



Statens vegvesen

Sakshandsamar/innvalsnr:

Gunne Håland - 99225115

Til: Region Vest, Vegteknisk seksjon V/Jan
Helge Aabu
Fra: Geoteknikk – og skredseksjonen, TMT
v/Gunne Håland
Kopi: Roald Aabøe, geoteknikk – og
skredseksjonen, TMT

Oppdrag:	Vurdering av terskelverdier for varsling av flomskred under anleggsperioden i Renninganeset		Dok. nr. i Sveis: 2011168178-44	
Oppdragsgiver:	Statens vegvesen, Region vest/Ressursavdelingen		Dato: 14.10.2013	
Planfase:	Byggeplan	Arkivkode:	Ant. vedlegg:	
Kommune:	Balestrand	Vegnr.: Fv. 55	HP: 16	Meter: 14880-15000
UTM 33 ref.:	EUREF 89		Geoteknisk kategori: 2	
Utarbeidet av:	Gunne Håland	Sign.:	<i>Gunne Håland</i>	
Kontrollert av:	Harald Norem	Sign.:	<i>Harald Norem</i>	

FV. 55, LÅNEFJORDEN – RENNINGANESET

Vurdering av terskelverdier for varsling av flomskred under anleggsperioden i Renninganeset

1 Bakgrunn

På oppdrag fra Ressursavdelingen i Region vest v/Jan Helge Aabu er det i dette notatet gjort et forsøk på å komme fram til forslag på valg av terskelverdier og prosedyrer for varsling av flomskred i skredløpet ved Renninganeset. Terskelverdier skal bli brukt til varsling av skredfare under anleggsperioden for bygging av en ledevoll i skredløpet. Det finnes pr. dags dato ingen prosedyrer og retningslinjer i Statens vegvesen for å varsle anleggsarbeidere om potensiell flomskredfare. Dette notatet inneholder derfor også noe teori og refleksjoner rundt valg av ulike terskelverdier. Det er fare for både jord – og flomskred, og snøskred i skredløpet. Varsling av snøskred blir behandlet i et eget notat.

Det er tidligere skrevet to notater fra skredløpet i forbindelse med vurdering av skredsikring; SVEIS 2011168178-002, av Reidun U. Nikolaisen og SVEIS 2011168178-016, av Gunne Håland.

Postadresse
Statens vegvesen
Region nord
Dreyfushammarn 31
8002 Bodø

Telefon 06 64 0
Telefaks 75 55 29 51
firmapost-nord@vegvesen.no
Org.nr: 971032081

Kontoradresse
Dreyfushammarn 31
BODØ

Fakturaadresse
Statens vegvesen
Regnskap
Båtsfjordvn 18
9815 VADSØ
Telefon 78 94 15 50
Telefaks 78 95 33 52

Det ble utført befarings av skredområdet 13.02.13 sammen med Reidun U. Nikolaisen, og en grunneier som kjenner området svært godt. Befaringen ble gjennomført fra veg.

2 Informasjon om skredområdet

Skredløpet ved Renninganeset drenerer vann fra en stor gryte som ligger i le for sektoren NØ – SV under fjellet Skinnarnipi (se bilder fra tidligere notater). I følge grunneier dannes de fleste flomskredene på selve skredvifta når de store vannmassene som kommer fra fjellsiden begynner og erodere i løsmassene som ligger på vifta. Det kan også gå jord – og flomskred som løsner høyere oppe i fjellsiden og som dermed kan være godt utviklet når det treffer vifta. Gryta tar opp store vannmengder i perioder med mye nedbør og snøsmelting. Denne vanntilførselen tas opp kun via ett bekkeløp, noe som betyr at vannføringen i bekkeløpet kan bli en del større enn normalt i løpet av kort tid når vanntilførsel brått øker. Det er flere eksempler på at det har oppstått lokale intense byger som ikke har blitt fanget opp på værvarselet for området.

Bekkeløpet er meget bratt, og er kanalisert i fjellsiden. Dette fører til at vannmengdene får stor hastighet og eroderende effekt før vannet blir spylt ut på skredviften. Det kan også gå sørpeskred og mindre snøskred som løsner helt oppe i gryta. Foreløpig har de fleste snøskredene stoppet på selve vifta, før de har nådd vegen. Mer informasjon og beskrivelse av skredområdet og utløsningsårsaker finnes i notat 2011/168178-002.

Det foregår hele tiden sedimentproduksjon i gryta ved Renninganeset i form av nedbryting, erosjon og naturlig forvitningsprosesser av det overliggende fjellet, og er viktige geologisk faktor for sedimentasjonstilførsel. I tillegg ligger det en del løsmasser i skredløpet fra før, og det forventes derfor at det kan oppstå nye flomskred i skredløpet.

