

Skredevaluering ved Urdanaset i Stongfjorden, Askvoll kommune



Even Vie og Oliver Queck
Stavanger

09.12.2012



Skredevaluering ved Urdanaset i Stongfjorden, Askvoll kommune

	10.12.2012	Godkjent		EA	EA	EA	EA	EA
Rev_02	08.12.2012							
Rev_01	07.12.2012							
Revisjon	Leveransedato	Resultatskildring		Resp.	Verif.	Disk.	App.	Prosjektapp.
Klient:		Kontraktnr.:		Kontraktør:				
				Sunnfjord Geo Consulting AS				
Dokumenttype:		Prosjektfase:		Klassifisering:				
Skredevaluering								
Prosjekt nr:	Prosjektittel:			Dokumentnummer:				
2012-10-017	Skredevaluering ved Urdanaset i Stongfjorden, Askvoll kommune							
Disiplin:	Dokumenttype:	Område:	System:					
Geologi	Rapport	Stongfjorden, Askvoll kommune						
Dokumentittel:								
Skredevaluering ved Urdanaset i Stongfjorden, Askvoll kommune								
Dokumentnr.:					Rev.:		Sider:	
					Godkjent		33	



Sunnfjord Geo Consulting AS

v/Dagleg leiar Synne Lindgren Alsaker
Villabyen 3
6984 Stongfjorden

Telefon: +47 928 92 969
E-post: synnlin@online.no
einals@online.no
Organisasjonsnr.: 998 899 834 MVA

Prosjektinformasjon

Prosjekt: 2012-10-017
Dokumenttittel: Skredevaluering ved Urdaneset i Stongfjorden, Askvoll
kommune
Dato: 09.12.2012

Oppdragsgjevar

Oppdragsgjevar: Askvoll kommune
Kontaktperson: Kjersti Sande Tveit
Telefon: 577 30 708
Sentralbord: 577 30 730
E-post: Kjersti.Sande.Tveit@Askvoll.kommune.no

For Sunnfjord Geo Consulting AS

Rapport utarbeidd av: Even Vie (Geolog – Sign.)

Rapport godkjend av: Einar Alsaker, Seniorgeolog/Fagleg rådgjevar
Atle Nesje, Seniorgeolog/Fagleiar

Dato	Forfatter	Forfatter sin signatur
06.12.2012	Even Vie	(Sign.)
Revisjon		Forklaring
Einar Alsaker		Godkjent
Atle Nesje		Godkjent
Samandrag:		
<p>Sunnfjord Geo Consulting AS (SGC) har utført ei skredfareevaluering for eit planlagd hyttefelt ved Urdanaset i Stongfjorden, Askvoll kommune.</p> <p>Hyttefeltet utgjør eit areal på om lag 35 mål, og ligg på sørsida av fjorden, om lag 1 km vest for fjordbotnen. Området har eit typisk maritimt klima, med milde vintrar og relativt høg årsnormal for nedbør (2920 mm gjennom 1900-talet). Klimaprognosar for området viser at temperatur og nedbørsmengd vil auke fram mot 2100. Berggrunnen består av mangerittsyenitt og er dekkja av morenejord.</p> <p>Utløpsdistansen til eventuelle ras frå fast fjell er modellert ved hjelp av to enkle matematiske modellar; alfa-beta-metoden og høgde/lengde-metoden. Resultata herifrå vart nytta som supplement til observasjonar gjort i felt.</p> <p>Lausmassedekket i området er vurdert så stabilt og dreneringa så god at faren for jordskred, massestraum og flomskred her vert vurdert som liten. I samband med eit grunt elveløp er eit mindre parti av undersøkingsområdet utsett for massestraum, flaumskred, flaum og sørpeskred. Topografien her tilseier likevel at dette ikkje utgjør noko trugsmål mot det planlagde hyttefeltet. Dersom større deler av området skal regulerast for utbygging i framtida vert sikring av dette elveløpet tilrådd.</p> <p>Det er ikkje observert skredmateriale i undersøkingsområdet. Supplert med resultat frå matematiske modellar og eigne vurderingar av topografien i felt vert området på bakgrunn av dette vurdert som trygt for steinsprang, steinskred og fjellskred.</p> <p>Faren for snøskred er ut frå klimadata og vegetasjon også vurdert som liten.</p> <p>Skredfareevalueringa er utført etter NGU og NVE sine standardar for skredevaluering. Feltarbeidet vart utført 14.11.2012 av Even Vie og 01.12.2012 av Even Vie og Oliver Queck.</p>		

Innholdsliste

1	Innleiing.....	1
2	Områdeskildring	3
2.1	Plassering	3
2.2	Topografi, drenering og vegetasjon	3
2.3	Vêr og klima	4
3	Geologi.....	9
3.1	Berggrunnsgeologi.....	9
3.2	Lausmassar.....	10
4	Aktsemdskart og tidlegare skredhendingar.....	11
4.1	Aktsemdskart for steinsprang og snøskred	11
4.2	Tidlegare skredhendingar.....	13
5	Modellering av utløpsdistansen til skred.....	14
5.1	Alpha-beta-metoden.....	14
5.2	Høgde/lengde-forholdet	17
6	Skredfarevurdering.....	20
6.1	Vurdering av skredfare	20
6.2	Årsaker til skred.....	20
6.3	Jordskred, massestraum (engelsk: 'debris flow') og flaumskred	20
6.4	Ras frå fast fjell.....	23
6.5	Snøskred.....	25
7	Føreslåtte sikringstiltak	28
7.1	Generelt.....	28
7.2	Sikringstiltak.....	28
8	Risiko- og sårbarheitsanalyse.....	29
9	KonklusjonAR.....	30
10	Referansar	32

1 INNLEIING

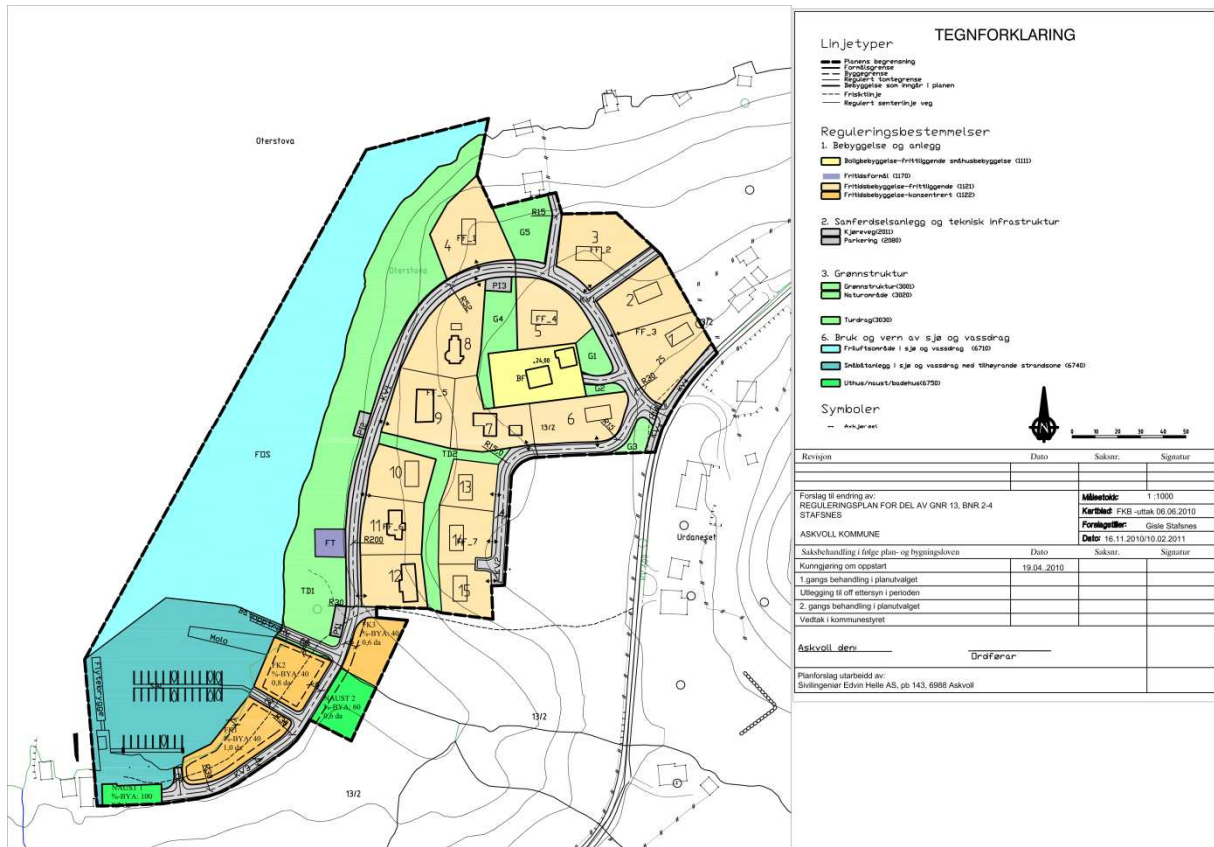
Sunnfjord Geo Consulting AS (SGC) har fått i oppdrag å gjere ei skredevaluering ved eit eksisterande hyttefelt som er planlagt utvida, ved Urdaneset i Stongfjorden, Askvoll kommune. Vi har gjort ei heilskapleg vurdering av risikoen for jordskred, massestraum, skred frå fast fjell, snøskred og sørpeskred i dette området.

Feltarbeid vart utført 14.11.2012 og 01.12.2012, og resultatane herifrå er supplert med informasjon frå <http://www.skrednett.no>, som er ein felles internettdatabase for skred, utarbeidd av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i samarbeid med Norges geologiske undersøking (NGU), Statens vegvesen, Jernbaneverket og Forsvarets militærgeografiske teneste. I tillegg er det henta klimadata frå Meteorologisk institutt sine tenester på internett, <http://www.met.no>, <http://www.eklima.met.no>, <http://www.yr.no> og <http://www.senorge.no>. Kartdata er henta frå Statens kartverk, Det Norske Kartselskap AS og NGU. Det er også teke omsyn til samtalar med lokalbefolkning under utarbeidinga av denne skredevalueringa.

I høve til Føreskrift om tekniske krav til byggverk, kap. 7, § 7-3 (Direktoratet for byggkvalitet, 2012), vert private feriebusstader definert under sikkerheitsklasse 2 (S2), som omfattar tiltak der eit skred vil føre til middels konsekvensar. Føreskriftene tilseier at rassikring bør gjennomførast dersom største nominelle årlege sannsyn for skred overskrider 1/1000. Det vil seie, ein skredfrekvens som er større enn eitt ras per 1000 år. For S2 skal sikringstiltak også gjennomførast dersom største nominelle årlege sannsyn for flaum og stormflo overskrider 1/200.

Til hjelp i arbeidet har vi nytta oss av den såkalla alpha-beta-metoden, for å matematisk modellere utløpsdistansen til eventuelle snøskred og steinsprang. Ein enklare modell, H/L-metoden, har også blitt nytta til dette. Vi har også fylt ut eit skjema for risiko- og sårbarheitsanalyse (ROS) i området.

Berre dei geologiske aspekta ved skredfarevurderinga vert her omtala. Dersom skredfare vert påvist i undersøkingområdet, vil SGC føreslå sikringstiltak mot skred. Dette er berre eit forslag frå vår side, og endeleg val og dimensjonering/prosjektering av sikringstiltak må utførast av aktørar som har godkjenning for denne type arbeid. SGC vil likevel vidare i ein slik prosess kunne bidra med rådgjeving kring dei geologiske tilhøva, dersom dette er ønskeleg frå oppdragsgjevar si side.

