

Kartlegging av område med potensiell skredfare i Os kommune, Hordaland



Av Lise Våge Berge

Masteroppgåve i geovitenskap - kvartærgeologi og paleoklima

Institutt for geovitenskap

Universitetet i Bergen

Vår 2011



Foto på framsida er tatt under ein seglflytur i Os hausten 2009 og viser søre delar av kommunen med Hegglandsdalen i forgrunnen og Os sentrum lengre bak.

Samandrag

Frå 2010 trådte plan- og bygningslova i kraft. Den seier at risiko- og sårbarheitsanalyse med omsyn på mellom anna skred skal utførast i samanheng med nybygging og merkast på aktsemdkart. Dette er bakgrunnen for at Os kommune, Hordaland, ønskte kartlegging av aktsemdområde i kommunen. Gjennom analysar og feltundersøkingar er det funne åtte område som eg meiner samsvarar med definisjonen av aktsemdområde. Resultata av undersøkingane er presentert i rapportform og som aktsemdkart, som Os kommune kan nytte i arealdelen i kommuneplanen og til planlegging av vidare faresonekartlegging. Skredtypene som har utmerka seg gjennom kartlegginga er steinsprang, massestraumar, flaumskred, og marine avsetjingar med fare for leirskred. Steinsprang er hyppigast observert, men leirskred kan vere den største skredfaren i kommunen. Dei ulike skredtypene kan endre mønster og hyppigheit om klimaet endrar seg. Utløysingsårsaker kan vere samansette, men nedbør er ofte medverkande ved alle skredtypene. I lys av klimaframskrivingane mot 2100 som visar auke i både temperatur og nedbør på landsbasis, kan ein truleg sjå hyppigare og større skred i framtida. Dette gjeld også i Os kommune, som ligg i den regionen i Noreg det er venta størst auke i nedbørmengder og –intensitet, samt ekstremnedbørhendingar. Skred vert ofte utløyst i samanheng med ekstremnedbørhendingar, då følgjene av store nedbørmengder er erosjon og mobilisering av materiale auka hydrostatisk trykk i sprekkar eller porerom med påfølgande. Fleire av skreda som er observert i Os har vore utløyst i samband med store nedbørshendingar. Ei samanlikning mellom skredfaren i Os og nabokommunen viser at steinsprang er utbreidd i denne regionen, men at hovudtrusselbiletet for Bergen og Os er høvesvis steinsprang og leirskred. Mine resultat i form av aktsemdområde og aktsemdkart samsvarar i stor grad med NVE sine retningslinjer og krav til skredfarekartlegging og aktsemdområde.

Innhaldsliste

| | |
|---|-----|
| Samandrag..... | I |
| Innhaldsliste | III |
| Forord | VII |
| 1 Innleiing..... | 1 |
| 1.1 Bakgrunn | 1 |
| 1.1.1 Presentasjon av tema og problemstilling..... | 1 |
| 1.1.2 Lovgrunnlag og forklaring av aktsemdsområde..... | 2 |
| 1.2 Skred | 3 |
| 1.2.1 Fjellskred og steinsprang..... | 4 |
| 1.2.2 Massestraumar..... | 6 |
| 1.2.3 Flaumskred | 7 |
| 1.2.4 Andre skredtypar | 8 |
| 1.3 Skråningsprosessar | 9 |
| 1.3.1 Likevekt i skråningar..... | 9 |
| 1.3.2 Utløysingsårsaker, naturlege og menneskeskapte | 10 |
| 1.3.3 Avrenning og vegetasjon | 11 |
| 1.3.4 Kopling mellom klima og skredfarar. | 12 |
| 2 Generell områdeskildring av Os kommune..... | 15 |
| 2.1 Topografi..... | 15 |
| 2.2 Vegetasjon i Os..... | 16 |
| 2.3 Geologi | 16 |
| 2.3.1 Berggrunn..... | 16 |
| 2.3.2 Ismaksimum i yngre dryas og isavsmelting etter siste istid..... | 18 |
| 2.3.3 Lausmassar | 19 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.4 | Skredhistorikk Os | 22 |
| 2.5 | Klima i Hordaland | 23 |
| 2.5.1 | Dagens vrsituasjon i Hordaland..... | 23 |
| 2.5.2 | Klima etter siste istid | 25 |
| 2.5.3 | Klimaframskrivingar mot år 2100..... | 26 |
| 3 | Metodar..... | 29 |
| 3.1 | Gradientanalysar | 29 |
| 3.2 | Flyfototolking og 3D-bileter | 30 |
| 3.3 | Geologiske kart | 30 |
| 3.4 | Inndeling i skrningsklasser | 30 |
| 3.5 | Kriteria for utveljing av lokalitetar | 31 |
| 3.6 | Feltundersøkingar | 32 |
| 4 | Resultat: presentasjon av potensielt skredfarlige område i Os. | 33 |
| 4.1 | Døsjaelva | 35 |
| 4.1.1 | Lokalitet 1a, Skeie..... | 37 |
| 4.1.2 | Lokalitet 1b, Skeisbotnen | 38 |
| 4.2 | Hovland | 40 |
| 4.2.1 | Lokalitet 2a | 41 |
| 4.2.2 | Lokalitet 2b..... | 44 |
| 4.2.3 | Lokalitet 2c | 46 |
| 4.3 | Skogafjell | 49 |
| 4.3.1 | Lokalitet 3a | 51 |
| 4.3.2 | Lokalitet 3b..... | 53 |
| 4.3.3 | Lokalitet 3c | 56 |
| 4.3.4 | Lokalitet 3d..... | 58 |
| 4.4 | Flåten | 60 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.5 | Hegglandsdalen..... | 63 |
| 4.5.1 | Lokalitet 5a | 66 |
| 4.5.2 | Lokalitet 5b..... | 70 |
| 4.5.3 | Lokalitet 5c | 73 |
| 4.5.4 | Lokalitet 5d..... | 75 |
| 4.5.5 | Lokalitet 5e | 77 |
| 4.6 | Rødsliane..... | 79 |
| 4.7 | Lønningdal..... | 82 |
| 4.8 | Øvredalen..... | 88 |
| 4.8.1 | Lokalitet 8a | 90 |
| 4.8.2 | Lokalitet 8b..... | 92 |
| 4.9 | Oppsummering av resultat | 94 |
| 5 | Diskusjon | 95 |
| 5.1 | Aktsemdområde for potensiell skredfare i Os..... | 95 |
| 5.2 | Klimaframskrivingane sin påverknad på skredhyppigheit..... | 97 |
| 5.2.1 | Nedbør..... | 97 |
| 5.2.2 | Temperatúrauke..... | 99 |
| 5.3 | Er der skilnad mellom aktsemdområder i Os og Bergen? | 99 |
| 5.4 | Samanlikning med retningslinjer og rettleiar frå NVE | 100 |
| 6 | Konklusjon | 103 |
| | Referansar | 105 |
| | Vedleggsliste..... | 108 |

Forord

Interessa for kvartærgeologi kan sporast til far min, som har tatt meg med på fjellturar og ferieturar på Sunnmøre og Loen, med mange meir eller mindre fantasifulle historier og teoriar om kvifor akkurat den steinen ligg der den gjer. Dette var medverkande til at mine tankar vart vendt mot kvartærgeologi, sjølv om eg i utgangspunktet starta på petroleumsteknologi ved Universitetet i Bergen. Ein stor takk til mine foreldre for støtte gjennom studietida.

Eg vil takke rettleiaren min professor Atle Nesje og Os kommune for muligheita til å skrive ein så interessant og aktuell masteroppgåve. Takk også til Torbjørn Steffensen og Asle Andås i Os kommune for tilrettelegging av oppgåver for masterstudentar, hjelp med kartutskrifter og svar på spørsmål undervegs i arbeidet.

Det er fleire av mine medstudentar eg vil rette ein takk til. Dei har også skrive masteroppgåve i Os kommune dette året, og det er Hege Bolstad, Torkjell Ljone og Sondre Smeland. Takk for sosialt samvær, fagleg samarbeid, assistanse og gode diskusjonar både i felt og på lesesalen, og for støtte gjennom heile prosessen. Vi har hatt fine dagar saman i felt og dykk har vore til stor hjelp. Takk også til Kristoffer Samuelsen for assistanse i felt, og spesielt takk til Geir Grønlien for motivasjon gjennom heile arbeidet og assistanse med bileta.

Eg vil òg rette ei takk til Norges geotekniske institutt som let meg, Torkjell og Sondre vere med ein dag på skredfarekartlegging, og til alle på lesesalen som har skapt god stemning gjennom året, og spesielt dei siste månadane før innlevering.

Bergen 1. juni 2011

Lise Våge Berge

1 Innleiing

Innleiingskapittelet inneheld bakgrunns materialet for masteroppgåva: først kjem eit bakgrunnskapittel med presentasjon av problemstillinga, deretter ein lengre faktadel og til slutt områdeskildring.

Kartlegging av skredfare er ei viktig oppgåve for samfunnsøkonomi og samfunnssikkerheit. Den siste tida har skredhendingar og skredfare fått stor merksemd i media, blant politikarar og folk flest. Dette er eit tema med sterke kjensler for dei som bur og ferdist i skredfarlege områder. Det gjeld både i samband med redsle for liv og helse, og med dei økonomiske konsekvensen med tap av verdi på eigedom og utfordringar omkring kven som skal bere utgiftene ved behov for sikring. Dette gjer skredfarekartlegging utfordrande. Kartlegging avdekkar behov for sikring av eksisterande bygg, og gjev kommunen rettleiing for framtidige avgjersler i samband arealplan på dei ulike planleggings- og godkjenningsnivå.

1.1 Bakgrunn

I bakgrunnskapittelet definerar eg først tema og problemstilling for oppgåva. Deretter kjem ein faktadel med fleire kapittel som tek for seg bakanforliggjande lovar og forskrifter som dannar grunnlaget for skredkartlegging på ulike nivå, og ulike typar skred og årsaker til skred. Til slutt gjev eg ei områdeskildring for Os kommune med miljø, geologi og klima.

1.1.1 Presentasjon av tema og problemstilling

Os kommune kom i 2009 med ein førespurnad til Universitetet i Bergen om masterstudentar som var interesserte i å kartlegge skredfaren i kommunen. I samarbeid med Os kommune og professor Atle Nesje vart det fordelt ulike problemstillingar til studentane. Mi masteroppgåve omhandlar kartlegging og identifisering av potensiell skredfare i kommunen, som kan nyttast i arealdel av kommuneplanen. Eg vil svare på følgjande hovudtema:

- Er der område med skredfare i Os kommune?

Fleire store ulykker i Noreg siste åra, samt konsekvensar av klimaframskrivingar og risiko knytt til ustabile fjellparti, har ført til at samfunnssikkerheit mot skred er sett på dagsorden i nasjonalt lovverk. På bakgrunn av eit klima i endring er klimaframskrivingane presentert i

”Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing” (Hanssen-Bauer m. fl., 2009) frå Miljøverndepartementet ein viktig del av skredfarevurderingar.

Bergen kommune er ein av dei første kommunar som er i gang med ei generell kartlegging av skredfare i kommunen og har nytta Norges geologiske undersøkelse (NGU) til dette pilotprosjektet (Sletten m. fl., 2005; Sletten m. fl., 2006). Os og Bergen er nabokommunar og eg vil undersøke om område med potensiell skredfare skil seg i desse kommunane.

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) gav i april 2011 ut retningslinjer ”Flaum- og skredfare i arealplanar” (2011a), og ein rettleiar som vedlegg til retningslinjene ”Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplanar” (2011b). Desse kom ut i slutfasen av ferdigstillinga av masteroppgåva og eg fekk ikkje nytte meg av dei i planlegginga og kartlegging, men eg vil samanlikne mine resultat om dei samsvarar med dei retningslinjer og krav til skredfarekartlegging som NVE legg føre. Identifisering av områder med potensiell skredfare fell under arealdel til kommuneplan. Dei vert definert som aktsemdområde og skal merkast på kart som omsynssoner. Rettleiaren er utforma på plannivå og seier korleis skredfare bør greiast ut, takast omsyn til og innarbeidast i kommunale arealplanar etter plan- og bygningslova og byggt teknisk forskrift.

1.1.2 Lovgrunnlag og forklaring av aktsemdsområde

I følgje NVE (2011a) skal risiko- og sårbarheitsanalyse (ROS) med omsyn på mellom anna skred gjennomførast ved utarbeiding av alle planar for bygging. NVE har det overordna statlege forvaltningsansvaret innan førebygging mot skredulykker. Eitt av måla med det er å få ein meir heilskapleg, effektiv og styrka innsats innan området ved å utarbeide kartleggingsmetodikk som kommunar og andre kan nytte for gjennomføring av skredfarekartlegging, samt å bidra til at skredfare vert tilstrekkeleg vurdert i kommunalt planarbeid ved å utvikle retningslinjer for korleis ein skal ta omsyn til skredfare i regional og lokal planlegging. NGU og Norges geotekniske institutt (NGI) er viktige samarbeidspartnarar i dette arbeidet (NVE, 2010).

Plan- og bygningslova § 4-3 (2008) og byggt teknisk forskrift (2010) er verkemidlar for å førebygge tap og skade som følgje av skred. Dei seier at byggverk skal plasserast og utformast slik at dei har tilfredsstillande sikring mot naturpåkjenningar som skred, flaum, sjø og vind. Kommune og utbyggjar har ansvaret for å ivareta tilstrekkelig sikring for

nybygging, også knytt til eksisterande byggverk. Naturskadelova (1994) gjev kommunen eit generelt ansvar for sikring mot naturskadar, men seier at private grunneigarar har også eit sjølvstendig ansvar for å sikre eigen eigedom. I følgje byggtেকnisk forskrift (2010) skal byggverk i sikkerheitsklasse 3 med tilhøyrande uteareal i skredfareområde dimensjonert og sikrast mot skred med største nominelle sannsyn på 1/5000 per år, som i følgje Statens byggtেকniske etat (2010) omfattar rekkehus med meir enn tre einingar, bustadblokker, næringsbygg, skular/barnehagar og overnattingsstadar. For byggverk i sikkerheitsklasse 2 gjeld største nominelle sannsyn på 1/1000 per år, som omfattar bygg der det oppheld seg mindre enn 10 personar; einebustader, tomannsbustader, mindre driftsbygg i gardbruk. Byggverk kan plasserast i områder der sannsynet for skred er større enn minstekravet, men det føreset at sikringstiltak vert gjennomført for byggverk og uteareal. Å drage grensene for dei nominelle sannsyna fell under faresonekartlegging (døme på dette er Ljone (2011) og Smeland (2011)) som er det vidare arbeidet etter aktsemdkartlegging i følgje NVE (2011a). Aktsemdkartlegging tek sikte på å identifisere skredområda og ikkje kvantifisere skredfaren. Sonene for skredkjeldeområde og utløpsområde skal normalt ha så store sikkerheitsmarginar at dei dekker alle potensielle fareområde, men vert gjerne innskrenka ved feltundersøkingar.

Eg vil understreke at kartlegginga for denne oppgåva ikkje tek sikte på presentere grenser for skred med dei nemnde frekvensar på 1/1000 og 1/5000. Resultatet vert aktsemdområde med tilrådingar for vidare gransking av områda som eg vurderer til å vere potensielt utsette for skred. På grunn av tidsavgrensinga i masteroppgåva har eg måtta avgrense områda som vart utvald til synfaring, og det kan godt vere fleire aktsemdområde for skredfare i Os kommune.

1.2 Skred

Skred er eit fellesomgrep for gravitasjonsdriven masserørsle. Dette kapittelet tek føre seg ulike skredtypar og skildring av avsetjingane. Kunnskap om ulike typar skred, utløysingsårsaker og morfologi er basis for gjenkjenning av dei ulike skredtypane i felt og vurdering av skredfare.

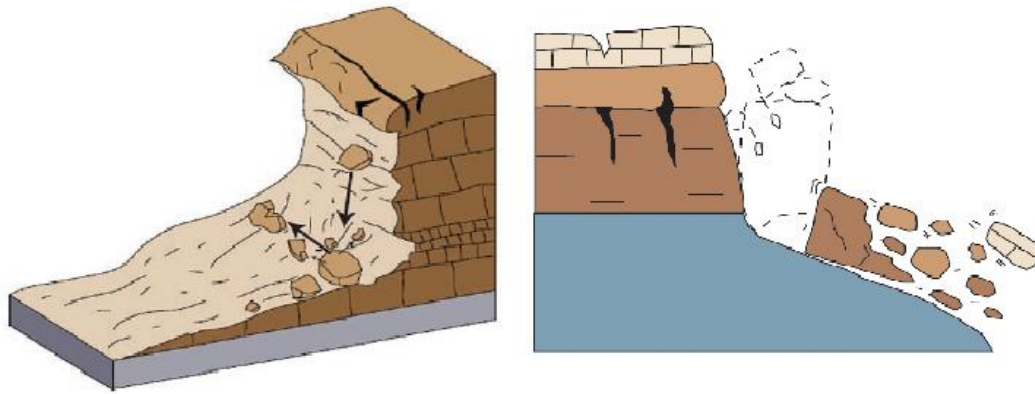
Blikra m. fl. (1989) har foreslått eit klassifikasjonssystem for skred og relaterte avsetjingar. Systemet er bygd på skråningsprosessar og avsetjingstypar som omfattar vatn, snø, is og

minerogent materiale og delar desse prosessane inn i fire hovudtypar.