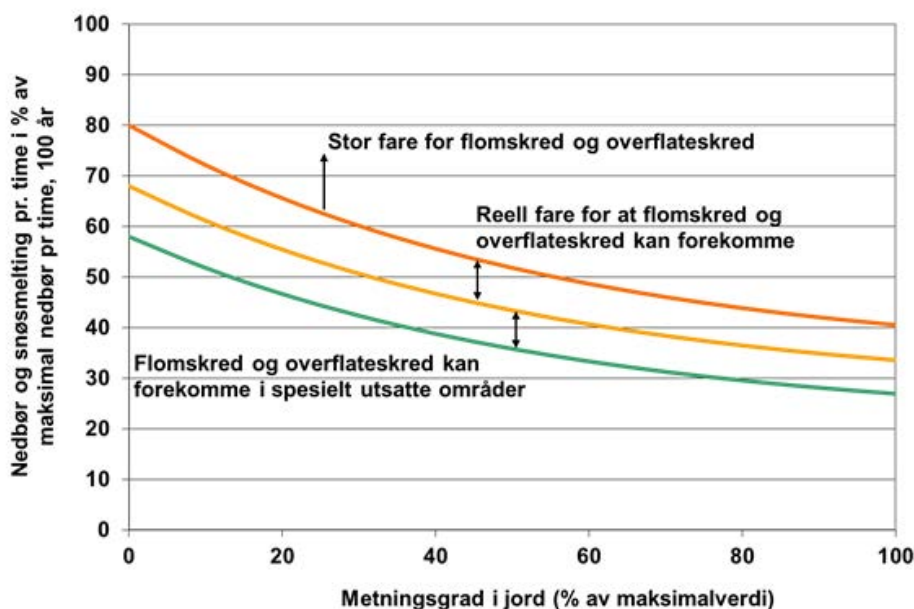
3 Valg av klimatiske terskelverdier

3.1 Generelt

Utløsningsårsaker for jord – og flomskred er komplisert og utfordrende fag på grunn av at det er så mange geologiske og klimatiske faktorer som påvirker om et skred faktisk løsner eller ikke, hvor stort det kan bli, eller hvor langt det kan gå. Topografiske forhold i skredområdet som størrelse på nedbørsfelt, avrenning/drenering, helning osv, er også forhold som påvirker sannsynligheten for skred. Dette gjør det svært utfordrende å varsle jord – og flomskred for et gitt skredområde.

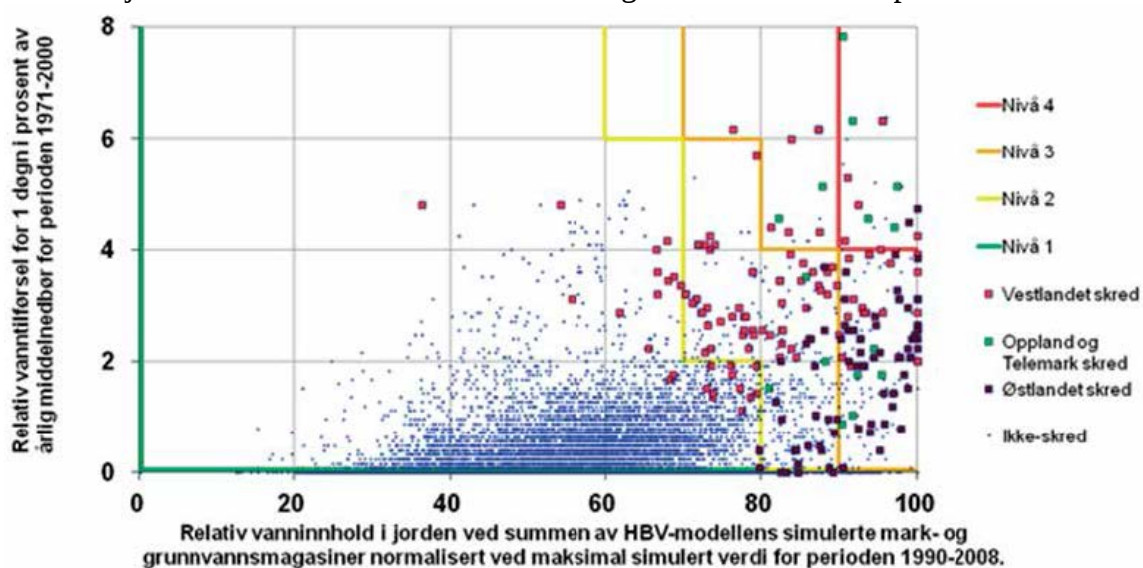
I de siste årene har det imidlertid blitt gjort en del forskning på hvordan klimatiske faktorer påvirker sannsynligheten for utløsning av jord – og flomskred. En del av resultatene finnes i håndbok om flom – og sørpeskred, av Harald Norem (SVV) og Frode Sandersen (NGI). (<http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/Klima+og+transport/Publikasjoner>). Resultatene viser at det er en klar sammenheng mellom vær og klima og sannsynligheten for utløsning av jord – og flomskred, der kraftig nedbør og snøsmelting er primærårsakene. Videre viser resultatene at vannmengde i jorda i prosentvis av jordas feltpkapasitet, altså vannmetningsgrad i jord, også er en viktig faktor som påvirker skredfaren. Dette fordi at når bakken allerede er mettet av vann vil den påfølgende nedbøren i større grad være avgjørende for om et skred løsner (se figur 1 og 2). Figur 1 tar hensyn til de

mest kritiske klimatiske faktorene for utløsning av jord – og flomskred i forhold til antatt skredfare. Y-aksen representerer timesnedbør i prosent av maksimal timesnedbør i løpet av en 100 års returperiode. X-aksen viser beregnet vannmetning i jordlaget i prosent av maksimal metning i perioden 1980-2010. Beregningene inkluderer både nedbør og snøsmelting. De fargete kurvene viser forslag på ulike farenivåer/aktsomhetsnivåer for utløsning av skred.