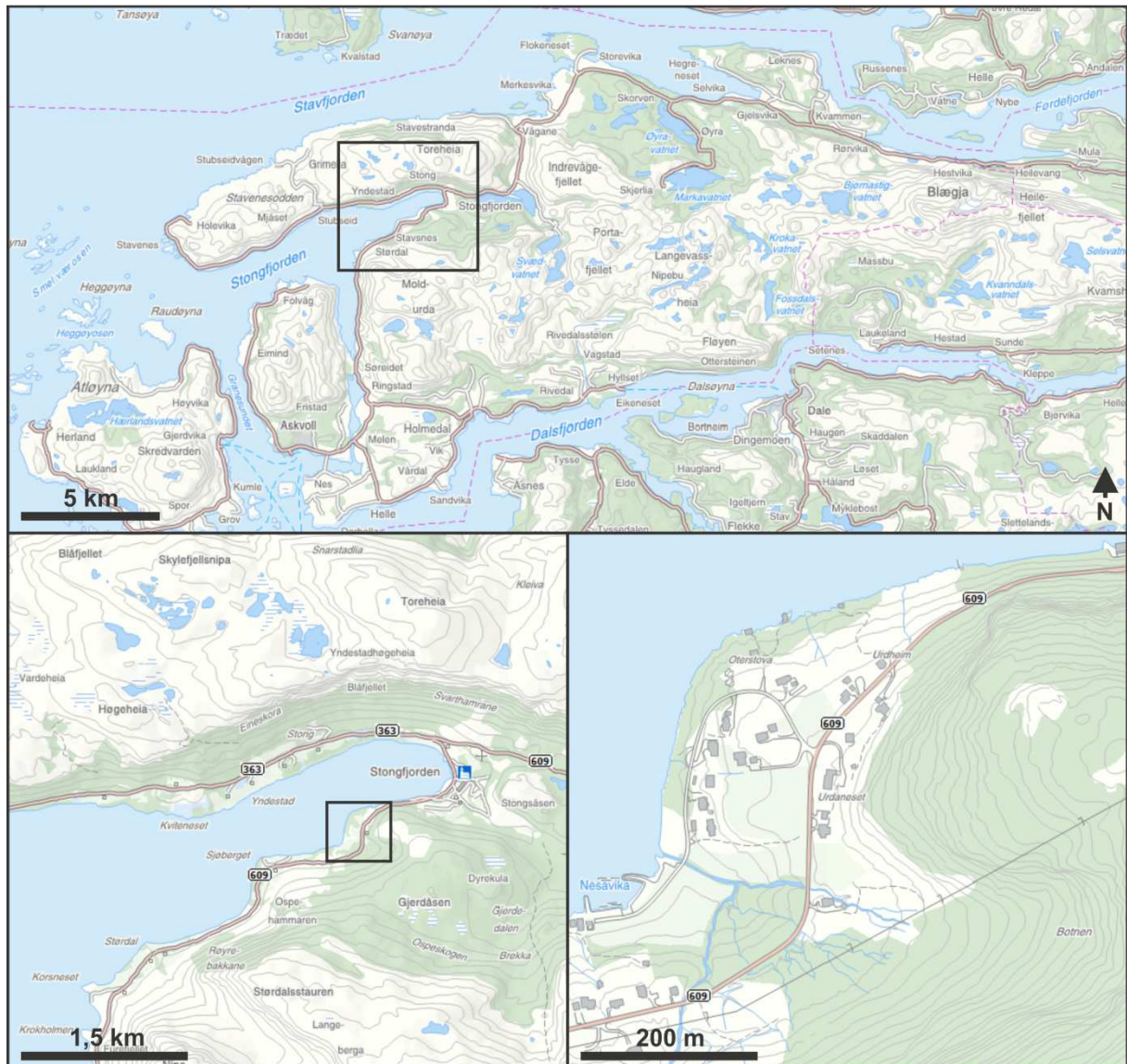


Figur 1: Kart over området som skal regulerast for hyttefelt. Kjelde: Askvoll kommune.

2 OMRÅDESKILDRING

2.1 Plassering

Undersøkingssområdet ligg på sørsida av Stongfjorden, i Askvoll kommune, om lag ein kilometer vest for fjordbotnen og sentrum i Stongfjorden (Figur 2). Hyttefeltet utgjer eit areal på om lag 35 mål, på vestsida av Urdaneset, inn mot Nesavika.



Figur 2: Undersøkingssområdet ligg på sørsida av Stongfjorden, om lag ein kilometer frå fjordbotnen i aust. Kart frå Det Norske Kartelskap AS.

2.2 Topografi, drenering og vegetasjon

Urdaneset ligg ved ein fjordterskel i Stongfjorden, ein stad der fjorden er relativt grunn. Utanfor undersøkingssområdet er djupna om lag 40 m. Rett i overkant av undersøkingssområdet

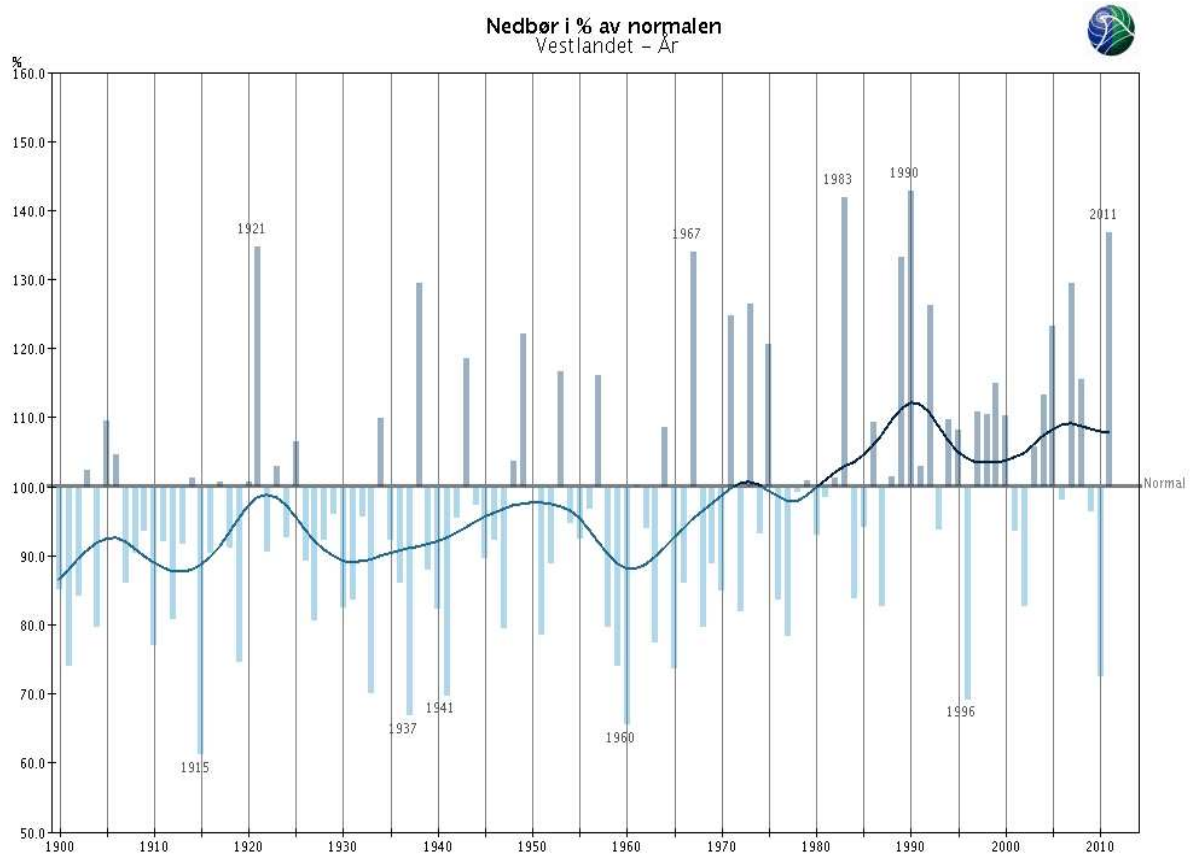
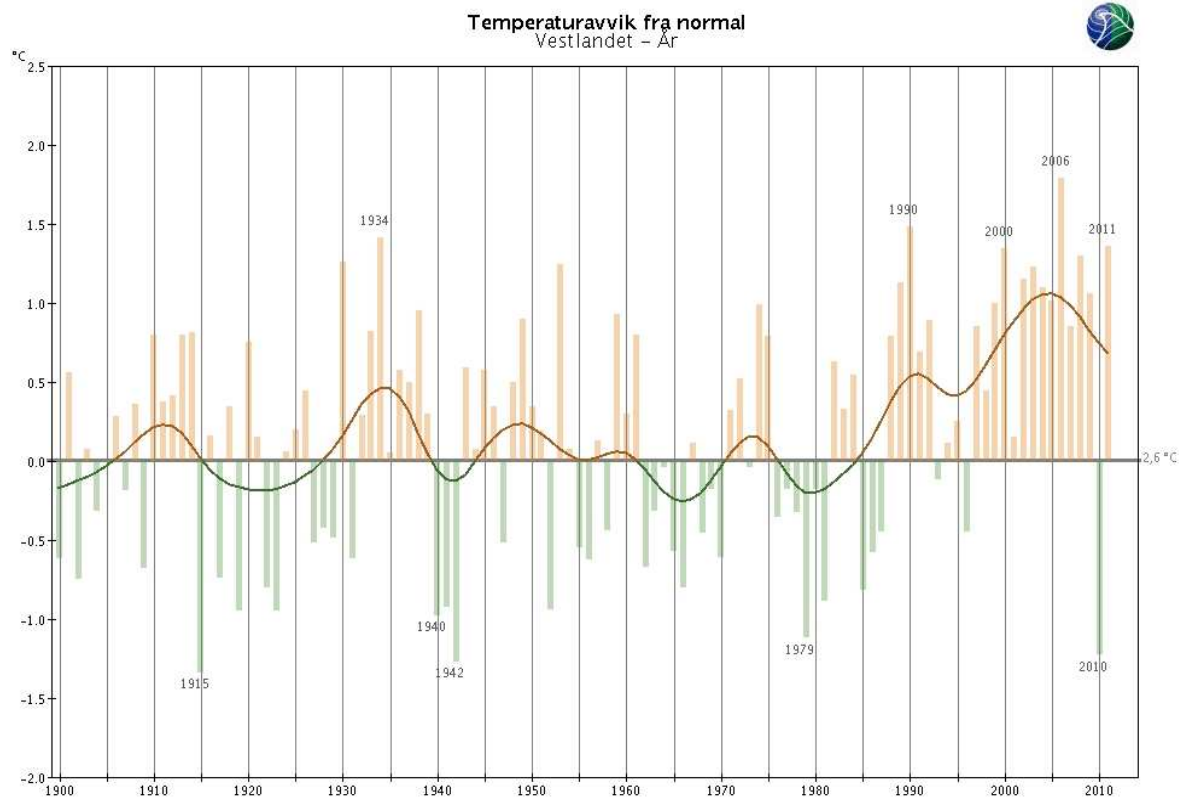
ligg Gjerdeåsen (242 m o. h.) og området er elles omkransa av Størdalsstauren (532 m o. h.) i sørvest, Langeberga (599 m o. h.) og Fanafjellet (722 m o. h.) i sør og Skålefjellet (767 m o. h.) i søraust. Midt i undersøkingsområdet munnar Kvielva ut (Figur 3), som drenerer fleire mindre elver i skogområdet ovanfor (Figur 2). Tomtene som skal vurderast er plassert på dyrka mark, og blanda lauvskog pregar området elles.



Figur 3: Kvielva deler det oppdyrka undersøkingsområdet i to, og utgjør hovuddreneringa frå eit relativt stort fjellområde ovanfor. Biletet er teke mot nordvest.

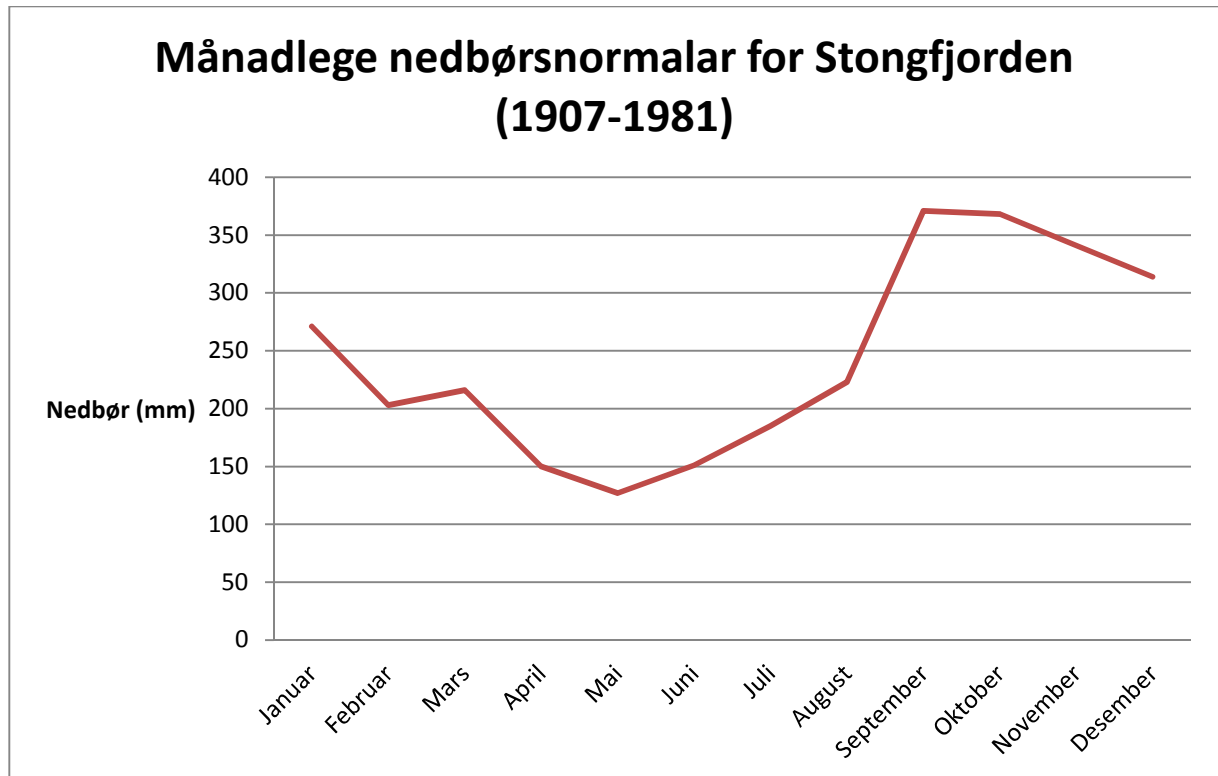
2.3 Vêr og klima

Klimastatistikk: Nedanfor følgjer Meteorologisk institutt sin statistikk over klimautviklinga på Vestlandet frå 1900 og fram til i dag (Figur 4). Ein ser at den gjennomsnittlege middeltemperaturen har stege meir eller mindre jamt sidan 1980 og nådde førebels maksimalverdi i 2006. Nedbørsmengda har også stege dei siste tiåra.



