedbøren avtar. Vestavinden når innover Østlandet, og den 24. juni klarer været opp og en godværsperiode begynner (Roald, 2013).

De store nedbørmengdene disse dagene førte til total vannmetning av jorda, og da flommen satte inn vokste sideelver og småbekker raskt. Nye bekker oppstod der det vanligvis ikke rant vann, og i dalbunnen dannet deg seg innsjøer. Det renner flere mindre og bratte sideelver inn i Lågen fra nord og øst der det er mye løsmasser i dalsidene. Dette førte til tallrike skred og skader, spesielt ved Frya på Ringeby, Sula i Vinstra, Veikleåa ved Kvam, Ula ved Sel og Ruddøla, Hjelleåa, Hindåa og Jora på Dovre. Også på vestsiden langs de store sideelvene som Gausa, Vinstra, Sjoa og Otta gjorde skred og flom stor skade. Blant annet ble Sjoa demt opp av skred i skogsbygda med påfølgende dambrudd, og et skred nordfra ved Bismo flyttet løpet til Otta mot sør. Også selve Lågen må ha blitt demt opp av skred med på følgende dambrudd, både ved Rosten og nedstrøms Fåvang – sistnevnte med påfølgende dambrudd mot Fåberg (Roald, 2013).

Mens man på et vis kunne komme seg unna flommen, hadde man små sjanser mot de mange jord- og flomskredene som rammet dalsidene. En mengde gårder og småbruk ble tatt av jord- og vannmassene, en rekke av dem har siden aldri gjenoppstått. Til sammen omkom minst 61 mennesker og 889 husdyr i Gudbrandsdalen, og 3760 hus ble skadd eller ødelagt (Tabell 2) (Furseth, 2006 og Roald, 2013).

Tabell 2: Oversikt over bruk med skade etter Storofsen (Roald, 2013).

Bygd	Antall bruk	Antall med skredskade
Gausdal	70	53
Fåberg*	38	5
Øyer	53	20
Fron	153	110
Vågå / Sel	155	120
Lom / Skjåk	136	92
Lesja / Dovre	23	18

* Opplysningene fra Fåberg er ufullstendige

3.1.2 Storflaumen i 1860

Vinteren 1859/1860 falt det ekstremt mye snø på de vestlige delene av Østlandet, og folk ante tidlig at en stor vårflokk kunne komme. Og riktignok, i juni kom en periode med høye temperaturer i høyfjellet samtidig med store nedbørmengder, noe som førte til storflokk i mange vassdrag i Buskerud og Oppland, med målte vannføringer som var de største med unntak av Storofsen. I Otta kulminerte flommen den 21. juni på anslagsvis 1585m³/s, like under den anslåtte vannføringen under Storofsen som var på 1648m³/s. Likevel gikk det ikke på langt nær så mange skred som under Storofsen, noe som kan ha sammenheng med at mye løsmateriale allerede var blitt fjernet under Storofsen 70 år tidligere (Roald, 2013).

3.1.3 Vesleofsen 1995

Storflommen i 1995 kalles Vesleofsen fordi den regnes som den største flommen etter Storofsen i 1789. Gjentakintervallet på denne flommen er beregnet til 100 år, i noen områder 200 år. Årsaken til flommen var store snømengder i fjellet, en kald vår med kuldegrader i fjellet frem til 22. mai og dertil lite snøsmelting. Deretter kom en rask temperaturøkning både i lavtliggende og høyereliggende fjellområder, noe som førte til rask snøsmelting og raskt økende vannføring i elvene. I tillegg regnet det en del i perioden 27. mai til 2. juni, opptil 10-15 mm per døgn på Østlandet. Allerede 29. mai var store jordbruksområder oversvømt, og flommen kulminerte ved Losna den 3. juni på 2 500 m³/s. Den store vanntilførselen fra snøsmelting og nedbør førte også til en rekke jord- og flomskred i Gudbrandsdalsområdet (Roald, 2013), men sannsynligvis er kun et fåtall av disse registrert i nasjonal skredatabase.

3.1.4 Mai 2008

En rekke jordskred gikk i Gudbrandsdalen i perioden 29. april til 6. mai. Bakgrunnen for skredene var rekordstore snømengder i fjellet som førte til total vannmetning i grunnen i lavereliggende områder under intense snøsmeltingen. Det var ikke nedbør i perioden. Spesielt gjaldt dette Gudbrandsdalen hvor varmt og mildt vær, uten frost i bakken, gjorde ga rekordhøy grunnvannstand, se Figur 14 og Figur 15. Dette gjorde at jorden ble fullt mettet med vann og ikke klarte å drenere ut alt vannet, og vann ble rapportert å komme opp av bakken en rekke steder, spesielt i raviner og forsengkninger i terrenget. Dette førte til flere skred, spesielt i Otta i Sel kommune (Strande, 2008).

3.1.5 Pinseflommen juni 2011

10. og 11. juni 2011 opplevde Gudbrandsdalen en rekke store jord- og flomskred, i tillegg til stor flokk i både mindre og større vassdrag (Figur 20). Årsaken til dette var sterk snøsmelting i fjellet, etterfulgt av lokalt veldig store nedbørmengder. I perioden 7. – 13. juni kom det opp til 136 mm nedbør, mest fredag 10. juni da det ble rapportert ny døggnedbørrekord i Gausdal med 68 mm nedbør. Målingene startet her i 1959. Skred og flokk førte til at jernbanen og mange veier ble stengt, blant annet hovedfartsåren E6. Gudbrandsdalen ble delvis isolert og opp mot 200 personer var på det meste evakuert fra hjemmene sine. Flommen og værforholdene som førte til denne er nærmere beskrevet i NVE Dokument 11, 2011 – *Flaumen i Sør-Noreg, juni 2011*. Flommen i juni 2011 vises hvor sårbar infrastrukturen i Gudbrandsdalen er, og i en periode var alle hovedfartsårer mellom Østlandet (inkludert Hedmark) og Trøndelag stengt. Om kvelden torsdag 9. juni mottok Statens Vegvesen den første meldingen om stengte veier. Under natten til 10. juni ble en rekke veier i Hedmark og Oppland stengt, blant annet hovedveien gjennom Østerdalen, riksvei 3. Utover dagen 10. juni stabiliserte forholdene seg i Hedmark, mens flokk og skred fortsatte å herje i Gudbrandsdalen. E6 ble stengt ved Rosten (mellom Dovre og Sel) som følge av flomskred og erosjon, se Figur 4. Etter hvert ble E6 også stengt ved Kvam, mellom Fåvang og Hundtorp og ved Øyer. I tiden 10. - 14. juni var E6 gjennom Gudbrandsdalen stengt for gjennomkjøring på flere steder, og ble først åpnet den 14. juni ved

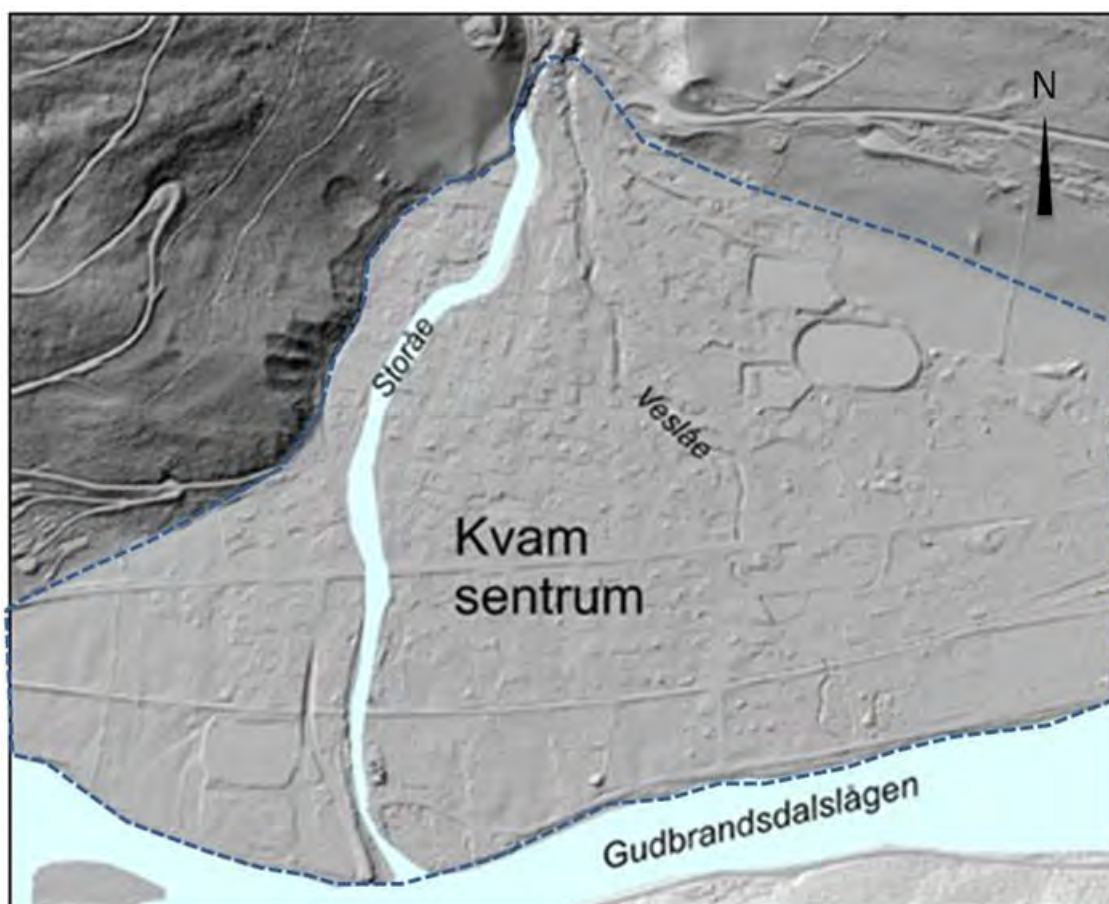
hjelp av en omkjøringsvei gjennom Fåvang sentrum. På det meste var mer enn 30 veier i Oppland stengt, og under uværshendelsen var skred et like stort problem for veiene som selve flommen (SVV, 2011). Også Dovrebanen var stengt for trafikk grunnet flom og skred.



Figur 20: A) Flomskred ved Bakkelia vest for Kvam, Nord-Fron kommune. B) Flomskred mot bebyggelse i Nordlia, Veikledalen, Nord-Fron kommune. C) Flomskred ved Einangen, sør for Otta, Sel kommune. Legg også merke til flere små jordskred og utglidninger til venstre i bildet. Alle foto: A.T. Hamarsland, NVE.

3.1.6 Pinseflommen mai 2013

I slutten av mai 2013 opplevde Gudbrandsdalen igjen en rekke skredhendelser og flom, og situasjonen minnet på mange måter om den under pinseflommen i 2011. Etter en kald vinter og sen vår lå det fortsatt en del snø igjen i fjellet, tross for at snømengden stort sett var mindre enn normalt. Tele i bakken gjorde også sitt til at grunnen ikke klarte å ta av for vannmassene da et kraftig regnvær med hovedtyngden i Gausdal, Gudbrandsdalen og Østerdalen kom 22. mai, førte til flom og en rekke skred. Verst gikk det utover Veikledalen i Kvam hvor 200 mennesker ble evakuert. Figur 21 viser hvordan elva fra Veikledalen over tid har formet en vifte hvor vi i dag finner Kvam sentrum. På grunn av store vannmengder og stor sediment transport tok elva et nytt løp under hendelsen i 2013, noe som førte til store vann- og erosjonsskader i Kvam sentrum. Mange veier ble stengt og jernbane var stengt nesten en måned på grunn av flom og skred i hoved- og sidevassdragene.