Figur 1. Forslag terskelverdier og aktsomhetsnivå i forhold til kritisk døgnnedbør og metningsgraden i jorda (Norem og Sandersen, 2013)

Figur 2 under viser en statistisk analyse mellom forskjellige klimafaktorer og 206 skredhender fordelt mellom Østlandet og Vestlandet. Hvert punkt representerer en observasjon, der dager uten skred er vist med blå farge, og de andre fargene tilhører skred fordelt mellom de tre regionene som var med i analysen. De to aksene i figurene representerer summen av nedbør og snøsmelting, samt jordas metningsgrad. Figuren indikerer at det bare er registrert skred i de tilfellene jorda allerede har hatt stor vannmetning når intense nedbørsperioder har inntruffet.



Figur 2. Statistisk analyse av dager med og uten skred. Hvert punkt representerer en undersøkt dag. Strekene med ulike farger representerer forslag på inndeling av aktsomhetsnivå (Boje og Colleuille 2013)

3.2 Valg av værscenarier ved Renninganeset

Det er valgt å vurdere bruk av terskelverdier **for to ulike værscenarier** i varslingsrutinen for dette skredløpet. Det første scenarioet går ut på at det har kommet en del nedbør/snøsmelting i forkant av en potensiell hendelse som har skapt en vannmetningsgrad i jorda. Når bakken allerede er mettet med vann, vil kritisk terskelverdi for påfølgende timesnedbør/døgnnedbør være mindre sammenlignet med når jorda er tørr. Det andre scenariet går ut på at bakken er mer eller mindre tørr før vanntilførselen starter. Det sistnevnte scenariet blir tatt med på grunn av at området er kjent for ekstrem kortidsnedbør og det vil kunne samle seg opp mye vann i det ene bekkeløpet på kort tid. Dette vil kunne forårsake fare for flomskred selv om bakken var tørr før nedbøren, (og eventuell brå snøsmelting), plutselig slo inn.

4 Gjennomgang av klimatiske terskelverdier ved tidligere skredhendelser

For og lettere vurdere hvilke terskelverdier som vil kunne være mest fornuftige i dette skredområdet, ble det valgt å studere værdata fra tidligere skredhendelser som har oppstått skredløpet. Det ble sett på følgende værparametere:

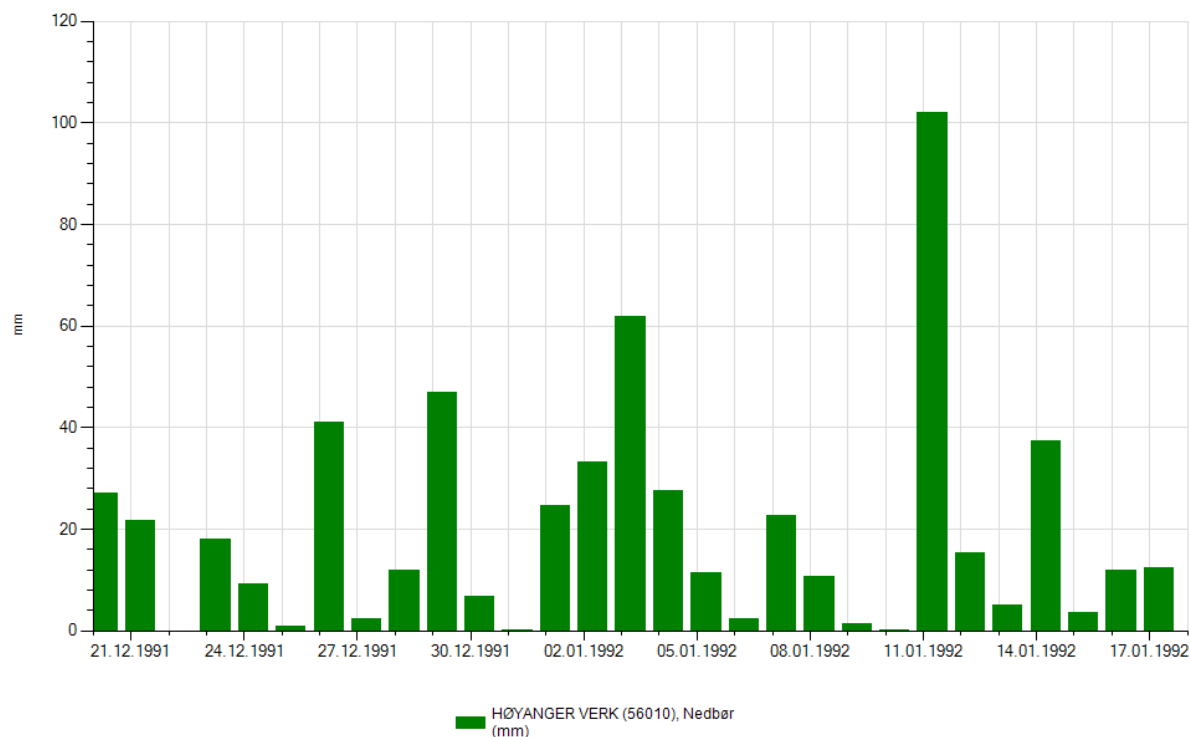
- Totalt nedbør i 3-5 døgn frem til hendelsen, inkludert døgnet da skredet gikk.
- Total døgnnedbør det døgnet skredet gikk.
- Vannmetningsgrad i jorda samme døgn som skredet gikk.