Figur 4: Langtidsstatistikk for årleg normaltemperatur og –nedbør for heile Vestlandet frå 1900 til 2011. Kurvene er utjamningar over 10 år. Kjelde: Meteorologisk institutt.

Meteorologisk institutt hadde ein operativ vêrstation i Stongfjorden (stasjon 5708, 3 m o. h.) i perioden 1907-1981. Frå denne har vi temperatur- og nedbørnormalar i området (Figur 5). Sidan datamaterialet strekk seg over ein periode over 30 år, som er det statistiske minsteintervallet for klimamålingar, gjev dette ein peikepinn på klimaet i området gjennom 1900-talet.



Figur 5: Temperatur- og nedbørnormalar frå Meteorologisk institutt sin målestasjon i Stongfjorden (3 m o. h.) frå perioden 1907-1981. Årsnormalen for denne perioden var 2920 mm.

Klimaprognosar: Dei fleste klimamodellane byrjar å gje rimeleg pålitelege data om global vêr- og klimautvikling både i fortid, notid (og dermed truleg også i framtid), men modellane har framleis store uvisser, spesielt på regional og lokal skala. Likevel bør ein ta høgde for dei mange resultata som antyder ei global oppvarming, med påfølgjande lokale klimatiske endringar. For skredevaluering er det først og fremst snømengde og ekstremnedbør i form av regn og dermed vassavrenning som er avgjerande med tanke på stabilitet til snø og jordsmonn.

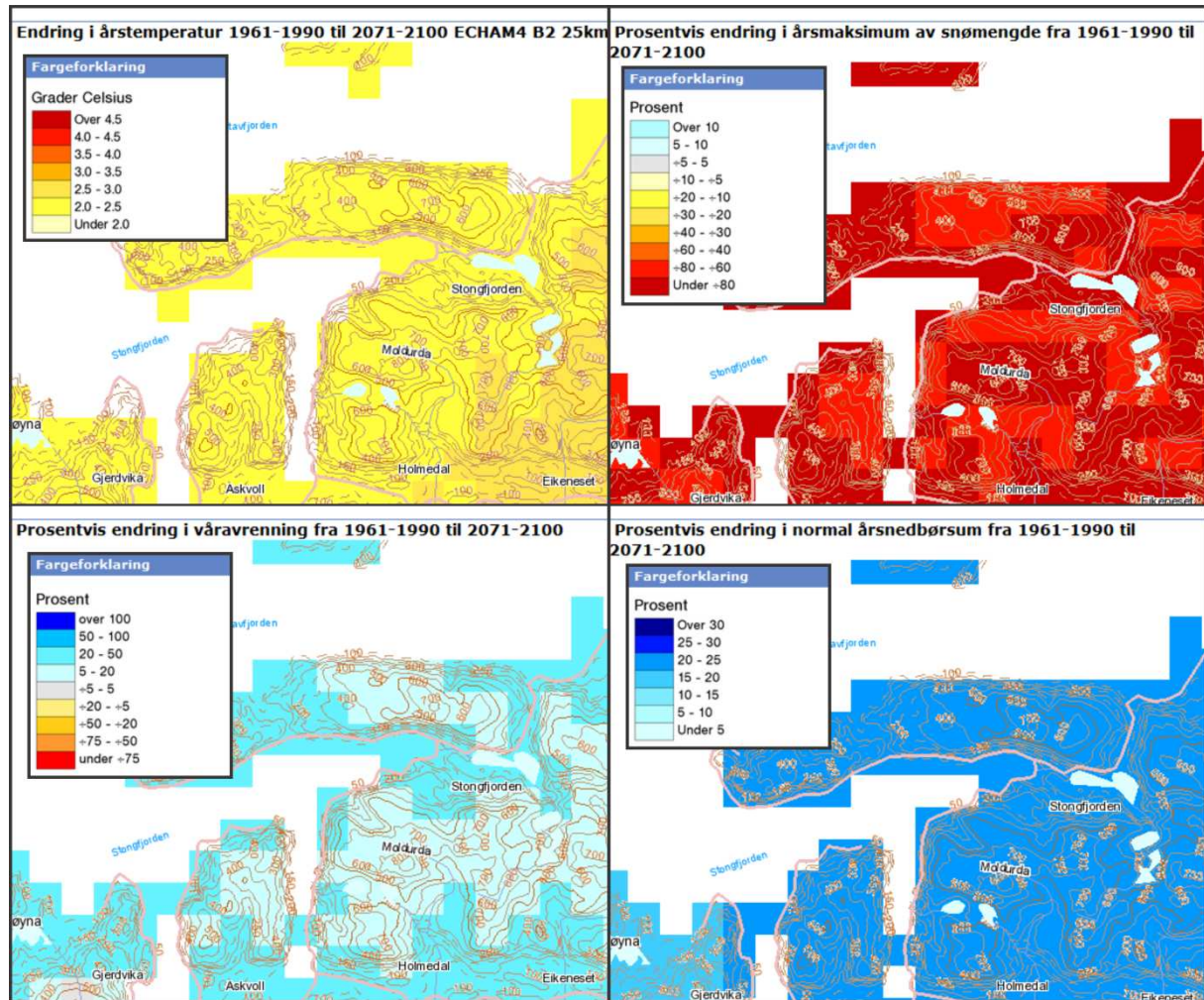
Miljøverndepartementet har offentleggjort prognosar for klimautvikling i Sogn og Fjordane for dei neste 100 år. Det kjem her fram at det truleg vil verte hyppigare tilfeller av intens nedbør i fylket, og både gjennomsnittstemperatur og havnivå vil stige. Generelt kan ein seie at

det er fare for jord- og steinras når det kjem meir enn 8% av normal årsnedbør i løpet av eit døgn, og når det kjem meir enn 5% av den normale årsnedbøren i løpet av eit halvt døgn. Samanstilt med klimaprognosane tyder dette på at det på Vestlandet vil bli til dels sterk auke i skredfrekvens. Flaum og skred kan også opptre på stader som ikkje tidlegare har vore utsette og flaumsesongen kan verte endra, også i fjella (<http://www.regjeringen.no/nn/dep/md>).

Norsk klimasenter er eit fellesprosjekt mellom Bjerknessenteret og Meteorologisk institutt, som har lansert følgjande prognosar i klimaendring for Vest-Noreg for perioden mellom 1961-90 og 2071-2100:

	Gj.snitt	Lågt estimat	Høgt estimat
Temperatur (°C)			
År	+3,1	+1,9	+4,2
Vår	+3,1	+1,8	+4,3
Sommar	+2,3	+1,2	+3,5
Haust	+3,2	+2,2	+4,3
Vinter	+3,8	+2,3	+5,4
Nedbør (%)			
År	+22	+3	+36
Vår	+26	+7	+45
Sommar	+10	-11	+26
Haust	+28	+1	+44
Vinter	+22	+7	+40

Meteorologisk institutt har i dag operative målestasjonar på Fureneset i ytre Fjaler, i Florø og på Tefre i Førde. Desse stasjonane har mellom anna bidrege med datagrunnlag for klimaprognosar for framtida. Ved hjelp av den globale klimamodellen *HadAM3H*, tilpassa lokale forhold, er det blitt utarbeidd ein prognose for endring i årstemperatur frå den klimatiske perioden 1961-1990 til 2071-2100 (30 år vert rekna som eit klimatisk intervall). Denne viser at årstemperaturen i Stongfjorden vil stige med 2,0-2,5 °C. Det er også gjort modelleringar med modellen *ECHAM4/OPYC3* ved Max-Planck-Institutut für Meteorologie, i Tyskland, for klimaendringar som følgje av auka utslipp av drivhusgassar i atmosfæren. Resultata her viser at årsmaksimum av snømengde kan minke meir enn 80 % i det undersøkte området frå klimaperioden 1961-1990 til klimaperioden 2071-2100. Den same modellen har rekna ut at våravrenninga i den same tidsperioden kan auke med 20-25 % i området og at normal årsnedbør kan auke med 25-30 % i heile området.



Figur 6: Ved hjelp av ulike klimamodellar er det blitt utarbeidd prognosar for klimaendring frå perioden 1961-1990 til 2071-2100. a: Endring i årstemperatur. Vi ser at Stongfjorden vil få ei temperaturauke på 2,0-2,5 °C. b: Endring i snømengde. Årsmaksimum for snømengde vil minke med meir enn 80 % i følgje modelleringa. c: Endring i våravrenning. Denne vil auke med 20-25 % ved Urdaneset, og noko mindre i området rundt. d: Normal årsnedbørsum. Denne vil auke med 25-30 % i perioden frå 1961-1990 til 2071-2100. Kjelde: <http://www.senorge.no>.

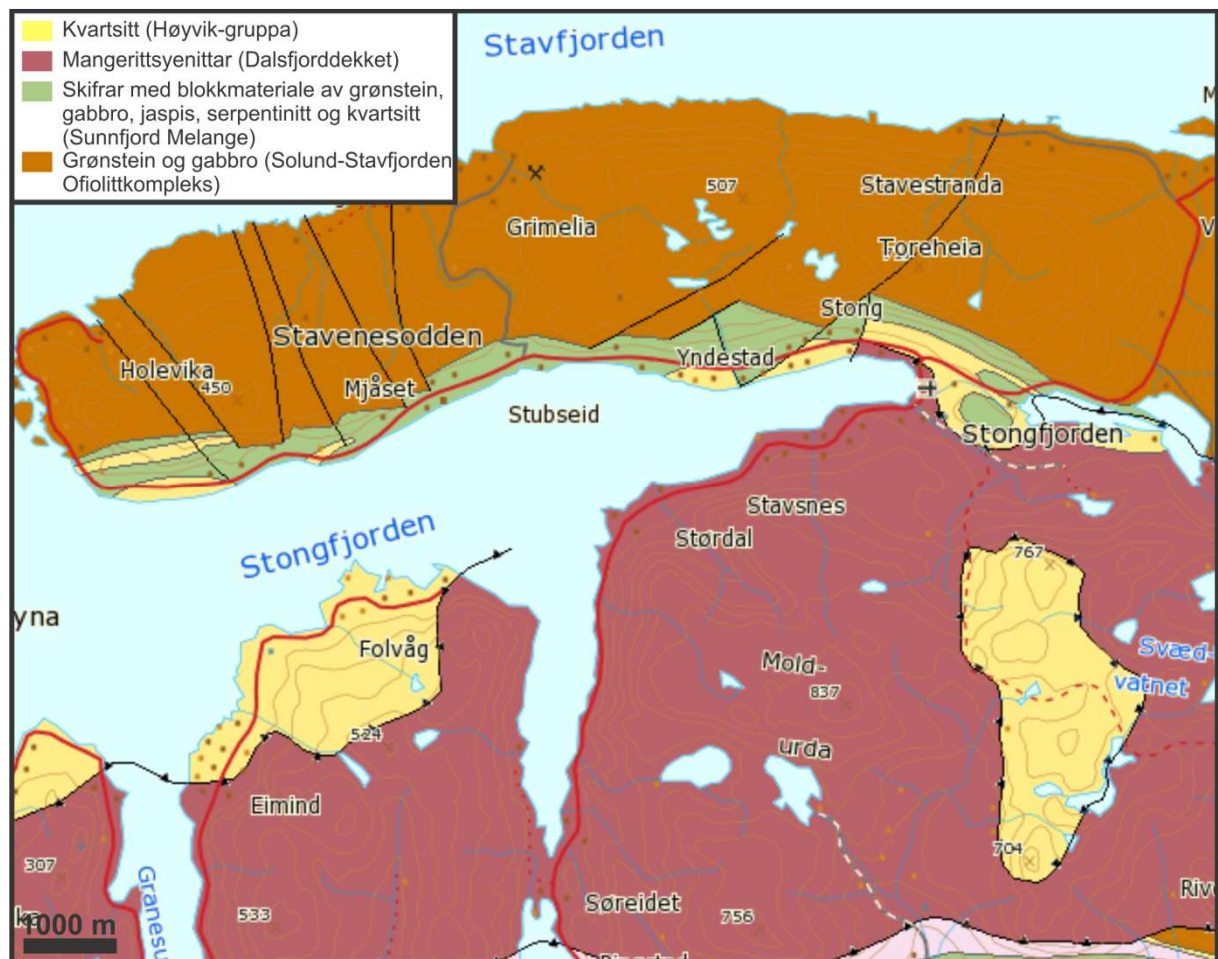
Med auke i global temperatur følgjer også ei auke i globalt havnivå, grunna blant anna issmelting og termisk ekspansjon av verdshava. Sidan 1880-åra har havet stege med om lag 22 cm, og stig i dag med ein rate på 3 mm i året (Church & White, 2011). Bjerknessenteret for klimaforskning har laga ein prognose på framtidige havnivåendringar langs vestlandskysten med tanke på stormflo. Denne viser at den maksimale auken i relativt havnivå fram mot år 2100 vil ved stormflo vere mellom 223 og 278 cm i Askvoll kommune (Vasskog m. fl., 2009).