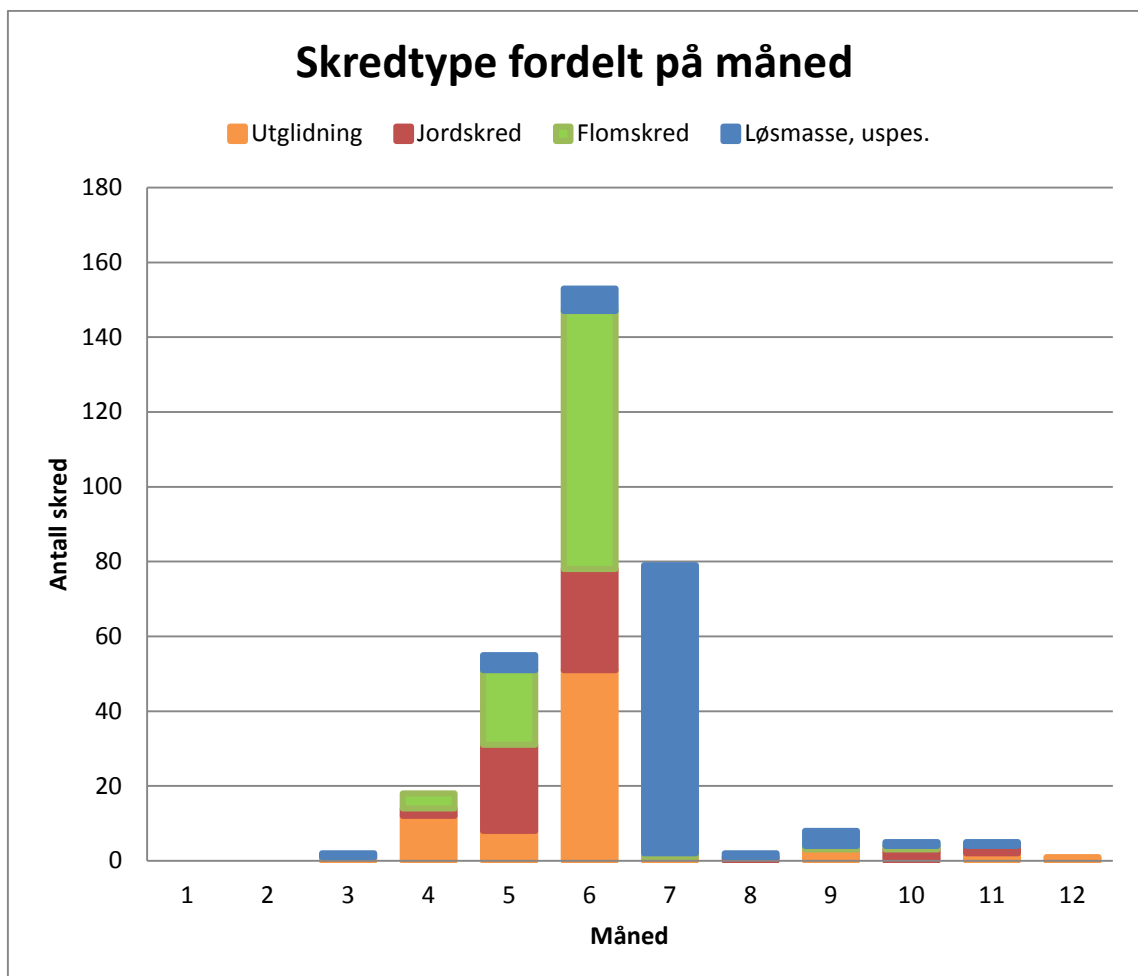


Figur 21: Laserbilde over Kvam sentrum i Gudbrandsdalen (målestokk 1:4000). Her ser vi tydelig hvordan avsetninger fra Veikledalen har bygd opp en vifte i perioden etter siste istid (Den blå stiplede linjen viser grenser av vifte). I dag ser vi to aktive elveløp, Storåe og Velseåe. Kvam sentrum er på grunn av sin beliggenhet utsatt for flommer med mye sediment transport. Illustrasjon: Norges Geologiske Undersøkelse (NGU).

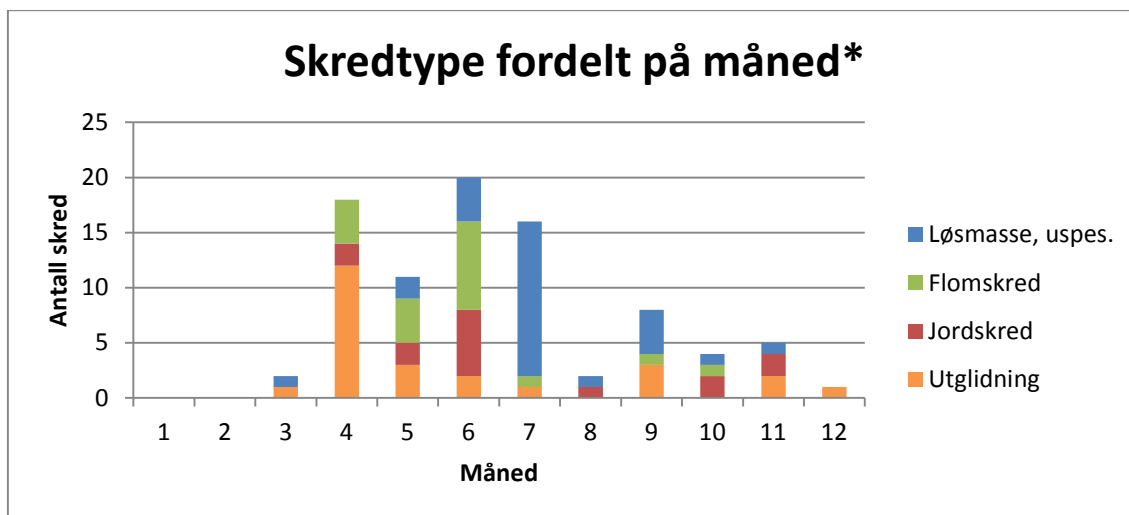
3.2 Statistikk

Enkle statistiske analyser er blitt utført med skreddataene for å få bedre informasjon om når på året forekomsten av skred er størst, samt forholdet mellom skredhendelser og, geologiske og topografiske parametre i området.

Figur 22 viser en oversikt over hvilke måneder hvor skredaktiviteten er størst, samt skredtype. Figuren viser at vi har størst aktivitet i månedene mai, juni og juli, en periode hvor vi ofte har snøsmelting og kan ha intense nedbørperioder. Dersom vi fjerner de store skredhendelsene knyttet til flom og uværsperiodene i juli 1789 (Storofsen), juni 2011 og mai 2013 får vi en jevnere fordeling gjennom året, men vi har fortsatt størst aktivitet i perioden april til juli (Fig. 23).



Figur 22: Fordeling av de ulike skredtypene gjennom året. De fleste hendelsene skjer på våren og sommeren i forbindelse med snøsmelting og uvær.

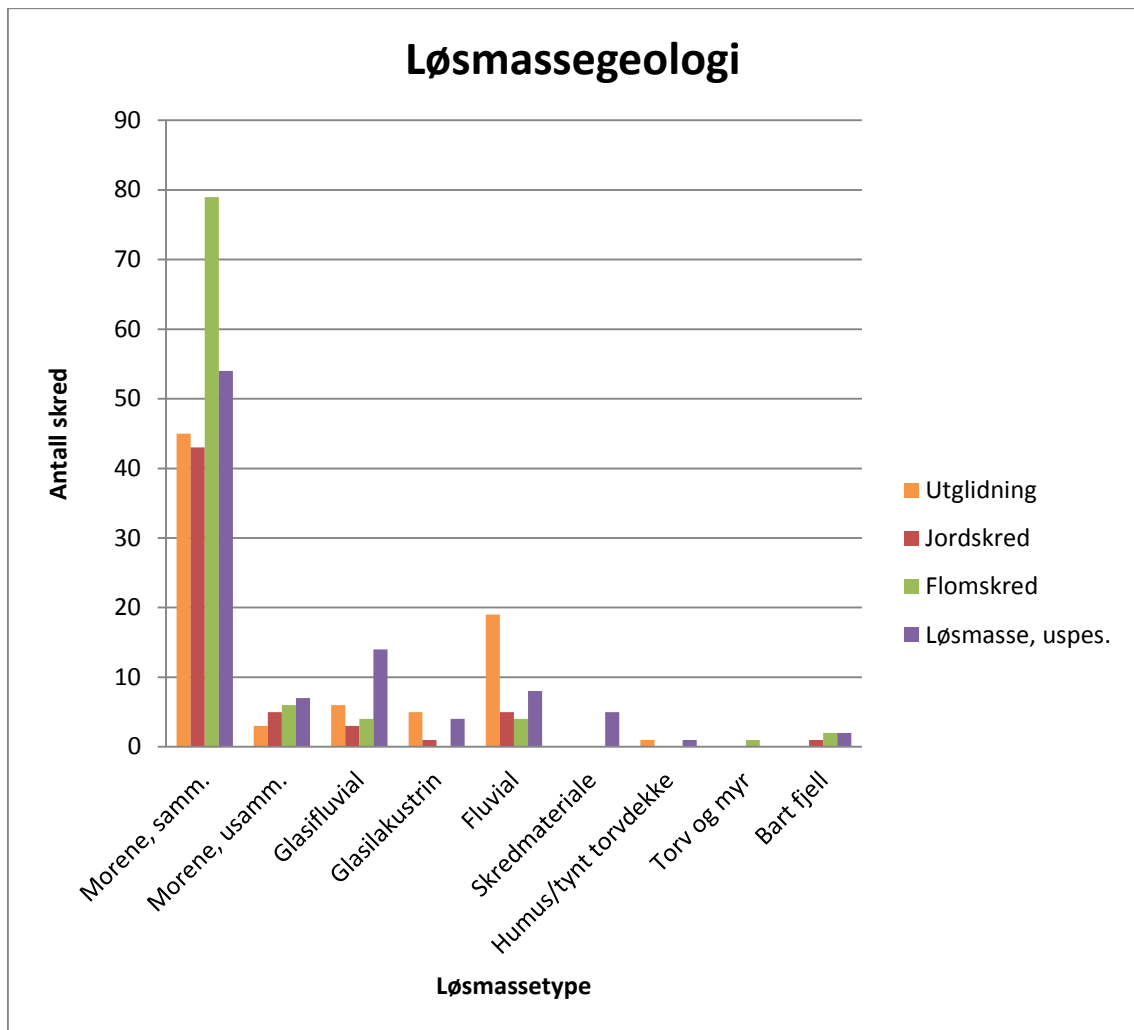


Figur 23: Skredtype fordelt per måned etter å ha fjernet de tre største skredhendelsesperiodene. Her ser vi at fordelingen er jevnere gjennom året, med høyest aktivitet på våren/forsommeren, samt om høsten.

Figur 24 viser fordelingen av de ulike skredtypene 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 skredene utløst i moreneavsetninger (73,8 %) og fluviale avsetninger (19,2 %), noe som er naturlig da vi snakker om jordskred (ikke snø-, stein-, eller kvikkleireskred), og området hovedsakelig består av moreneavsetninger i dalsidene og (glasi-) fluviale avsetninger i dalbunnen. En viktig feilkilde er i dette tilfelle feilmarginen i rapporteringen av skredets lokalitet. Enkelte ganger er skredet rapportert og markert i dalbunnen på vei eller jernbane, mens utløsningsområdet befinner seg oppe i fjellsiden. Det er heller ikke tatt hensyn til om skredet kan ha gått i kunstige skråninger, som for eksempel utglidninger i jernbanefyllinger eller veiskjæringer. Det er likevel liten tvil om at grafen gjenspeiler skredutsatte avsetninger i området.

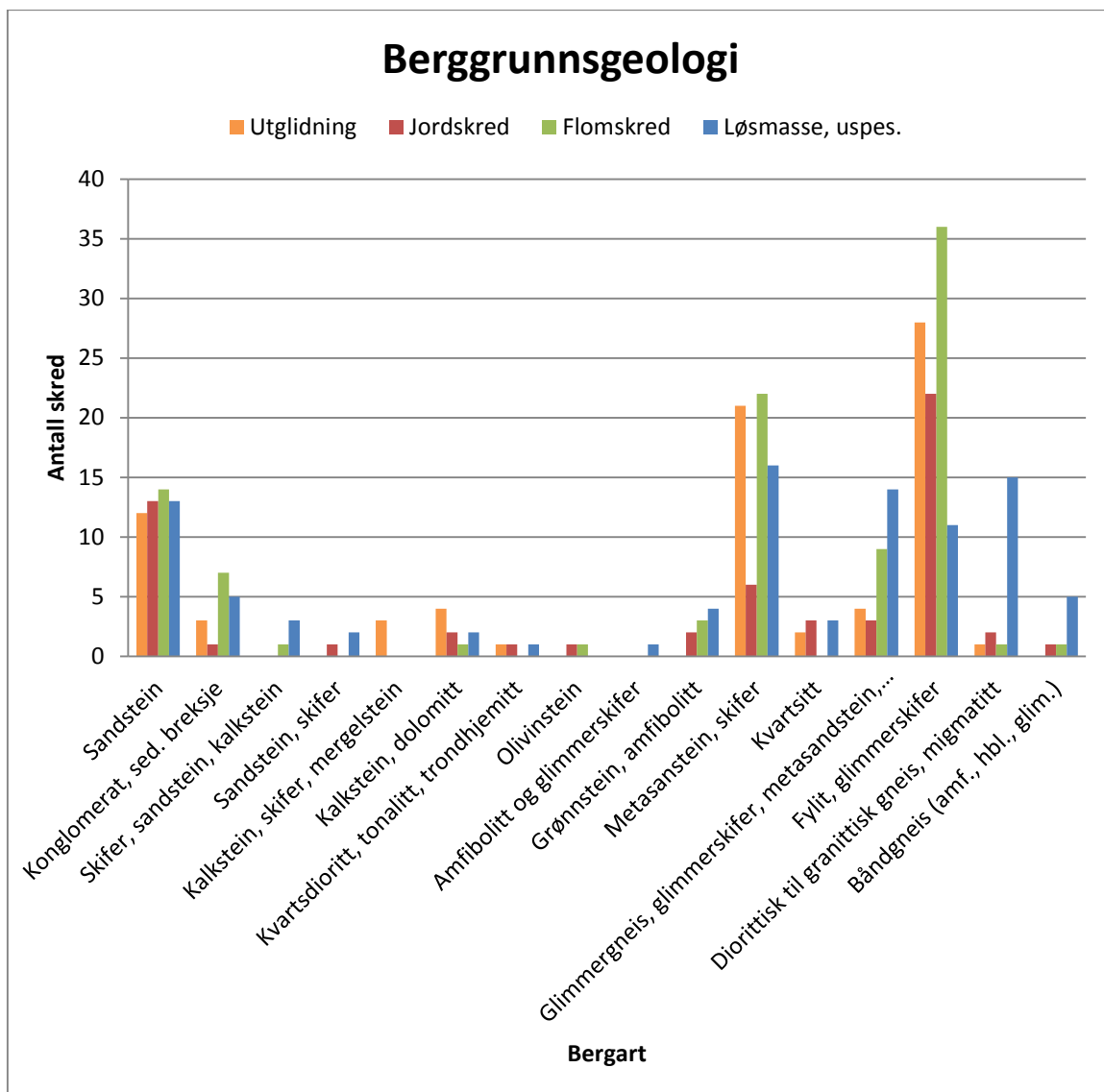
Figur 25 viser de ulike skredtypene fordelt på berggrunnsgeologien, og dataene er fremskaffet på samme måte som ovennevnte kvartærgeologiske data, med de samme feilkildene. Selv om det ofte er moreneavsetninger fra istiden som løsner under et løsmasseskred, er det interessant å se at flesteparten av skredene har gått i sandstein og skifer, som forvitrer relativt lett. Dette kan tyde på at tilførsel av stedegent materiale fra forvitring fører til økt tykkelse på løsmassedekke og lavere stabilitet. Bergarter som forvitrer lett bygger også raskere opp nytt jordsmonn i gamle skredløp, som dermed over tid kan føre til fare for nye skred i samme skredbane. Et annet poeng er at nedre deler av Gudbrandsdalen, hvor nedbøren er størst, består av mye skifer og sandstein, noe som påvirker resultatene. I nord, hvor vi har mye harde bergarter som gneis, er nedbøren signifikant lavere og vi har færre nedbørutløste skred.