Klassifikasjonssystemet vart utvikla med tanke på mellom anna skredfarekartlegging og skredfarevurdering, for å bestemme avsetjings- og skredtype, og vert ein basis for å finne utløysingsårsaker og grunnlaget for risikovurdering. Dei fire hovudtypane er: (i) fjellskred og steinsprang, (ii) snøskred, (iii) grove massestraumar og (iv) flaumskred. Snøskred er ikkje omfatta av denne oppgåva.

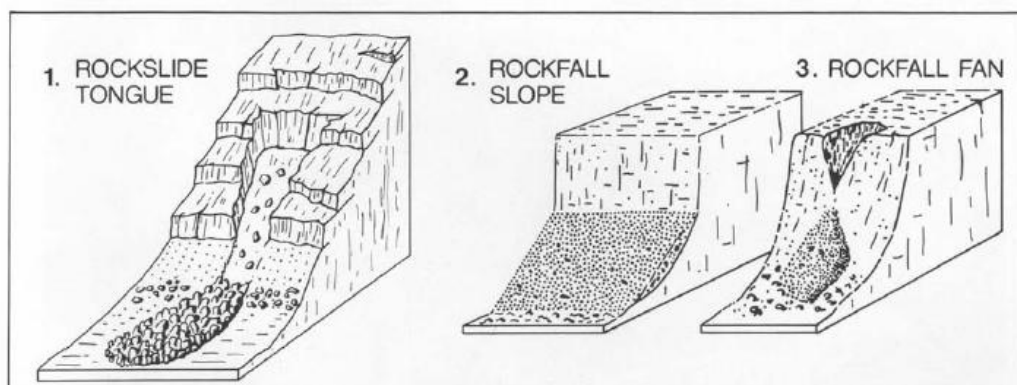
1.2.1 Fjellskred og steinsprang

Fjellskred og steinsprang er begge i stor grad resultat av forvitring, og ein kan skilje mellom dei to ved storleiken på skredet og måten massen beveger seg på. Fjellskred er utglidingar av fjellblokker eller flak som vert knust til grove blokker i ein glidande og svakt bakoverroterande rørsle. Avsetjinga er tungeforma og kan på grunn av den store kinetiske energien i skredet gå langt utover i dalen. NGI (2011) definerar skredtypen etter storleiken på massen som raser. Dersom massen er under 100 m³ er det steinsprang, og over 10 000 m³ er fjellskred. Masse mellom 100 og 10 000 m³ vert definert som steinskred. Det kan i følge Blikra m. fl. (1989) vere vanskelig å skilje steinskred som egne einingar, då det oftast allereie eksisterar avsetjingar i områder med steinsprangavsetjingar og at desse truleg ikkje skiljar seg morfologisk frå enkeltstående steinspranghendingar. Steinsprang er mindre blokker som transporterast ved fritt fall frå ein skrent eller ved hopping og rulling ned ei skråning. Steinsprang kan skje heile tida, heile året frå alle typar fjellskråningar over 30° der det finst laus stein. Vanlig gradient for berekning av utløysing er 45° (NGI, 2011). Dei fleste bergartar har indre sprekker og svakare flater, og utløysingsfaktorar for steinsprang er auka trykk i desse ved frostsprenging, rotsprenging og auka hydrostatisk trykk. (Hyndman og Hyndman, 2006). Steinsprang og fjellskred kan utløysast som fall, då glir massane først langs ei bratt glideflate frå utløysingspunktet, eller som toppling i ein framoverrotering rundt eit punkt under gravitasjonssenteret til massen (Highland og Bobrowsky, 2008). Figur 1 illustrerer desse prosessane.

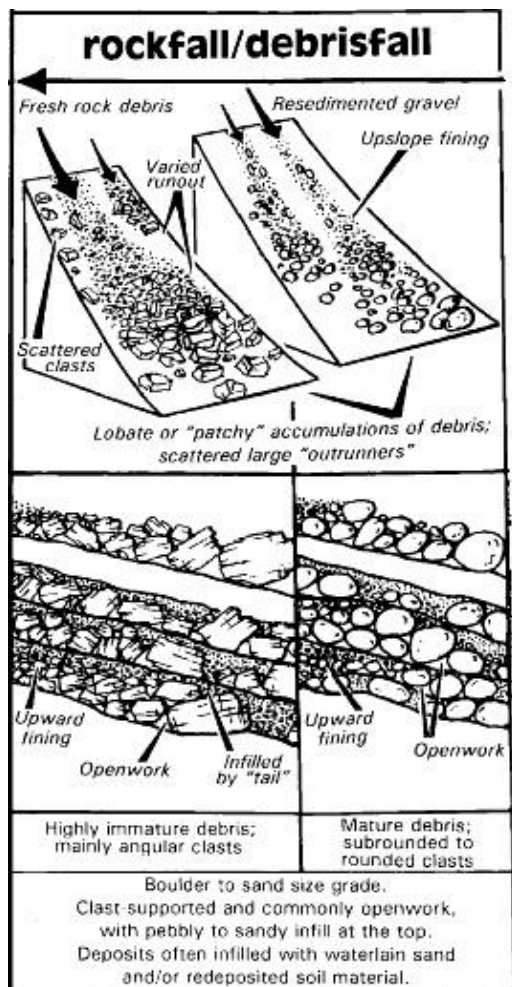


Figur 1. Skjematiske profilar av fall (venstre) og toppling (høgre). (Highland og Bobrowsky, 2008).

Avsetjingstypane frå fjellsprang og fjellskred delar Blikra m. fl. (1989) inn i fjellskredtunge, enkel steinsprangskråning og steinsprangkjegler (sjå Figur 2): Fjellskredtunge er ei tungeforma og ugradert avsetjing av store blokker danna ved fjellskred. Skråningsgradienten på desse varierar med storleiken og utløpsdistansen på skredet og varierar frå 0 - 15°. Ei enkel steinsprangskråning er ei jamn skråning danna av gjentekne steinsprang under ein rett og steil fjellvegg. Fallsortering gjer at ein finn det grovaste materialet nedst i skråninga og det finaste materialet øvst. Overflata har ein rett profil og jamn skråningsgradient på 20 - 45°. Steinsprangkjegle er ein vifte- eller kjegleforma fallsortert avsetjing i enden av ei kløft eller skar i fjellsida. Kjeglja har ein rett skråningsprofil med gradient på 20 - 45° og er ofte noko konkav i botnen. Steinsprang- og fjellskredavsetjingane består av umodne klaster frå sand til blokkstorleik, dei er kanta og matrikstøtta, gjerne med innfylling av jord eller sand (Blikra og Nemec, 1998) (Figur 3).



Figur 2. Avsetjingstypar frå steinsprang og fjellskred. Nr. 1 er fjellskredtunge, nr. 2 er steinsprangskråning og nr. 3 er steinsprangkjegle. (Blikra, 1990)



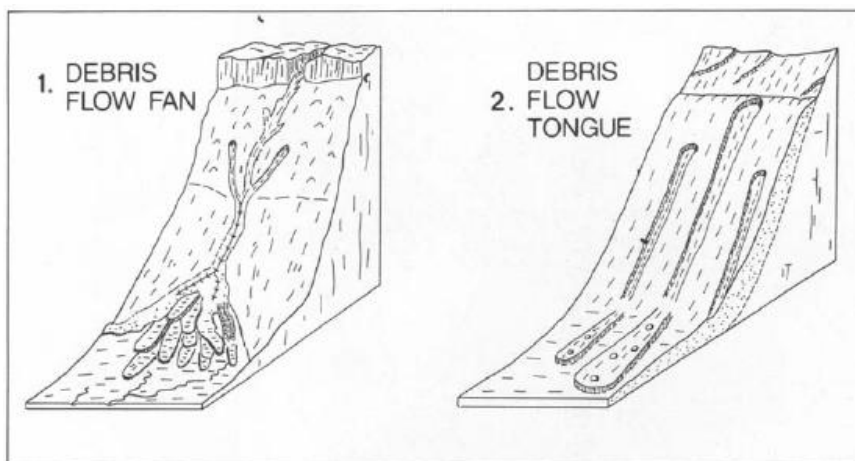
Figur 3. Ei skjematisk teikning av eit steinsprang eller fjellskredavsetjing viser at avsetjinga består av sand til blokkstorleik som er kanta, matriksstøtta og har innfylling av jord og sand. (Blikra og Nemeč, 1998).

1.2.2 Massestraumar

Grov massestrøm ('debris flow') er rask masserørsle av blokker, stein og grus blanda med finare materialar og vatn. Det er mengda grove partiklar som avgjer om det er ein grov eller fin massestrøm. Den startar ofte som ei utgliding i skråningar mellom 25 - 40° og går over til ein blokkdominert massestrøm etter kvart som den får tilført meir vatn og renn nedover skråninga. Massestrømen flyt nedover i ein våt lobeform. Ofte vert det erodert ut ein kanal i øvre delar av skredlauget, medan det er mindre erosjon i underlaget lengre nede. Det fremste kjenneteiknet på ein slik masserørsle er avsetjing av levéar på sidene av kanalane og ofte ein endelobe der massestrømen har stoppa opp på grunn av at dei største fragmenta er lengst framme og øvst i massestrømen. Levéane vert danna av same årsak. Dei grovaste fragmenta i fronten av massestrømen vert avsett først og skyvd til sides av massane som kjem etter. Levéar kan også verte danna ved at massestrømen har lågare kinetisk energi på

sidebølgjene slik at dei ikkje klarar å bere dei største fragmenta (Blikra m fl., 1989; Hooke, 1967; Sharp, 1942). Ein kan skilje grove massestraumar ut frå om dei oppstår i utspring frå nye eller allereie eksisterande kanalar, eller som ei utgliding i eit jamt lausmassedekke der massane glir på eit jamt underlag, til dømes berggrunn (Larsson, 1972). Dette påverkar også avsetjingane, som Blikra m. fl. (1989) deler inn i vifte og tunge (Figur 4).

Ein grov massestraumsvifte er ei kjegle- eller vifteforma avsetjing under skar i fast fjell eller skredbaner i lausmassar. Her kan ein finne dei karakteristiske levéane og lobene på overflata av vifta. Gradienten endrar seg nedover profilen, målingar utført i Nordfjord viser 35-25° i øvre del og ned til 19-8° i nedre del på massestraumsvifter. Massestraumar har matriksstøtta avsetjingar (Blikra m fl., 1989). Ein grov massestraumstunge vert danna når ein har svært viskøse og tungtflytande massestraumar. Avsetjingane har lav gradient og er forma som ei tunge eller lobe. Vifta ligg ofte heilt nede i dalbotnen og er utan levéar. Det er ein gradvis overgang mellom ei grov massestraumstunge og ein utgliding av lausmasse. Utgliding fører ikkje til ein massestraum (Blikra m fl., 1989).

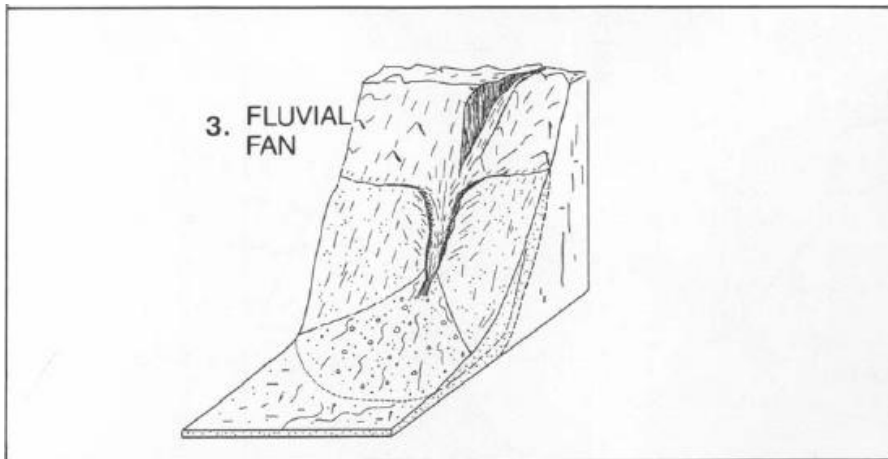


Figur 4. Grov massestraum kan avsetjast på fleire måtar avhengig av viskositet. Figur modifisert av Blikra (1990).

1.2.3 Flaumskred

Flaumskred er ein overgangsform mellom ein fluvial prosess der rørslene til vatnet er drivkraft for skredet og ein massestraumprosess der gravitasjonen er drivkraft (Blikra m fl., 1989). Flaumskredomgrepet vert brukt om prosessar som dominerar ved oppbygging av elvevifter i bratt terreng, hovudsakleg under stormhendingar. Då får elvane større tilgang på materiale frå dalsidene ved tilførsel frå lausmasseskred og utglidingar, eller ved at elva sjølv eroderer i underlaget. Materialet vert deretter blanda i elvevatnet og ført med i ein fortetta

suspensjonsstraum. Avsetjingane etter flaumskred er flaumskredvifte som vert danna der ein permanent bekk eller elv munnar ut i dalbotnen eller under eit skar som Figur 5 viser. Vifta har forgreina elvelaup som stadig skiftar hovudlaup, noko som gjer at vegetasjon får problem med å etablere seg. Gradienten er lågare enn for grove massestraumar på grunn av større vassinnhald i flaumskredet (Blikra m fl., 1989). Flaumskred kan i følgje NVE (2011b) løysast ut ned til 10°.



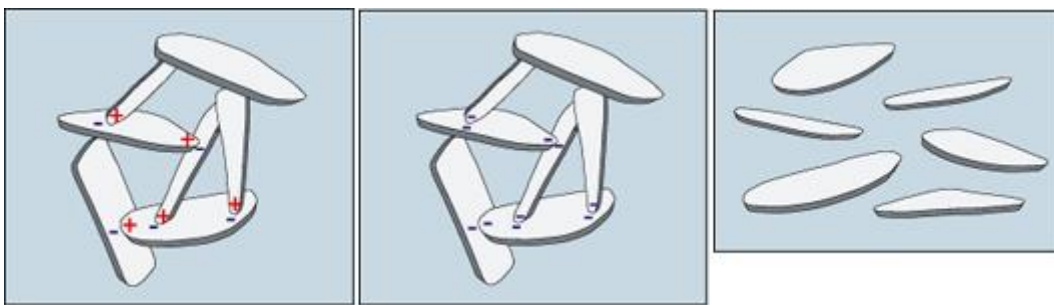
Figur 5. Flaumskredvifte. (Blikra, 1990).

1.2.4 Andre skredtypar

Skredtypar som Blikra m. fl. (1989) ikkje har tatt med i klassifikasjonssystemet er kryp og leirskred. Kryp er sakte jordsig nedover skråningar der rørsla skjer ved at skjærspenning i jordlaget er stor nok til å forårsake deformering, men ikkje nok til at jordlaget losnar. Der er tre typar kryp: (i) sesongmessig, der rørsla skjer i den djupna av jordlaget som er påverka av sesongmessing variasjon av temperatur og fukt, (ii) kontinuerlig, der skjærspenninga konstant er større enn styrka til massen, og (iii) progressiv, der jordsiget i skråninga når punktet for skråningsbrot og det vert andre typar masserørsler. Indikasjonar på kryp kan vere bøygde trestammer, langsgåande sprekkar i vegbaner, stolpar og støttemurar som har blitt forskyvd. Kryp kan vere indikasjon på føreståande skred (Highland og Bobrowsky, 2008).

Kvikkleireskred er når marine avsetjingar med leirinnhald vert flytande og rasar ut. Mange fjordar og dalar i Noreg har leiravsetjingar av glasimarint opphav. Gjennom landheving har leiren blitt eksponert utsett for erosjon av ulikt slag, som elvenedskjæringar og nedbør (Hansen m. fl., 2007). Dei sentrumsnære områda i Os er bygd på glasimarine avsetjingar med leirinnhald (Ragnhildstveit og Helliksen, 1997; Sønstegaard, 1974). Leire vert kvikk ved at

ferskvatn vaskar ut saltet i den marine eller glasimarine leira etter landeksponering. Dette fører til at den ioniske naturen og dei kohesive kreftene som held saman korthusstrukturen mellom leirkorna forsvinn, og leira får dermed kvikke eigenskapar. Strukturen kan kollapse dersom kvikkleira vert forstyrra for eksempel etter risting eller last. Dette fører til redusert porerom mellom leirkorna, vatn klarar ikkje renne gjennom leira og leira sjølv får ein flytande natur (Figur 6). I følgje NVE (2011b) kan alle kvikkleireområder med gradient over 3° potensielt gli ut. Landskap prega av tidlegare leirskred kan vere både bølgyete og flatt, og ikkje alltid like lett å kjenne att på berre morfologien (Hansen m fl., 2007; Hyndman og Hyndman, 2006).



Figur 6. Bilete nr. 1 frå venstre viser den opne korthusstrukturen og dei kohesive kreftene mellom korna i saltholdig leire (ikkje kvikk). Bilete nr. 2 viser kvikkleire, saltet er vaska vekk og dei kohesive kreftene mellom korna er borte. Nr. 3 viser leirkorna etter at korthusstrukturen er kollapsa. (Dahl m. fl., 1997).

1.3 Skråningsprosessar

Skråningsprosessar er dei prosessane som fører til danning av skråningar og kan forklare drivkreftene bak skred. For å kunne bruke fagleg skjønn ved vurdering av skredfare og aktsemdområder må ein vite om desse prosessane. Eg går gjennom dei viktigaste i dette kapitlet: likevekt i skråningar, naturlege og menneskeskapte utløyingsårsaker, og vegetasjon og avrenning. Koplinga mellom skred og klima er også ein viktig faktor.