Kommune	År 2050 relativt til år 2000			År 2100 relativt til år 2000		
	Land-heving i cm	Utrekna havstiging i cm (m/usikkerheit)	100-årsstormflo (m/usikkerheit)	Land-heving i cm	Utrekna havstiging i cm (m/usikkerheit)	100-årsstormflo (m/usikkerheit)
Askvoll	10	21 (13-35)	189 (181-203)	20	70 (50-105)	243 (223-278)

3 GEOLOGI

3.1 Berggrunnsgeologi

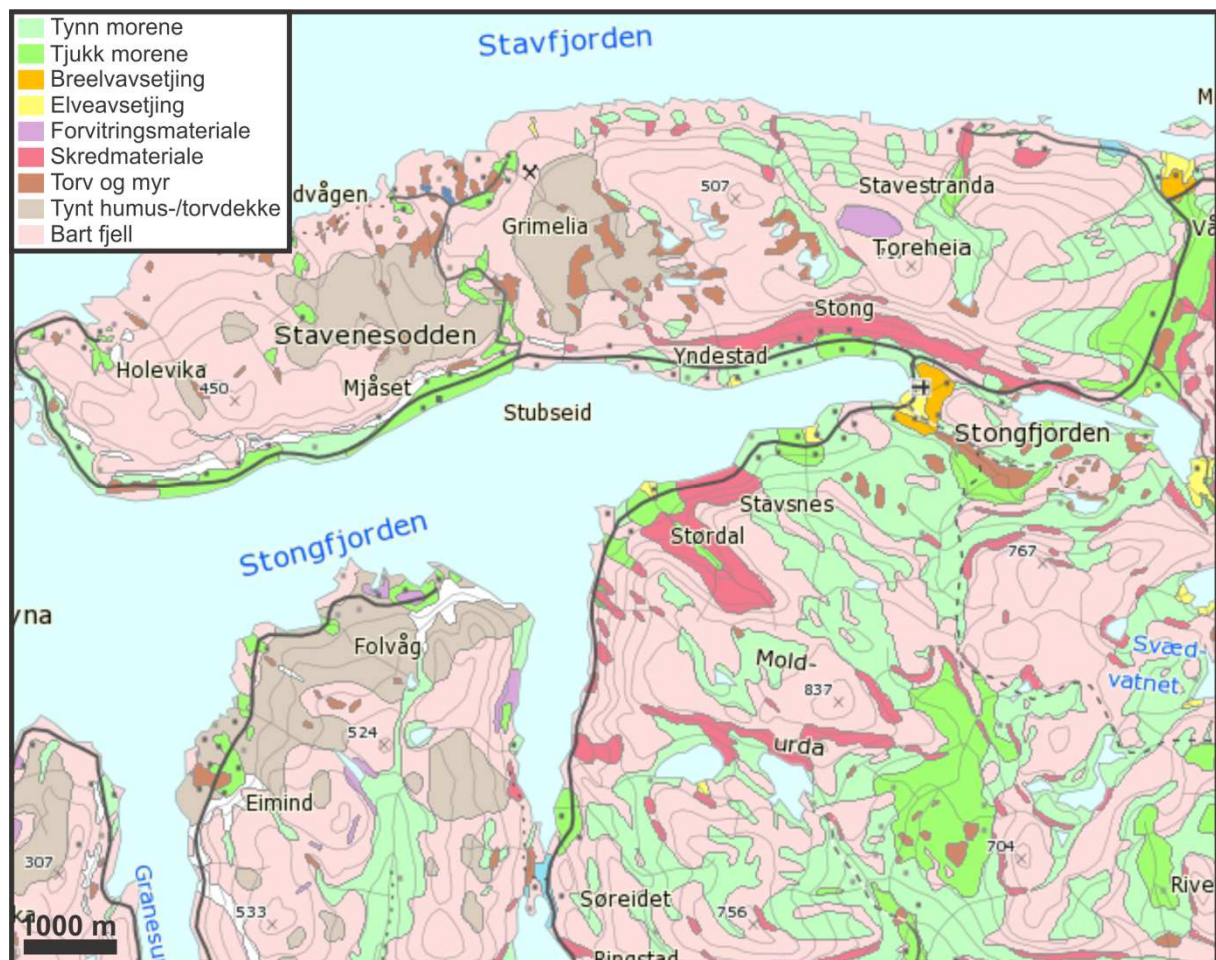
Berggrunnen ved sørsida av Stongfjorden og Urdanaset består av mangerittsyenittar. Dette er ein størkningsbergart som utgjer ein del av Dalsfjorddekket (Torsvik m. fl., 1992). Bergartane i Dalsfjorddekket vart danna under den Grenvilliske orogenesisen (fjellkjededanning) for om lag 1100 millionar år sidan, i tida kalla Proterozoikum. Under den seinare kaledonske orogenesisen, for 500-350 millionar år sidan, vart Dalsfjorddekket skjøve over yngre bergartar, derav namnet "dekke". I sør er denne geologiske eininga avgrensa av Dalsfjordforkastinga, som kan sjåast i nedre del av (Figur 7). Utover denne er der ingen større forkastingar i direkte nærleik til Urdanaset. Mangerittsyenittane i området er stadvis lagdelt, men har jamt over ei stabil samansetjing.



Figur 7: Berggrunnskart over Stongfjorden frå NGU. Ved Urdanaset består berggrunnen av mangerittsyenitt av grenvillisk alder. Dette er ein del av Dalsfjorddekket, som dominerer størsteparten av berggrunnen mellom Stongfjorden og Dalsfjorden.

3.2 Lausmassar

Som for resten av Vestlandet er landskapet og topografien i Stongfjorden prega av siste istid og tilbaketrekkinga av brefronten mot slutten av denne, for om lag 12 000 kalenderår sidan. NGU har kartlagd eit tynt morenedekke over Urdaneset (Figur 8). I fjellområda rundt er det stort sett kartlagd bart fjell og forvitningsmateriale. Det førekjem også skredmateriale i liene ned mot fjorden, men ikkje innanfor sjølve undersøkingsområdet, i følgje kartet. Fordi landet var nedpressa under tyngda på innlandsisen under siste istid stod det relative havnivået langs norskekysten høgare enn i dag. Ein finn derfor ofte marine sediment, som silt og leire, opp til høgaste tidlegare havnivå. Dette nivået vert kalla marin grense. Marin grense ved Urdaneset er i følgje SGC si tolking (basert på Aa & Sønstegaard, 2001) 25 m o. h., på nivå med fylkesveg 609. Figur 8 viser at NGU ikkje har kartlagd marine sediment i dette området, men det vil krevjast grundigare synfaring i felt for å kunne stadfeste eller avkrefte dette (kap. 6.3).



Figur 8: Lausmassekart over Stongfjorden utarbeidd av NGU. Tynt morenedekke pregar Urdaneset, medan det i fjellområda rundt stort sett er bart fjell og forvitningsmateriale. Det er ikkje kartlagd skredmateriale innanfor undersøkingsområdet.

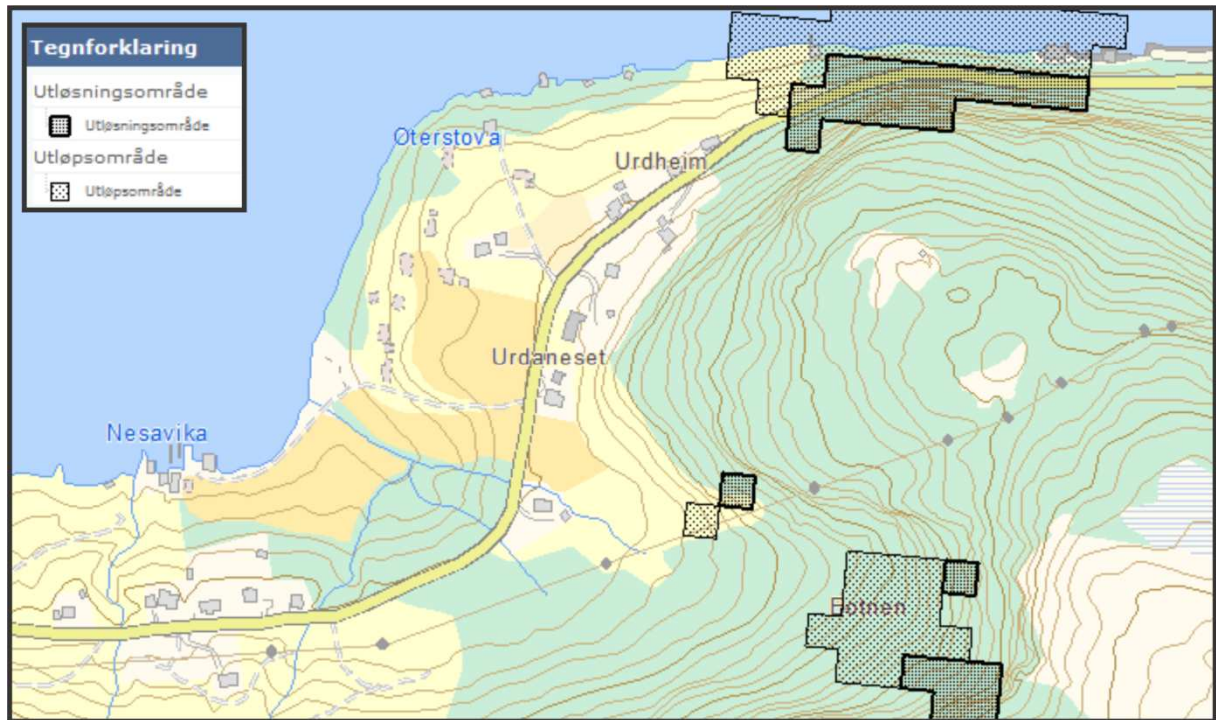
4 AKTSEMDSKART OG TIDLEGARE SKREDHENDINGAR

4.1 Aktsemdskart for steinsprang og snøskred

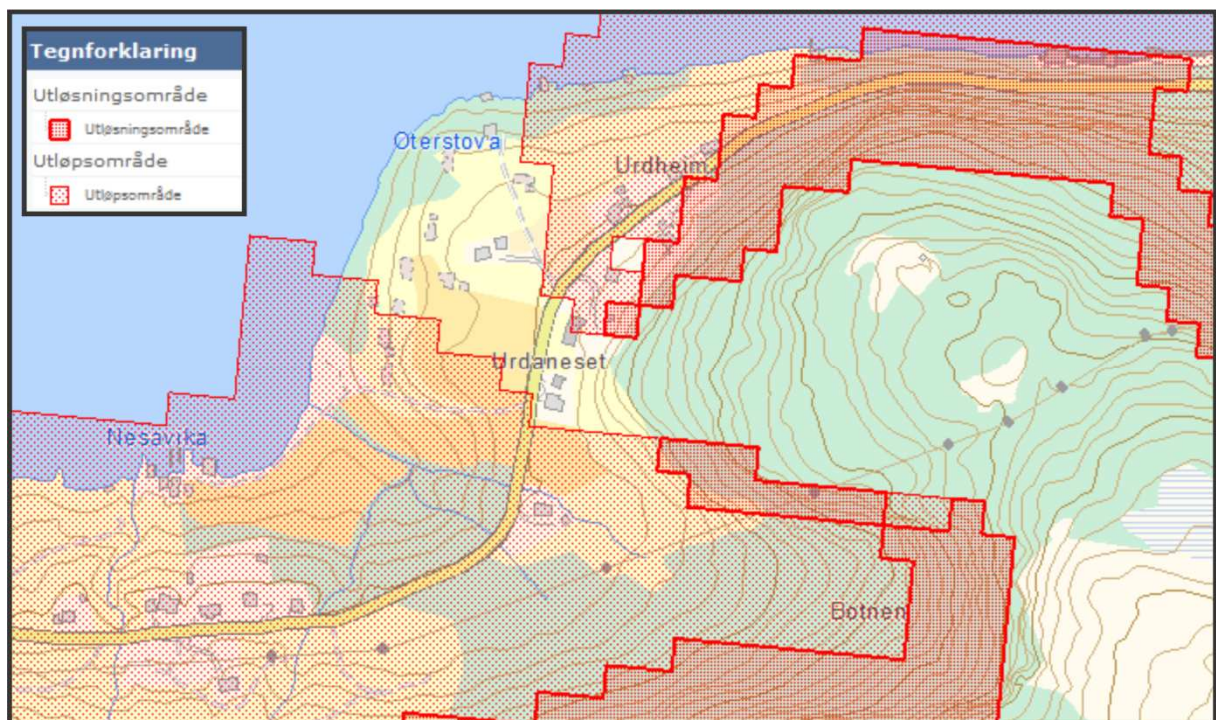
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) er ansvarlig for aktsemdskart for steinsprang og snøskred på <http://www.skrednett.no>, men tenesta er utarbeidd av Norges geologiske undersøkelse (NGU) som forvaltar den nasjonale skreddatabasen, i samarbeid med Statens vegvesen, Jernbaneverket og Forsvarets militærgeografiske tjeneste.