I Norge vil man finne relativ vannmetningsgrad i jorda for hele landet i nettportalen <http://www.xgeo.no/> som er utviklet for varslings- og beredskapstjenester for alle naturfarer i Norge. Vannmetningsgraden blir beregnet hver dag på bakgrunn av HBV modellen og presenteres i kart med celler på 1 km^2 . HBV modellen er en nedbørs-avløpsmodell som beregner avløp fra et vassdrag og vannmengde i jorda på bakgrunn av observert nedbør og lufttemperatur fra værstasjonene. Kartet viser en prosentvis vannmetning i jord og beskriver forholdet mellom dagens simulerte vannlager i forhold til maksimalt simulert vannlager i referanseperioden 1981-2010. Beregningene inkluderer både nedbør og snøsmelting.

Xgeo interpolerer(beregner) værdata for alle de 1 km^2 cellene på bakgrunn av observert data fra de nærmeste værstasjonene. Det er derfor viktig å presisere at værdata for cellen som representerer Renninganeset, **ikke er observerte verdier**, men kun interpolerte verdier fra de nærmeste værstasjonene. Dette innebærer at faktiske værforhold innerst i Lånefjorden ikke stemmer med de interpolerte verdiene. Når vannmetningsgraden skal bestemmes blir det derfor sett på cellene der værstasjonene er lokalisert, og ikke nødvendigvis den cellen skredområdet er representert.

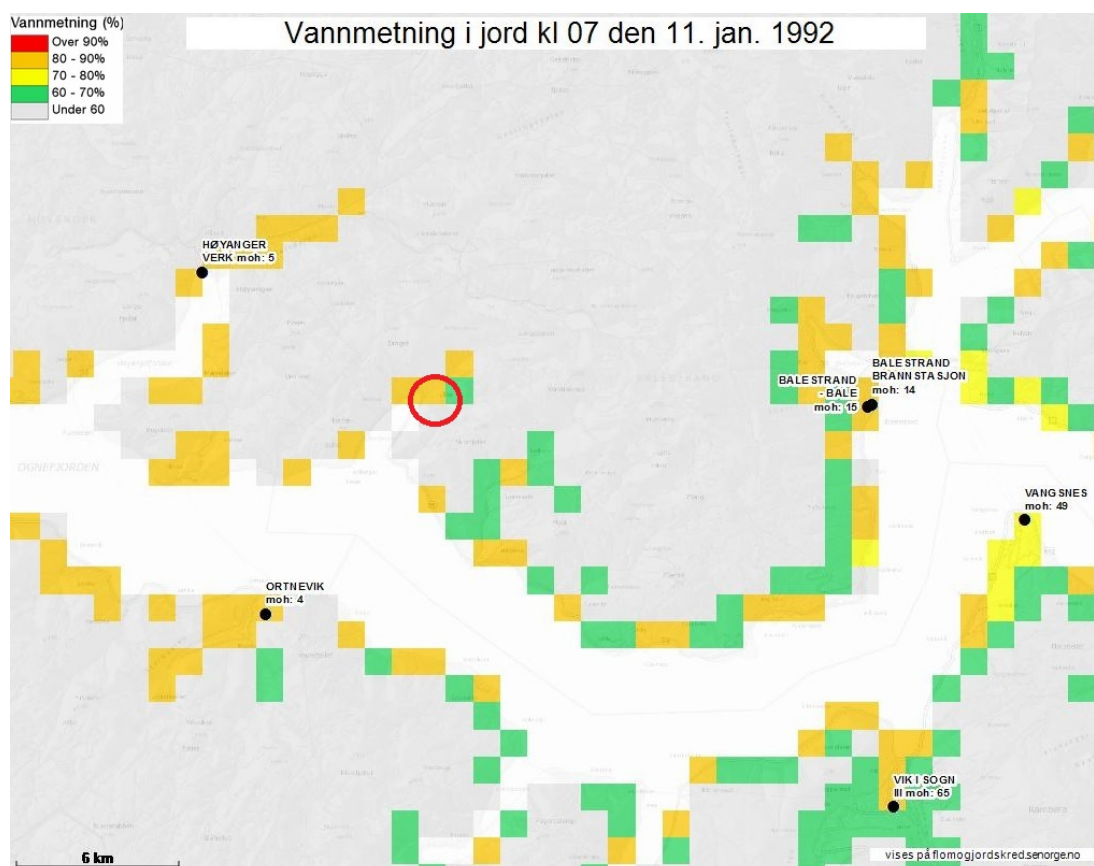
I følge NVDB er det registrert 4 flomskred/jordskred hendelser i perioden 1992-2011. Det er tre aktuelle værstasjoner som ligger i nærheten av Lånefjorden; Høyanger verk(etablert i 1981), Balestrand Brannstasjon(etablert i 1994), og Ortnevik(etablert i 1972). Høyanger og Ortnevik er de to værstasjonene som ligger nærmest, og er sannsynligvis de mest representative. Værdata som er brukt i dette tilfelle er hentet fra den værstasjonen som har registrert mest nedbør.