Det er viktig å påpeke at oppløsningen av løsmasse- og berggrunnskartene brukt i analysene ofte er av stor målestokk og kan variere lokalt innad i studieområdet. Derfor bør resultatene betraktes som for upresise og for grove på et lokalt nivå, mens vi mener resultatene på et regionalt nivå fremstiller forholdet mellom geologi og skred på en riktig måte.



Figur 24: De ulike skredtypene fordelt etter løsmassegeologi. Det er ikke tatt hensyn til om skredet kan ha gått i kunstige skråninger (for eksempel jernbanefyllinger). Kilde før løsmasse: www.ngu.no

Helningen i punktet hvor skredet er registrert er fremskaffet fra en 25x25 m digital terrengmodell (DHM) og vi ser at 73 % av skredene er registrert i et område med mindre enn 25° helling, noe som virker unaturlig. Dette har med at de ofte er registrert langs vei/jernbane/bebyggelse hvor skade er observert, mens selve utløsningsområde ofte finnes i en overliggende skrånning. En celledørrelse på 25x25 m vil også føre til at mindre skrenter og bratte områder faller bort, og den beregnede hellingen vil på grunn av det også være ofte være lavere enn den reelle. Vi ser også at kun et skred er registrert i et område brattere enn 40°. Det er viktig å presisere at menneskelige inngrep/aktiviteter kan også endre lokalt skråningshelning. Denne informasjon er sjelden tilgjengelig og ikke analysert i denne rapporten.



Figur 25: De ulike skredtypene fordelt på berggrunnsgeologi. Det er ikke tatt hensyn til om skredet kan ha gått i kunstige skråninger (for eksempel jernbanefyllinger). Kilde for geologi: www.ngu.no

3.3 Sørpeskred

Sørpeskred er hurtige, flomliknende skred av vannmettet snø, som ofte også river med seg jord og vegetasjon. Sørpeskred blir ofte feilregistrert som snøskred eller flomskred, og datagrunnlaget for analyser er derfor mangelfullt. Innenfor analyseområdet er det kun rapportert 2 sørpeskred i den nasjonale skredatabase (www.skrednett.no); ett ved Tretten og ett ved Dovre. Ved Lesja, rett nord for grensen til analyseområdet er ytterligere 3 skred rapportert, som også er med i oversikten i Tabell 3. Søndre deler av analyseområdet, sør for Kvam, er vurdert som en region med få sørpeskred, mens resterende delen er registrert som et område med noen sørpeskred. Vest for området, mot fjordlandskapet på Vestlandet, er sørpeskredaktiviteten betydelig høyere og andelen registrerte skred øker betraktelig (Jaedicke, 2012; NVE, 2013)

Tabell 3: Oversikt over registrerte sørpeskred i Gudbrandsdalen (www.skrednett.no).

Sted	Dato	Beskrivelse
Musdalen, Tretten	22.3.2001	Rask snøsmelting medførte at snøen som lå på isen i elva Musa, ble vasket med vannet.
Ådalen, Åheim, Lesjaskog	7.5.1977	Sørpeskred i forbindelse med flom. Skade på E 136.
Asbjørndalen, Lesja	26.5.1900	En mann omkom etter at kvernhuset han jobbet i ble tatt av et sørpeskred.
Skottåi, Lesjaskog	15.6.1877	Stort sørpeskred ned Skottår. Tok gård 100 m øst for løpet, mye skog ble ødelagt, ødela 3 kvernhus og gravde nytt løp. Opptil 3 alen (1,8 m) grus lå spredt over et stort område.
Sleobekken, Dovre	15.4.1868	Oppdemming av snø og vann i Sleobekken førte til sørpeskred, og en mann omkom.

Sørpeskred starter i relativt slake helninger, mellom 5° og 25° , der vanntilførselen er større enn det som drenerer ut. Mest vanlig er hellinger rundt 15° . Sørpeskred løses oftest ut i perioder med kraftig regn og/eller intens snøsmelting ved brå temperaturøkninger. Sørpeskred utløses vanligvis i områder med en snødybde på minst 0,5 m. Dersom snømengden er mindre vil smelteprosessen skje så raskt at det ikke er tilstrekkelig med snø igjen når full vannmetning er nådd. Sørpeskred kan også løses ut når et snøskred demmer opp en bekk. Når snøen er mettet ved vann vil snødemningen brytes som et sørpeskred (NVE, 2013).

I Gudbrandsdalen vil faren for sørpeskred være størst om våren/tidlig sommer når vi har kraftig snøsmelting i fjellet. Ofte vil det være tele i bakken eller fjellgrunn som bidrar til at vannet ikke kan renne unna. Når skredet først er utløst oppe i fjellet, følger det som oftest bekkeløp og bratte skråninger, og kan nå helt ned i dalbunnen og gjøre stor skade. Man skal være spesielt oppmerksom dersom man observerer blålig eller grått skjær i øvre deler av snødekket eller åpent vann som bryter gjennom snøen (Figur 2F). Dette viser at snøen har et stort vanninnhold. Sørpeskred kan også opptre om vinteren under perioder med sterk varme eller mye regn.

3.4 Erfaring med kvalitetssikring og innrapportering av hendelser

Skredhendelsene beskrevet og analysert i rapporten er opprinnelig hentet fra nasjonal skreddatabase (www.skrednett.no). Dette er en verdifull kilde til informasjon om historiske kred, men har noen begrensninger i detaljnivå. I databasen finnes det i tillegg mange feil når det gjelder hendelsesdato og skredtype, noe som er minimumsinformasjon dersom det skal kunne brukes i statistikk. Dette er også viktig for å bedre 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).

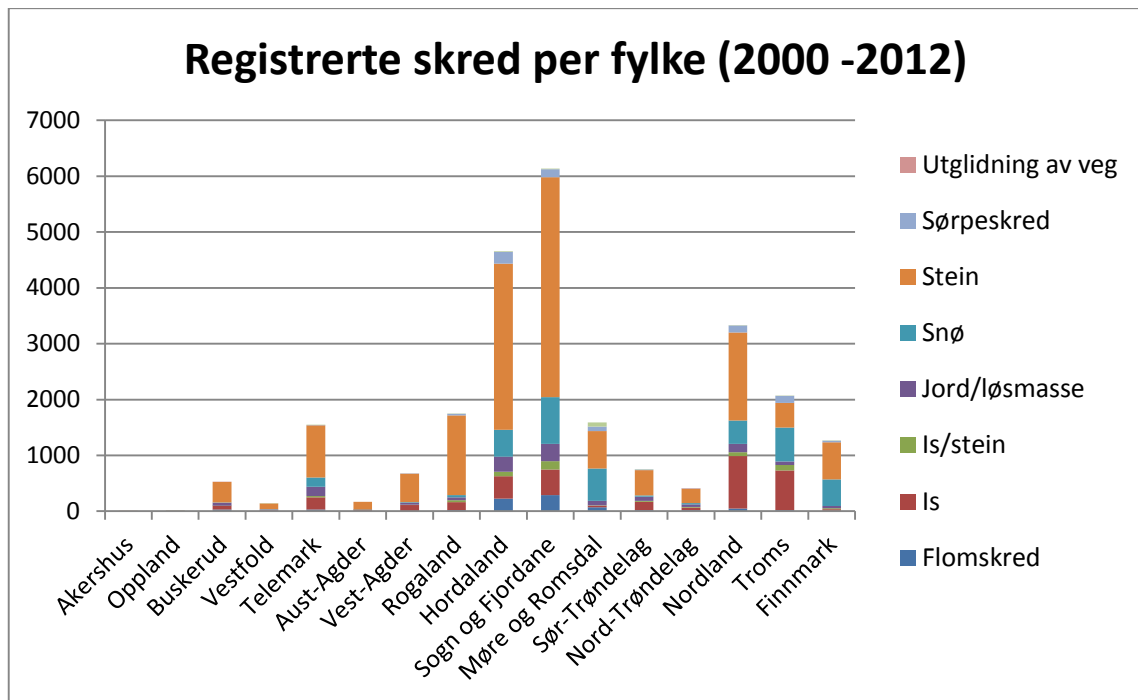
På grunn av disse begrensningene, og for å kunne bruke skreddata i statistiske analyser i forbindelse med utarbeidelsen av terskelverdier for skredfarevarsling, har Seksjon for flom- og jordskredvarsling tidligere (2011-2012) kvalitetsskontrollert skredhendelser i ulike regioner for å bestemme skredtype 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 nasjonale skreddatabasen 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 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.

Skredhendelsene, også de som rapporteres i dag, 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). Slik det fungerer for jord- og flomskredhendelser i dag blir de ofte registrert av NVE på bakgrunn av medieoppslag og alternativt (fly-)bilder etter større hendelser. Dette fører til stor usikkerhet hva nøyaktighet i forhold til hva tid, sted og skredtype angår, da informasjonen tilgjengelig ofte er begrenset. Dette påvirker kvaliteten på og nytteverdien av rapporteringene. Tiltross for et operativt registreringsystem som er åpent for alle, RegObs, er vi langt fra å ha en god nok registreringsgrad av skredhendelser.

I utgangspunktet skal Statens vegvesen registrere alle skred på veg. Dette skal gjøres av entreprenør og følges opp av byggherre på stedet. Dessverre er det ikke i alle kontraktsområder dette følges like godt opp, og Oppland er et av stedene hvor det ikke er registrert noen hendelser av Statens vegvesen (Fig. 26). Da veldig mange jord- og flomskred skaper problemer langs veinettet er dette en potensiell informasjonskilde som er mye verdt. Statens vegvesen har et eget rapporteringsverktøy, ElRapp, hvor observerte skredtegn og skredhendelser kan rapporteres. Registrering av skredaktivitet, faretegn og farevurderinger i ElRapp er automatisk koblet til RegObs, slik at NVE og andre kan få tilgang til observasjonene. Manglende observasjoner fra Statens vegvesen skyldes derfor ikke manglende tilgjengeliggjøring for andre etater, men manglende systematisk registrering i fylket.