Aktsemdskarta for steinsprang og snøskred viser potensielle utløysingsområder (kjeldeområder) og utløpsområder (rekkevidda av potensielle skred). Karta er utarbeidd ved bruk av ein datamodell som identifiserer moglege utløysingsområde for steinsprang og snøskred ut frå hellinga på fjellsida. For kvart utløysingsområde vert utløpsområdet for steinsprang og snøskred utrekna automatisk. Denne kartdatabasen er utelukkande basert på datamodellering og ingen feltobservasjonar er lagde til grunn. Viktige faktorar som klima, vegetasjon og berggrunn er det derfor ikkje teke omsyn til, og meir detaljerte faresonekart må derfor utarbeidast for å kunne seie noko om sannsynet for steinsprang og snøskred. Aktsemdskarta kan derfor ikkje brukast direkte i reguleringsplanar eller i byggesaker for å avgjere om eit areal/område tilfredsstillar krav til tryggleik mot naturfarar, jamfør *Føreskrift om tekniske krav til byggverk*, kap. 7, § 7-3 (Direktoratet for byggkvalitet, 2012). Karta gjev likevel ein god indikasjon på kvar topografien tilseier at ytterlegare undersøkingar bør gjennomførast.

Figur 9 viser aktsemdskartet for steinsprang i undersøkingsområdet. Utløysingsområdet (mørke felt på kartet) fortel kor skred kan oppstå, medan utløpsområdet (lysare felt) viser kor eventuelle skred vil kunne avsetjast (rekkevidda av skred). Av kartet går det fram at undersøkingsområdet med god margin ligg utanfor risikoområde for steinsprang. Figur 10 viser aktsemdskart for snøskred i området. Også her er utløysings- og utløpsområda markert med høvesvis mørk og lys farge. Aktsemdsområdet for snøskred dekkjer eit noko større areal og av kartet går det fram at den sørlege delen av undersøkingsområdet er innanfor potensielt utløpsområde for snøskred. Også på austsida av Urdaneset tilstøytter det eit faresonefelt av denne typen.



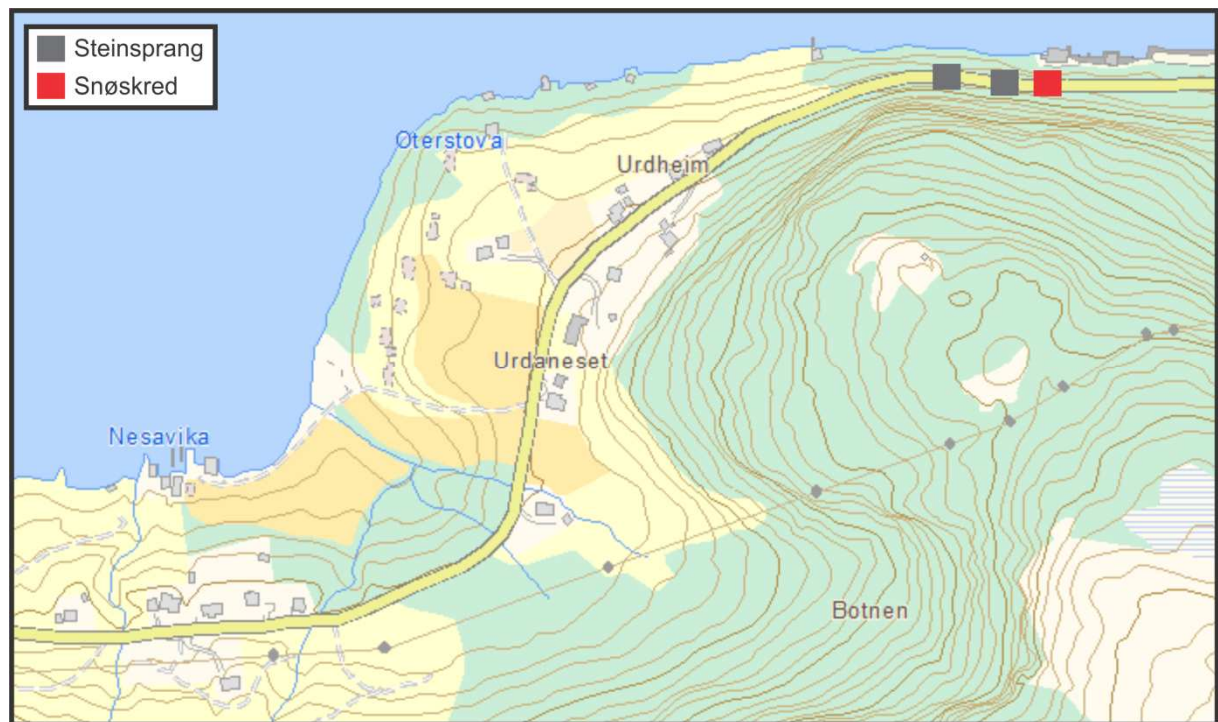
Figur 9: Aktsemdskartet for steinsprang viser at det er få potensielle utløsningsområder (mørkegrå felt) ovanfor Urdaneset. Utløpsområda (lysegrå felt) når derfor ikkje inn i undersøkingsområdet. Frå NVE m. fl. sin kartteneste på internett, <http://www.skrednett.no>. Ekvidistanse 5 meter.



Figur 10: Aktsemdskartet for snøskred. Ein ser av karta at det er større potensielle utløsningsområder for snøskred enn for steinsprang ved Urdaneset. Sørlegaste del av undersøkingsområdet er derfor innanfor det som er modellert som potensielle utløpsfelt for steinsprang. Frå NVE m. fl. sin kartteneste på internett, <http://www.skrednett.no>. Ekvidistanse 5 meter.

4.2 Tidlegare skredhendingar

NVE m. fl. sin nettdatabase viser også ein oversikt over registrerte skredhendingar i Noreg (<http://www.skrednett.no>). Her ser ein at Statens vegvesen har registrert to steinsprang (grå kvadrat) på fylkesveg 609 ved Stafnesura, mellom Urdaneset og Stongfjorden sentrum. Dette var i 1993 og 2002. I same området gjekk det eit mindre snøskred (raudt kvadrat) i 2010. Det er altså ikkje tidlegare registrert skred innanfor sjølve undersøkingsområdet.



Figur 11: Hendingskart for skred. Det er berre registrert tre skred i nærleiken av Urdaneset; to steinsprang (grå kvadrat) i 1993 og 2002 og eit snøskred (raudt kvadrat) i 2010. Alle gjekk på fylkesveg 609 i Stafnesura. Frå NVE m. fl. sin kartteneste på internett, <http://www.skrednett.no>. Ekvidistanse 5 meter.

5 MODELLERING AV UTLØPSDISTANSEN TIL SKRED

5.1 Alpha-beta-metoden

Det er vanleg å nytte seg av den såkalla *alpha-beta-metoden* ved kalkulering av utløpsdistansen til snø- og steinskred/-sprang (Derron, 2009). Det er blant anna tilsvarende modell Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) m. fl. har brukt til å gjere ei landsomfattande datamodellering av rekkevidda for skred, presentert på <http://www.skrednett.no>. SGC brukar ikkje datamodellar, men utfører desse kalkulasjonane manuelt. Fordelen med dette er at ein kan bruke kart med høgare oppløysing enn dei regionale karta som er brukte i aktsemdskarta på [skrednett.no](http://www.skrednett.no), og resultatet vert derfor meir nøyaktige. Alpha-beta-metoden tek ikkje omsyn til lokale faktorar som berggrunn, lausmassar, vegetasjon, klima og snøtypar, og bør derfor berre sjåast på som rettleiande i ei skredevaluering. Ein bør med andre ord ikkje nytte desse utrekningane som meir enn eit nyttig supplement til feltobservasjonane og tolkingane som vert presentert i neste kapittel.

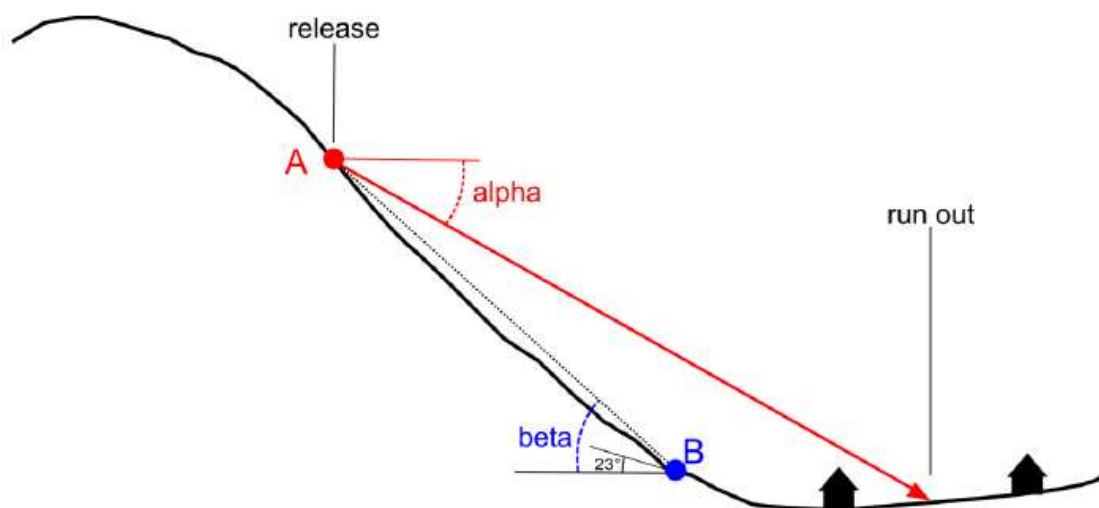
Metoden er basert på statistiske utløpsdistansar til stein- og snøskred over heile landet, i forhold til fallvinkelen ved utløysingspunktet og avsetjingspunktet (Derron, 2009). Eit potensielt utløysingspunkt, punkt A (Figur 12), vert plukka ut og skredbana vert skissert frå dette til skråninga når under ein gitt vinkel for kvar skred byrjar å avsetjast, 10° for snøskred (Lied & Kristensen, 2003) og 23° for steinsprang (Derron, 2009). Punktet der hellingsvinkelen når under dette nivået vert kalla punkt B. Det er ved punkt B skredet byrjar å tape energi og etter kvart avsetjast. Vinkelen *beta* (β) vert målt mellom ei horisontal line og lina AB. Vinkelen *alpha* (α) viser utløpsdistansen for skredet, og vert rekna ut frå beta ved hjelp av ein empirisk utarbeidd formel: $\alpha = m * \beta + n$, der m og n er empiriske koeffisientar. Rekkevidda for skredutløp er gjeve ved:

$$\text{For steinsprang: } \alpha = 0,77\beta + 3,9^\circ$$

$$\text{For snøskred: } \alpha = 0,96\beta - 1,4^\circ$$

β er vinkelen mellom utløpspunktet (A) og punktet der fallet vert mindre enn $10/23^\circ$ (pkt. B)

α er vinkelen mellom utløpspunktet (A) og maksimal rekkevidde for steinsprang

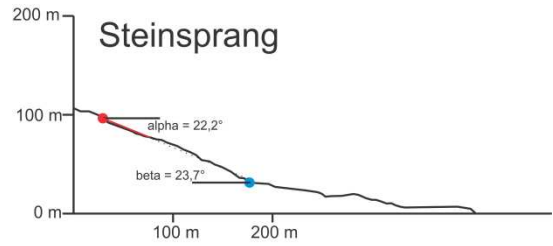


Figur 12: Prinsippet for Alpha-beta-metoden. Eit potensielt utløysingspunkt (punkt A) vert plukka ut og skredbana vertskissert frå dette til skråninga når under ein gjeven vinkel for avsetjing (her 23° for steinsprang). Vinkelen beta vert rekna ut mellom ei horisontal linje og linja AB. Vinkelen alpha viser utløpsdistansen for skredet, og vert deretter funnen v. h. a. ein empirisk utarbeidd formel: $\alpha = m * \beta - n$, der m og n er empiriske koeffisientar (Derron, 2009).

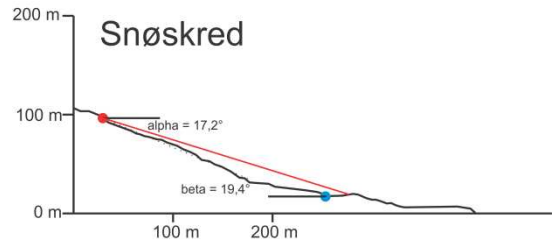
Alpha-beta-metoden vart utprøvd for både steinsprang og snøskred langs to transekt ved Urdaneset; eit frå åsen rest aust for undersøkingsområdet og eit frå den forholdsvis bratte lia i sør (Figur 13). Retninga på transekta (svarte linjer) og utløysingspunkta (raude punkt) er plukka ut med omsyn til fem-meterskotane på kartet til Statens kartverk. Dei potensielle utløysingspunkta er plassert der hellingsvinkelen på fjellsida er størst. I ei fjellside utan spesielt ustabile hamrar eller openbare skredfarlege punkt er det hellingsvinkelen som er viktigaste parameter når steinsprangfare skal vurderast. For snøskred aukar også faren for utløysing med brattare hellingsvinkel, men der det er brattast vil det også akkumulere minst snø i første omgang. Derfor er ikkje val av potensielt utløysingspunkt like sikkert som for steinsprang. Med visse om dette har vi her gått ut ifrå dei same punkta for både steinsprang og snøskred.