4.1 Jordskred natt til 11.01.1992(skredet havnet i grøften)



Figur 3. Nedbørsdata kl. 07:00 den 11.01.1992, fra Høyanger værstasjon(kilde: eklima)

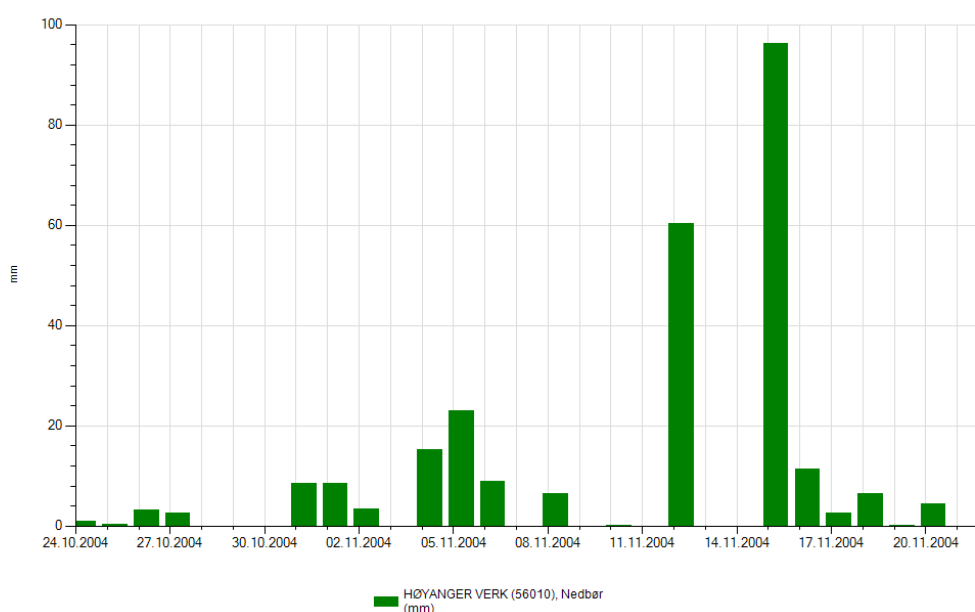
Figuren viser at det kom en god del nedbør 3-9 dager før hendelsen, totalt ca. 191 mm. Det kom ca. 141 mm i løpet av 5 døgn, ca. 107 mm i løpet av 3 døgn, og 104 mm det døgnet hendelsen gikk.



Figur 4. Beregnede verdier for vannmetningsgrad i jorda kl. 07 den 11.01.1992. Rød sirkel viser Renninganeset, innerst i Lånefjorden(Xgeo.no).

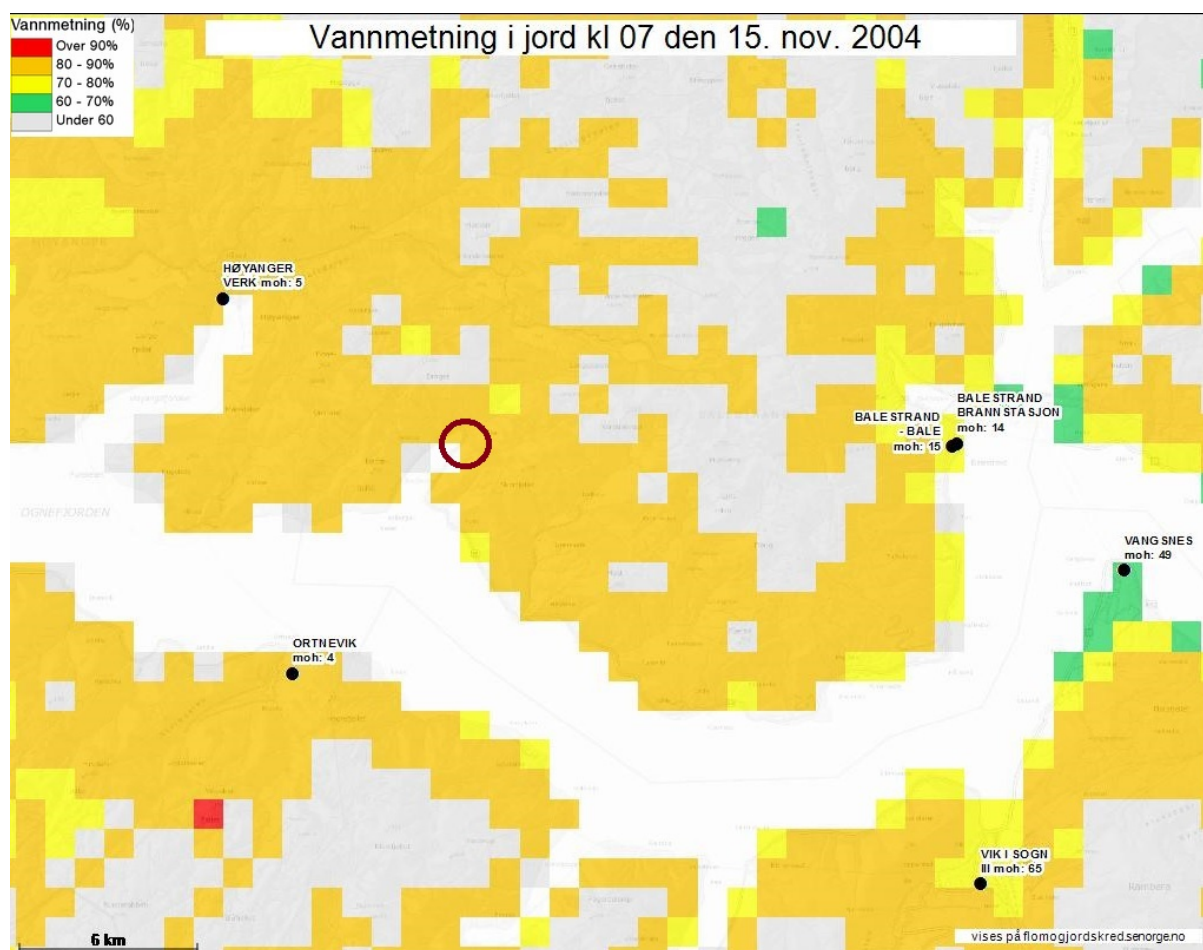
Figuren viser at det lokalt var områder i nærheten av værstasjonene og i Lånefjorden som hadde en vannmetningsgrad på 80-90 %.