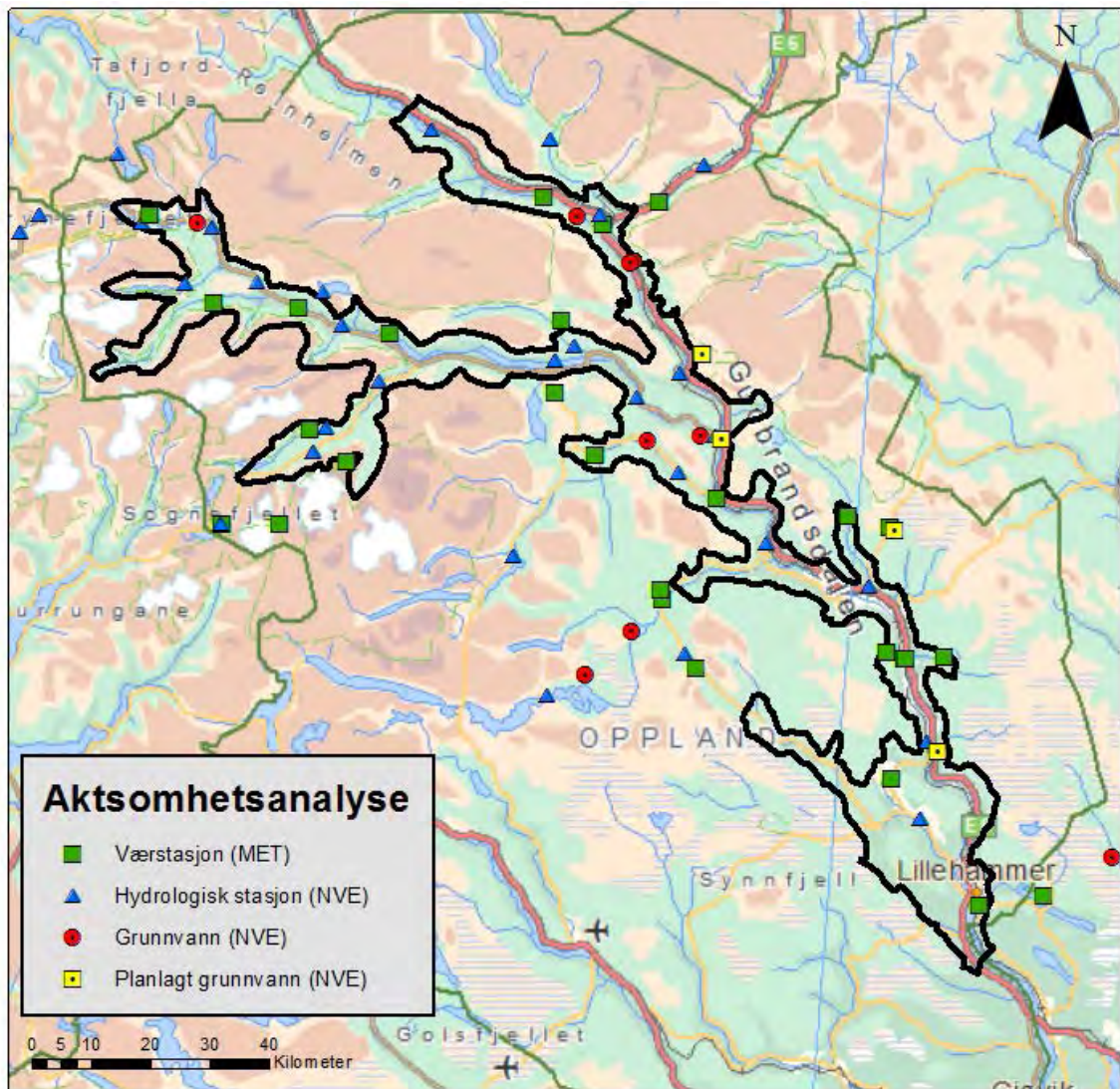


Figur 26: Antall registrerte skred i Statens vegvesen i perioden 2000 -2012, fordelt på fylke.

Jernbaneverket (JBV) har et vedlikeholdsverktøy, Bane Databank (BD), som tar for seg alle hendelser knyttet til objekter/anlegg i jernbanenettverket. Registrering av hendelser i baneområdene, slik som skader fra flom og skred, har vært gjort fra rundt år 2004-05, og Jernbaneverket har dermed også bedre oversikt over alle hendelser etter 2005, samt enkelte eldre hendelser som har blitt innlagt i Banedata fra gamle arkiver. Gjennom NIFS-prosjektet (www.naturfare.no), et samarbeidsprogram om naturfarer mellom NVE, SVV og JBV, er det fokus på samarbeid mellom etatene rundt registrering og deling av databaser. I dette arbeidet vil også data som registreres i Banedata automatisk registreres i den nasjonale skreddatabasen, som NVE overtok i januar 2014 fra NGU.

4 Observasjonsstasjoner

Dette kapitlet inneholder en oversikt over meteorologiske og hydrologiske målestasjoner i området drevet av NVE og Meteorologisk institutt (MET) (Figur 27). Data fra disse stasjonene er tilgjengelig for alle via www.xgeo.no og www.met.no. De fleste stasjonene har nåtidsdata og er et viktig verktøy i varslingen av faren for flom og skred i området.



Figur 27: Oversikt over hydrologiske og meteorologiske målestasjoner i og rundt området. Informasjon om de ulike stasjonene kan finnes i tabellene på de neste sidene.

4.1.1 Meteorologiske stasjoner (MET)

StasjonsID	Stasjonsnavn	Parametre	Vassdragsnr.	Høyde (moh)
12680	Lillehammer-Sætherengen	Temperatur, nedbør, vindstyrke, vindretning, luftfuktighet, lufttrykk	002.DD51	240
13060	Gausdal - Ovrehagen	Nedbør, snødybde	002.DDAB0	575
13150	Fåvang	Temperatur, nedbør*, snødybde, luftfuktighet	002.DEA0	200
13310	Søre Brekkom	Nedbør, snødybde	002.DEA0	770
13160	Kvitfjell	Temperatur, vindstyrke, vindretning, luftfuktighet	002.DF2	1030
13450	Hovdgrenda	Nedbør, snødybde	002.DF3A0	666
14050	Sjoa	Nedbør, snødybde	002.DG3	330
14200	Leirflaten	Temperatur, nedbør*, snødybde, luftfuktighet	002.DGBZ	599
15430	Bøverdal	Nedbør, snødybde	002.DHBC0	701
15480	Skjåk II	Nedbør, snødybde	002.DHC0	374
15660	Skjåk II	Nedbør, snødybde	002.DHE0	432
15730	Bråtå - Slettom	Temperatur, nedbør, vindstyrke, vindretning, luftfuktighet, snødybde	002.DHEB	664
16560	Dombås - Nordigard	Temperatur, nedbør, vindstyrke, vindretning, luftfuktighet	002.DJ71	638
15890	Grotli III	Temperatur, nedbør*, vindstyrke, vindretning, luftfuktighet, lufttrykk, snødybde	002.DHJ7	872
16790	Lesja-Svanborg	Nedbør, snødybde	002.DK0	551

* Fåvang, Leirflaten og Grotli III har 1 times nedbørproppøsning.

Stasjoner i relativ nærhet

StasjonsID	Stasjonsnavn	Parametre	Vassdragsnr.	Høyde (moh)
12800	Mesna- Tyria	Snødybde	002.DD5B220	520
13700	Espedalen	Nedbør, snødybde	002.DFB6C	752
13640	Olstappen	Nedbør, snødybde	002.DFB32	630
13655	Skåbu	Temperatur, nedbør*, vindretning, vindstyrke, luftfuktighet, lufttrykk, snødybde	002.DFB32	928
13420	Venabu	Temperatur, nedbør, vindstyrke, vindretning, luftfuktighet, snødybde	002.DF1E	930
55290	Sognefjellshytta	Temperatur, vindstyrke, vindretning, luftfuktighet, lufttrykk	075.CC1D	1413
15460	Rundhøe	Temperatur	002.DHBBZ	1800
15270	Juvasshøe	Temperatur, vindretning, vindstyrke, luftfuktighet, lufttrykk, snødybde	002.DHBAZ	1894
14711	Grov- Solhaug	Nedbør, snødybde	002.DHB2AA	811
16270	Høvringen	Nedbør, snødybde	002.DJ3B	935
14550	Preststulen	Nedbør, snødybde	002.DHAAZ	823

* Skåbu har 1 times nedbørøppløsning.

4.1.2 Hydrologiske stasjoner (NVE)

StasjonsID	Stasjonsnavn	Parametre	Vassdragsnr.	Vassdrags.areal (km ²)	Høyde (moh)
2.28.0	Aulestad	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	002.DDA0	866,25	201
2.145.0	Losna	Vannstand, vannføring	002.DE6	11212,84	183
2.63.0	Rudi	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	002.DF3A0	369,96	246
2.460.0	Eide	Vannstand, vannføring	002.DG21	7969,42	241
2.595.0	Faukstad	Vannstand, vannføring	002.DGA1	1480,08	359
2.455.0	Elveseter	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	002.DHBBZ	133,12	713
2.632.0	Otta	Vannstand, lufttemperatur	002.DHA2	4066,12	290
2.290.0	Brustuen	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	002.DHBC0	253,93	668
2.25.0	Lalim	Vannstand, vannføring	002.DHA32	3982,39	362
2.268.0	Akslen	Vannstand, vannføring	002.DHBA2	790,9	476
2.614.0	Rosten	Vannstand, vannføring	002.DJ31	1833,91	320
2.416.0	Vågåvatn	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	002.DHB1	3416,97	362
2.284.0	Sælatunga	Vannstand, vannføring	002.DHAA0	454,83	448
2.434.0	Ofossen	Vannstand, vannføring	002.DHE0	1584,72	394
2.238.0	Rauddalsvatn ndf.	Vannstand, vannføring	002.DHFA	150,21	935
2.1082.0	Heggebotvatn ndf.	Vannstand	002.DHF2	971,23	579
2.291.0	Tora	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	002.DHGA0	262,27	708
2.15.0	Breiddalsvatn ndf.	Vannstand, vannføring	002.DHK	127,62	877
2.303.0	Dombås	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	002.DJA0	497,15	572
2.346.0	Lesjaverk (Lesjaskogvatnet)	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	002.DM	89,7	611

Stasjoner i relativ nærhet

StasjonsID	Stasjonsnavn	Parametre	Vassdrags. areal (km ²)	Vassdragsnr.	Høyde (moh)
2.168.0	Nedre Bjørnhølen	Vannstand, vannføring	470,18	002.DFF	1022
2.415.0	Espedalsvatn	Vannstand, vannføring	95,19	002.DFB6C	722
2.13.0	Nedre Sjodalsvatn	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	479,97	002.DGF3	941
2.282.0	Aursjøen	Lufttemperatur	109,11	002.DHCC	1099
88.15.0	Grasdøla	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	34,54	088.C2AA	597
88.21.0	Grasdalen	Lufttemperatur, snødybde, snøens vannekivalent		088.C2AA	924
2.592.0	Fokstua	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	26,37	002.MG	986
2.607.0	Vålåsjø	Vannstand, vannføring	125,44	002.MF8	936
2.481.0	Jora v/Nysetra	Vannstand, vannføring, lufttemperatur	213,28	002.DJB0	821

4.1.3 Grunnvannsstasjoner (NVE)

StasjonsID	Stasjonsnavn	Parametre	Vassdragsnr.	Høyde (moh)
2.718.2	Dombås	Grunnvannsnivå	002.DK0	524
2.1134.1	Dovre rør 1	Grunnvannsnivå	002.DJ71	570
2.1134.2	Dovre rør 2	Grunnvannsnivå	002.DJ71	710
2.1136.1	Grotli	Grunnvannsnivå	002.DHH0	765
2.1135.1	Heidal	Grunnvannsnivå	002.DGA3	455
2.1142.1	Otta v/Haugalykkja	Grunnvannsnivå	002.DHA2	510

Stasjoner i relativ nærhet

StasjonsID	Stasjonsnavn	Parametre	Vassdragsnr.	Høyde (moh)
2.722.1	Finnbølseter	Grunnvannsnivå	002.DFBA4	887
2.719.2	Øyangen	Grunnvannsnivå	002.DFE3	1071
2.715.2	Kvarstadseter	Grunnvannsnivå	002.HC2	690

Planlagte grunnvannsstasjoner (NVE)*

StasjonsID	Stasjonsnavn	Parametre	Vassdragsnr.	Høyde (moh)
	Venabu	Grunnvannsnivå		
	Høvringen	Grunnvannsnivå		
	Otta, øst for Lågen	Grunnvannsnivå		
	Tretten	Grunnvannsnivå		

* planer for nye grunnvannsstasjoner i Oppland i 2014.

5 Aktsomhetskart – status

Med aktsomhetskart menes et kart som viser romlig sannsynlighet⁴ for at et skred kan løses ut i et spesifikt område på grunn av lokale terrengforhold (topografiske og geologiske forhold). Aktsomhetskart er et verktøy som viser hvor sannsynlig det er at jordskred kan opptre i et område. Et aktsomhetskart sier ikke noe om når et jordskred eventuelt vil skje da det kun baseres på statisk informasjon, dvs. informasjon som ikke endres vesentlig over tid. I et aktsomhetskart kategoriseres områder som enten stabile eller ustabile og ofte blir alle områder gitt en grad av aktsomhet (fra lav til høy). Høy aktsomhet tilsier stor sannsynlighet for at jordskred kan forekomme, mens lav aktsomhet tilsier lav sannsynlighet.

Ideelt sett bør kartene visualisere potensielle utløsningsområder og utløpsområder for skred (som for eksempel kartene utarbeidet av NGU omtalt i kapittel 5.3), men dette krever detaljert inputinformasjon i stor målestokk, noe som er tidkrevende og vanskelig å fremskaffe. Ofte ønsker man å dekke et større område og kartene baserer seg derfor på grovt oppløselige input data som kan fremskaffes for større områder. De kan derfor bare si noe om den generelle romlig sannsynligheten i et område, og kan ikke benyttes til detaljplanlegging ned på byggesaksnivå. Men enkle kvalitative aktsomhetsanalyser med i nasjonal målestokk kan være svært nyttig i den første fasen av et varslingsystem, i tidlige faser av fare- og risikoanalyser, og under beredskap når andre detaljerte risikodata ikke er tilgjengelige.

NVE koordinerer flere pågående eller nylig avsluttede prosjekter innenfor aktsomhetsanalyser for jordskred og flomskred i Norge, og nedenfor følger en oppsummering av disse.