Resultatet viser at det planlagde utbyggingsfeltet ligg utanfor modellert steinsprangfare både frå åsen i aust og fjellsida i sør. Kart og profil nedanfor viser at den potensielle utløpsdistansen ikkje rekk ned til verken hovudvegen eller eksisterande bygningar. For snøskred ser ein at omfanget på modellert risikoområde er noko større. I så måte er vår modellering i samsvar med NVE m. fl. sine aktsemdskart. Likevel ser ein av Figur 13 at heller ikkje utløpsområdet for snøskred når heilt ned til det planlagde utbyggingsområdet.

Transekt 1

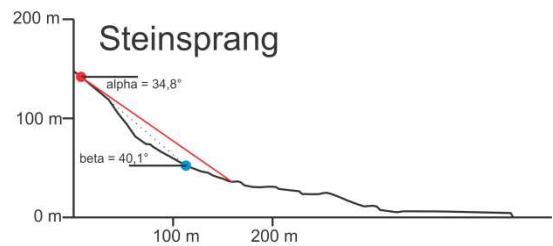


$$\alpha = 0,77 * 23,7^\circ + 3,9^\circ = 22,2^\circ$$

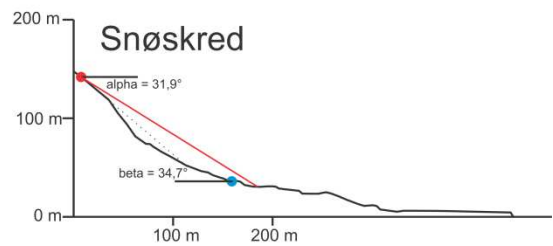


$$\alpha = 0,96 * 19,4^\circ - 1,4^\circ = 17,2^\circ$$

Transekt 2



$$\alpha = 0,77 * 40,1^\circ + 3,9^\circ = 34,8^\circ$$

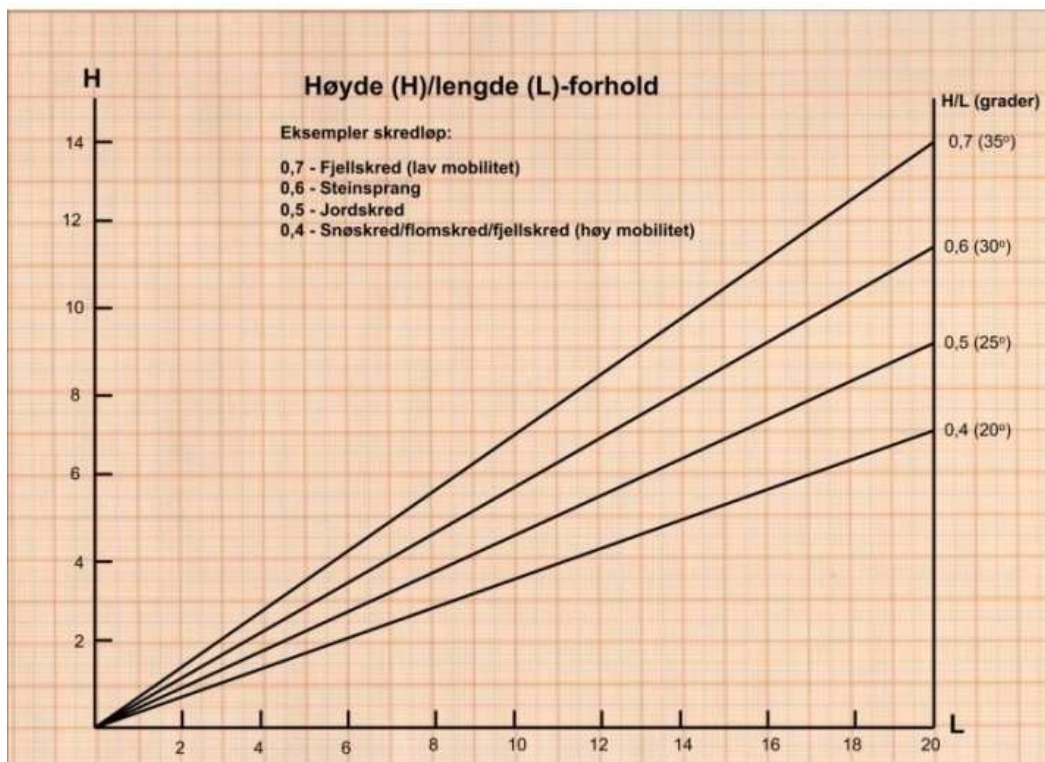


$$\alpha = 0,96 * 34,7^\circ - 1,4^\circ = 31,9^\circ$$

Figur 13: Alpha-beta-metoden nytta på to transekt (svarte linjer) ved Urdaneset for å rekne ut potensiell utløpsdistanse for steinsprang og snøskred. Ein ser at utløpsdistanse for steinsprang ikkje når ned til undersøkingssområdet langs nokon av transekta. Utløpsdistanse for snøskred er noko lenger, men heller ikkje her er undersøkingssområdet innanfor det som er modellert som risikoområde. Basert på kart frå Statens kartverk.

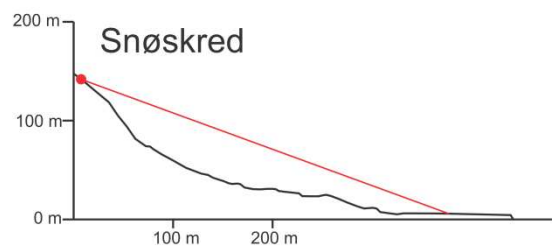
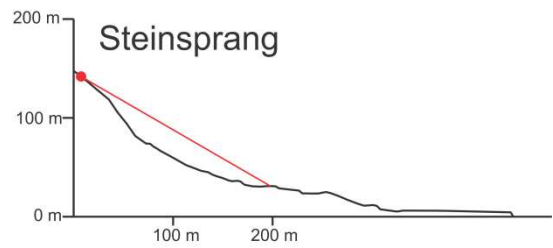
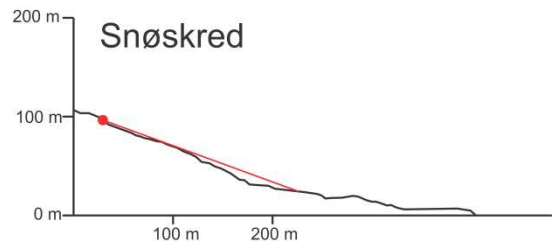
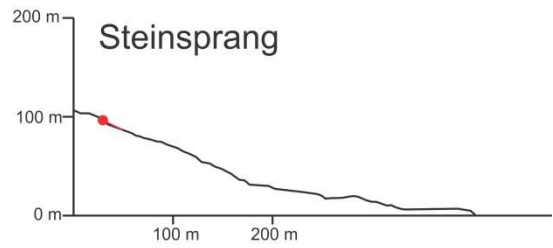
5.2 Høgde/lengde-forholdet

Ein annan, noko enklare metode er også nytta for å kalkulere utløpsdistansen til eventuelle skred; høgde/lengde-forholdet (forholdet mellom høgdeskilnad og horisontal avstand). Utløpsdistansen vert her funnen ut frå forholdet mellom høgda på potensielle utløysingspunkt versus mobiliteten til ulike typar skred (Figur 14). Denne tek ikkje omsyn til meir spesifikk topografi og må derfor sjåast på som meir usikker enn alpha-beta-metoden. H/L-metoden er likevel eit verkty som kan bygge opp under konklusjonar kring vurderinga av skredrisikoen i eit område. Den er utarbeidd for fleire typar skred, men er her nytta for steinsprang og snøskred. I følgje metoden har steinsprang ein mobilitetsfaktor på 0,6. Steinsprangsmateriale vil altså ha ein potensiell utløpsdistanse som utgjer 6/10 av høgda på utløysingspunktet. Tilsvarende vil H/L-forholdet på snøskred, som har høgare mobilitet, vere 0,4. Ved å teikne opp linjer frå potensielle utløysingspunkt på 30° og 20° vil ein derfor kunne merke av utløpsdistansen på eit profil for høvesvis steinsprang og snøskred.



Figur 14: Høyde (H)/Lengde (L)-forholdet. Dette er ein metode som baserer seg på at det i prinsippet er eit fast forhold mellom høgda på utløysingspunktet og utløpsdistansen til ulike typar skred.

Vi har her gått ut i frå dei same transekta og dei same potensielle utløysingspunktta for steinsprang og snøskred som vi gjorde for alpha-beta-metoden (kap. 5.1).



Figur 15: H/L-forholdet for steinsprang og snøskred langs dei to transekta ved Urdaneset. Generelt kan ein sei at den potensielle utløpsdistansen vert noko lenger for begge skredtypane. Spesielt snøskred langs transekt to har ein tydeleg lenger modellert utløp med denne metoden i forhold til alpha-beta-metoden. Basert på kart frå Statens kartverk.

Resultata (Figur 15) viser at den modellerte utløpsdistansen vert noko lenger når ein ser på H/L-forholdet i forhold til bruk av alpha-beta-metoden. Spesielt ved transekt 2 vil snøskred i følge denne modellen potensielt kunne nå heilt ned til det planlagde hyttefeltet, men framleis ikkje like langt som i følge aktsemdskarta i kapittel 4. Vi må igjen minne om at både alpha-beta-metoden og kanskje spesielt H/L-metoden, i likskap med NVE m. fl. sine aktsemdskart, berre må sjåast på som rettleiande, og ikkje på nokon måte kan legge grunnlag åleine for ei skredevaluering. Men vi tek med oss resultata frå desse modellane som eit nyttig supplement til feltundersøkingane, kor frå resultata vert presentert i påfølgjande kapittel.

6 SKREDFAREVURDERING

6.1 Vurdering av skredfare

Området rundt Urdaneset er innanfor det som NVE m. fl. (<http://www.skrednett.no>) sine aktsemdskart har definert som risikoområde for snøskred, men utanfor risikoområde for steinsprang (kap. 4). Dette er som nemnd berre matematiske modelleringar basert på terrenggradientar, ofte med ekvidistanse på 20 m, noko som gjev ei forholdsvis låg kartoppløysing. I modelleringa er det heller ikkje teke omsyn til viktige faktorar som bergartstype, sprekkesystem, lausmassar, vegetasjon og drenering. Risikoen for å få skred utløyst og akkumulasjonspotensiale for snø og vatn er også avgjerande faktorar som krev nærare undersøking for å få kartlagd på ein tilfredsstillande måte. Det vart derfor gjennomført feltarbeid for å gjere ei heilskapleg vurdering av den reelle skredfaren i området ved Urdaneset.

6.2 Årsaker til skred

For at det skal kunne gå skred må det:

- 1) finnast rasfarleg materiale.
- 2) vere tilstrekkeleg bratt i terrenget, slik at raset kan løysast ut og utvikle seg.
- 3) finnast ein mekanisme som set materialet i rørsle. Desse mekanismane er ofte knytt til ekstreme situasjonar som endrar stabiliteten i massane.

6.3 Jordskred, massestraum (engelsk: '*debris flow*') og flaumskred

Jordskred er massar av stein, grus, sand og jord med varierende innhald av vatn som kjem i rørsle. Dei vert normalt utløyst i skråningar med ein gradient over 30°, men i områder utan skog kan det utløysast jordras i skråningar ned mot 25°. Jordras opptrer i fjellsider med større eller mindre lommer av lausmassar. Det er mange faktorar som kan bidra til at lausmassane i ei fjellside vert ustabile slik at rasfaren aukar. En del prosessar er naturlege, slik som forvitring, som gjer det øvste jordlaget lausare, men menneskelege inngrep kan også i stor grad påverke jordsmonnet sin stabilitet. Dømer på det siste er:

- 1) Flathogst (tap eller svekking av vegetasjon kan også oppstå naturleg. Dette vil vere uheldig fordi røter ofte bidreg til å halde lausmassane på plass)
- 2) Overbeiting
- 3) Vegbygging
- 4) Drenerings-, grave- og sprengingsarbeid

Alle dei nemnde elementa kan føre til svekking av lausmassane si styrke, men som regel må det en ekstra belastning til for å utløyse ras. Jordskjelv kan utgjøre en slik belastning, men dette er ikkje rekna som ein stor fare i Noreg og på Vestlandet, som ligg over 1000 km frå næraste store tektonisk aktive område. Berre mindre jordskjelv påvisast regionalt i Sør-Noreg, men desse har vist seg å ha liten eller ingen påverknad på utløysing av skred. Ein meir reell belastning kjem av stor tilføring av vatn i form av regn, smeltevatn med ekstrem avrenning og auka tilsig av grunnvatn (<http://www.ngi.no>).