1.3.1 Likevekt i skråningar

Ei skråning si evne til å motstå utrasing er avhengig av forholdet mellom gravitasjonskreftene og motstanden til materialet. Motstanden er styrken til materialet og friksjonskrefter mellom skredmaterialet og underlaget, og i sjølve materialet. Er dei motståande kreftene like store, så er skråningsmaterialet i likevekt og vil ikkje rase ut. Dersom gravitasjonskreftene overgår friksjonen vil skråninga rase ut. Over tid vil alle skråningar

stabilisere seg sjølv nær likevekt av prosessar som er kontrollert av lokale forhold. Dette varierar med materialet, rundingsgrad på enkeltkorn og vassinnhald i materialet, og avgjer den største gradienten ei skråning kan ha (Hyndman og Hyndman, 2006).

Forholdet mellom gradienten og lasten av materialet som kan rase er ein viktig faktor. Til brattare skråning, til større er krafta som verkar parallelt med skråninga, og til større sjans er til stades for utrasing. Kreftene som er med å halde ei skråning stabil er friksjons og kohesjonskrefter. Friksjonen er påverka av om underlaget er ujamnt. Storleiken på kontaktflata mellom rasmaterialet og underlaget er uviktig, ein liten masse glir på same skråning som ei stor masse. Forhold som kan auke friksjonen i ei skråning er tre og anna vegetasjon, til dømes i eit tynt skred over fjellgrunn. Kohesjonen held korn i lausmasse saman og består av overflatespenninga i vatn som held lause korn saman, og statisk spenning mellom korn eller sement mellom korna. For mykje vatn vil fylle porerommet mellom korna heilt opp og presse dei frå kvarandre, og dermed overvinne kohesjonskreftene. Porerommet kan sjåast på som ei vertikal kolonne der det hydrostatiske trykket er størst i botnen på grunn av lasten av vatnet ovanfor. Påføring av meir vatn (t. d. som nedbør) vil difor auke trykket nedst i kolonnen, og lausmassen får mindre krefter som held massen saman samtidig som eit auka trykk mot underlaget minskar friksjonen mellom lausmassen og underlaget. Dette kan føre til skredutløysing (Hyndman og Hyndman, 2006). I følgje NVE (2011b) er grov sand og grus permeabel og har dermed høgare terskel for oppbygging av porevasstrykket, og er ofte stabile under 37° . Fine jordartar kan få høgt porevasstrykk, og er meir skredutsett enn tilsvarande skråningar av grovare masse. Morene er ofte faste, særleg under det øvste laget som er påverka av det ytre miljøet og er meir porøst; slik lagdeling kan føre til auka vasstrykk i øvre laget.

1.3.2 Utløysingsårsaker, naturlege og menneskeskapte

Skred vert utløyst når likevekta i ei skråning tek naturleg slutt, eller når eksterne faktorar påverkar likevekta. Prosessar som fører til brattare skråningar, overlasting og tilføring av vatn er viktige årsaker til skredutløysing. Mange årsaker er overlappande og fleire influerande faktorar verkar saman (Hyndman og Hyndman, 2006).

Skråningar vert brattare når masse vert lagt på i øvre delar av ei skråning eller fjerna frå undre delar ved underkutting. Elver som eroderar i underkant av lausmasseskråningar, eller

sprenging som eksponerer sprekker og potensielle glideflater i fjellveggar, er eksempel på årsaker til dette. Massefjerning i underkant av skråningar fjernar den motståande lasten som held skråningsmaterialet oppe, og det er berre friksjonen som hindrar utrasing. Ligg dei svake sonene tilnærma parallelt med skråninga er det stor sjanse for at dei vert glideflater (Hyndman og Hyndman, 2006). Påføring av fyllingar i toppen av ei skråning kan føre til at friksjonskreftene ikkje lengre er store nok til å motstå gravitasjonskrafta, og det vert ein auke i skjærspenninga. I tillegg kan fyllingar i seg sjølv vere ustabile (Sletten m fl., 2006).

Massefylling i form av bygningar, fyllingar og nedbør kan også føre til kollaps av korthusstrukturen i kvikkleire og dermed løyse ut kvikkleireskred. Sesongmessig kryp er ofte forårsaka av frysings- og tiningsprosessar i jordsmonnet, medan andre typar kryp kan vere forårsaka av langvarig regn, dårlig drenering og lastendring og er teikn på ein viss instabilitet (Hyndman og Hyndman, 2006). Massestraumar og flaumskred er vanlegvis utløyst av stor avrenning av vatn på skråningsoverflata, til dømes ved intens nedbør og rask snøsmelting. Dette fører til erosjon og mobilisering av lausmassar og steinblokkar ved auka hydrostatisk trykk (Hyndman og Hyndman, 2006; Jaedicke, 2009).

Fjellskred og steinsprang vert også utløyst av mykje nedbør på grunn av auke i hydrostatisk trykk i sprekker og svake soner i berggrunnsstrukturen. Når det vatnet i sprekkene frys får ein frostsprenging (Highland og Bobrowsky, 2008; Sandersen m. fl., 1996), samt at røter frå vegetasjon også aukar trykket i sprekker. Naturlege prosessar som utrasing av blokker i fjellveggar kan føre til overheng, det same kan menneskelige inngrep som sprenging og utgravingar, og desse rasar ned når friksjonen vert mindre enn lasta (Highland og Bobrowsky, 2008). Risiko for steinsprang kan ofte skuldast lagdeling og sprekkemønsteret i berggrunnen. Til dømes er det fare for utgliding der sprekkene er parallelle med skråninga (Sletten m fl., 2006).

1.3.3 Avrenning og vegetasjon

Overflateavrenning og vegetasjonen i ei skråning har påverknad på erosjon og mobilisering av skredmateriale. Fjerning av jord og vegetasjon i hogstfelt, veganlegg og tomter aukar erosjonen og dermed risikoen for skredutløysing (Sletten m fl., 2006). Vegetasjon fører til vassinnhaldet i jorda er mindre i tillegg til at røtene forankrar jordlaget. Det gjer også at mengda og farta på overflateavrenningar er mindre enn i områder utan vegetasjon. Tett vegetasjon kan fange opp materialar som steinsprang utløyst lengre opp i skråningar. Gamle

skogar med rotvelter kan auke jordskredfaren ved at vatn lettare trenger ned i bakken der rotvelta har blottlagt jorda. Ung skog er betre for førebygging av skred i skråningar enn gamal skog, spesielt i svært erosjonsutsette og bratte skråningar. Bartre er stivare og meir utsette for rotvelte ved sterk vind enn lauvtre (Rankka og Fallsvik, 2003).

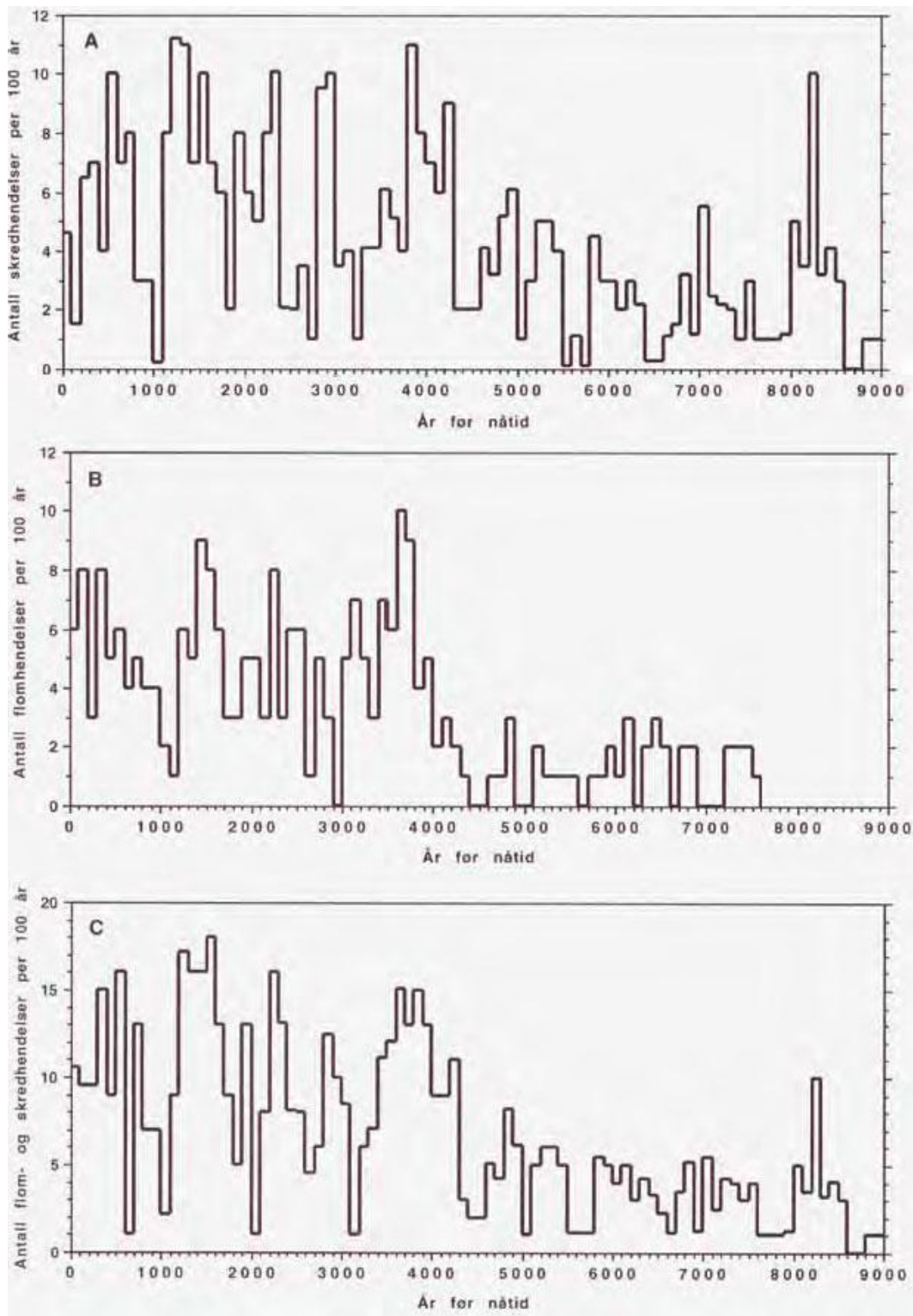
I skråningar med tynt, lite permeabelt og fuktig lausmassedekke, samt der gras dominerer vegetasjonen, er det minst infiltrasjon til grunnen og størst avrenning på overflata. Minst avrenning er i områder med busker, tre og ujamn overflate. Generelt gjeld til tettare vegetasjon, til mindre avrenning (Rankka og Fallsvik, 2005). Eigenskapane til jorda er også avgjerande. Dersom den er grovkorna, tjukk, og har høg porøsitet og/eller permeabilitet minskar avrenninga. Dersom den er finkorna er avrenninga større. Usortert morene med mykje fint materiale er tett og fuktig, og har større avrenning. Berggrunn med mykje sprekker eller ei forvittra overflate kan minske avrenning (Rankka og Fallsvik, 2003, 2005). Avrenning framfor infiltrasjon kan vere hensiktsmessig i områder med høgt poretrykk i utgangspunktet (Rankka og Fallsvik, 2005).

Vegetasjonen reflekterer grunnforholda som vassinnhald, lausmassedekke og berggrunn. Seljefamilien veks i våt jord og indikerar dermed større avrenning (Rankka og Fallsvik, 2005). Gran har svært grunne røter, som fører til at den er utsett for rotvelte og må ha middels våt jord. Furu har djupe røter og kan vekse i tørre grusbakkar og terrasser med hurtig drenering. På Vestlandet veks furu på tynn, mager mark og bratte skråningar med lite jordsmonn, samt i fjellsprekker, men toler også våtare områder enn gran (Vedel og Møller, 2003).

1.3.4 Kopling mellom klima og skredfarar.

Forskningsprosjektet GeoExtreme (Jaedicke m. fl., 2008) undersøkte fire utvalde områder i forskjellige regionar i Noreg, om klimaendringar kan føre til auka skredrisiko. Databasar med historiske skred frå 1961 til 2005 vart kopla med meteorologiske databasar for å vurdere om skred vert løyst ut på grunn av meteorologiske forhold. Resultat viser at utløysingsårsakene til massestraumar på Vestlandet kan forklarast med både intens nedbør over kort tid, og regnakkumulering over periodar opptil 15 dagar (Jaedicke m fl., 2008; Sandersen m fl., 1996). Steinsprang kan trenge fleire dagar med nedbør før utløysing. Massestraum- og steinsprangaktivitet er størst i september til desember. Dette er den mest nedbørrike perioden og det kan også tilført ein del vatn frå snøsmelting. Samanheng mellom vêrfaktorar

og massestraumar er større enn for steinsprang. Det kan gå fleire år mellom vêrhendingar som løyser ut skred, og ofte er også andre faktorar medverkande (Sandersen m fl., 1996). Frekvensanalysar av dei viktigaste utløysingselementa vil kunne samanliknast med framtidige klimascenario og brukast til samfunnsplanlegging (Jaedicke m fl., 2008). Det har blitt funne ein samanheng mellom rekonstruerte jord- og snøskredhendingar og flaumar i bresjøar og store elvar etter siste istid. Dette er framstil i Figur 7. Den viser også at flaum- og skredhendingar går i periodar, og at store flaumar og skred har samanheng med nedbør.

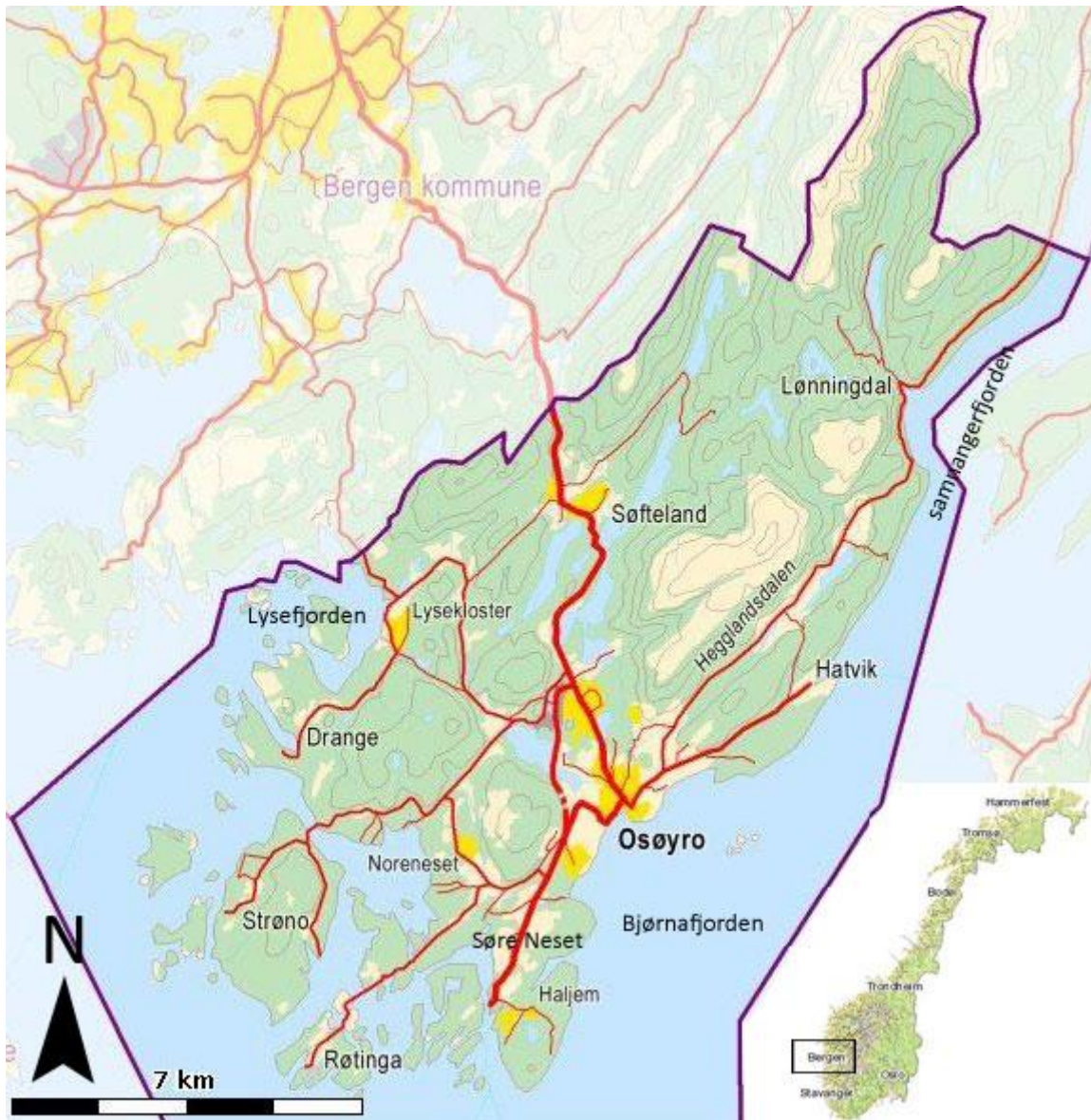


Figur 7. Rekonstruksjon av storm- og skredhendingar per hundreår dei siste 9000 år, basert på data om snø- og jordskred frå Vestlandet og Jotunheimen, og flaum i bresjøar og Glomma. Figuren er henta frå "Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing" (Hanssen-Bauer m fl., 2009) s 57.

2 Generell områdeskildring av Os kommune

Dette kapittelet inneheld ei skildring av kommunen med vekt på faktorar som har påverka på skred. Desse faktorane er topografi og vegetasjon, berggrunnsgeologi, lausmassar, samt dagens klima, historisk klima og klimaframskrivingar for Vestlandet.