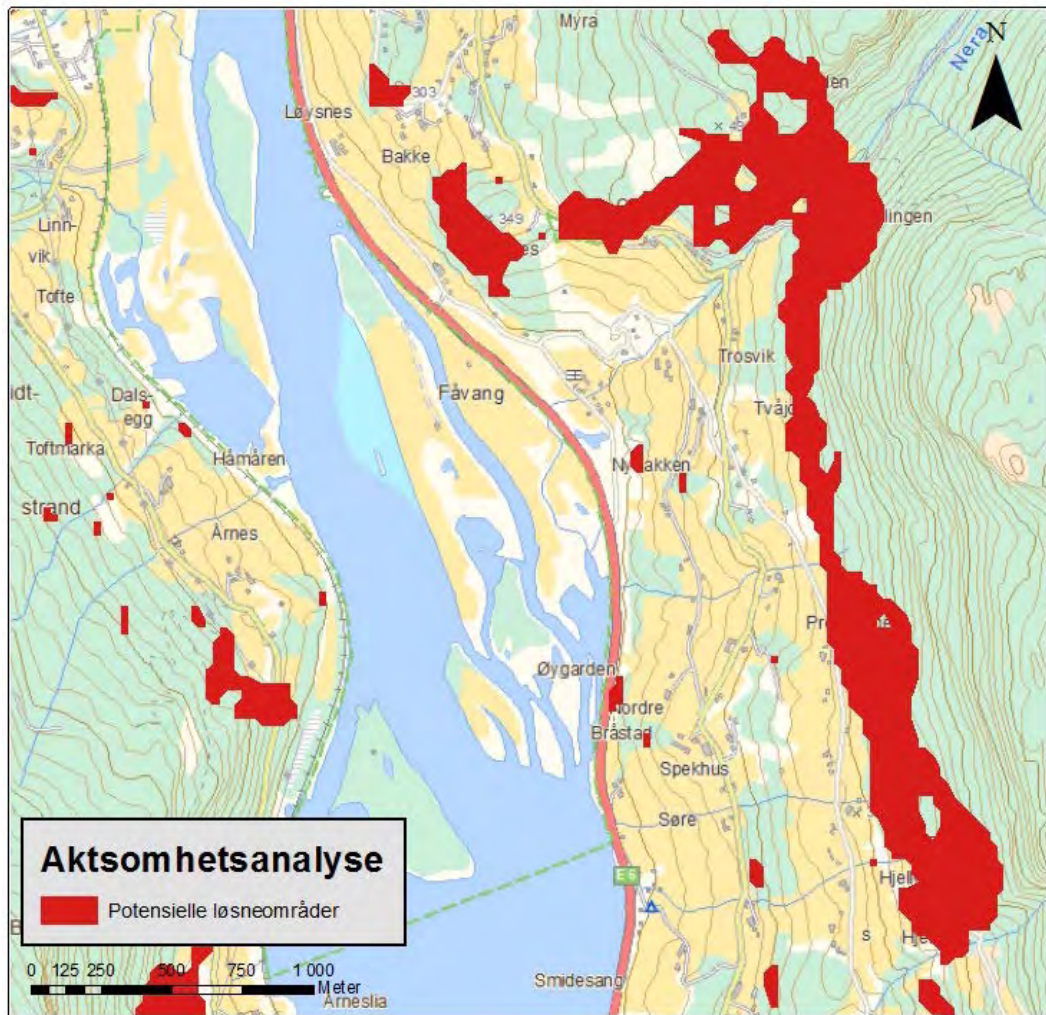
5.1 Nasjonal aktsomhetsanalyse utarbeidet for befolkede områder

Som en del av prosjektet *Plan for skredfarekartlegging* (NVE, 2011a) ble en innledende GIS-analyse for identifisering av løsneområder for jordskred utarbeidet av NVE (NVE, 2011b). Hensikten var å identifisere potensielle løsneområder 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) kombinert med løsmassefordeling og løsmassetype (sammenhengende og usammenhengende morenemateriale, samt skredmateriale) fra NGUs kvartærgeologiske kartserie (målestokk 1:50 000 til 1:250 000), og mulige utløsningsområder identifisert. Disse ble således 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). Resultatet av analysen viser at Gudbrandsdalen er et av mange steder i landet hvor det eksisterer et stort antall potensielle løsneområder i

⁴ spatial probability

nærheten av folk og bebyggelse, og således bør vurderes kartlagt nærmere. Figur 28 viser et utsnitt av kartet for Fåvang sentrum hvor mange potensielle løsneområder truer bebyggelse.

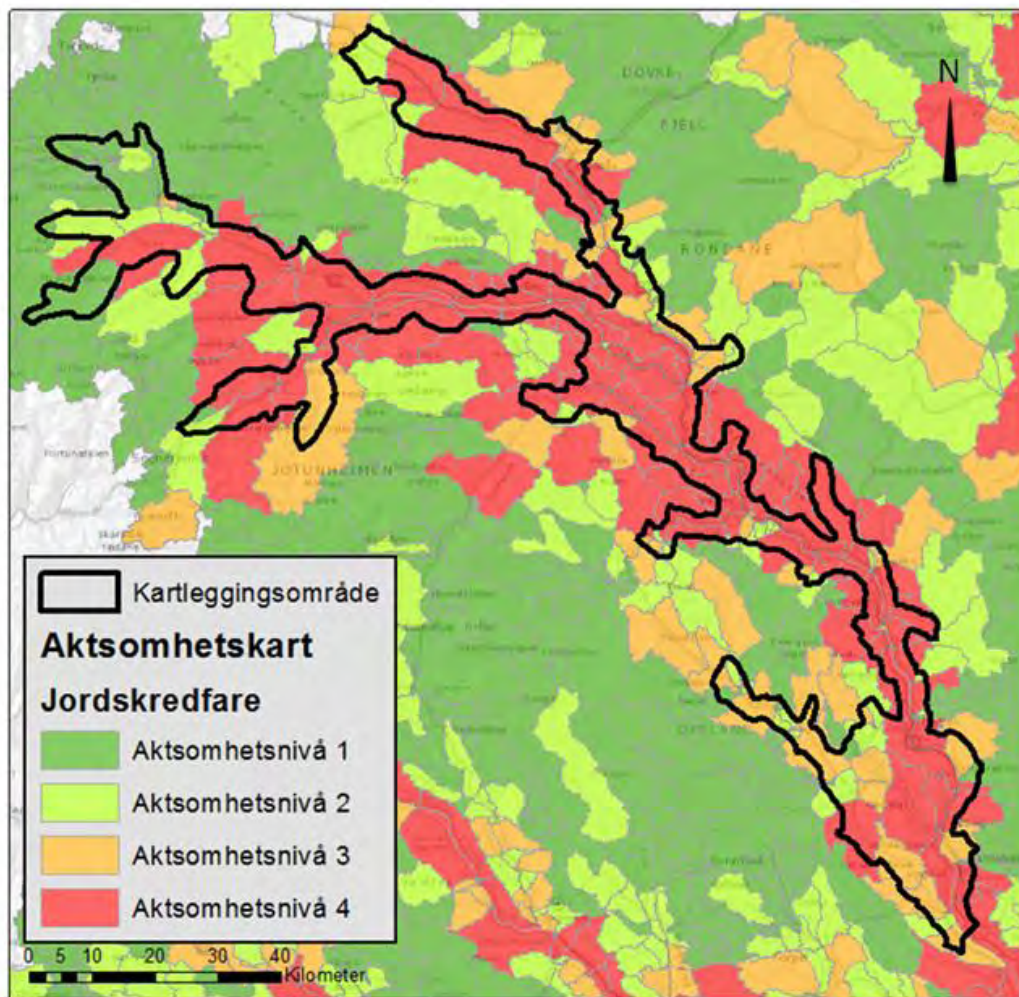


Figur 28: Potensielle løsneområder for jordskred nær Fåvang sentrum (NVE, 2011b). Det er viktig å spesifisere at mange løsneområder er filtrert og vises bare de som er nærmere til befolkede områder på grunn av metoden brukt og formål av prosjekt. Det finnes store høyliggende og bratte arealer som er potensielle løsneområder som mangler i kartet. Kilde: NVE, 2011b

5.2 Aktshetsanalyse utarbeidet på regionalt nivå

I 2013 utførte Rainer Bell fra Universitetet i Wien, i samarbeid med NGI og NVE, en aktshetsanalyse for løsmasseskred med tanke på å forbedre jordskredvarslingen (Bell m.fl., 2014). Analysen ble utført for to regioner i Norge, Østlandet og Nord-Norge. 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 aktshetskart 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 (helling, aspekt) ble kombinert ved å benytte den statistiske tilnærmingen *Generalized Additive Models (GEM)*. Resultatet fra modellen ble kontrollert mot registrerte skredhendelser fra nasjonal skredatabase 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.



Figur 29: Aktsomhetskart som viser sannsynlighet for at et skred kan løses ut i 1. ordens nedbørfelt basert på statiske topografiske, hydrologiske og geologiske forhold, og sier derfor ikke noe om når et eventuelt skred vil inntreffe. Grå områder er ikke modellert i dette utsnittet (Bell m.fl., 2014).

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 29 viser foreløpige resultater fra Gudbrandsdalen hvor mørke grønne områder indikerer at det er liten sannsynlighet for jordskred i disse

områdene (lav aktsomhetsgrad), mens røde områder indikerer stor sannsynlighet (høy aktsomhetsgrad). Vi ser at områder langs selve dalen er klassifisert som høyeste aktsomhetsnivå (4), mens de flate fjellområdene rundt har lavere aktsomhetsgrad (Bell m.fl., 2014).

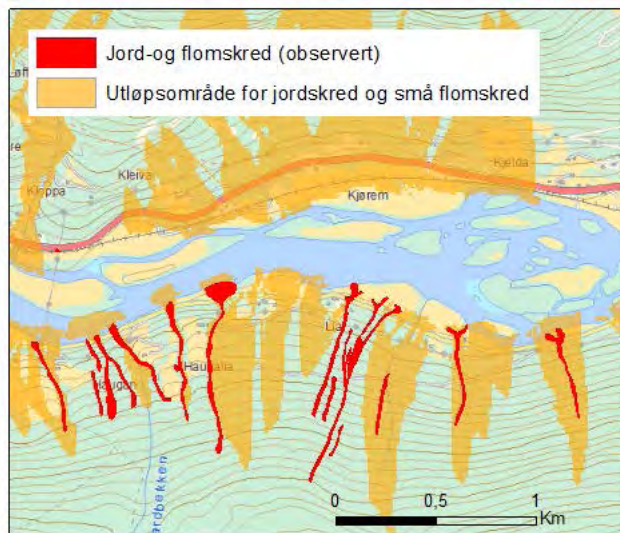
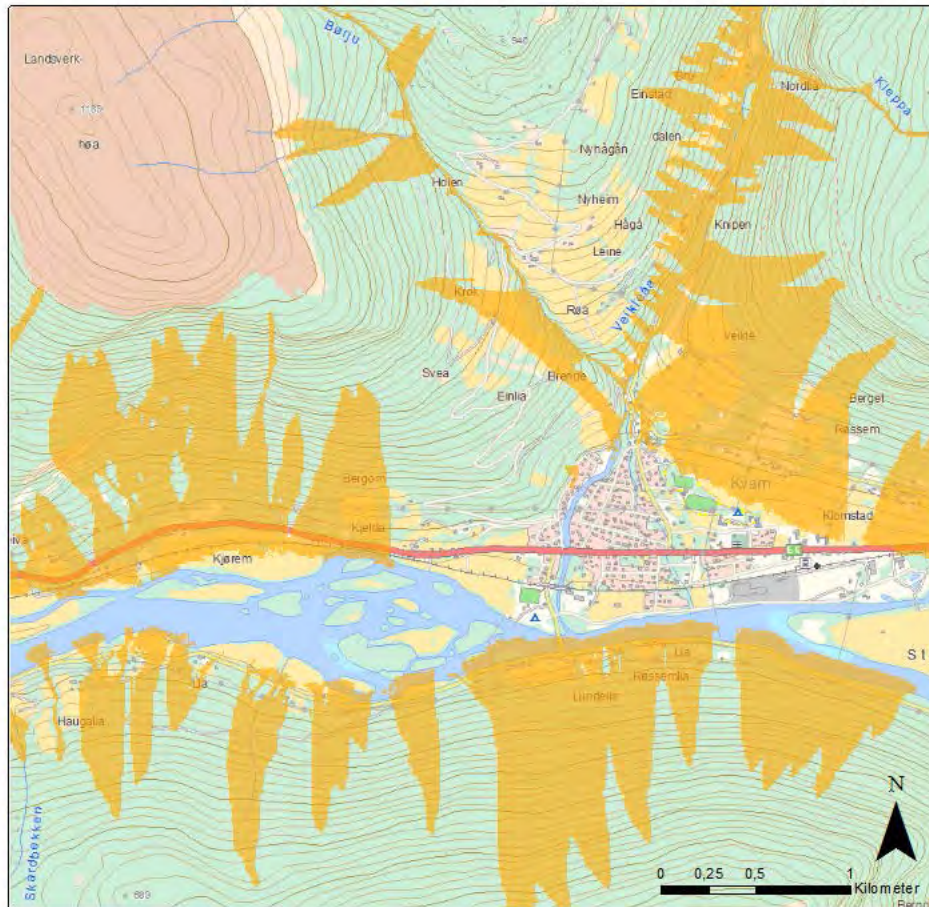
5.3 Nasjonal aktsomhetsanalyse i 1:50.000 målestokk

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har utarbeidet et nasjonalt aktsomhetskart for jord- og flomskred som viser løснеområder og utløpsområder basert på detaljert input i målestokk 1:50 000 (Figur 30) (Fischer et al., 2014). 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 er en empirisk tilnærming basert på tre topografiske egenskaper hentet fra en digital terrengmodell (DHM) oppløsning 10x10 m benyttet; 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). For å tilpasse parametrene til de vekslende geografiske forholdene i Norge er det benyttet 5 kalibreringsområder; Tromsdalen og Skittenskardalen, Balsfjord, Junkerdalen, Nesnaområdet og Norddal i Møre og Romsdal.