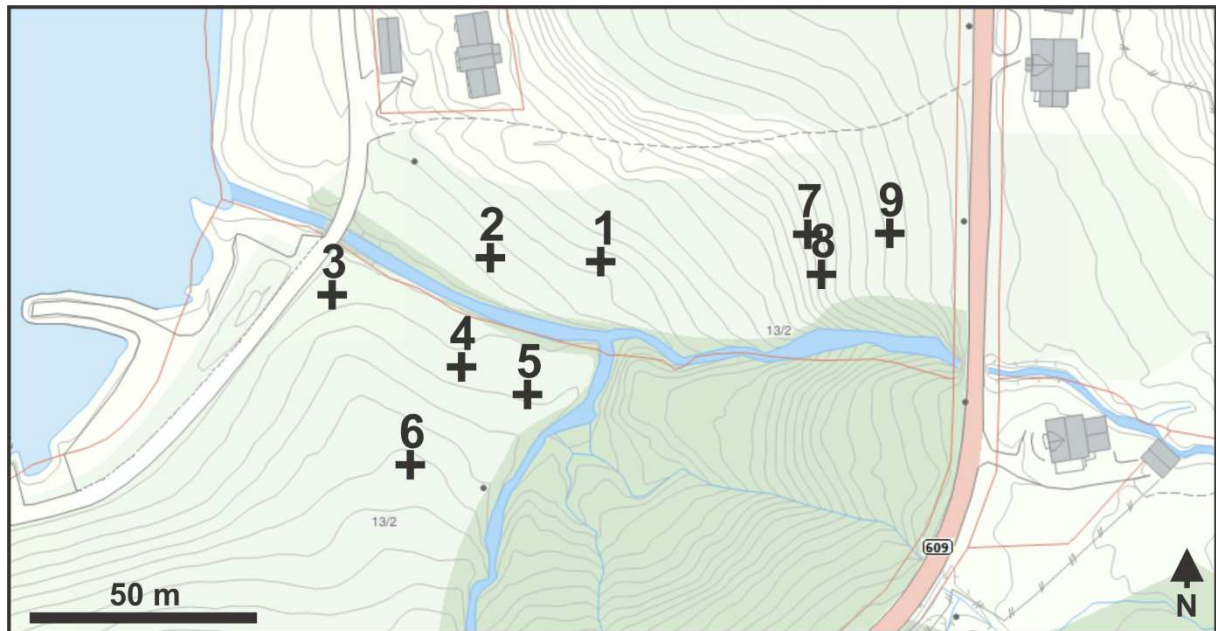
Massestraum er ei rask masserørsle med mykje vatn som vert utløyst i kløfter og bekkeløp. Flaumskred er eit liknande fenomen, men har eit høgare innhald av vatn enn massestraumar. Hastigheita på begge desse skredtypane kan vere svært høg, og dette gjer at dei kan verte svært øydeleggande. Massestraumar og flaumskred er føresaka av store mengder overflatevatn grunna ekstreme nedbørmengder eller rask snøsmelting, som eroderer og mobiliserer lausmassar og/eller blokker i bratte skråningar (Highland og Bobrowsky, 2008).

I undersøkingsområdet renn to elver som møtest om lag 100 m frå utløpet i fjorden. Desse fangar også opp fleire mindre bekkar langs heile dalsida (kap. 2.2 og Figur 2). Partiet mellom desse to elvane er derfor tydeleg ravinert (små elvedalar utvikla i lausmassar). Den største og austlegaste av desse elvene er meir eller mindre normalt orientert på stranda og elvekanalen er forholdsvis djup; ca. 2 meter ved fylkesveg 609 (Figur 2). Elva som kjem inn frå søraust er derimot nesten parallelt orientert på stranda, og kanalen til denne er mykje grunnare (Figur 16). På marka nedanfor elva er det relativt flatt og nærast ei forseinking i terrenget. Ei jordutgliding eller rotvelte i denne elva vil kunne føre til oppdemming og flaum over dette flatare partiet. Trekanten mellom denne elvemøtinga, på vestsida av elva som renn normalt på stranda (Figur 16), er derfor vurdert som innanfor fare for både massestraum og flaumskred. Dette området er ikkje ein del av det planlagde hyttefeltet, men viss det i framtida skal setjast opp bygg så tett opp under elva bør sikringstiltak mot lokal flaum vurderast (kap. 7). Mellom denne trekanten og den delen av det planlagde hyttefeltet som ligg i fjøra rett nedanfor er det ei svak opphøgning i landskapet. Denne topografien tilseier at ein eventuell flaum vil bli leia tilbake i den austlegaste elvekanalen før den når den regulerte utbygginga ved denne stranda.



Figur 16: Bilete teke mot nord/nordaust. Ein ser at den eine elva i bakgrunnen er orientert normalt (vinkelrett) på stranda (til venstre i biletet), medan elva til høgre i framgrunnen renn nesten parallelt med stranda før dei to elvene møtest. Av biletet går det fram at det oppdyrka, ca. 500 m² store "trekantområdet" i framgrunnen (frå strammasta til høgre og ned mot rundballane) er forholdsvis flatt. Dersom det i framtida skal regulerast for utbygging her, bør sikringstiltak mot massestraum og flaum innanfor den stipla linja vurderast. I midten av biletet kan ein sjå den svake topografiske opphøginga som vil leie eventuelle massar inn i den austlegaste (bakre) elva før dei når det planlagde hyttefeltet nedanfor.

Under feltarbeidet vart det tatt stikkprøvar frå grunnen rundt desse elvane for å vurdere stabiliteten til jordsmonnet med tanke på elveerosjon ved eventuell flaum (Figur 17). Som vist i kapittel 3.2 kan ein forvente marine sediment i dette området. Silt og leire er meir ustabile enn morenemateriale og vil derfor påverke risikoen for, og omfanget av, jordskred og massestraum. Totalt 9, ca. 50 cm djupe graveprøvar vart tekne i området. Alle desse blottla eit moderat til dårleg sortert sediment. Kornstorleiken varierer frå silt og leire til steinar med diameter opp til 15 cm. Sedimentet er runda til kantrunda og har ei varierende bergartssamansetjing. Dette er typisk for morenemateriale og vi kan derfor slutte oss til NGU sin konklusjon (kap. 3.2). På bakgrunn av dette kan vi konkludere med at faren for jordskred, massestraum og flaumskred er liten i undersøkingsområdet, bortsett frå den stipla trekanten vist på Figur 16. Med mindre også dette området skal utbyggast i framtida, finn SGC derfor ikkje grunn til å føreslå sikringstiltak her (kap. 7).



Figur 17: Det vart teke 9 graveprøvar med ei djupne på om lag 50 cm. Det vart slått fast at lausmassane her består av relativt stabilt morenemateriale, og ikkje marine avsetjingar som den etablerte marine grensa (3.2) kanskje kunne tilseie. Basert på kart frå Det Norske Kartelskap AS. Ekvidistanse 5 meter.

6.4 Ras frå fast fjell

Skred frå fast fjell kan sorterast i tre kategoriar:

- 1) Fjellskred: Bergmassar over 10 000 m³, som losnar frå fjellsider.
- 2) Steinskred: Bergmassar på 100-10 000 m³, som losnar frå fjellsider.
- 3) Steinsprang: Bergmassar under 100 m³ som losnar frå fjellsider.

Steinskred treng ikkje nødvendigvis å losne berre frå fast fjell. Også lause enkeltblokker som ligg i urer og lier kan rase vidare dersom dei vert utsett for ein ny og/eller annan utløyingsmekanisme. Steinskred- og steinsprangvifter har vanlegvis ein rasvinkel på omlag 40-45°. Det vil seie at bergskrentar og lausmasseskråningar normalt må vere steilare enn 45° for at steinskred eller steinsprang kan førekomme.

Utløyingsmekanismar for steinsprang er kraftig nedbør som aukar porevasstrykket, eventuelt rotsprenging og rotvelte, samt frostsprenging der vatn frys til is i sprekker og utvidar seg og dermed sprenger laus blokker når isen smeltar igjen. Den mest effektive temperaturen for frostsprenging er mellom -3 °C og -5 °C (Terzaghi, 1962). Termisk ekspansjon er ein annan mogleg årsak. Når fjellet vert varma opp utvidar det seg, og når det så avkjøler seg att flyttar blokka seg litt ut for kvar gong til den til slutt fell ut.

Det førekjem ikkje synlege skredblokker på marka innanfor eller direkte ovanfor undersøkingsområdet på Urdanaset. Heller ikkje i dei ni graveprøvane som vart tekne (kap. 6.3) vart det påvist noko som liknar på skredmateriale. Det ligg ei steinur om lag midt i det regulerte området, ovanfor den vestlegaste av dei allereie eksisterande bygningane (Figur 18). Denne ura består av blokker med diameter opp til 1,5 m med heterogen bergartssamansetning. Blokkene ser generelt gamle og avrunda ut. Ura er derfor høgst truleg bygd opp av menneskeleg tilført morenemateriale frå då innmarka her i si tid vart rydda.

Også i området ovanfor fylkesvegen er lite prega av skredmateriale. Det ligg ei mindre ur ved enden av ein mindre skogsveg om lag 80 m sør for fylkesvegen, men denne er utvilsamt korttransportert (danna ved steinsprang), då skredsåret i berget er synleg berre få meter ovanfor.

Både NVE m. fl. sine aktsemdskart (kap. 4) og vår eiga enkle modellering (kap. 5) viser at undersøkingsområdet ligg utanfor maksimale utløpsdistanse for steinsprang.

På bakgrunn av dette vert det konkludert med at det planlagde hyttfeltet ligg utanfor faresona for ras frå fast fjell.



Figur 18: Ei steinur midt i undersøkingsområdet består av avrunda og tilgrodde blokker, som høgst sannsynleg er menneskeleg tilført. Bilete er teke mot sør.

6.5 Snøskred

Ein skil vanlegvis mellom to ulike typar snøskred; laussnøskred og flakskred. I tillegg førekjem sørpeskred, der porene i snøen er fylt med vatn, og desse har derfor andre eigenskapar enn eit vanleg snøskred.

Snøskred førekjem i bratt terreng med hellingar større enn 30° og utan tett skog. Dei fleste snøskred inntreff med hellingar mellom 30 og 45° . Terreng som er utsett for snøskred er område som ligg i le for vinden og har former som samlar snø. Dette gjeld for eksempel større botnar, opne skåleformer og innsøkk, bratte elvegjel og skar. Svaberg og konvekse parti, altså områder med strekkespenningar i snøen, er også utsette. Snødekket vert ustabil ved 2 mm nedbør (tilsvarar 2 cm snø) per time. Om det er mindre enn 2 mm nedbør per time vil snøkrystallane normalt sintre og feste seg etter kvart som dei fell. Ved 50 cm snø byrjar terrengdekket å verte utjamna slik at friksjonen mot terrenget vert nedsett.

Laussnøskred: Som regel må ein ha ei helling på over 45° for at eit laussnøskred skal verte utløyst (Lied & Kristensen, 2003). Slike skred vert ofte utløyst under, eller rett etter eit intenst snøfall i bratt terreng. Då vil snødjupna auke så raskt at snøkrystallane lenger nede i snødekket kollapsar og kjem i rørsle. Solskin og regn kan også vere ein utløysande faktor for slike skred. Dei startar alltid frå eit punkt og breiar seg utover og nedover i ein skråning, samtidig som stadig meir snø vert dratt med i skredet.

Flakskred: Desse inntreff i lagdelt snø der større eller mindre flak av for eksempel fokksnø glir ut samstundes langs eit underliggande svakare lag i snøpakken (Lied & Kristensen, 2003). Det svakare laget kan vere begerkrystallar som vert danna i kaldt ver, rimlag, nysnø eller hagl. I flakskred finn ein alltid eit fastare snølag øvst, som glir ut langs eit lag definert som glidesjikt med mindre styrke. Glidesjiktet ligg igjen over eit fastare lag som kallast eit glideplan. I enkelte tilfeller kan bakken sjølv utgjere glideplanet.

Faren for utløysing av skred aukar med tilveksten av nysnø. Og, sannsynet for skred er større ved raskare akkumulasjon. I tillegg er vindstyrke og -retning viktige faktorar, samt det faktum at vindtransportert snø vanlegvis utgjør den største delen av snøakkumulasjonen. Ein annan viktig faktor er temperatur. Rask temperaturstiging gjev ustabil snødekke på grunn av nedsett fastleik i snøen. Lange kuldeperiodar gjev gode vilkår for danninga av begerkrystallar. Slike skred kan utløysast i områder der hellinga på terrenget er over 30° . Under uvanlege vêrforhold kan denne type skred verte utløyst i slakare hellingar.

I følge NVE m. fl. sitt aktsemdsklart på nettida <http://www.skrednett.no> er deler av Urdaneset innanfor potensielt utløpsområde for snøskred (kap. 4). Også våre egne matematiske modelleringar viser at undersøkingsområdet ligg i grenseland for snøskredfarleg område. Det er allereie nemnd fleire gongar at desse modellane er svært usikre, og at det må takast omsyn til lokale variablar. Stongfjorden har eit typisk marint klima, med milde, snøfattige vintrar og mykje regn. Det er ikkje tidlegare registrert større snøskred ved Urdaneset. Klimaprognosane fram mot 2100 (kap. 2.3) viser at årsmaksimum for snømengde på Vestlandet vil minke med heile 80% fram mot 2100. Berre få områder av lia ovanfor Urdaneset har helling høgare enn 30°. I tillegg er den dekkja av skog, noko som stabiliserer den snøen som måtte komme, og reduserer risikoen for større snøskred ytterlegare. Vi vurderer derfor snøskredfaren på Urdaneset som liten. Ingen sikringstiltak mot snøskred vert derfor føreslått.

Sørpeskred: Dette er skred med ein blanding av snø og vatn. Slike skred kan utløysast på hellingar heilt ned mot 4°. Det er fjellside vendt mot framherskande vindretningar som er mest utsette. Det er i desse fjellsidene ein får mest nedbør, og fordi varmetilføringa frå lufta her er størst, får ein den mest intense snøsmeltinga. Slike skred vert utløyste av høgt vasstrykk i snødekket og tilføringa av vatn overstig då avrenninga. Det skal mykje vatn til for å utløyse sørpeskred, og dei vert ofte utløyste under intense nedbørsperiodar saman med snøsmelting. Nysnø eller grovkorna lauspakka snø er mest utsett då desse absorberer mykje vatn (Lied & Kristensen, 2003).