2.1 Topografi



Figur 8. Flatekart over Os kommune, Hordaland. Modifisert frå www.kartios.no (2011).

Os kommune ligg i Hordaland rett sør for Bergen (Figur 8), og er ei kystkommune som grensar til Bjørnafjorden, Samnangerfjorden og Lysefjorden. Store delar av kommunen består av vikar og sund, store og små øyar med låge åsar; den høgste er Strøno, opptil 208 m o.h. Fastlandsdelen av Os er prega av fjell, dalar og fjordar. Det høgste fjellet er 842 m o.h.

Dei største bustadområda er rundt Osøyro, Søfteland, Nore Neset, Søre Neset og Lysefjorden. Kommunen er om lag 140 km² stor (Bukkholm, 2010).

Topografien i Os er sterkt påverka av berggrunnen. Fjorden og fleire av dalføra følgjer sprekker, forkastingar og soner med svakare bergartar (Ragnhildstveit og Helliksen, 1997), men også istider og isavsmelting har satt sitt preg på topografien som diskutert av Mangerud (1974; 2002) og Sønstegaard (1974).

2.2 Vegetasjon i Os

Langs dalbotnar og dalsider som har relativt tjukke dekker av lausmassar og jord (Thoresen m. fl., 1995), er det jordbruksmarker med dyrking av dyrefôr. I lågareliggande områder med lettforvittra berggrunn (Ragnhildstveit og Helliksen, 1997) veks varmekjær lausskog som eik og bøk (Vedel og Møller, 2003), elles er der mykje bjørk, selje, furu og or, samt områder med granfelt i dalsidene. Øvre delar av fjella og åsane består for det meste av sur gabbro med lite jordsmonn og vegetasjon (Ragnhildstveit og Helliksen, 1997; Thoresen m fl., 1995), her finn ein i hovudsak furu og låge busker.

2.3 Geologi

2.3.1 Berggrunn

Bergarten, sprekker, forkastingar, sprekkeretningar, jordddanning og vegetasjon har påverknad på topografien. Os kommune ligg i søre delar av den store Bergensbuen og har difor ein komplisert og mangfaldig berggrunn og struktur.

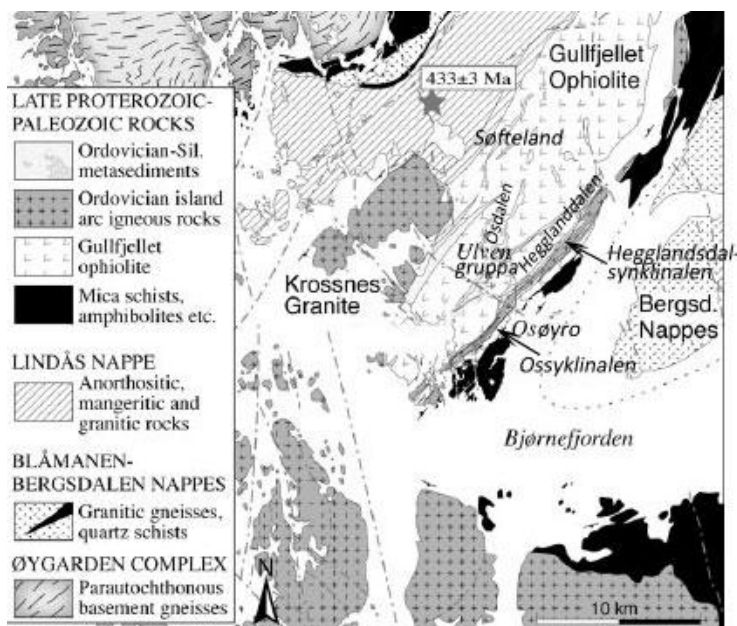
Den Store Bergensbuen er ein sekvens av kaledonske skyvedekker i ein forseinking i det baltiske skjoldet (Sturt og Thon, 1978), og berggrunnen i Os kommune er i den delen av Bergensbuen som består av bergarten Gullfjellet ofiolitt og relaterte avsetjingar. Figur 9 gir eit overblikk over bergartane i Os og området rundt. Gullfjellet ofiolitt består av klassisk ofiolittpseudostratigrafi med dioritt, gabbroeingar, lagdelte intrusjonar og basalteiningar. Den interne stratigrafien er komplisert ved at området har fleire forkastingar både i hovudkontaktområda og i dei ulike nivå i komplekset, etter lukking av lapetushavet i Ordovicium (Thon, 1985). Erosjonsmaterialar frå bergarten Gullfjellet ofiolitt er avsett i dei sedimentære sekvensane i Osgruppa. Osgruppa er delt inn i Holdhusgruppa og Ulvengruppa og representerar grunnmarine til strandavsetjingar med veksling mellom alluviale sediment

og tidevassavsetjingar etter fleire regressive og transgressive syklusar. Holdhusgruppa finn finst i Hegglandsdalsynklinalen og Ossynklinalen. Den er avsett i sein-ordovicium og består av grovt konglomerat til sandstein, fyllitt, glimmer, marmor og fossilrik kalkstein.

Ulvengruppa er av tidlig-silur alder og finst i Ulvensynklinalen. Den består av ein formasjon med gråvacke med polymiktisk konglomerat og fyllitt, og ein formasjon som hovudsakleg består av fyllitt, med innslag av metasandstein, karbonat og siltstein (Ingdahl, 1989).

Kontinentkollisjon mellom Laurentiske og Baltiske skjold i sein silur førte til at heile skyvedekkesekvensen i Bergensbuen vart ført austover i ein forseinking i sålen. Avsetjingane frå sein-ordovicium og tidlig-silur vart skvisa inn mellom hardare blokkar i Bergensbueskyvedekka og danna dermed typiske innklemte synklinalar (Thon, 1985).

Landskapet i Os er påverka av den vekslende berggrunnsgeologien og strukturen på følgjande måte: Hegglandsdalen er ein av fleire strøkdaler danna i soner med mindre motstandsdyktige bergartar som har hovudretning sørvestnord aust, forseinkinga Osdalen frå Osøyro til Søfteland er ein tektonisk sprekkedal orientert normalt på strøkkretninga, fjella og åsane i kommunen er av meir motstandsdyktige bergartar som gabbro, og flatare parti rundt sentrum er av sedimentære bergartar (Ragnhildstveit og Helliksen, 1997; Sønstegaard, 1974). Bergartar med svake mineral smuldrar ved forvitring, medan kvartsrrike bergartar sprekker opp til stein og blokk (Goldich, 1938).



Figur 9. Den store bergensbuen. Figuren er modifisert frå Fossen (2006)

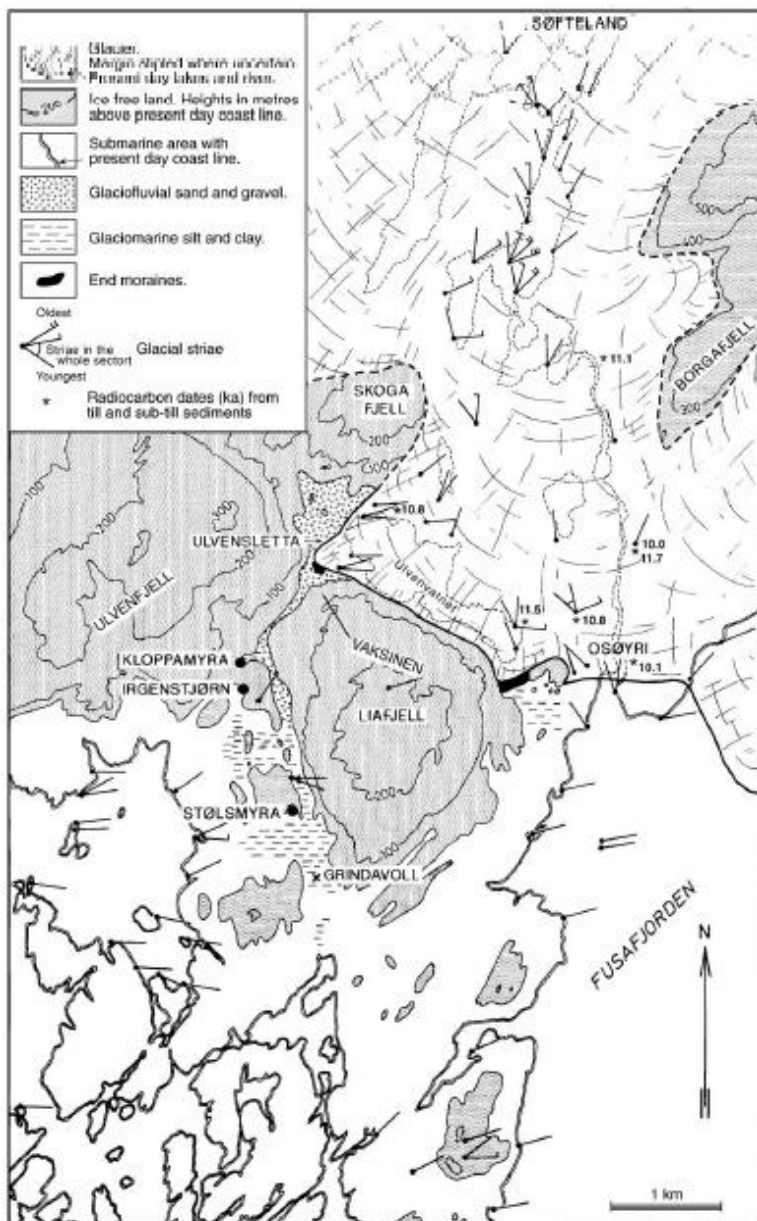
2.3.2 Ismaksimum i yngre dryas og isavsmelting etter siste istid

Ei samanfating av deglasiasjonshistoria for Os klargjer lausmasseplassingane i kommunen.

Innlandsisen sin maksimumsposisjon på Vestlandet var rundt 11 700-11 530 kalenderår BP, tidlig i yngre dryas, basert på pollenmålingar frå Kloppamyra ved Ulven (Bondevik og Mangerud, 2002). Posisjonen kan også sjåast som randtrinn ved Ulven, og den fell saman med tidspunktet for det maksimale relative havnivået i Os (Lohne m. fl., 2004). Figur 10 viser rekonstruksjon av isposisjonen under yngre dryas maksimum. Då møttes to bretunger i Os: ein frå Sjøfteland, og ein frå Fusafjorden. Borgarfjell låg som ein nunatak. Den fremste posisjonen gjekk heilt inntil Liafjell og Skogafjell. Hovuddreneringsvegen for det subglasiale smeltevatnet var over Ulvensletta mellom Ulvenfjellet og Liafjellet, der randtrinnet vart bygd opp til horisontale terrasser. Høgda på desse er 58 m o.h. på Ulvensletta og 57 m o.h. ved Grindavoll, og avsetjingane er opptil 34 m tjukke (Aarseth og Mangerud, 1974).

Transgresjonen nådde sitt maksimum rundt 11 750 år BP, og ein rask regresjon er estimert til å ha starta 50-100 år etter at innlandsisen starta tilbaketrekking (Lohne m fl., 2004).

Yngre dryas ismaksimum på Vestlandet skjedde tidligare enn resten av det skandinaviske isdekket (Bondevik og Mangerud, 2002), men israndtrinn ved Ulven er antatt å vere ein del av same system endemorenar som Ra-morenen på Austlandet (Mangerud, 1970). Aarseth og Mangerud (1974) har på bakgrunn av isobaselinjer for Hordaland funne strandlinjegradianten for Bjørnafjorden til 1,4 m/km. I følgje Hamborg (1983) var derfor tilbaketrekkinga rask slik at Fusafjorden og Samnangerfjorden vart isfri i løpet av 200 år. Storskala kalving i fjordane, og deretter ein rask retrett av isfronten etter klimatisk forbetring (Mangerud, 1970). Israndtrinn med glasifluviale avsetjingar finst fleire stader i kommunen: Ulvensletta (58 m o.h.), Sjøfteland, Lønningdal og Øvredalen (Thoresen m fl., 1995).



Figur 10. Rekonstruksjon av maksimum isdekke og israndtrinn i Os under Yngre Dryas. Kart henta frå Lohne og Bondevik (2004), som har modifisert den frå Aarseth og Mangerud. (1974).

2.3.3 Lausmassar

Lausmasse kan vere skredfarlige under dei rette føresetnadane (1.3), og kommunen har relativt store lausmassar av ulikt kvartærgeologisk opphav (Figur 11). Dei best undersøkte og dokumenterte lausmassane finn ein rundt Ulvenvatnet ved sentrumsområdet i Os. Til dømes gjorde Sønstegaard (1974) undersøkingar av lausmassen rundt Osøyro i si hovudfagsoppgåve, og fann at her er stadvis avsetjingar av glasfluvialt, glasimarin og lakustrint materiale. Tjukkeleik på avsetjingane varierer frå ingenting der fjellknausar stikk

opp, til over 10 m tjukke avsetjingspakkar i forseinkingar. Dei tjukkaste avsetjingane er ved Ulven, Kuventræ, Moberg og Flåten. Ulven og Kuventræ har hovudsakleg glasifluvialt materiale. Sentrumsområdet rundt Osøyro har postglasiale marine avsetjingar der Flåten og Moberg har enkelte stader over 10 m tjukke avsetjingar med ravinar og spor etter rasgroper. Dei glasimarine avsetjingane ligg oppå grovare materiale og består av fleire lag silt. Eitt av dei underste silt laga er av laminert silt med 26% leirinnhald. Skjærstyrkeprøvar av denne silten viser tildels særst kvikk leire, spesielt ved vest for Banktjørn. Der er også ein del tynt morenemateriale under marin grense (MG) på 58 m o.h. rett aust for Osøyro, men generelt er morenematerialet betydeleg tjukkare over MG.

Andre hav- og fjordavsetjingar i kommunen er i Hagavik/ Nore Neset/Søre Neset (Figur 11), samt rundt Lysefjorden og sør for dei lokale glasifluviale avsetjingane på Søfteland og Drange (Thoresen m fl., 1995). Området aust for Liafjellet (Hagavik/ Nore Neset/Søre Neset) har stadvis tjukke glasimarine dekke av silt og leire på grunn av sin posisjon utanfor yngre dryas ismaksimum (Figur 10). Avhengig av topografien til berggrunnen under, finn ein over 20 m tjukke avsetjingar av silt og leir ved Nore og Søre Neset. Her er ei opptil 10 m tjukk lagrekke av silt, Grindavollsilt, som vart avsett i løpet av 200 år under yngre dryas maksimum, saman med skiftande lag av marine og ferskvassavsetjingar i sedimenta (Bondevik og Mangerud, 2002; Lohne m fl., 2004).

Botnen av Hegglandsdalen er dekt av morene av varierende tjukkeleik. NGU oppgjev den frå usamanhengande eller tynt dekke, til samanhengande dekke med stadvis stor tjukkeleik. Lønningdal (Figur 12) har ei stor glasifluvial avsetjing med terrasser med MG 76 m o.h. på nordaustsida av dalen, og morene på vestsida av dalen. Dalbotnen nedanfor terrassen er flat med fluvialt materiale, hovudsaklig flaumslette. I Øvredalen er dalbotnen nord for Øvredalsvatnet av glasifluvialt opphav, med reavsett fluvialt materiale (Thoresen m fl., 1995) Figur 12. Det meste av kommunen elles er dekket av forvitningsmateriale (Blikra og Nemeč, 1998).



Figur 11. Oversikt over lausmassar i søre delar av Os. Modifisert frå www.ngu.no (2011).

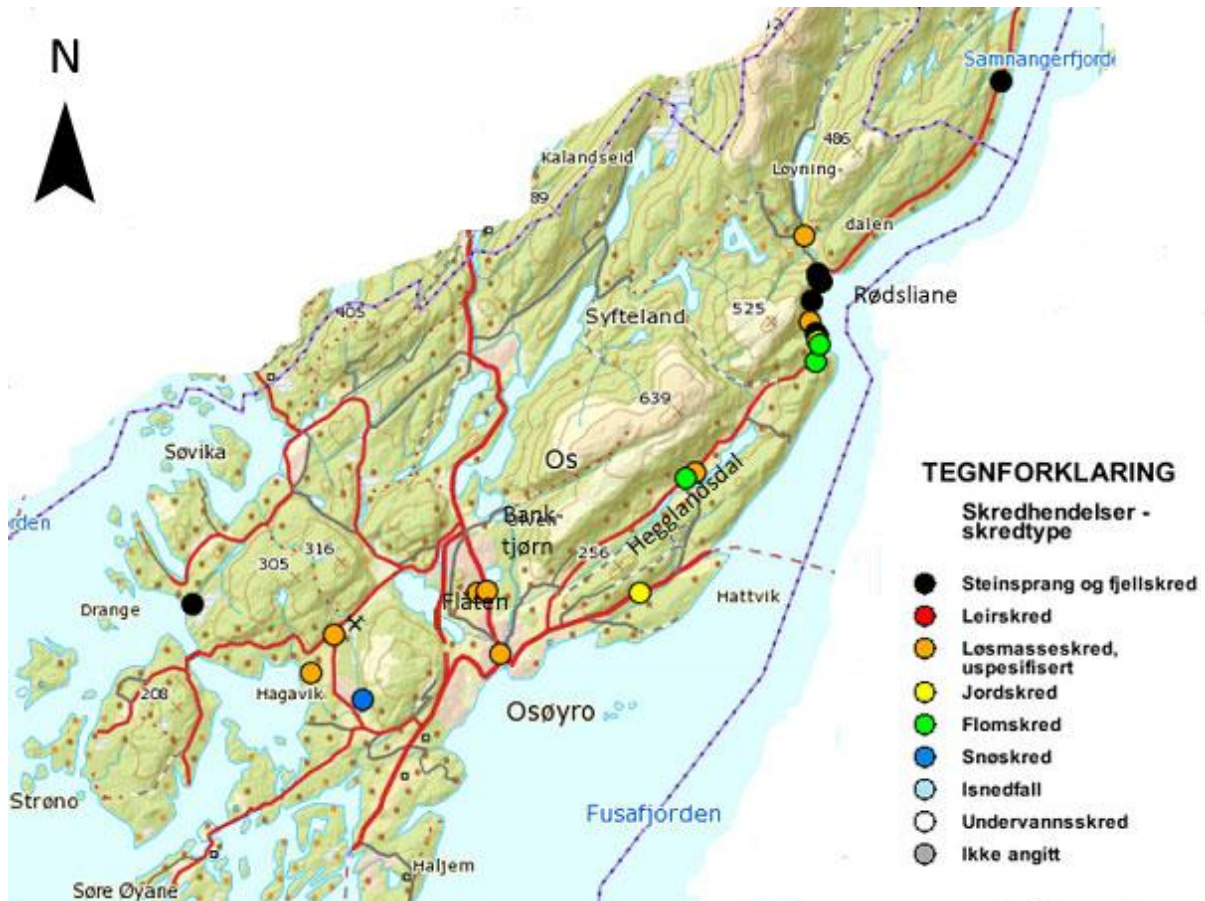


Figur 12. Oversikt over lausmassar i nordre delar av Os. Sjå Figur 11 for teiknforklaring.