Det endelige resultatet viser at modellen klarer å etablere startsoner i skredutsatte områder, noe som bekreftes ved sammenlikningen av rapporterte skredhendelser. Den grove oppløsningen gjør riktignok at enkelte små raviner og depresjoner overses, men på et regionalt nivå markerer den utsatte områder. Selve modelleringen av utløpslengder, virker realistisk i forhold til observerte data, men skredene blir ofte modellert for vide/brede. Mens hendelsene i Gudbrandsdalen ofte er følger et definert løp og først sprer seg ut i dalbunnen, sprer de modellerte skredene seg allerede ut i fjellsiden, og vi får en utstrekning mer som et klassisk jordskred. Dette kan nok delvis tilskrives den grove oppløsningen (Fischer m.fl., 2012).



Figur 30: Kartet viser modellerte utløpsområder for jordskred og små flomskred. Kilde: NGU. Figuren nederst viser modellerte utløpsområder samt som observerte skredhendelser fra pinseflommen 2011 og 2013, for et område vest for Kvam sentrum. Som vi ser har aktsomhetskartet fanget opp flere skredhendelser, samtidig som enkelte hendelser ikke er fanget opp av modellen. I tillegg er modellerte skred mye videre enn observerte flomskred, som ofte følger små bekkeløp og forsenkninger i terrenget. Den modellerte utløpsdistansen stemmer godt overens med observerte hendelser (Fischer m.fl., 2012). Polygoner for observerte skredhendelser ble kartlagt av NVE.

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.

I NVEs jordskredvarslingstjeneste benyttes 4 ulike nivåer for varsling av aktsomhet. Det laveste nivået, grønt nivå, gjelder dager med liten fare for jordskred og generelt trygge forhold. Nivåene 2, 3 og 4 gjelder for dager med økt faregrad, der varslet aktsomhetsnivå betegnes henholdsvis gult, oransje eller rødt. For fullstendig definisjon av de ulike aktsomhetsnivåene, se www.varsom.no.

6.1 Fremgangsmåte jordskredfarevarsling

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) observert nedbør og temperatur
- e) analyse av historisk skredaktivitet.

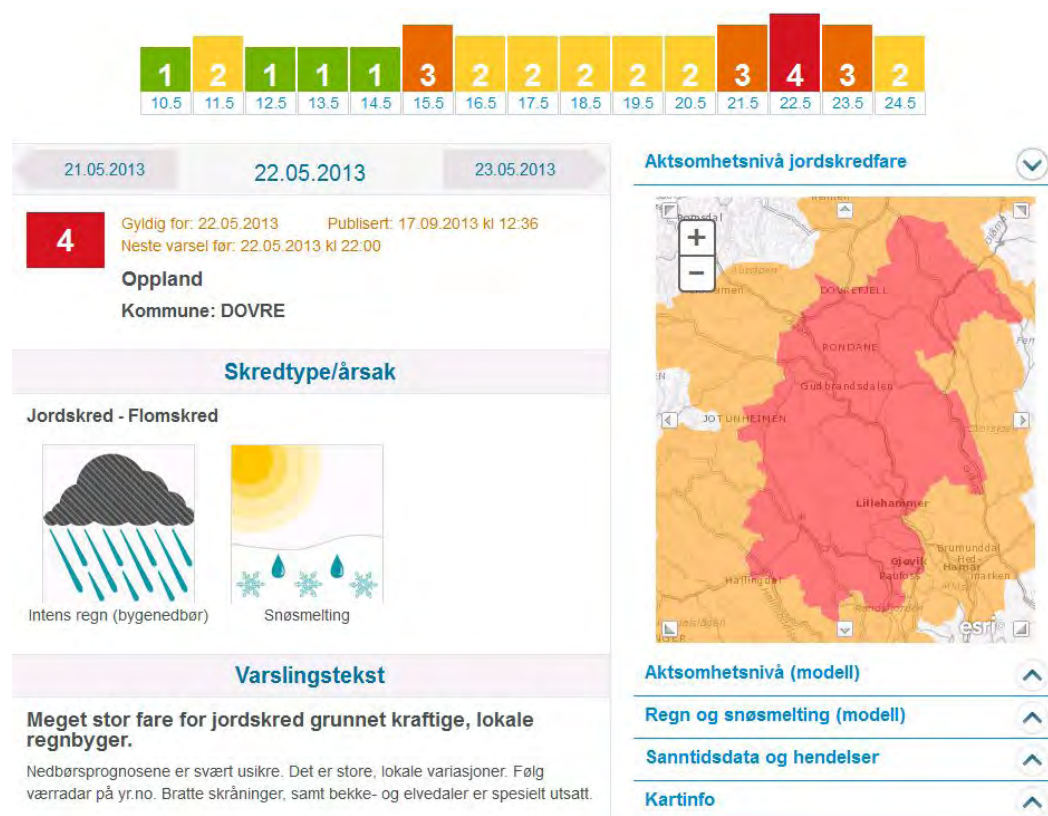
Hydrologiske variable som benyttes i jordskredvarslingen baserer seg på simuleringer fra en distribuert versjon av den hydrologiske HBV-modellen (Beldring m.fl., 2003). Modellen inndeler Norge i 1 km² store gridceller, der hver celle behandles som et eget nedslagsfelt med simulering av elementene i vannbalansen. 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](http://www.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](http://www.xgeo.no) anvendes tilgjengelig informasjon om værprognoser bl.a. nedbørintensitet fra kilden.met.no eller via meteogrammer på yr.no (Boje og Colleuille, 2013). NVE har også daglig briefing med meteorolog hvor værprognoser diskuteres.

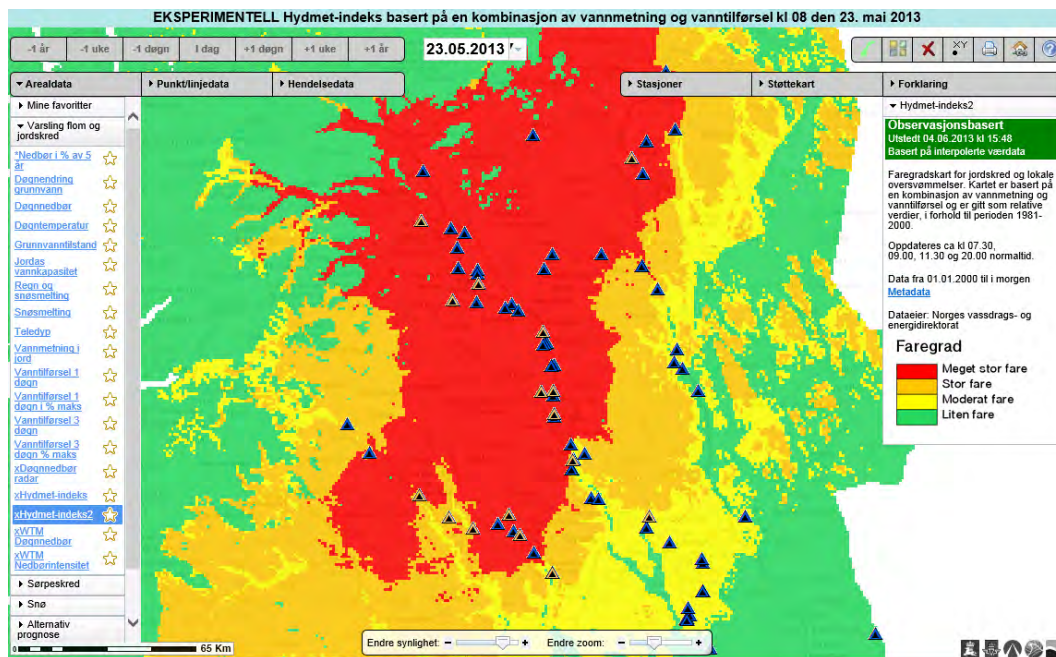
6.2 Erfaring fra testvarsel i dette området

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 Oppland i løpet av 2013, og det var spesielt tre interessante perioder, uke 20-22 (13/5 - 2/6), uke 25 (17/5 – 23/5) og uke 33 (12/8-18/8).

15. mai 2013 meldes det oransje aktsomhetsnivå (3) grunnet fare for sørpeskred, jordskred og utglidninger som følge av regn og snøsmelting. Det er generelt høy vannmetning og grunnvannstanden er økende. Deretter meldes gult aktsomhetsnivå (2) i hele perioden 16-20. mai, før den økes til oransje nivå (3) 21. mai og ytterligere til rødt nivå (4) 22. mai (se Fig. 31 og Fig. 32). Dette på grunn av tidligere snøsmelting og lokalt store nedbørmengder. Det viser seg at dette varselet slår til, og flom og skred skaper en rekke problemer i Gudbrandsdalen og Østerdalen. Deretter senkes varselet til oransje nivå (3) 23.mai, og deretter gult nivå (2) resten av måneden, før utsikter til store nedbørmengder på vannmettet grunn øker jordskredfare til oransje nivå (3) den 1. juni. Deretter stabiliserer forholdene seg.



Figur 31: Jordskredvarselet for Dovre kommune i Oppland, 22. mai 2013 (www.varsom.no). Skredvarselet ble registrert i varsom i ettertid ut fra testvarsel sendt som e-posten, siden varsom.no ble operasjonelt i oktober 2013 for jordskredvarsling.



Figur 32: Indikasjon på fare for flom- og jordskred (Hydmet-indeks II) frem til 08:00 23. mai 2013. Indeksen er basert på en kombinasjon av vannmetning og vanntilførsel. I tillegg er flom- (blå trekant) og jordskredhendelser (brune trekant) rapportert i samme periode markert (www.xgeo.no).

Torsdag 20. juni meldes oransje aktsomhetsnivå (3) fredag og gult nivå (2) lørdag grunnet store nedbørmengder, noe som fører til tre jordskred og et flomskred i Gudbrandsdalen. Mandag 12. august varsles det igjen *moderat fare for jordskred, flomskred og utglidninger grunnet regn* for store deler av Sør-Trøndelag og fjellet i Sør-Norge, inkludert nordlige deler av Oppland. Bakgrunnen er at *det ventes stedvis opp mot 60 mm regn fra mandag morgen. Nedbørfordelingen er noe usikker og det er høy vannmetningsgrad i bakken*. Tirsdag nedjusteres varselet til laveste nivå da ingen vesentlige hendelser skjedde under regnværet, noe som viser seg å være litt for tidlig da en rekke hendelser inntreffer i Trøndelag etter selve regnværet. Dette illustrerer litt hvor vanskelig det kan være å melde jordskredfare.

Prøvevarselet har så langt vist at snøsmelting kan føre til økt fare for jordskred over en lengre periode, men at det er intens snøsmelting og/eller kraftig regnvær som fører til varsel om de øverste aktsomhetsnivåene, men at disse hendelsene generelt er kortvarige.

6.3 Hva bør vektlegges ved varsling i dette området

Det er spesielt to faktorer som tilsier økt fare for jordskred i dette området: kraftig snøsmelting og nedbør. Dersom dette opptrer samtidig, noe som ofte er tilfelle om våren, bør man være spesielt oppmerksom. Når det gjelder snøsmelting må en være oppmerksom på at det ofte ikke er perioden med snøsmelting i dalbunnen som er avgjørende, men perioden da snøsmeltingen i omkringliggende dalsider og fjellområder foregår. Dette fører til stor overflateavrenning, samt forhøyet grunnvannstand og mulig metning av jorda i nedenforliggende områder (i dalsidene). Intens snøsmelting er spesielt

viktig med tanke på jordskredutløsning i øvre deler av Ottadalen hvor det generelt er svært 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.

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, og man skal da være spesielt oppmerksom langs isdekka bekker og i raviner.

Et aspekt som varslingen ikke kan ta hensyn til er at jord- og flomskred utløst som følge av menneskelige påvirkning. Dette kan være for dårlig drenering av skogsbilveier, tette kulverter eller flatehogst i bratte skogklede skråninger. I Gudbrandsdalen, hvor man i utgangspunktet har bratte, morenedekka skråninger bør man være oppmerksom på dette, og forebygge på best mulig måte. Mer informasjon om dette kan finnes på www.varsom.no/Jordskred/Bruk-av-varselet---beredskap/.