Flomskred 14.11.2004, registrert 21:30 (Skredet feide en trafikant ut på fjorden – dødsulykke)



Figur 5. Nedbørsdata kl. 07:00 den 15.11. 2004, fra Høyanger værstasjon(kilde: klima).

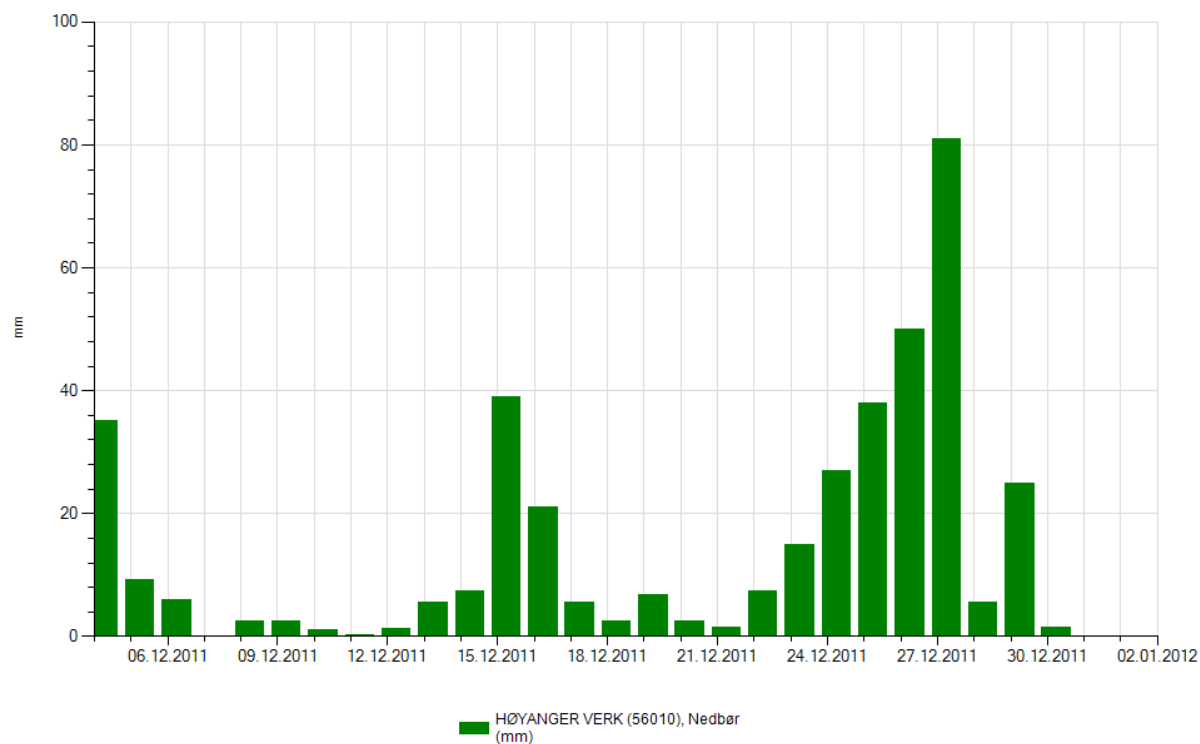
Det kom ca. 156 mm i løpet 4 døgn før hendelsen, og 96 mm i løpet av døgnet skredet kom. Nedbørsdataene viser at det kan komme inn mye nedbør i løpet av kort tid.



Figur 6. Beregnede verdier for vannmetningsgrad i jorda kl. 07 den 15.11.2004. Rød sirkel viser Renninganeset, innerst i Lånefjorden(Xgeo.no).