Modifisert frå www.ngu.no (2011).

2.4 Skredhistorikk Os

Os kommune er ikkje ei utprega skredkommune, men der er registrert fleire typar skredhendingar og to omkomne i skred databasen tilgjengeleg frå skrednett.no (2011a), vist i Figur 13.



Figur 13. Registrerte skredhendingar i Os. Modifisert frå www.skrednett.no (2011a).

Steinsprang skjer gjennom heile året ved Rødsliane (området med flest registrerte steinspranghendingar). Langs denne vegstrekninga er det også registrert eit flaumskred, eit jordskred og eit uspesifisert lausmasseskred. Desse har ført til heilt og delvis stengt veg. Eit steinsprang ved Drange i 1836 treffe eit born som leika på gardstunet og førte til at det omkom. Den oftast registrerte skredhendinga i Os er variasjonar av lausmasseskred med konsekvens for samferdsel. Ved landhandelen i Hegglandsdalen gjekk det eit flaumskred i november 2007 som kryssa F173 og førte til vegstenging eit par timar (www.skrednett.no, 2011a). Ved Irgenstjørn i Hagavik gjekk det i 1980 eit lausmasseskred som gjorde vegskade. Det gjekk også eit 70 m breitt uspesifisert lausmasseskred ved Banktjørna på Flåten i 1973 som tok vegen, dåverande E39. Ved Lønningdal gjekk det i 1992 eit 100 m breitt jordskred

som førte til vegskade og stengt veg, truleg på grunn av stor vassføring i elva. Namnet på elva er ikkje spesifisert (Andås, 2006; www.skrednett.no, 2011a). Kvikkleire i Flåtenområdet har gitt problem i samband med anlegg. Under bygging av det nye gymnaset på Flåten heldt ei gravemaskin på å forsvinne i lausmassane, og i samband med grøftarbeid i sørenden av Banktjørnet raste ein del veg av vegen ut på grunn av vibrasjonar frå gravemaskina (Sønstegaard, 1974).

Gjennom prosjektet 'SiGVe -Samfunnstryggleik i GIS-Vestlandet' (Andås, 2006) føretok kommunen ei gjennomgang av skredhendingar i kommunen, der resultatet vart ei orientering til arealkontoret og forslag om å avmerke Flåten på risikokart.

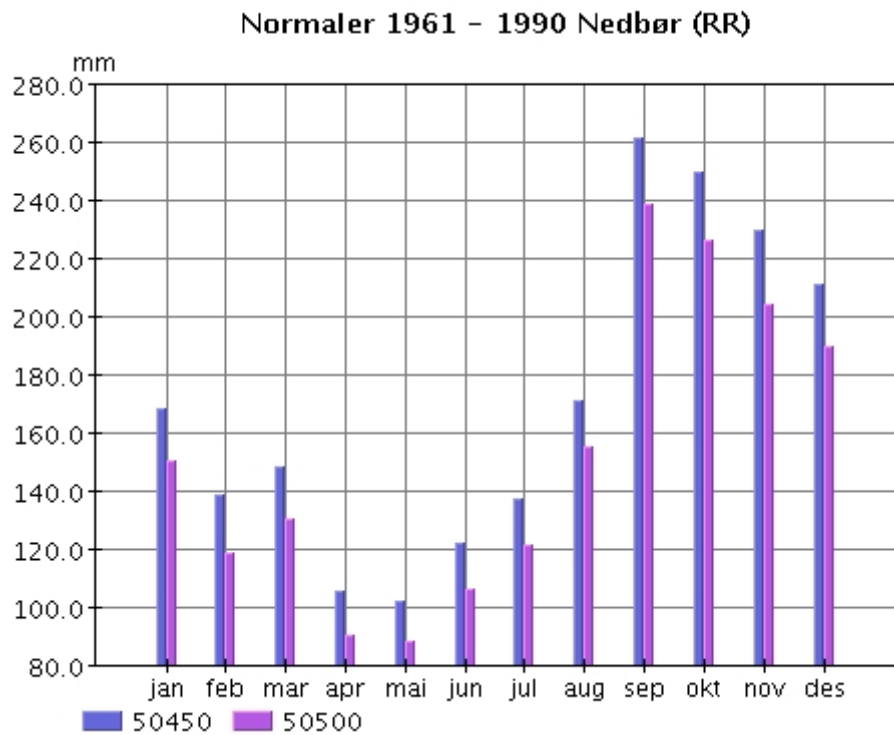
2.5 Klima i Hordaland

Regjeringa sette samanhangen mellom klima og skred på dagsorden i 2008 ved oppnemning av NOU Klimatilpassing. I dette kapitlet går eg gjennom dagens vêrsituasjon og klima for Vestlandet og Os, klimaet frå slutten av siste istid og i holocen, og klimaframskrivingane.

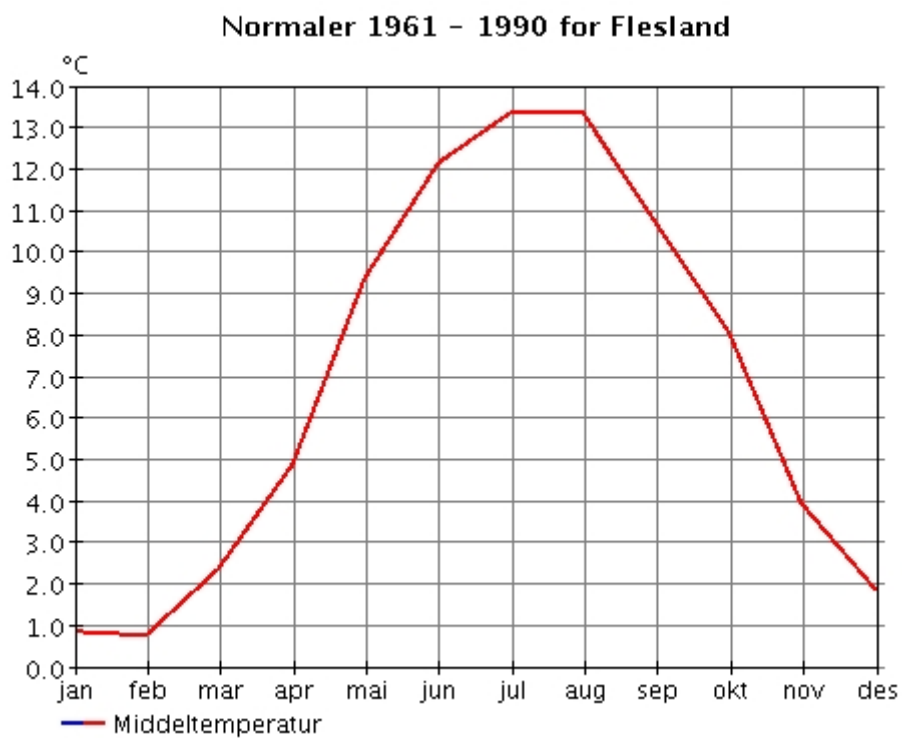
2.5.1 Dagens vêrsituasjon i Hordaland

Klimaet i Noreg er relativt varmt i forhold til breiddegrad på grunn av sirkulasjonsforholda i atmosfæren og i havet. Kysten av Vestlandet har maritimt klima med varmare vintrar og kjølegare somrar enn eit kontinentalt klima. På Vestlandet finn ein den høgaste årsmiddeltemperaturen i Noreg som er på +6°C, og på grunn av plasseringa i vestavindsbeltet er her også størst nedbør i Noreg i løpet av året, enkelte stader over 5000 mm (Hanssen-Bauer m fl., 2009).

Det Norske Meteorologiske Institutt (2011a, b) har to målestasjonar nokså nær Os som har målt middelnedbør per månad for normalperioden 1960-1991 (Figur 14), stasjon 50450 ved Stend i Fana bydel og stasjon 50500 på Flesland. Flesland målestasjon har også målt middeltemperatur for normalperioden (Figur 15). Os har ingen målestasjonar som viser temperatur og nedbør for normalperioden, Stend og Flesland vert difor brukt som rettleiande stasjonar for Os.



Figur 14. Månads- og årsnedbør i normalåra 1961-1990. Nedbør er vist i mm (www.met.no, 2011b).



Figur 15. Middeltemperatur per måned i °C for Flesland normalperioden 1961-1990 (www.met.no, 2011a).

Nedbøren er større på Stend målestasjon enn Flesland på grunn av den er plassert nær eit fjell, fordi doggpunktstemperatur og relativ luftfuktigheit aukar med høgda.

Årsmiddelnedbør i normalperioden er 1815 mm per år for Flesland og 2041 mm per år for Stend (www.met.no, 2011b). Då Os har ein topografi med fjell og høgareliggjande område antek eg at der er meir nedbør der enn ved Flesland, i samsvar med Figur 14.

Årsmiddeltemperaturen for Flesland er over 0°C (www.met.no, 2011a), også gjennom vinteren, på grunn av den kystnære og lågtliggjande plasseringa. Os er lengre frå kysten og har høgareliggjande områder, dette fører om at Os har noko lågare middeltemperatur om vinteren og fleire døgn med nullgradspassing. Dette endrar seg også med høgda på grunn av den adiabatisk temperaturendringa på 0,65°C/100 m.

Stormen 'Kristin' 13. september 2005 førte til det første ekstremnedbørvarselet på Vestlandet. Målestasjonen på Opstveit i Sunnhordland vart det målt 179,5 mm nedbør, målestasjonen på Florida i Bergen viste 156.5 mm (MET, 2010).

2.5.2 Klima etter siste istid

Frå overgangen mellom yngre dryas og holocen og fram til 6000 år BP minskt sommarinnstråling (Milankowich-teorien) og alle dei store iskappene på den nordlege hemisfæren smelta vekk. Med ingen iskapper var klimaet på eit varmemaksimum (Wanner m. fl., 2008). Frå 9000 til 6000 år BP var truleg temperaturen i Noreg 1,5 til 2°C varmare enn i dag (Hanssen-Bauer m fl., 2009). Dei største isbreane i Noreg smelta vekk, og perioden 6600 til 6000 BP var den med minst breutbreiing og breaktivitet i Skandinavia (Nesje, 2009). Det vaks då furu på store delar av Hardangervidda (Hanssen-Bauer m fl., 2009). Etter denne varme perioden var sommarinnstrålinga stadig minskande på nordlege hemisfære og aukande på sørlege hemisfære, og det førte til endra globalt atmosfærisk sirkulasjonsmønster og nye klimaendringar på hemisfærene. Breane vaks med periodevise fluktusjonar i dei europeiske Alpane og i Skandinavia i takt med naturlege temperaturvariasjonar fram til 'den vesle istida' i åra 1350 og 1850. Dei siste 150 år er prega av global temperaturauke og saman med dette minsking av brear i mange regionar på jordkloden (Wanner m fl., 2008). Langtidsmålingar av temperatur og nedbør i Noreg frå 1900 til 2008 viser temperaturvariasjonar i perioden, og ein generell auke i temperaturen på fastlands-Noreg på 0,08°C/tiår og for Vestlandet med 0,05°C/tiår. Årsnedbøren på Vestlandet har auka med 20% i den same perioden, og er den største auken i generell

årsnedbør i Noreg. Os ligg i regionen som har hatt størst nedbørsauke om våren, og grensar mot regionen med størst nedbørsauke om hausten (Hanssen-Bauer m fl., 2009).

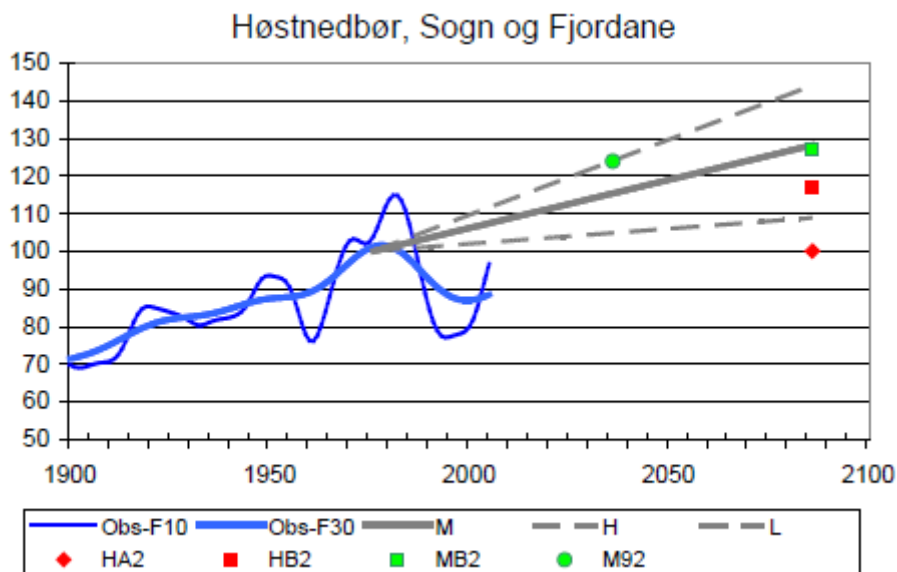
2.5.3 Klimaframskrivingar mot år 2100

Klimaframskrivingane er henta frå rapporten "Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale for NOU Klimatilpassing" (Hanssen-Bauer m fl., 2009).

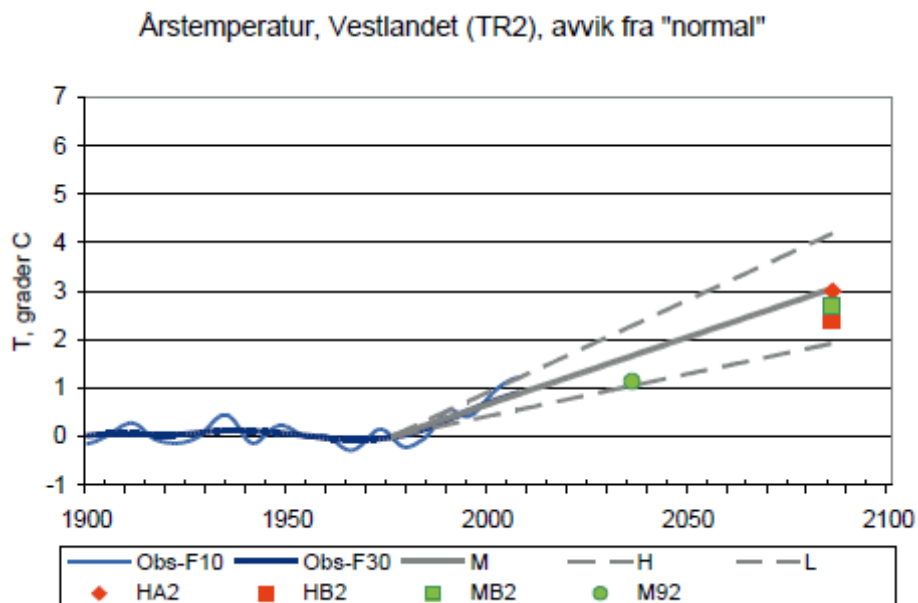
Hanssen-Bauer m. fl. (2009) foreslår å bruke åra 1979-2008 framfor normalperioden 1961-1990 i berekningar og planleggingsføremål dei nærmaste 10 åra. Det har vore betydelege endringar i årsmiddeltemperatur og –nedbør samanlikna med normalperioden.

Årsmiddeltemperaturen på Vestlandet har auka med 0,55°C og årsmiddelnedbør har auka med 5%, der vinternedbøren har opptil 25% auke og haustnedbøren har hatt eit par prosent nedgang. Fram mot 2100 er det framstilt resultat som tyder på eit betydelig våtare og varmare klima på Vestlandet. Det er tatt høgde for ulike scenario og utslag.

Middelframskrivningane viser at vinternedbøren kan auke med over 20% i Sogn og Fjordane (som representerar Vestlandet), og at talet på dagar med mykje nedbør kan auke med 90% om vinteren i Sunnhordland. Haustnedbøren for Sogn og Fjordane er berekna å auke med 28% (Figur 16). Årsmiddeltemperaturen for Vestlandet kan auke med om lag 3°C (Figur 17), med størst auke i vintertemperaturen. Desse resultatata er framstilt frå klimasimuleringar frå fleire nasjonale og internasjonale forskingsprosjekt, deriblant GeoExtreme (Hanssen-Bauer m fl., 2009).