7 Oppsummering for regionen

Gudbrandsdalen har opp i gjennom historien vært utsatt for en rekke flom- og skredhendelser som har fått alvorlige konsekvenser for beboere og infrastruktur. Felles for mange av de store flomhendelsene med tilhørende skredhendelser på Østlandet er at de forårsakes av uvær knyttet til såkalte VB-lavtrykk. Denne værtypen kjennetegnes ved et blokkerende høytrykk i Nord-Atlanteren og over Finland/Øst-Europa med meget varm luft i øst. Deretter kommer et lavtrykk fra Biscaya eller inn gjennom Gibraltarstredet mot Middelhavet som dreier mot nord-nordvest øst for Alpene. Vest for denne lavtrykksbanen vil kjølig luft fra norskehavet presse på, og vi kan få en stillestående bygefront med voldsomme regnbyger i 3-4 døgn. Dette inntreffer på Østlandet en sjelden gang, typisk om sommeren i juli og august, slik som i 1789 og senest i 2011, men er vanligere litt lengre øst i Sverige. Dersom en slik lavtrykksbane er forventet å inntreffe er det all mulig grunn til å være forberedt på muligheten for store skredhendelser og flom. Generelt bør store nedbørmengder, enten langvarig eller intensiv, samt kraftig snøsmelting og stigende grunnvannstand føre til økt oppmerksomhet i forhold til fare for jordskred, flomskred og utglidninger, samt sørpeskred i snøsesongen.

Raviner og forsengkninger i de morene- og skogkledd fjellsidene i Gudbrandsdalen vitner om tidligere skredaktivitet og er alle fortsatt potensielle skredbaner. Gammel og tett skog er ikke ensbetydende med liten risiko for jordskred. Aktsomhetskartene og skredhistorikk underbygger dette. Man skal være spesielt oppmerksom dersom de lokale dreneringsforholdene endres, som følge av veibygging eller hogst. Ved planlagt flatehogst av arealer i bratte skråninger bør kommunen kontaktes og forholdsregler for å forhindre jordskred tas.

I dag har NVE en nasjonal varsling for jordskredfare, som omhandler faren for jordskred, flomskred, utglidninger og sørpeskred. Disse varslene 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 (kommunal kartlegging av skred, masteroppgaver, ol.) som ytterligere vil kunne bidra til en bedre lokal beskrivelse av historiske hendelser og forståelse for utløsende årsaker i regionen, noen av disse i regi av prosjekt Naturfare (www.naturfare.no).

8 Referanser

- Beldring, S., Engeland, K., Roald., L.A., Sælthun, N.R. og Voksø, A. (2003). *Estimation of parameters in a distributed precipitation runoff model 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.
- Blikra L.H., Sletten K. (2002). *Klimaendringer kan påvirke skredfare*. Cicerone n.1, 2002
- Boje, S. og Colleuille, H. (2013). *Bruk av indeksskart i xgeo for vurdering av jordskredfare*. Notat til Statens vegvesen. 18. okt. 2013.
- Etzelmüller, B., Romstad, B., og Fjellanger, J. (2007) . *Automatic regional classification of topography in Norway*. Norwegian Journal of Geology, Vol. 87, 167-180. Trondheim.
- Devoli, G., og Dahl, M.P. (2014). *Preliminary zonation and susceptibility analysis for landslide early warning purposes in Norway*. NVE Report.
- 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.
- GLB.no (2013a). *Vassdragsdriften* Glommens og Laagens Brukseierforening. <http://glb.no/Venstremeny/Vassdragsdriften/tabid/1811/language/nb-NO/Default.aspx> (hentet 15 okt. 2013)
- GLB.no (2013b). *Flommer og flomdempning*. Glommens og Laagens Brukseierforening. <http://glb.no/Venstremeny/Vassdragsdriften/Flommerflomdempning/tabid/2520/language/nb-NO/Default.aspx> (hentet 15. okt 2013).
- GLB.no (2013c). *Magasiner*. Glommens og Laagens Brukseierforening. <http://glb.no/Venstremeny/Vassdragsdriften/Magasiner/tabid/2515/language/nb-NO/Default.aspx> (hentet 15. okt. 2013).
- 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
- Jaedicke C. (2012). *A review on slushflows*. Project. SP4-Snow avalanche research. NGI Rapport 20120096-01-R.
- Nikolaisen, P-I. (2013). *Flom har lagt Gudbrandsdalen øde flere ganger*. I Teknisk ukeblad: <http://www.tu.no/bygg/2013/09/22/flom-har-lagt-gudbrandsdalen-ode-flere-ganger> (hentet 17. okt 2013).
- 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 (Ed.), NVE Rapport 14. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat

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

NVE (2013). *Hva er et Sørpeskred?* Norges vassdrags- og energidirektorat, Faktaark utarbeidet 16.10.2013

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

SVV (2011). *Rapport om skadeflom i pinsehelga 2011 – Hedmark og Oppland*. Statens Vegvesen, Region Øst.

Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestnes, E. og Lied, K. (1997). *The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rockmass stability*. NGI Publikasjon 201. Oslo: Norges geotekniske institutt. 97 – 114.

Sletten, K. og Blikra, H. (2007). *Holocene colluvial (debris-flow and water-flow) processes in eastern Norway: stratigraphy, chronology and palaeoenvironmental implications*. Journal of Quaternary Science, Vol. 22, 619 – 635.

Snl.no (2013a) *Oppland: geologi og landformer*. I Store norske leksikon: http://snl.no/Oppland/geologi_og_landformer (hentet 23.okt 2013).

Strande, M. (2008). *Derfor er Gudbrandsdalen rasutsatt*. I Teknisk ukeblad: <http://www.tu.no/bygg/2008/05/02/derfor-er-gudbrandsdalen-rasutsatt> (hentet 21. oktober 2013).

Vedlegg 1: Jordskredvarsling Oppland 2013

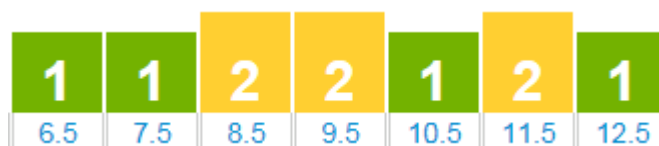
Følgende vedlegg inneholder en deskriptiv sammenfatning av alle jordskredvarsler med gult, oransje eller rødt aktsomhetsnivå utstedt for hele eller deler av Oppland fylke i 2013.

Uke 16 (15/4-21/4): Onsdag 17/4 varsles det gult nivå (2) for hele Sør-Norge påfølgende dag (torsdag). I varselet onsdag er området begrenset til Østlandet. Bakgrunnen for varselet er snøsmelting, og varselteksten lyder: *Trøndelag og Østlandet: Snøsmelting har enkelte steder ført til tining i jorda og høy vannmetning i dalbunnen, med påfølgende økt fare for utglidninger og jordskred. Is og fortsatt tele kan føre til lokale oversvømmelser og fare for erosjon i små bekker.* Mandag 15/4 meldes det fra Jernbaneverket at Dovrebanen er stengt sør for Dombås pga. vann på avveie og erosjon. Onsdag 17/4 meldes det om et lite jordras ved E 136 ved Lesja. Skredet er lite og jordmasser dekker en del av et felt, noe som fort ryddes opp av en traktor i området. Det meldes generelt om mye vann og flom i bekker.



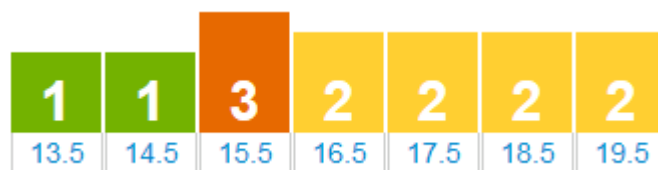
Figur 1-1: Jordskredvarsler uke 16.

Uke 19 (6/5-12/5): Mandag 6/5 varsles det gult aktsomhetsnivå tirsdag og onsdag i Hedmark og Oppland. Bakgrunnen for varselet var at *snøsmelting kombinert med høy vannmetning i jorda gir moderate fare for jordskred og utglidninger.* Varsel tirsdag følger opp med nedjustering til grønt varsel for gjeldende dag, samt gult nivå i Buskerud, Oppland, Hedmark og sørlige deler av Sør-Trøndelag gjeldende for påfølgende onsdag. Samme begrunnelse benyttes. Onsdag 8/5 varsles gult nivå fra Aust-Agder til sørlige deler av Sør-Trøndelag på bakgrunn av *sterk snøsmelting og kraftige lokale regnbyger kombinert med høy vannmetning i jorda.* En merknad henger ved om at *nedbørprognoser er svært usikre og at det kan være store lokale variasjoner.* På onsdagen varsles ikke økt jordskredfare i Oppland torsdag. Jordskredvarselet utstedt torsdag 9/5 varsler gult nivå i et område som inkluderer dalfører i Oppland og Buskerud. Begrunnelsen er *høy grunnvannstand kombinert med regn og snøsmelting.* Varselet utstedt fredag 10/5 utelater Oppland, mens varselet lørdag 11/5 igjen inkluderer Oppland og varsler gult nivå. Bakgrunnen for varselet er det samme: *høy vannmetning, økende grunnvannstand kombinert med snøsmelting spesielt i dalfører gir moderat fare for jordskred.* Ingen skredhendelser ble rapportert denne uka i Oppland, til tross for at gult nivå på noe tidspunkt ble meldt både tirsdag, onsdag, torsdag og lørdag.



Figur 1-2: Jordskredvarsler uke 19.

Uke 20 (13/5-19/5): Tirsdag 14/5 sendes det ut varsel om gult nivå onsdag i *områdene langs fjellene i Sør-Norge*. Dette på bakgrunn av *regn og snøsmelting gir moderat fare for sørpeskred (gjelder i områder med minst 50 cm snødekke)*. *Regn og snøsmelting kombinert med høy vannmetning i jorda gir moderat fare for jordskred og utglidninger*. For torsdag er det også varslet gult nivå av samme grunn. Varselet utstedt onsdag 15/5 varsler oransje nivå (3) i *områdene langs fjellene i Sør-Norge, samt Telemark og Agder* for onsdagen. For torsdag nedjusteres varselet til gult nivå for området. Begrunnelsen er fortsatt den samme, men med økte nedbørprognoser i tillegg til snøsmelting. Varselet torsdag 16/5 varsler gult nivå torsdag og fredag, med forbehold om at nivået også kan gjelde lørdag, men at nærmere evaluering kommer. Fredag 17/5 varsles gult nivå for både fredagen, lørdag og søndag i *områdene langs fjellet i Sør-Norge*, dog med en kommentar om usikre temperaturprognoser. Dette varselet følges opp med en utdypende varseltekst: *Sterk snøsmelting og lokale regnbyger gir fortsatt moderat fare for jordskred i indre strøk av Telemark, Buskerud, Oppland og Hedmark. Dette gjelder spesielt i terreng med bratte skråninger og langs bekker og elver med stor vannføring. Kraftig snøsmelting fører til moderat fare for sørpeskred i fjellområder med fortsatt mye snø (>50 cm) både i Sør- og Nord-Norge. Sørpeskred kan løses ut i slakt terreng der vann samles opp, og kanaliseres ofte i forsenkninger og bekkeløp*. I tillegg vises det til et kart hvor regn og snøsmelting er estimert til 40-60 mm i enkelte områder. Dette varselet opprettholdes lørdag 18/5 for alle tre kommende dager (lørdag, søndag, mandag). Varselet utstedt søndag 19/5 varsler gult nivå søndag og mandag, økende til oransje nivå tirsdag. Begrunnelsen er den samme med sterk snøsmelting og lokale regnbyger, men det kommenteres at nedbørprognosene er usikre. Det meldes ikke om noen jordskredhendelser i Oppland i uke 20.



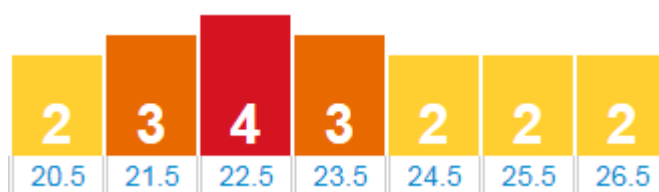
Figur 1-3: Jordskredvarsler uke 20.

Uke 21 (20/5-26/5): Mandag 20/5 varsles gult nivå for mandag og tirsdag, økende til oransje aktsomhetsnivå (3) onsdag for *områdene langs fjellene i Sør-Norge ned til Telemark, nordlige deler av Hedmark og indre deler av Sør-Trøndelag*. Varslingsteksten er gjentakende fra uke 20 med merknad om *svært usikre nedbørprognoser, store lokale variasjoner og stedvis mye regn på Østlandet*. Dette varselet oppdateres mandag kveld uten store endringer, men med vekt på *lokalt stor og stedvis meget stor fare, spesielt onsdag*. Tirsdag 21/5 varsles oransje nivå for gjeldende dag, rødt nivå (4) for onsdag og gult nivå (2) for torsdag i Telemark, Oppland, Buskerud, Hedmark, Sør-Trøndelag og Akershus. Vedvarende snøsmelting og prognoser om mye regn fører til at høyeste aktsomhetsnivå blir benyttet. Varselteksten lyder *Snøsmelting og lokale regnbyger gir moderat fare, stedvis stor og meget stor fare spesielt onsdag for jordskred og flomskred i store deler av indre strøk av Telemark, Buskerud, Oppland, Hedmark og Sør-Trøndelag. Dette gjelder spesielt i terreng med bratte skråninger og langs bekker og elver med stor vannføring*.