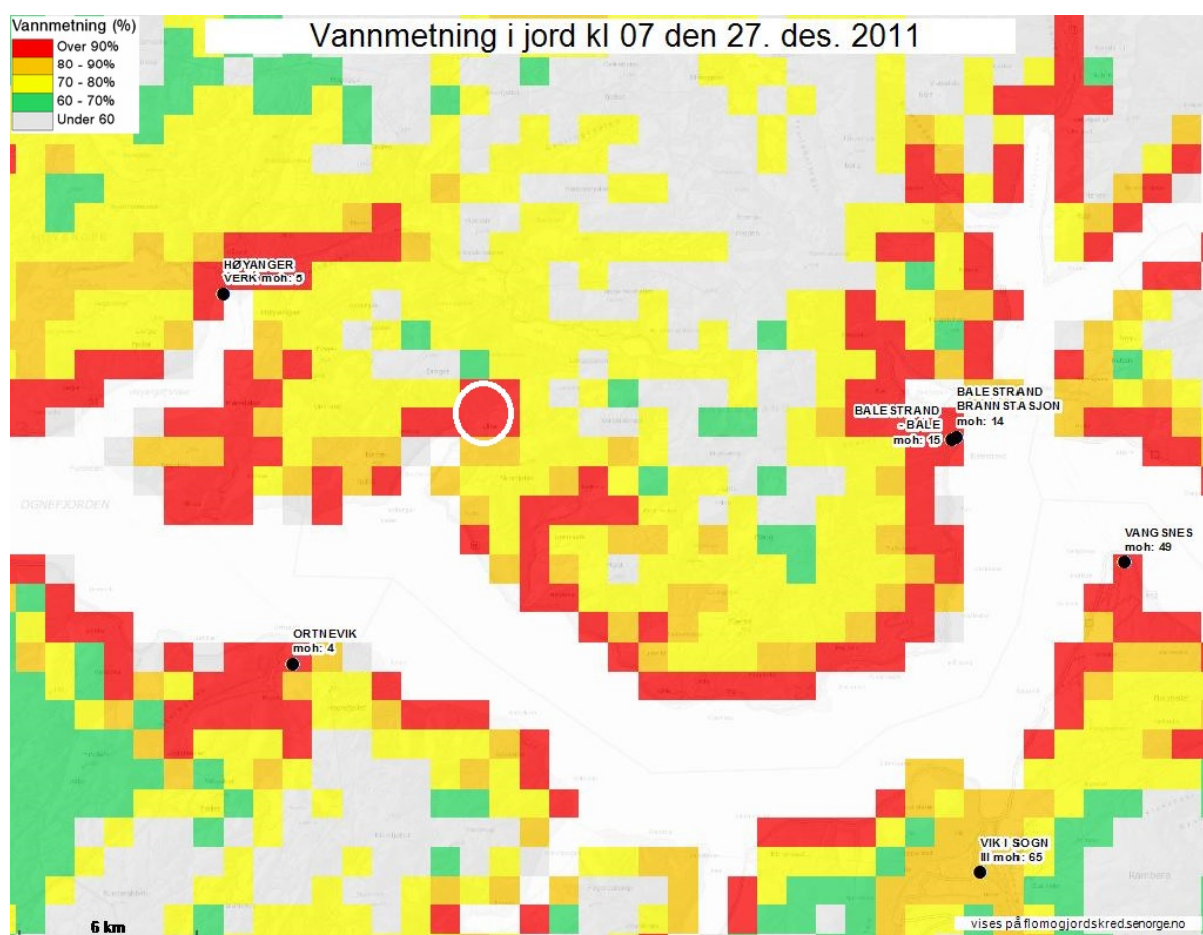
Figuren viser at det var større områder i nærheten av værstasjonene og Lånefjorden som hadde en vannmetningsgrad på 80-90 %.

4.2 Flomskred 26.12.2011, registrert kl.20:00(Dagmar)



Figur 7. Nedbørsdata kl. 07:00 den 27.12. 2011, fra Høyanger værstasjon(eklima).

Det kom ca. 210 mm i løpet av 5 døgn, ca. 165 mm i løpet av 3 døgn, og 81 mm i løpet av døgnet skredet kom.



Figur 8. Beregnede verdier for vannmetningsgrad i jorda kl. 07 den 27.12.2011. Hvit sirkel viser Renninganeset, innerst i Lånefjorden(Xgeo.no).

Figuren viser at det var større områder i nærheten av værstasjonene og Lånefjorden som hadde en vannmetningsgrad på over 90 %.

Oppsummering av værdata

Klimadataene viser at der vannmetningen i jorda lokalt kan ha vært 80-90 %, og døgnnedbøren på rundt 100 mm, har det gått jord – og flomskred i skredløpet. I forbindelse med skredet i 2011(Dagmar) var døgnnedbøren kun på 80 mm, men på grunn av en del nedbør i forkant, var vannmetningen i jorda meget høy(over 90 %). Videre ser man at total nedbør i perioden 3 døgn og frem til hendelsene ligger mellom 107-165 mm, og 3-5 døgn i området 107-210 mm. Registreringene viser at vannmetningen i cellene(i nærheten av værstasjonene) ikke var lavere enn 80-90 % samme døgnet da alle skredhendelsene oppstod.

I punktene under er det nevnt noen faktorer som er potensielle feilkilder, og fører til unøyaktige vurderinger av både nedbør, snøsmeltning, og vannmetningsgrad:

- De lokale nedbørsforskjellene fanges ikke opp på grunn av unøyaktige metrologiske observasjoner som et resultat av lange avstander mellom målestasjonene.
- Værstasjonene som har blitt brukt i dette tilfelle måler egentlig for liten hyppighet på nedbørsregistreringene. Stasjonene måler kun nedbør pr. døgn og ikke pr. time.
- Vannmetningsgraden er kun en simulert verdi med HBV modellen som ikke tar hensyn til for eksempel lokal løsmassegeologi.

5 Valg av klimatiske terskelverdier for vurdering av skredfare under anleggsperioden

Når man skal velge terskelverdier er det nødvendig å vurdere hvilken sannsynlighet for skred man kan akseptere, og hvilke vær-situasjoner som kan skape denne sannsynligheten. Når man skal vurdere risiko må man også tenke på hvilke konsekvenser skredet kan påføre. I dette tilfelle er det varslingsfor anleggsarbeidere som skal bygge en ledevoll på skredviften på oversiden av vegen. Dette betyr at anleggsarbeiderne skal oppholde seg i områder med større skredsannsynlighet, både i forhold til at de oppholder seg lenger oppe i skredløpet, og at de har lang eksponeringstid for å bli tatt av skred under arbeid. Konsekvensene vil være tap av menneskeliv hvis noen skulle bli truffet av et skred. Dette medfører at kravet til akseptabel risiko vil være vesentlig høyere sammenlignet med en trafikant som kjører på en veg.