Figur 16. Observert utvikling og berekna auke i haustnedbør i prosentdel av 1980-nedbøren i Sogn og Fjordane, frå 1900 til 2100. Figur henta frå Hanssen-Bauer m. fl. (2009), s. 92. Framskrivingane er middel (M), Høg (H) og låg (L).



Figur 17. Observert utvikling og berekna auke i årstemperatur frå 1975-temperaturen for Vestlandet. Figur henta frå Hanssen-Bauer (2009), s. 81. Framskrivingane er middel (M), Høg (H) og låg (L).

Klimaframskrivingane viser også ei relativ auke i dagar med mykje nedbør og ein auke også i den relative nedbørmengda på dagar med mykje nedbør frå perioden 1961-90 til 2071-2100, der dagar med mykje nedbør er definert som dagar med nedbørmengde som i normalperioden 1961-90 vart overskriden 0,5% av dagane (Hanssen-Bauer m fl., 2009). Framskrivingane er framstilt i Tabell 1 og Tabell 2.

Tabell 1. Oversikt over endringar i dagar med mykje nedbør i Nord- og Sunnhordland (Hanssen-Bauer m fl., 2009).

| Endring i dagar med mykje nedbør (%) | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|------|-------|--------------|-------|-------|
| | Sunnhordland | | | Nordhordland | | |
| | M | L | H | M | L | H |
| Haust | 117,2 | 36,3 | 231,9 | 112,7 | 24,0 | 217,5 |
| Vinter | 89,9 | 24,9 | 204,9 | 77,3 | -25,4 | 171,3 |
| Vår | 81,0 | 5,4 | 186,8 | 88,9 | 2,7 | 196,5 |

Tabell 2. Oversikt over endring i nedbørmengde på dagar med mykje nedbør (Hanssen-Bauer m fl., 2009).

| Endringar i nedbørmengde på dagar med mykje nedbør (%) | | | | | | |
|--|--------------|------|------|--------------|------|------|
| | Sunnhordland | | | Nordhordland | | |
| | M | L | H | M | L | H |
| Haust | 18,5 | 5,3 | 34,3 | 15,4 | 2,9 | 27,9 |
| Vinter | 11,9 | -1,4 | 28,2 | 13,6 | -7,6 | 27,2 |
| Vår | 14,1 | -0,4 | 31,4 | 13,5 | -1 | 32,6 |

3 Metodar

Metodekapittelet inneheld dei metodar eg har nytta under utveljing av områder og lokalitetar, planlegging av kartlegging og under kartlegginga.

Store delar av framgangsmåten for skredfarekartlegginga er basert på framgangsmåten NGU (Sletten m fl., 2006) nytta under skredfarekartlegging i Bergen kommune. Dei delte kartlegginga inn i 3 fasar, der fase 1 er ei grovkartlegging for påvising av områder med potensiell skredfare, fase 2 er detaljkartlegging og vurdering av farenivå i områda utpeika i fase 1, og fase 3 er forvaltning av resultatata frå fase 2. Grovkartlegging i fase 1 tek i likskap med aktsemdkartlegging sikte på å identifisere skredfare, og såleis gjev NGU ein hensiktsmessig framgangsmåte meg. Ljone (2011) og Smeland (2011) kartlegg i samhøve med fase 2.

Dei fleste rapportar og artiklar som omhandlar skredfarekartlegging nemner at dette består av både kontorarbeid og undersøkingar i felt. Studering av topografiske og geologiske kart, samt flyfoto på førehand er nødvendig for å finne tidlige skred og skilje ut områder som er potensielt utsette for skred, samt nedslagsfelt for nedbør og lausmassar (Blikra, 1990; Highland og Bobrowsky, 2008; Rankka og Fallsvik, 2005; Sletten m fl., 2006). Tidlige skred er den mest pålitelige kjelda til informasjon om skredfaren i området. Den viser at området er utsett for framtidige skred og kva type skred ein kan vente (Rickenmann, 1999). Rankka m. fl. (2005) meiner at det beste er å gjere feltundersøkingane umiddelbart etter skred, då får ein den beste informasjon om type skredmasse, storleiken, innsyn til ustabile områder i skredbana, utlaupsdistanse og muligheit til å intervjuje lokalbefolkning. Han understrekar at feltundersøkingar må gjennomførast uansett.

3.1 Gradientanalysar

Kart er eit av dei viktigaste hjelpemidla i skredfarekartlegging. Topografisk kart med koter gjev enkel oversikt over skråningar og til ein viss grad hallingsvinkel, og dermed grunnlag for vidare skredfarevurderingar (Emdal, 1998). Her får ein også oversikt over busetnad, infrastruktur og arealbruk (Rankka og Fallsvik, 2005).

Nasjonale aktsemdkart for snøskred (jordskred) og steinsprang er tilgjengeleg frå www.skrednett.no (2011b, c). Dei gjev indikasjon på hallingsgradientar i terrenget på 30° og 45°, som er minste brattleik for utløyising av snøskred og steinsprang. Karta er utarbeidde av

ein datamodell utan feltarbeid. Det fører til at skrentar mindre enn 20 meter er ikkje tatt med i modellen, då dei er for små for utrekningsgrunnslaget til datamodellen. Os kommune har bidrege med digitale kart med 1 og 5 meterskoter som eg nytta i ArcGIS 9, ArcMAP version 9.3. Dette har eg brukt til å finne skråningsgradientar og skråningsprofilar som eg har nytta i tillegg til dei nasjonale aktsemdkarta for å finne gradientar på eit meir detaljert nivå.

3.2 Flyfototolking og 3D-bileter

Eg har nytta speilstereoskop for å studere flyfoto. Nor-Fly 770 seriane A til G tatt i 1970, dekker heile kommunen. Denne fotoserien har vore særst nyttige då dei er tekne i eit tidsrom med betydelig mindre busetnad enn i dag, og store område som i dag er dekkja av hus og anna antropogent materiale, er tilgjengelig for studering. Flyfoto har eg brukt til å studere topografi, vegetasjon, dreneringsområder og lausmassar, og til å sjå etter skredspor som kanalar, erosjon og avsetjingar (Highland og Bobrowsky, 2008; Rankka og Fallsvik, 2005; Sletten m fl., 2006).

3.3 Geologiske kart

Kvartærgeologisk kart (Thoresen m fl., 1995) og berggrunnsgeologisk kart (Ragnhildstveit og Helliksen, 1997) har blitt studert for å innhente informasjon om lausmassestypar og lokalisering av desse, og om berggrunnen i dei utvalde områda i kommunen.

3.4 Inndeling i skråningsklasser

Eg har valt å bruke NGU (Sletten m fl., 2006) sin klasseinndeling av skråningar i kartlegginga, for å skilje mellom ulike typar skråningar. Dette fungerer som hjelpemiddel og rettleiing for kommunen i det neste arbeidet med faresonekartlegging.

1. Bratte naturlege skråningar, $>45^\circ$ og >10 m høge, som er utsett for steinsprang. I slike skråningar bør det gjerast analyse av rekkevidde for steinsprang og utforming av farekart.
2. Lågare naturlege skråningar og menneskeskapte skjeringar utsett for steinsprang og med hus tett inntil. Skråningane er $>45^\circ$ og <10 m. I slike skråningar bør det gjerast ei geoteknisk oppfølging medvurdering av sikringsbehov.
3. Naturlege skråningar med fare for jordskred, $25-45^\circ$. Slike skråningar bør undersøkast for farenivå og utløpsrekkevidde for skred, for utforming av farekart. Dreneringsforhold bør også vurderast.

4. Menneskeskapt skjeringar i lausmasse, inkludert fyllingar. Desse bør gjennomgå geoteknisk oppfølging for å vurdere den lokale stabiliteten og eventuelle sikringstiltak.

3.5 Kriteria for utveljing av lokalitetar

I planlegging av feltarbeidet gjekk eg gjennom fleire trinn for å identifisere og avgrense kartleggingsområde og etter kvart aktsemdområder og lokalitetar. Eg har heile vegen hatt fokus på område som har eksisterande busetnad eller er regulert til næring og busetnad.

Den aller første vurderinga av potensielle områder for kartlegging vart gjort våren og sommaren 2010 under flyturar i kommunen. Då såg eg etter skredspor som vifter, kanalar, urer og fjellskrentar. Saman med flyfotogransking gav dette meg eit overblikk og muligheit til gransking av kjeldeområde og avsetjingar frå eit anna perspektiv enn feltarbeid. For å finne områda som var aktuelle for synfaring identifiserte eg kjeldeområde og utløpsområde for skred ved kart- og flyfotogransking saman med dei nasjonale aktsemdkarta. På denne måten fekk eg eit grovt bilete av gradientar og aktuelle områder. Basert på snøskredaktsemdkarta vurderte eg lausmasseforholda, der eg såg spesielt etter marine avsetjingar. Vidare brukte eg flyfoto til å sjå etter spor frå eldre skred som kanalar, vifter og ryggar i lausmasse, og ravinar for å avklare skredtypar skredområde.

På denne måten valde eg ut dei områda eg fann aktuelle for synfaring, men lokale forhold spelar også inn ved utveljing av aktsemdområde under feltundersøkingane. Der baserte eg utveljing og avgrensing av lokalitetar på visse kriterium basert på kjennskap til ulike skredtypar og årsaker (kap. 1.2 og 1.3):

Steinsprang/fjellskred:

- Kjeldeområde som fjellskrentar med blotta fjell og blokker eller ur nedanfor.
- Fjellskrentar mindre enn avmerka i de nasjonale aktsemdkarta, altså lågare enn 20 m.
- Oppsprekkingsgrad i kjeldeområdet.
- Sprekkeretningar i kjeldeområdet, om dei er parallelle med skråninga.
- Fylling i sprekker av røter og anna materiale.

-
- Glideplan og ruheit til glideplan.
 - Vasstilførsel i skråninga

Massestraumar:

- Terrenget, er der forseinkingar og hellingar, kanalar og vifteformer?
- Vegetasjonstettleik- og type.
- Vasstilførsel til skråninga
- Lausmasstype.

Flaumskred:

- Vifteformer.
- Aktiv erosjon langs bekkelaup.
- Tilførsel av sediment frå sidene.
- Vasstilførsel til elv og dreneringsområde.

Kvikkleireskred:

- Historiske hendingar.
- Marine avsetjingar.
- Ravinar.

3.6 Feltundersøkingar

Synfaringa i felt vart utført i løpet av hausten 2010 og våren 2011 på bakgrunn av studering av flyfoto, geologiske og topografiske kart. Undersøkingane vart gjennomført med speglkompass med klinometer, spade, GPS (Garmin GPSmap 60CSx), og fotografering.

Kompasset nytta eg til å måle gradientar i skråningar og storleiken på stein og blokker. Spade nytta eg til å grave snitt i lausmassar for å undersøke desse nærmare. GPS til å måle nokre av høgdene.

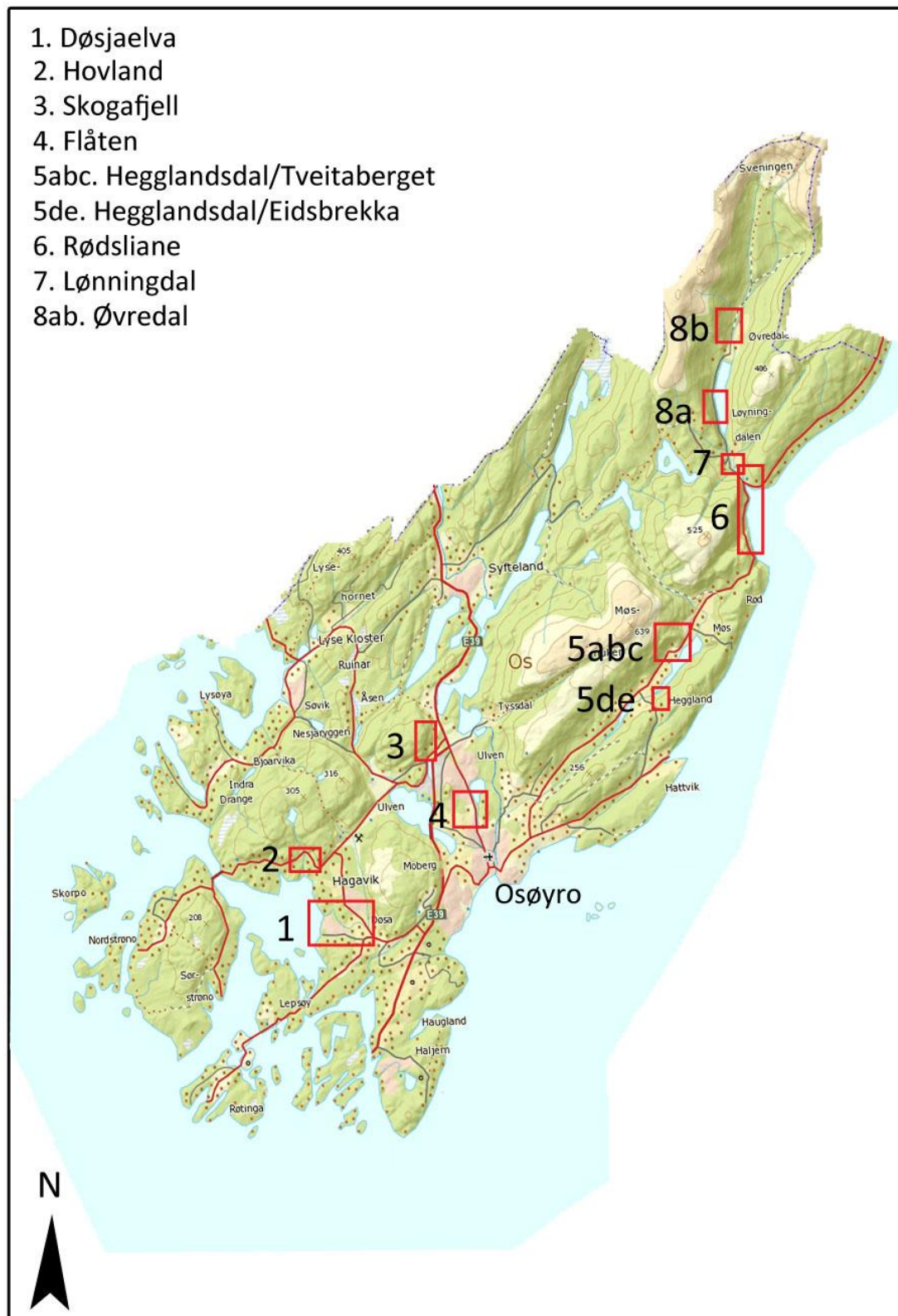
4 Resultat: presentasjon av potensielt skredfarlige område i Os.

Resultata vert presentert i ein rapport over aktsemdområda og i aktsemdkart.

Rapporten er frå dei enkelte aktsemdområde og tilhøyrande lokalitetar. Stadnamna er basert på eit oversiktskart av Os kommune (AsplanViak, 2004). UTM-kordinatar er basert på WGS 1984 UTM-sone 32V. UTM-kordinatar er rettleiande for lokalitetsplasseringa og er tatt midt i lokaliteten ved hjelp av ArcGIS, f. eks midt i ei avsetjing. Lokaliteten omfattar kjeldeområde, heile avsetjinga og eventuelle hus ved lokaliteten. Høgda over havet for lokaliteten er målt på same stad som UTM, og lokalitetsområdet kan strekke seg både over og under oppgitt høgde. Resultata er delt i større område basert på topografi og geografiske stader. Kwart område startar med ein generell områdeskildring og informasjon/observasjon om topografi, lausmassar, berggrunn og vegetasjon. Deretter presenterar eg områdelokaliteten/lokalitetane ved ein gjennomgang av observasjonar og ei tolking av observasjonane. Denne vil innehalde tolking av avsetjingstypar, kjeldeområde og ein diskusjon om potensiell skredfare. Basert på tolkinga har eg gitt lokalitetane ei skråningsklasse (Sletten m fl., 2006), der dette høver, unntak er aktsemdområda for leirskred. Aktsemdområda i resultata er avmerka i Figur 18. Merk at område 5 er delt i to småområder, 5abc og 5de, dette er av praktiske årsaker i samband med prosesskapasiteten til datamaskina mi ved bruk av ArcGIS. Begge områda er i Hegglandsdalen.

Aktsemdkarta har eg laga i ArcGIS basert på kartgrunnlaget frå kommunen. For kvart aktsemdområde er det teikna inn kjeldeområde og utløpsområde for den aktuelle skredtypen. Avmerkinga av desse er basert på kritiske gradientar for utløysing og avsetjing for den aktuelle skredtypen, og på feltundersøkingar. Dei markerte områda angir ikkje nøyaktige avgrensingar for utløysings- og utløpsområde, men er rettleiande for vidare utgreiing av faresoner. I tillegg er spor etter tidligare skred, som skredbanar og avsetjingar teikna inn. Ein merknad for aktsemdkarta for leirskred er at alle marine avsetjingane er potensielt kjeldeområde for skred, og berre desse er avmerka på kartet. Utløpsområdet kan vere innanfor kjeldeområdet, eller det kan følgje det naturlege dreneringsløpet i terrenget.