Kraftig snøsmelting fører til fare for sørpeskred i fjellområder med fortsatt mye snø (> 50 cm) både i Sør- og Nord-Norge. Faren er avtagende i Sør-Norge pga. fallende temperaturer. Sørpeskred kan løses ut i slakt terreng der vann samles opp, og kanaliseres

ofte i forsenkninger og bekkeløp. Sørpeskredene kan utvikle seg til flomskred ettersom de beveger seg nedover bekkeløpene. I tillegg til varselteksten er det kommentert at *svært usikre nedbørprognoser i Sør-Norge: Store lokale variasjoner og stedvis mye regn på Østlandet. Vestfold og Østfold kan også få mye nedbør lokalt. Følg med på værradar!* Dette varselet revurderes tirsdag kveld, men konklusjonen er at det stemmer, og varselet endres ikke. Onsdag 22/5 varsles det fortsatt rødt nivå (4) i Sør-Norge: Telemark, Buskerud, Oppland, Hedmark, Sør-Trøndelag og Sogn og Fjordane, med minkende til gult nivå torsdag og fredag. Bakgrunnen er ovennevnte muligheter for store nedbørmengder i kombinasjon med snøsmelting. Utover onsdag formiddag kommer det inn meldinger om flom- og skredhendelser i Hedmark i løpet av natten, noe som er med på å understreke situasjonens alvor og riktighet av varsel på øverste nivå. Etter hvert rapporteres det også om en rekke hendelser i Oppland, noe som er beskrevet i Seksjon 3.1.6 *Pinseflommen mai 2013*.

Torsdag 23/5 opprettholdes oransje aktsomhetsnivå (3) i indre deler av Telemark, Buskerud, Oppland, Hedmark og Sogn og Fjordane, minkende til gult nivå fredag og lørdag. I varslingssteksten står det at *faren er avtagende for jordskred og flomskred, men pga. intensive lokale byger vil skredfaren stedvis fortsatt være stor. Det vil være stor fare for utglidninger langs vassdrag med stor vannføring de neste dagene. Sørpeskredfaren er fortsatt moderat i de høyere liggende områdene av Sør-Norge*. Merknad om fortsatt *noe usikre nedbørprognoser i Sør-Norge: store lokale variasjoner og stedvis intensive byger på Østlandet. Følg værradar*. Fredag 24/5 varsles raskt avtagende fare, gult nivå (2), de kommende tre dagene, med unntak av langs vassdrag med stor vannføring hvor oransje nivå (3) er varslet. Lørdag 25/5 varsles gult nivå i indre deler av Buskerud, Oppland og Hedmark, med stor fare, oransje nivå langs vassdrag med stor vannføring. Påfølgende søndag og mandag varsles det liten fare, grønt nivå i de samme områdene, med gult nivå langs elver med stor vannføring. Varselet søndag 26/5 er helt identisk som lørdagen, gult nivå søndag, og grønt nivå påfølgende mandag og tirsdag, med økt aktsomhet langs elver med stor vannføring.

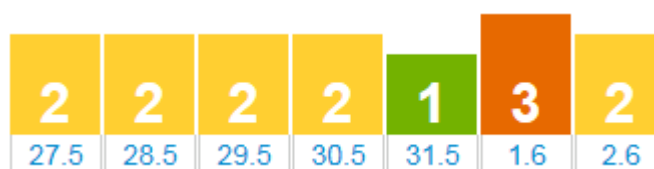


Figur 1-4: Jordskredvarsler uke 21.

Uke 22 (27/5-2/6): Mandag 27/5 varsles gult nivå (2) i de flomrammede områdene i Sør-Norge både mandag, tirsdag og onsdag. Dette på bakgrunn av kraftig snøsmelting, høy vannmetning og muligheter for lokale regnbyger. Merknad om at *det ventes enkelte tordenbyger som kan gi stedvis mye nedbør på Østlandet – men med mye lavere intensitet enn forrige uke*. Tirsdag 28/5 har et identisk varsel som dagen før, men nå gjeldende for Oppland, Buskerud og Telemark, samt flomrammede områder tirsdag, onsdag og torsdag. Eneste endring er en presisering i merknaden om at *det er stor usikkerhet i prognosene for bygenedbøren*. Onsdag 29/5 meldes det om *fortsatt stedvis fare for utglidninger langs vassdrag i flomrammede områder*, gult nivå. Dette gjelder for alle tre dager. Torsdag 30/5 er det meldt laveste aktsomhetsnivå, grønt nivå (1), med unntak langs vassdragene i de flomrammede områdene, hvor det fortsatt er meldt gult nivå. Dette gjelder torsdag og

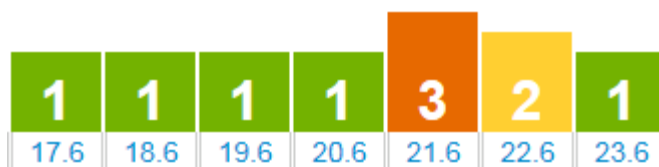
fredag. Lørdag er nivået hevet til gult nivå da *det er varslet noe mer nedbør for Oppland og Hedmark lørdag-søndag.*

Varslet utstedt på morgenen fredag 31/5 varsler grønt nivå gjeldende fredag med økning til gult nivå lørdag og søndag. Dette på bakgrunn av at *det er varslet lokale regnbyger lørdag – søndag på vestlige deler av Østlandet nord for Oslo (20-40 mm – følg værradar på yr.no).* Dette varselet ble fredag kveld oppgradert til oransje nivå (3) lørdag og søndag i indre deler av Oppland, Buskerud og Telemark, *grunnet snøsmelting og høy vannmetning i bakken kombinert med kraftige, lokale tordenbyger.* Det er fortsatt merknad om at *det vil kunne være store, lokale variasjoner i nedbørmengder.* Denne prognosen opprettholdes i varselet utstedt lørdag 1/6 for områdene i *indre strøk av Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag, samt Oppland, Buskerud og Telemark (inkl. Hedmark fra søndag)* ettersom *nedbørområdene beveger seg østover i løpet av helgen.* Søndag 2/6 nedjusteres varselet til gult nivå for søndag, etterfulgt av grønt nivå mandag og tirsdag. Varselet gjelder *Oppland, Hedmark og indre strøk av Sør-Trøndelag,* med kommentar om at *det ventes mindre regn og lavere bygeintensitet enn i går, lørdag. Områder hvor bygene treffer, vil imidlertid fortsatt kunne få en del nedbør. Det er stor usikkerhet i prognosene.* Det anbefales også å følge med på værradar på yr.no. Også denne uken er det enkelte skred- og flomhendelser i Oppland, men ikke på langt nær det omfanget som den forgående uken.



Figur 1-5: Jordskredvarsler uke 22.

Uke 25 (17/6-23/6): Torsdag 20/6 sendes det ut varsel om oransje nivå fredag og gult nivå lørdag gjeldende *Østfjells, spesielt i deler av indre strøk av Buskerud og Oppland.* Varselteksten lyder *det ventes mye nedbør i Sør-Norge fredag ettermiddag og natt til lørdag som gir moderat og stedvis stor fare for jordskred og flomskred. Dette gjelder spesielt i terreng med bratte skråninger og langs bekker og elver med stor vannføring.* Det er videre kommentert at *det er stor usikkerhet knyttet til både hvor nedbøren vil falle og hvor mye som vil komme.* Fredag 21/6 opprettholdes oransje aktsomhetsnivå i Oppland, Buskerud og Telemark. Dette *grunnet kraftige, lokale regnbyger fredag kveld og natt til lørdag. Oppland, Buskerud og Telemark har høy vannmetning i bakken kombinert med høy og raskt økende grunnvannstand. Bratte skråninger, bekke- og elvedaler, samt elver med stor vannføring er spesielt utsatt.* For lørdag varsles det minkende fare for jordskred, gult nivå, og søndag grønt nivå. Varsel utstedt lørdag 22/6 bekrefter den nedadgående trenden med gult nivå for deler av Oppland, synkende til laveste aktsomhetsnivå søndag. Det bemerkes fortsatt at det er *store lokale forskjeller og at nedbørfordelingen er usikker,* og at dermed gult nivå kan gjelde for deler av Oppland og Buskerud også søndag, spesielt *langs bratte skråninger, bekke- og elvedaler, samt elver med stor vannføring.* 21. og 22. juni registreres det fire jord- og flomskred i Gudbrandsdalen.



Figur 1-6: Jordskredvarsler uke 25.

Uke 26 (24/6-30/6): På kvelden onsdag 26/6 sendes det ut et varsel om gult nivå – moderat fare for utglidninger og jordskred grunnet intense, lokale regnbyger og høy grunnvannstand på Østlandet torsdag. Det bemerkes at prognosen er usikker, og torsdag morgen nedjusteres varselet til laveste grad.



Figur 1-7: Jordskredvarsler uke 26.

Uke 31 (29/7-4/8): Onsdag 31/7 meldes det om gult nivå påfølgende fredag på Vestlandet, samt i enkelte kommuner nord i Oppland. Dette opprettholdes i varselet torsdag 1/8 og fredag 2/8, og det varsles moderat fare for flomskred og jordskred grunnet kraftig regn. Varslingsteksten lyder *det ventes opp mot 75 mm regn i løpet av 12 timer fra fredag kveld og natt til lørdag. Nedbørmengdene er usikre og det er høy vannmetning i bakken. Bratte skråninger, samt bekker og elveløp med stor vannføring er spesielt utsatt. Rensing av dreneringsveier og stikkrenner i spesielt utsatte områder anbefales.* Lørdag 3/8 nedjusteres varselet til laveste nivå ettersom regnværet er passert. Ett jordskred registreres i Skåbu.



Figur 1-8: Jordskredvarsler uke 31.

Uke 32 (5/8-11/8): Søndag 11/8 varsles det gult aktsomhetsnivå for nordlige deler av Oppland samt tilgrensende områder i Hedmark, Sør-Trøndelag, Møre og Romsdal, og Sogn og Fjordane. Bakgrunnen er utsikter til regn på vannmettet jord.



Figur 1-9: Jordskredvarsler uke 32.

Uke 33 (12/8-18/8): Mandag 12/8 varsles gult nivå, moderat fare for jordskred, flomskred og utglidninger grunnet regn for store deler av Sør-Trøndelag og fjellet i Sør-Norge, inkludert nordlige deler av Oppland. Bakgrunnen er at *det ventes stedvis opp mot 60 mm regn fra mandag morgen. Nedbørfordelingen er noe usikker og det er høy vannmetningsgrad i bakken.* Varselet nedjusteres tirsdag 13/8 og det kan diskuteres om denne nedjusteringen kom litt for tidlig da en rekke hendelser inntreffer denne tirsdagen i

Trøndelag. Søndag 18/8 meldes om *moderat fare for jordskred, flomskred og utglidninger* grunnet *kraftige, lokale regnbyger i kombinasjon med høy grunnvannstand og høy vannmetningsgrad i bakken*. Dette varselet gjelder for deler av Sør-Trøndelag og fjellet i Sør-Norge, inkludert Oppland nord for Lillehammer. Varselet nedjusteres påfølgende mandag.



Figur 1-10: Jordskredvarsler uke 33.

Uke 44 (28/10-3/11): Lørdag 2/11 er det varslet gult nivå for jordskred, flomskred og utglidninger grunnet mye regn på Østlandet søndag, inkludert Oppland sør for Lillehammer. Nedbørmengden var noe usikker, og geografisk utbredelse av varselet ble endret tre ganger etter første varsel lørdag formiddag; lørdag kveld, søndag formiddag og kveld. Ingen hendelser ble rapportert i Oppland.



Figur 1-11: Jordskredvarsler uke 44.

Uke 52 (23/12-29/12): Lørdag 21/12 meldes det om et nedbørområde som vil trekke inn over Sør- og Østlandet. Det varsles om gult nivå påfølgende mandag 23/12 inkludert sørlige deler av Oppland til Hamar. Dette er sør for analyseområdet Gudbrandsdalen og Ottadalen. Bakgrunnen for varselet er at det ventes mye regn i kombinasjon med allerede høy grunnvannstand og vannmetning i bakken. Det er knyttet litt usikkerhet til hvor nedbøren vil falle, og Oppland er således helt i ytterkanten av varslingsområdet. Varselet opprettholdes tirsdag 22/12 før det nedgraderes til grønt nivå onsdag 25/12. Fredag varsles det igjen gult nivå på bakgrunn av et nytt nedbørsystem, før det nedjusteres til laveste nivå fra lørdag av.



Figur 1-12: Jordskredvarsler uke 52.

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.)
- 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 gjentaksintervaller? Manual for å beregne returverdier av nedbør for ulike gjentaksintervaller (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 stedegent 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 vegstrekningen 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 varsling av jordskredfare: Analyse av historiske jordskred, flomskred og sørpeskred i Gudbrandsdalen og Ottadalen. Nils Arne K. Walberg, Graziella Devoli



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