Om ein har fjellgrunn, is eller frosen grunn under snøen, får ikkje vatnet drenere vekk, noko som aukar faren for sørpeskred. Kraftig regn kan også føre til sørpeskred til alle tider på vinteren, i områder der regn er vanleg gjennom vinterhalvåret, slik som på Vestlandet med eit marint klima. Bekkeløp og grunne forseinkingar er dei mest vanlege startområda for sørpeskred, men også myrer, dreneringskanalar, innsjøar, opne skråningar, er potensielle utløysingsområder (Hestnes, 1998).

Det er ikkje alltid like lett å definere grensa mellom sørpeskred og flaumskred, då forholdstala mellom snø-, lausmasse- og vassinnhald kan vere svært varierende. Derfor utgjer den strandparallele elva som er omtalt i kapittel 6.3 også ein kritisk faktor når det gjeld sørpeskredfaren ved Urdaneset. På same vis som eit jordskred eller ei rotvelte kan demme opp elva og danne flaum på marka nedanfor, kan også sørpeskred oppstå her. Mindre snøskred ned i elvekanalen kan også føresake at sørpe vert danna og kjem i rørsle. Likevel, på same vis som topografien nedanfor denne elva høgst truleg vil leie eit flaumskred tilbake i den austlegaste elva før det når dei utstukne tomtene nedanfor, vil også sørpeskred bli drenert bort

før det vil utgjere nokon fare for desse. Undersøkingssområdet vert derfor vurdert som utanfor fare for sørpeskred. Men i likskap med massestraum- og flaumskredfaren som vart påvist i kapittel 6.3 vert også sørpeskred vurdert som ein risiko innanfor den topografisk nedsøkte trekanten oppunder denne elvemøtinga (Figur 16).

7 FØRESLÅTTE SIKRINGSTILTAK

7.1 Generelt

Skred vert vanlegvis inndelt i tre fasar/områder:

- 1) utløysingsområdet, der skredmassane losnar og kjem i rørsle
- 2) skredløpet, som er bana skredet følgjer
- 3) utløpsområdet, som er det arealet skredet legg seg når energien er oppbrukt

Ved sikring mot skred er det mogleg å gjere inngrep i alle desse tre fasane, for å forhindre skadar på bygg. Kva for sikringsmetodar som bør nyttast er ei avveging mellom skredfare, kostnad og lokale, praktiske føresetnader/utfordringar for skredsikring (f. eks. tilgjengelegheit for anleggsmaskiner o. l.).

7.2 Sikringstiltak

Det er ikkje påvist nokon form for skredfare frå verken fast fjell eller snø i undersøkingsområdet og ingen sikringstiltak for dette vert derfor føreslått. Nokre av dei planlagde tomtene ligg 1-2 m o. h., altså temmeleg nær dagens havnivå. I kapittel 2.3, om klima, vart det vist at prognosar (Vasskog m. fl., 2009) antyder ei havnivåstiging på opptil 105 cm fram mot år 2100, og heile 278 cm ved 100-årsstormflo, for det same tidsrommet. Sidan desse prognosane er noko usikre, og sidan vi ikkje har sikkerheitsklassar å forholde oss til når det gjeld havnivåendringar, har ikkje SGC her konkret føreslått å flytte tomtene lenger vekk frå strandlinja. Men vi oppfordrar likevel utbyggjar til å ta desse havstigingsprognosane til etterretning, og kanskje på sikt vurdere å bygge ut ein bølgebrytande molo dersom det syner seg nødvendig med tanke på høge bølger i kombinasjon med stormflo ved forventa auke i havnivået i framtida.

Den omtala elva (parallelt med strandlinja) har ein forholdsvis grunn kanal og utgjer ein viss fare for flaum- og sørpeskred ved stor vasstand, sjølv om dette berre er for eit avgrensa parti av undersøkingsområdet (Figur 16). SGC vurderer det som sannsynleg at flaumfrekvensen for dette området vil overstige ein 1 flaum/200 år (jf. sikkerheitsklasse 2, Direktoratet for byggkvalitet). Dersom det utsette området (stipla trekant på Figur 16) skal regulerast for utbygging i framtida føreslår vi å utbetre elvekanalen ved å grave den djupare og støtte den opp med naturstein og/eller betong. Kanalen bør vere minst 1-1,5 m djup for å kunne drenere 200-årsflaumar.

8 RISIKO- OG SÅRBARHEITSANALYSE

Dette er eit standardskjema for risiko- og sårbarheitsanalyse (ROS) der SGC har fylt ut felta som har med dei geologiske aspekta å gjere. Dersom oppdragsgjevar i framtida skal fylle ut eit fullstendig ROS-skjema, m. t. p. utbygging i området, kan punkta under overførast til dette.

Emne	Er det knytt uakseptabel risiko til følgjande forhold?	Nei	Ja	Kommentarar	
Naturgjevne forhold	a	Er området utsett for snø-, jord-, stein- eller større fjellskred?	X		Området er ikkje fareutsett for ras frå fast fjell. Det er ikkje observert skredmateriale i området, og det er heller ikkje ustabil fjell i nærleiken. Forholdsvis flat topografi og klimaprognosar som tilseier lite snø reduserer også faren for snøskred til det minimale.
	b	Er det fare for flodbølger som følgje av skred i vatn/sjø?	X		Det er ikkje registert skredfarlege fjellhamrar ved fjorden rundt Urdanaset.
	c	Er det fare for utgliding av området (jord, leire eller fjell)?	X		Området er dekket av forholdsvis tynn morene, som er stabil og lite skredfarleg. Fjellet er heller ikkje i fare for å gli ut under sjølve undersøkingsområdet.
	d	Er området utsett for flaum, flaumskred eller sørpeskred, også når man tar hensyn til økt nedbør som en konsekvens av en mulig klimaendring?	X		Fleire elver renn i ovanfor undersøkingsområdet, kor av den eine er meir eller mindre parallell med stranda, har ein grunn kanal og renn gjennom eit parti av dyrka mark som er relativt flatt. Her kan det potensielt oppstå både flaum, flaumskred og sørpeskred ved høg vassføring. Topografien nedanfor det utsette området tilseier at slike vil drenerast attende i elvesystemet før det når planlagd utbygde områder.
	e	Er området sårbart for ekstremvêr eller stormflo?		X	Området ligg ned mot havnivå og klimarapportar tilseier at Askvoll vil kunne oppleve ei auke i havnivå på rundt 1 m fram mot år 2100. Ved stormflo vil sjøen kunne stå nesten 3 m over dagens havnivå.
	f	Er faren for radon vurdert?	X		Radonmengda i området er ikkje målt.
	h	Er faren for jordskjelv vurdert?		X	Det er liten fare for at jordskjelv vil utløyse skred i området.
	I	Anna (spesifiser)?			

9 KONKLUSJONAR

På bakgrunn av våre feltobservasjonar, supplert med kart og fotografiske data, klimadata, historiske data og enkle matematiske modelleringar, har Sunnfjord Geo Consulting AS her gjort ei heilskapleg skredfareevaluering av planlagd hyttefelt ved Urdaneset i Stongfjorden, Askvoll kommune. Det er og gjort ei vurdering av området med omsyn til prognosar for havstiging i framtida.

Geologiske kart over lausmassane i området (Aa & Sønstegaard, 2001) og våre egne undersøkingar i felt viser at lausmassedekket i undersøkingsområdet er bygd opp av morene. Denne vert vurdert som både stabil mot utrasing og elveerosjon og verkar elles godt drenert. Derfor vurderer vi faren for jordskred, massestraum og flomskred som liten. Det renn fleire elver og bekkar gjennom området, og spesielt eit topografisk grunnare parti i underkant av desse elvane er utsett for massestraum, flaum- og sørpeskred ved auka vassføring. Dette området, som er på om lag eit halvt mål, er ikkje omfatta av dei eksisterande utbyggingsplanane, men dersom det skal regulerast for utbygging i framtida tilrår SGC å utbetre elvekanalen slik at den kan drenere 200-årsflaumar, i høve til lovverket sine sikkerheitsklassar; Føreskrift om tekniske krav til byggverk, kap. 7, § 7-3 (Direktoratet for byggkvalitet, 2012). Meteorologisk institutt m. fl. har presentert klimamodellar som viser ei auke i våravrenning og årsnedbør på høvesvis 20-25% og 25-30% fram mot 2070-2100. Høgare vassføring ved Urdaneset i framtida er derfor å forvente.

Askvoll vil, i følgje prognosar utarbeidde av Bjerknessenteret, oppleve ein auke i relativt havnivå på om lag 1 m og opp mot heile 3 m ved stormflo, fram mot 2100. Vi har ikkje her tilrådd konkrete tiltak for å sikre bygningar på Urdaneset mot dette, men SGC oppfordrar utbyggjar til å vurdere vern mot stormflobølger, dersom desse havnivåendingane skjer i framtida.

Under feltundersøkingane vart det ikkje påvist skredmateriale innanfor eller i direkte nærleik til undersøkingsområdet. NVE m. fl. sine aktsemdskart, samt vår eiga matematiske modellering ved hjelp av alpha-beta-metoden og H/L-forhold, samsvarer med desse resultata. Undersøkingsområdet vert derfor vurdert til å ligge utanfor sona med ein skredfrekvens over 1 skred/1000 år (jf. S2, Direktoratet for byggkvalitet). Slik vi ser det er det derfor ikkje behov for sikringstiltak mot ras frå fast fjell i undersøkingsområdet.

Både NVE m. fl. og våre egne matematiske modellar er noko meir usikre når det gjeld snøskred, men viser jamt over at undersøkingsområdet ligg tett opp mot potensiell utløpsdistanse, ut frå topografiske data sett inn i modellen. Bjerknessenteret og Meteorologisk institutt sine temperaturprognosar for Vestlandet har eit lågaste estimat på heile 2,3° auke i gjennomsnittleg vintertemperatur. I eit område som i dag har relativt lite snødrift forventar vi derfor ikkje ein auka snøskredfare i framtida. Liene ovanfor undersøkingsområdet er også skogkledde, noko som stabiliserer den snøen som måtte kome. Vi vurderer derfor snøskredfaren som liten og føreslår ingen sikringstiltak mot denne skredtypen.

10 REFERANSAR

Aa, A.R. og Sønstegaard, E. 2001: *DALE 1117 I, kvartærgeologisk kart - M. 1:50.000*. Norges geologiske undersøkelse.

Bjerrum, I., Jørstad, F. 1968: *Stability of natural rock slopes in Norway*. Technical report, Norwegian Geotechnical Institute (NGI) 79.

Church, J. A., White, N. J. 2011: *Sea-level rise from the late 19th to the early 21st Century*. Surveys in Geophysics, doi: 10.1007/s10712-011-9119-1

Derron, M. H. 2009: *Method for the susceptibility mapping of rock falls in Norway*. Technical report, Norges Geologiske Undersøkelse.

Hestnes, E. 1998: *Slushflow hazard-where, why and when? 25 years of experience with slushflow consulting and research*. Annals of Glaciology 26, 370-376.

Highland, L. M., Bobrowsky, P. 2008: *The landslide handbook – A guide to understanding landslides*. U. S. Geological Survey Circular 1325. Reston.

Lied, K., Kristensen, K. 2003: *Snøskred. Håndbok om snøskred (Norsk utgave)*. Vett & Viten AS. Høvik.

Nesje, A., Anda, E., Rye, N., Lien, R., Hole, P. A. og Blikra, L.H. 1987: The vertical extent of the Late Weichselian ice sheet in the Nordfjord-Møre area, western Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 67, 125-141.

Ramberg, I., Brynhi, I. & Nøttvedt, A. 2006: *Landet blir til*. Norsk Geologisk Foreining. Trondheim.

Terzaghi, K. 1962: *Stability of steep slopes on hard unweathered rock*. Geotechnique 12, 251-270.

Torsvik, T. H., Sturt, B. A., Swensson, E., Andersen, T. B., Dewey, J. F. 1992: *Palaeomagnetic dating of fault rocks: evidence for Permian and Mesozoic movements and brittle deformation along the extensional Dalsfjord Fault, western Norway*. Geophysical Journal International 109, 3, 565-580.

Vasskog, K., Drange, H., Nesje, A. 2009: *Havnivåstigning – Estimer av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner*. Klimatilpasning i Norge. Institutt for Geovitenskap, UiB/Bjerknessenteret for Klimaforskning.

Internettsider:

Kart, satellittbileter og topografiske profil:

Statens kartverk, <http://www.norgeskart.no>

Det Norske Kartselskap AS <http://www.atlas.no>

Geologiske data:

Norges geologiske undersøkelse <http://www.ngu.no>

Klima:

Meteorologisk institutt, <http://www.met.no>

<http://www.senorge.no>

<http://www.yr.no>

Miljøverndepartementet <http://www.regjeringen.no/nn/dep/md>

Skredkart:

Norges vassdrags- og energidirektorat <http://www.skrednett.no>

Føreskrifter:

Direktoratet for byggkvalitet <http://www.lovdatab.no>