Basert på værdata ved tidligere skredhendelser er det i dette notatet foreslått å bruke følgende terskelverdier for varslingsfor flomskred under anleggsperioden:

Scenario 1:

Når lokale områder i nærheten av vær-stasjonene får en **vannmetningsgrad på 80 - 90 %**, brukes følgende terskelverdier for nedbør og snøsmelting:

- o 40 mm pr. 1 døgn
- o 80 mm pr. 3 døgn

Det anbefales sterkt at det opprettes en nedbørmåler rett ved skredløpet som måler nedbør pr. time. Får man timeregistreringer, gjelder følgende terskelverdier:

- o 7 mm pr. time
- o 18 mm pr. 6 time

Scenario 2:

Dette scenariet brukes hvis det plutselig inntreffer lokal ekstrem nedbør, og eventuell brå snøsmelting (som ikke har blitt fanget tilstrekkelig opp av værvarselet) når jorda mer eller mindre er tørr fra før:

- o 10 mm pr. time
- o 26 mm pr. 6 timer
- o 60 mm pr. døgn
- o 120 mm pr. 3 døgn

Det vurderes at disse verdiene burde gi høy nok sikkerhet i betraktning av det risikonivået arbeiderne utsettes for, men siden vi har lite erfaring med å varsle flomskred, må verdiene bli brukt med forsiktighet i første omgang. Arbeiderne utsettes for størst risiko når de arbeider på toppen av vollen. Risikoen vil være en god del mindre nede ved sedimentasjonsbassenget. I perioder der man er usikker på om det er akseptabelt og arbeide ved toppen av vollen, kan man fortsette arbeidet nede ved sedimentasjonsbassenget. Dette for å forhindre at anleggsvirksomheten blir avbrutt i tvilstilfeller. Det er viktig at både byggherre og entreprenør hele tiden selv gjør lokale vurderinger når vanntilførselen begynner å øke i skredområdet.

6 Varslingsprosedyre

1. Entreprenøren må daglig følge med på neste dags prognose for vanntilførsel(nedbør, snøsmelting), og vannmetningsgrad på <http://www.xgeo.no/>. Entreprenør og byggherre må få opplæring i bruk av dette verktøy ved behov. Nedbørsmålinger leses for eksempelvis av kl. 0700 hver morgen. Målingene kan også fås av metrologisk institutt på direkte forespørsel. Observasjonsrutinene bør kunne økes i frekvens i spesielle situasjoner med stor nedbørintensitet.
2. Det bør lages en egen varslingsliste med alle aktuelle navn og telefonnummer for alle involverte parter/personer i skredfarevarslingen. Byggeleder er ansvarlig for dette. En bemanningsplan og tidsplan må også sørge for kontinuerlig beredskap og oppfølging av skredfaren når det er anleggsaktivitet.

7 Ansvarsfordeling for skredvarsling under anleggsperioden

Byggherre SVV tar ansvar for en overvåking og varsling av skredfare. Ved tvil diskuterer byggherren skredfaren etter avtale med skredsakkyndige som også vil følge opp værforholdene ved anlegget. Restriksjoner diskuteres fortløpende med entreprenøren(e) dersom skredfarlige situasjoner oppstår. Vakthavende meteorolog bør også kontaktes ved utrygge værprognoser.

Entreprenørene har likevel et selvstendig ansvar for HMS og sikkerhet for egne arbeidere på anlegget etter gjeldende regler, og må derfor også følge med på evt. skredfareutvikling og behov for restriksjoner. Daglig loggføring er nødvendig dokumentasjon.

Entreprenørene må også forholde seg til beskjed som gis fra byggherren angående faren for skred, og må avbryte arbeidet eller innføre andre restriksjoner så snart byggherren finner skredfaren uakseptabel stor. Statens vegvesen oppnevner en ansvarlig (normalt byggeledelsen) som har direkte kontakt mot entreprenørene i denne saken.

8 Oppsummering/Konklusjon

Det er mange usikre faktorer som legges til grunn når de klimatiske terskelverdiene skal vurderes. En av de største utfordringene er det kan oppstå lokale store nedbørsmengder som ikke har blitt fange opp av værvarselet. Dette vil medføre at prognosen for både nedbør og vannmetningsgrad i jorda også blir feil. Skredområdet ved Renninganeset er noe spesielt på grunn av at den store gryta kan gi stor vanntilførselen til bekkeløpet i løpet på meget kort tid. Det er derfor spesielt viktig at man er oppmerksom på de potensielle feilkildene i værprognosene, samt lokale topografiske forhold.

De valgte terskelverdiene i dette tilfelle er en god del lavere enn de observerte klimadataene når skredene gikk. Men på grunn av den store risikoen arbeiderne utsettes for under arbeid og usikkerheten som ligger i de lokale forholdene, er det naturlig at terskelverdiene reduseres en god del.

I perioder der man er i tvil om skredfaren er for høy til at man kan fortsette arbeidet, kan et tiltak være å forflytte arbeidet ned til sedimentasjonsbassenget, der det er langt tryggere forhold.

Referanser

Norem, H; Sandersen, F(2013): Flom – og sørpeskred – høringsutgave, Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo. 2013.

Statens vegvesen(2012): Byggherrens beredskapsplan ved naturfare – driftskontrakt Indre Nordmøre - høringsutgave, Region midt.2012.