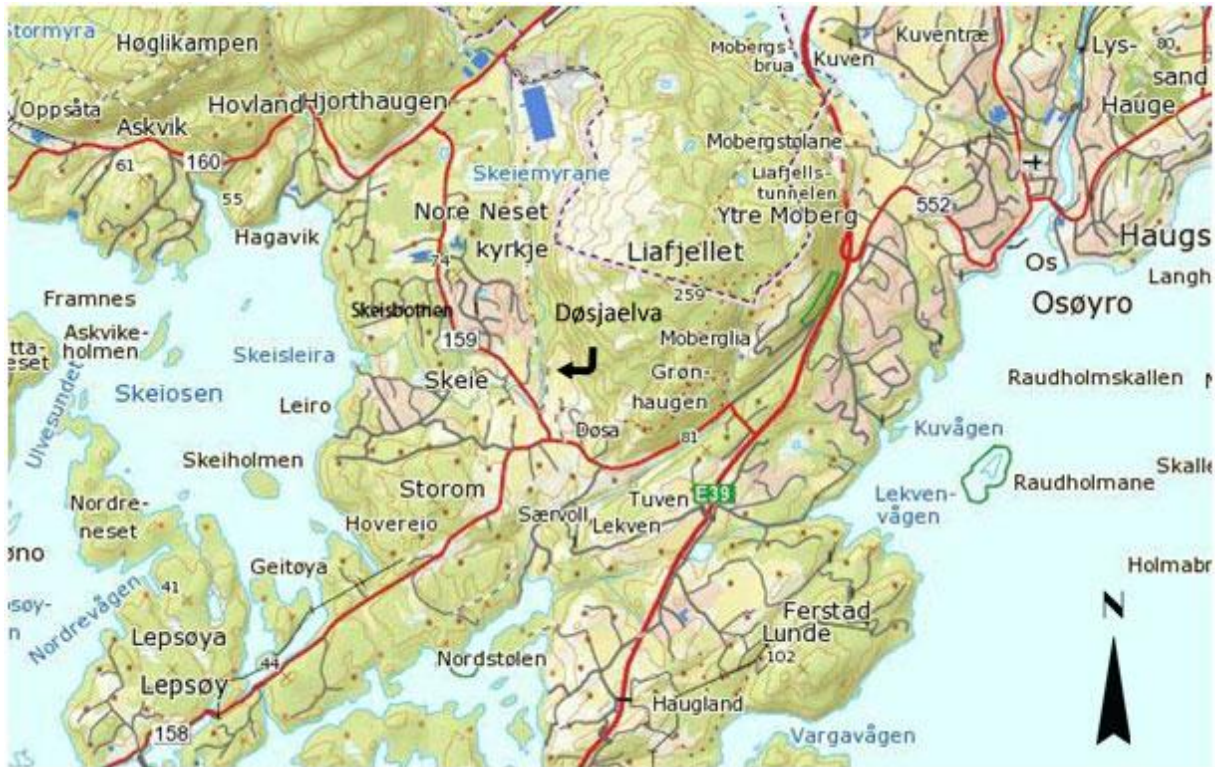
Målestokken på karta er ulik for dei ulike lokalitetane på grunn av ulik storleik på lokalitetane, for tilpassing til A4-format. Karta er vedlegg i slutten av oppgåva.



Figur 18. Oversikt over aktsemdområda i resultatene. Modifisert frå www.norgeskart.no (2011).

4.1 Døsjaelva

Lokalitetene er lausmassen langs den delen av Døsjaelva som går frå F159 til utløpet i Skeisosen, via to lokalitetar; ved Skeie og Skeisbotnen. Døsjaelva er på Nore Neset, vest på fastlandsdelen av kommunen, som vist på Figur 19. Elva startar ved Skeiemyrane, går langs Liafjellet, kryssar under F159, og går via Skeie og Skeisbotnen til utløpet ved Skeisleira. Ein privat utbyggar har kjøpt opp område ved Skeisbotnen for bustadbygging.



Figur 19. Oversiktskart over Nore Neset. Døsjaelva drenerar frå Skeiemyrane og endar i Skeisleira. Lokalitetane er Skeie og Skeisbotnen. Målestokk 1:30 000. Modifisert frå www.norgeskart.no (2011).

Topografi

Figur 20 viser landskapet langs elva. Den kryssar F159 i 50 meters høgde ved Skeie og går derfrå og ned til 26 m o.h. med om lag 3° halling til der Skeibotnen startar. Skeisbotnen er relativt flatt område, og består hovudsakleg av lausmassar og berggrunn som stikk opp nokre stader, mellom anna som tersklar elva passerar over.



Figur 20. Oversiktsbilde over søre delar av Nore Neset. Skeie startar over vengjespissen og er det skogklede området langs elva og dei grønne markane på begge sider av elva i området under venstre pil. Skeisbotnen er den brunlege marka under høgre pil. Biletet er tatt mot sørsørvest.

Berggrunn

Berggrunnen består av gabbro frå Gullfjellet ofiolitt. Berggrunnen stikk opp i lausmassedekket enkelte stader og dannar tersklar for elva nedanfor Skeie og nedanfor Skeisbotnen mot sjøen. Delar av elvebotnen på Skeie går over berggrunn.

Lausmassar

Lausmassen består av fjord- og havavsetjingar, då heile området ligg under marin grense for Os på 58 m o.h.. Prøver tatt i noko nærmare brefronten under siste istids maksimum enn Skeie viser massive marine siltavsetjingar (Lohne m fl., 2004). Det er raveliknande former i lausmassane ved Skeie, medan lausmassane i Skeisbotnen er relativt flate.

Vegetasjon

På lausmassane er det i hovudsak jordbruksmarker med gras og det veks lauvtre og buskar langs elva, unntatt i Skeisbotnen der elva går gjennom jordbruksmark. Før terskelen frå Skeisbotnen til fjorden er det eit lite område med gran. Figur 20 gir ein indikasjon på vegetasjonen i området.

4.1.1 Lokalitet 1a, Skeie.

38 m o.h., UTM 0301208 6675970

Skeie består av raveliknande landskap på begge sider av Døsjaelva (Figur 21). Elva har i øvre delar av Skeie erodert ned til berggrunnen. I nedre delar av Skeie møter elva ravedalar frå begge sider. I ein kant på den nordre av desse sideravinen det blottlagt eit om lag 6 m² stor område med sand. Gradienten for heile lokaliteten er 2.5-3°. Der er fleire gardsbygg og bustader på kantane til ravinane i området.

Tolking

Lausmassane i området er marine avsetjingar frå under siste istid. Slike ravinar vert danna i marine avsetjingar av erosjon frå avrenning etter landeksponering. Eg veit ikkje graden av skredfare i området, men sidan lausmassen består av marine avsetjingar kan det innehalde leire, og leire kan verte kvikk etter landeksponering ved eventuell utvasking av salt. Kvikkleireskred kan skje i kvikkleireområde med gradient over 3°. Alle skråningane i ravinane er brattare enn dette. Dette området fell ikkje under skråningsklassene definert i metodane, men eg meiner den fell under aktsemdområde som potensielt fareområde for kvikkleireskred. Grunnen til dette synspunktet er at det andre store området med marine avsetjingar i søre delar av kommunen, Flåten, har leire med dårleg skjærstyrke i siltavsetjingane, og dette området er berre 4 km frå Skeie og Skeisbotnen. Dersom det vert aktuelt med reising av byggverk i området bør grunnforholda undersøkast, særleg ved ravinane i sør. Aktsemdkartet i vedlegg 2 viser omfanget til dei marine avsetjingane langs Døsjaelva, der også ravinane er avmerka. Dei marine avsetjingane er potensielle utløysingsområde for kvikkleire.



Figur 21. Eksempel på ravinlandskapet ved Skeie.

4.1.2 Lokalitet 1b, Skeisbotnen

26 m o.h., UTM 0300713 6676180

Lokaliteten er eit jordbruksområde på marine avsetjingar. Den er kjøpt opp av ein utbyggjar som planlegg bustader. Etter Skeie passerar elva gjennom eit berggrunnsPASS før den går inn på eit større flatt område i Skeisbotnen (Figur 22). Der er noko berggrunnseksponeering i området som delar dei flate lausmassen i tre delar langsmed elva. Det første er dekket av open bjørkeskog. Det andre har jordbruksmark, her gjer elva ein stor sving og der er ein veg og parkeringsplass for ein barnehage. Det er denne delen som er kjøpt opp av utbyggjar.. Den tredje delen er nedanfor ein grunn berggrunnsterskel med veg og bru over. Gradienten for lausmassen er 0-1° for alle tre delane. Elvebotnen og elvebreiddane er av sand og silt sand, og der er tendens til meandrering. Elvebreidden er om lag 1,5 meter høg. Omtrent midt i lokaliteten undersøkte eg eit snitt i elvebreidden. Snittet viste organiske materialar øvst og aukande mengde grå silt nedover. Om lag 40 cm innover og 1,2 m nede i snittet viste rulletest av silten leirinnhald (Figur 22).

Tolking

Området består av marine avsetjingar og er upåverka av ravinendanning då gradienten er for låg. I likskap med lokalitet 1a fell heller ikkje denne lokaliteten under skråningsklassene definert i metodekapittelet. Området er planlagt utbygd for bustadar, og kommunen ventar på byggesøknad. Eventuelt leirinnhald og skjærstyrke ved lokaliteten er ukjent. Området er meir distalt frå maksimal isfront enn Skeieområdet. Lohne m fl. (2004) undersøkte, og det

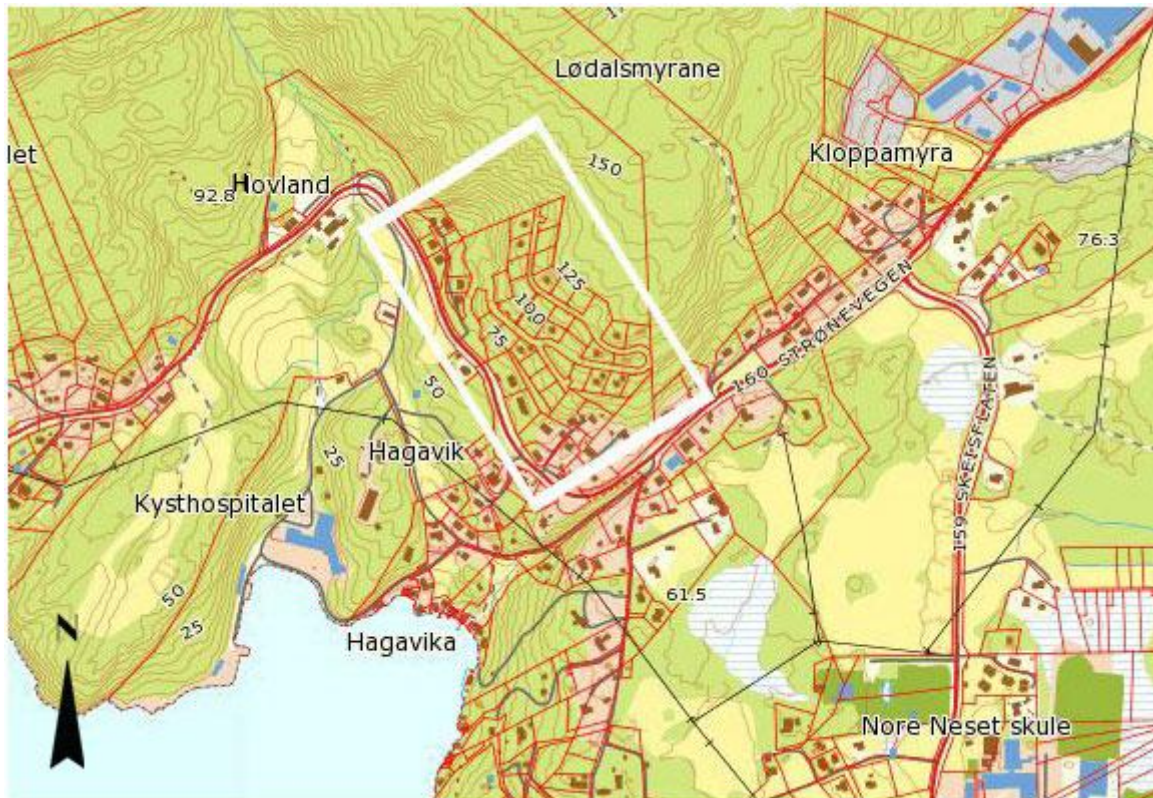
kan vere større leirinnhald i silten her. Rulletesten som indikerte leirinnhald er ikkje kvantitativ for å påvise leire i området då den er tatt ved elvebreidda og leire kan ha blitt tilført elvebreidda av elva, noko også trestokken kan vere peikepinn på. For å kunne sikkert avgjere om der er leire i lausmassen må ein gjere analysar av prøver lengre vekk frå elva, og ved leirfunn bør skjærstyrken testast. Dette bør gjerast i fase 2 av risiko- og sårbarheitsanalyse ved utbygging. Den marine avsetjinga i Skeibotnen er avmerka i aktsemdkartet i vedlegg 2 og illustrerer kjeldeområde for kvikkleireskred.



Figur 22. Døsjaelva passerar den flate Skeisbotnen som antyda på høgre biletet. Graving i elvebreidda viser organisk innhald og mykje fint materiale, som leire. Snittet vart laga i høgre elvebreidd like bak treet midt i biletet.

4.2 Hovland

Området er eit byggefelt under utbygging med tre lokalitetar. Hovland ligg på Nore Neset langs øvstesida av F160, Strønevegen (Figur 23). Byggefeltet ligg i ei skråning som har blitt kraftig påverka av sprengingsarbeid for tomter.



Figur 23 Oversiktskart over Hovland. Lokalitetane er innanfor den kvite markeringa. Målestokk 1:7500. Modifisert frå www.norgeskart.no (2011).

Topografi

Hovland ligg i ei sørvestvendt skråning som strekker seg frå omtrent 60 m høgde, opptil 125 m o.h. Sprenging av tomter har gjort enkeltdelar av skråninga brattare, i tillegg til ein nær vertikal, naturleg fjellskrent i nordre delar av byggefeltet.

Berggrunn

Berggrunnen i området består av grønskifer frå Gullfjellet ofiolitt. Sprekkene i skiferen er avdekka og blitt gjort parallelle med skråninga etter sprenging av dei nye tomtene. Den naturlige fjellskrenten har vertikale sprekkar parallelt med skrenten, samt sprekkar som dannar overheng.

Lausmasse

Området er over marin grense for Os består av små urer med blokker og jord. Der er også ei stor fylling i samband med utarbeiding av tomter. Elles er mykje av den naturlige massen i skråninga fjerna.

Vegetasjon

Rundt byggefeltet består vegetasjonen av hovudsakleg furuskog med lyng på skogbotnen. Ved fjellskrenten veks furu med røter som trengjer ned i sprekkene.

4.2.1 Lokalitet 2a

67 m o.h., UTM 0300213 6677347

Lokaliteten er ein nær vertikal 17 m høg fjellskrent med ein underliggjande lausmasseskråning som det er plassert ein firemannsbustad heilt inntil. I fjellveggen er det synlig ei fersk brotflate (Figur 24). Fjellskrenten har mange sprekker og sprekkeretningane er både parallelle med skråninga og dannar overheng. Langs øvre kanten av fjellskrenten veks furu i sprekkene. Fleire blokker ser ut til å ha sprekker heile vegen rundt (Figur 26).

Nedanfor fjellskrenten er det ei lausmasseskråning med blokker og steinar. Skråninga er dekkja av mose, buskar og unge tre. Nært inntil fjellskrenten er det heilt ferske blokker som ligg oppå mosen, samt at i sjølve fjellveggen er det lause blokker som kviler på trestammer som veks i skrenten. Huset er bygd inn i lausmasseskråninga. Fem meter frå bakre hushjørnet er det eit skrånande snitt i lausmassane som viser mange kanta blokker og steinar med jord mellom (Figur 25). Ein bebuar i bustaden kunne fortelje og peike på fleire steinar og små blokker som har kome ned til gangvegen rundt huset og på baksida av huset i løpet av sist vinter (-10/11).

Tolking

Eg tolkar lokaliteten til å vere eit steinsprangområde der fjellskrenten er kjelde for utfalande blokker og skråninga under er ei steinsprangkjeldeområde. Fjellskrenten over skråninga har fleire lause steinar som ligg i sjølve skrenten og der er ferske brotflater. Saman med informasjon frå bebuar om at det har kome nye steinar ned til husveggen i løpet av sist vinter (2010/11) tolkar eg steinsprangområdet til å vere aktivt. Blokkane i Figur 26 vil truleg

falle ned, og det er snakk om berre tid. Røter utvidar sprekker etter kvart som dei veks, som vil gradvis auke trykket i sprekkka. Den bakre sprekkka er loddrett, og der er ingen flater direkte under som fungerer som motlast for blokka. Den vil difor ha fri bane dersom sprekkka vert utvida til forbi brotpunktet. Blokka kan rase ut som fall eller 'toppling'. Avhengig av om den rullar, hoppar eller sklir i skråninga, kan den nå langt ned i steinsprangskråninga. Den roterande rørsla ved toppling kan auke sannsynet for at blokka rullar framfor å gli. Kortast når den om den sklir. Huset er plassert inn i ei steinsprangskråning dette er bevis nok for at det ligg innanfor rekkevidde for steinsprang. Eg vil anbefale å sikre lause blokker, undersøke skredbaner og volum som kan falle frå denne veggen. Vedlegg 3 viser aktsemdområdet for lokaliteten. Basert på gradientar for steinsprangavsetjing og plasseringa av huset kjem det klart fram at huset ligg i det potensielle utløpsområdet for steinsprang. Der er også ei ur noko bakanfor huset og høgare oppe enn fjellskrenten i lokalitet 2a, der aktsemdområdet for utløp kan strekk seg lengre ned enn avmerka på kartet.

Skråningsklasse: 1



Figur 24. Den nær vertikale fjellskrenten har fleire sprekkflater som dannar overhenga. Eit av desse overhenga har ei forholdsvis fersk brotflate. Furskogen i overkant av fjellskrenten veks i sprekkene langs kanten.



Figur 25. Snitt i lausmassane ved huset.

Bak snittet går skråninga bratt opp til den vertikale fjellveggen.



Figur 26. I øvre delar av fjellskrenten er det observert fleire furutre som veks i sprekker langs kanten. Bildet viser ei blokk med opne sprekker rundt og med fururot som veks i bakre sprekken. Omriset til taket til firemannsbustaden nedanfor er teikna inn for å tydeleggjere huset.

4.2.2 Lokalitet 2b

88 m o.h., UTM 0300286 6677327

Lokaliteten er ei lausmassefylling på øvre delar av ei naturleg skråning, med etablert bustadområde ved foten av skråninga (Figur 27). Fyllmassen har blitt påført i samband med utforming av ei tomt på toppen av skråninga. Oppå fyllmassen er det bygd ein mur av store blokker for å lage ei tomteflate. Der er enno ikkje oppført bygningar på tomta. Overflata av fyllmassen har eit usamanhengande dekke av jord, ugras og kvist. Gradienten til fyllinga er 40°, medan gradienten til den naturlege skråninga under er 35°. Ved foten av skråninga er det ein firemannsbustad (ved lokalitet 2a) og ein einebustad. Eit dreneringsløp for skråninga endar mellom desse husa.

Tolking

Då massefyllinga er nyleg pålagt og er brattare enn maksimum gradient på 30° som er utløysingsgradienten er det sannsynleg at den enno ikkje har etablert seg i ein likevektstilstand under alle forhold. Dette er ytterligare usikkert ved at gradienten til skråninga har blitt auka ved massefylling på toppen, samt den ekstra lasten dette medfører både i form av fyllmassen, sjølv og blokkene i muren. Summen av dette vil auke

skjærspenninga i skråningsmaterialet. Både den naturlege skråninga og den påførte massefyllinga er bratt nok til at det kan skje utgliding og ein påfølgjande massestraum. Også manglande vegetasjonsdekke er med på å auke sjansen for utgliding av lausmasse. Intense og langvarige nedbørmengder med stor overflateavrenning kan forårsake erosjon i overflata av fyllinga og mobilisering av materialar til grov massestraum. Utløp av skredmateriale kan ende i eit bustadområde som ligg i foten i skråninga (Figur 27). Ein bør forsikre seg om at massefyllinga er sikra tilstrekkeleg for å unngå utgliding, samt plante tre for naturleg sikring av skråningsoverflata. Aktsemdkartet (vedlegg 3) viser at utløpsområdet kan nå huset ved lokalitet 2a, basert på gradient for til skråninga i utløpsområdet og gradient til ei massestraumavsetjing.

Skråningsklasse: 4



Figur 27. Bildet viser fyllmassen i lokalitet 2b sett ovanfrå. Jord og kvist er synleg under snøen. Lokalitet 2a ligg noko bortanfor, det naturlege dreneringsløpet til den naturlege skråninga passerar til venstre for dette huset.

4.2.3 Lokalitet 2c

94 m o.h., UTM 0300345 6677216

Lokaliteten er eit byggefelt under utbygging der det har i fleire tomter skjedd ei generell blottlegging og underkutting av svakheitssoner og sprekker i berggrunnen, og danning av lokale skråningar parallelt med sprekkeretninga. Berggrunnen er skifrig med tydelege sprekker og etter sprenging til tomter har sprekkene blitt eksponert. Hovudsprekkeretninga og skråningsgradientane i bakkant av tomtene og vegen i byggefeltet hallar mot vest (Figur 28). Fleire stader er også sprekkene blitt underkutta i nede i skråningane, slik at det har blitt danna overheng som heng på glideflater. Glideflatene er svært glatte, nesten polert. Sprekkeretningane er normalt på kvarandre og dannar lange firkanta søyler av fjell (Figur 28). Det gjer at nokon søyler i den eine tomteskråninga vert hengande inn mot tomta (Figur 29). I sprekkene kan ein sjå tendens til fint støv. Det er ingen vegetasjon i sjølve byggefeltet, og det meste av lausmasse er fjerna.

Lokalavisa Os og Fusaposten (2010b) rapporterte om steinsprang den 17.09.10 i vegskjeringa på nedre delar av vegen til byggjefeltet i samband med store nedbørmengder. Fleire steinar fall ned og velta eit gjerde som var sett opp for å verne mot fallande stein etter sprenging av vegen (Figur 30). Der er fleire underkuttingar i veggen der steinspranga skjedde. Andre stader i byggefeltet har blokker i vegskjeringa blitt sikra med boltar og netting.

Tolking

Steinane som velta gjerdet i samband med sterk nedbør er steinsprang, og dette er hovudpunktet for potensiell skredfare ved denne lokaliteten. Dei nye skråningane i kvar tomt og langs vegen har sprekker parallelt med skråningsgradienten. Saman med underkutting gjer dette skråningane steinsprangutsette. Støvet i sprekkene kan kome frå sprengingsarbeid, eller vere naturleg etter at det allereie har vore rørsle i sprekkene i berggrunnen, uansett er det med på å minske friksjonen på ei allereie glatt glideflate. Det medfører også større potensiale for at sprekkesoner kan bli glideflater, og steinar kan gli ut når underkutting har fjerna motlasten. Denne typen steinsprang kan skje alle stader i byggjefeltet der blokker har blitt hengande igjen som overheng. Berggrunnssøyler som heng ut mot skråninga risikerer at fjerning av motlast fører til at dei ramlar ut som toppling (Figur 29). Det har blitt sikra fleire stader langs vegen i bustadområdet, samt i eit par tomter. Eg vil

anbefale å undersøke overheng med tanke på sannsynet for nye utglidingar av blokker etter underkutting eller som toppling. I aktsemdkartet (vedlegg 3) har eg avmerka dei usikra fjellblotningane i byggefeltet, som viser på kartgrunnlaget eg har fått av kommunen. Der er i dag fleire tomter enn kartgrunnlaget viser og fleire usikra skråningar.

Skråningsklasse: 2



Figur 28. Venstre bilde viser overhengande blokker i ei skjering til vegen i byggefeltet. Høgre bilde viser eksempel på at skråningar og sprekkeretning i bakkant av fleire tomter er parallelle.



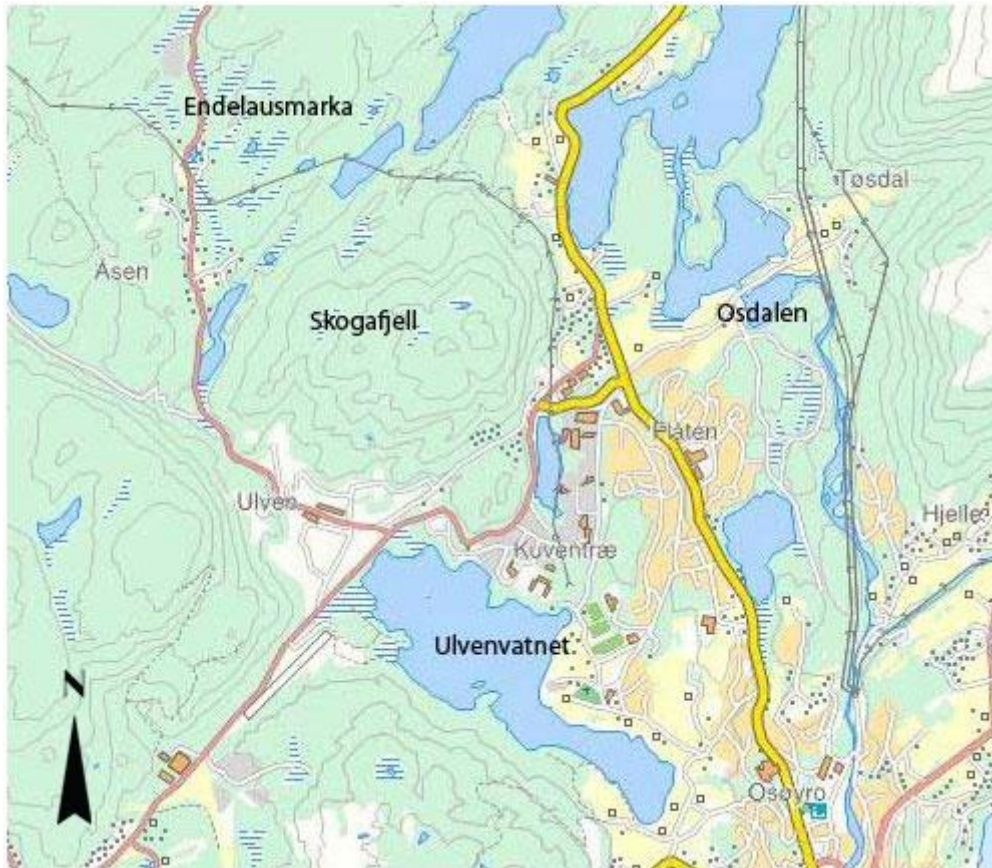
Figur 29. Hengande flater og søyler etter sprenging



Figur 30. Steinsprang 17.09.10 i nedre delar av byggefeltet førte til at sikringsgjerdet som skulle verne mot steinsprang vart velta.

4.3 Skogafjell

Skogafjell (Figur 31) er ein ås avgrensa av Ulvenvatnet i sør, Ulven i vest og Osdalen i aust. Nordover frå Skogafjell er der skog og åsar mot Endelausmarka. Lokalitetane ligg i austre skråninga og består av fire bustadhus i nedre delar av austre skråning av Skogafjell (Figur 32).



Figur 31. Oversiktskart som viser Skogafjell og området rundt. Osdalen er forseinkinga som strekker seg frå Osøyro og rett nordover. Målestokk 1:50 000. Modifisert frå www.kartios.no (2011).

Topografi

Skogafjell er ein nær pyramideforma ås om lag 280 m o.h.. Åsen er avgrensa av flatt terrenget på alle sider så nær som mot nord, der det går over i eit lågare åslandskap. Den austlege skråninga er den brattaste.



Figur 32. Oversikt over Skogafjell og området rundt. Osdalen går i retning nord-sør. Dei undersøkte lokalitetane ved Skogafjell er i den austlige skråninga og er markert med stripla firkant. Biletet er tatt mot vest.

Berggrunn

Berggrunnen er hovudsakleg Gullfjellet ofiolitt med metabasalt og er meir motstandsdyktig enn dei sedimentære bergartane i Osgruppa som avgrensar fjellet i søraust. Ei større sprekk og mulig forkasting følgjer Osdalen frå Os sentrum og avgrensar fjellet i aust. I vest går det også ei større sprekk som dannar dalføret frå Ulvenvatnet og mot nordvest, og dermed avgrensar Skogafjell mot sørvest.

Lausmassar

Alle lokalitetane ligg over marin grense for Os sentrum. Lausmassane består av morene, jord og blokker. Tjukkeleiken på desse avsetjingane er varierende og fleire stader er der blotta fjell.

Vegetasjon

Skogafjell er skogkledd. Øvre delar av fjellet har hovudsakleg furu med dekke av blåbærlyng, mose og einer på bakken. Lengre nede er der innslag av granfelt, samt lauvtre som bjørk, eik og bøk, både yngre busker og kratt, og eldre større tre.

4.3.1 Lokalitet 3a

97 m o.h., UTM 0302887 667980

Lokaliteten er ei 100 m skråning med blokkar og fjellskrentar over eit einebustad. Om lag 40 meter over huset går ein fem til ti meter høg fjellskrent langs fjellsida. Fjellskrenten går også bak lokalitet 3b og c (Figur 33). Ovanfor fjellskrentpartiet vert terrenget slakare, 20-35°, til skråninga endar i ein liten rygg på 140 m o.h.. Frå einebustaden til fjellskrenten består skråninga av lausmassar med nokså jamn overflate med vegetasjon og ein skråningsgradient på 37°. Der er open lausskog med mose og gras på bakken, utan teikn til jordsig. Under overflatevegetasjonen er der blokker, frå 0,01 til 1m³, kanta til kantrunda enkeltblokker stikk opp av mosen på overflata (Figur 34).

Fjellskrentområdet har usamanhengande parti og den har blotta fjell med sprekkar som fell inn mot skråninga. Gradienten til fjellskrentane varierer frå 45° til 65° med enkelte overhengande parti. Ein del av sprekkene trengjer det røter nedi. Ved ein stad ligg nokre kanta blokker med ferske brotflatar saman med eit rotvelte, med ferske brotflatar i fjellskrenten bak (Figur 34). Under ein fjellskrent sju-åtte meter nordover ligg det fleire kanta blokker av eldre alder, dei er utan ferske brotflatar og har ein del mose på. Fjellskrent bak blokkene er om lag ti meter høg, med loddrette parti.

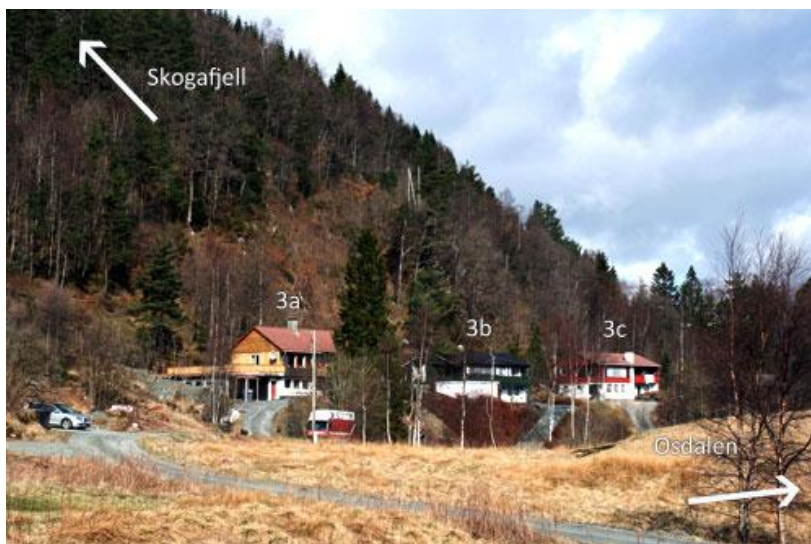
Tolking

Eg tolkar fjellskrenten og skråninga nedanfor til å vere kjeldeområde for steinsprang med steinsprangskråning på morene nedanfor. Både dei ferske blokkene og dei eldre kanta blokkene kjem frå steinsprang og dannar små urer, der rotsprenging er ein sannsynleg årsak til at dei har rast ut. Dei nylig utraste blokkene frå fjellskrenten tyder på at den er aktiv. Skråningsgradienten under fjellskrentane og avsetjingane funne i den tyder på ei steinsprangskråning, men avsetjingane er ikkje einstyddande på at den er berre danna av steinsprang. Den kan også vere ei blanding det og morene då blokkene ligg på overflata, som er ganske jamn og tett.

Steinsprang kan hoppe, rulle eller gli på underlaget avhengig av korleis den fell ut og overflata til skråninga under. Ei jamn overflate favoriserar rulling eller skliing. Ei ru overflate, som ei ur, kan føre til hopping eller at blokkene vert raskt bremsa. Blokkene i dei nylige

steinspranga har hatt fall på frå under ein meter til 5 meter og har truleg glidd på skråninga til dei stoppa. Om dei hadde tatt til å rulle er det mulig at dei hadde kome lengre ned i skråninga. Rotvekst i fjellsprekkene aukar trykket i sprekkane og kan sprengje laus fleire blokker til steinsprang, men dette kan vere langt fram i tid for denne lokaliteten. Likevel kan området vere i fareområde for steinsprang. Vedlegg 4 viser aktsemdkartet for austsida av Skogafjell. Her er fleire bratte skrentar med bart fjell som er kjeldeområde for potensielle steinsprang, også ovanfor skrenten som lokalitetane 3a til c ligg i. Gradienten til skråninga under fjellskrenten og ned til husveggane ved lokalitetane er over den for steinsprangskråningar, derfor kjem husa innanfor utløpsområdet.

Skråningsklasse: 2



Figur 33. Lokalitetane 3 a, b og c ligg i den same skråninga. Høgda til fjellskrentområdet er om lag der pila mot Skogafjell startar, inne i skogen.



Figur 34. Ved lokalitet 3a er det eit ferskt steinsprang saman med eit rotvelte. Skråninga nedfor har mange blokker på overflata, kanta til kantrunda.

4.3.2 Lokalitet 3b

97 m o.h., UTM 0302904 6679866

Lokaliteten er ei skråning med fjellskrentar over ein einebustad. Skråninga og fjellskrentområdet er ein del av skråninga og fjellskrenten i lokalitet 3a (Figur 33). Nedste del av skråninga ligg under ei høgspenlinje, vegetasjonen er i samband med linjerydding ung, med busker av lauvtre, einer og bregnar. Gradienten for skråninga er 50° og der er ingen synlige blokker i skråninga. Fjellskrentområdet er om lag 40 meter over huset og består av fleire loddrette fjellskrentar. I skrenten er der fleire store og mindre blokker med sprekkar på alle sider, nokre av dei er også overhengande (Figur 35). Den største blokka er om lag 5 m³ (Figur 36). Sprekkeretningar er ei vertikal retning, ein normalt på denne, og ein med bratt fall

inn mot skråninga. Ingen ferske blokker var synlig på overflata av skråninga, men nokre eldre blokkar kunne skimast i blant vegetasjonen.

Tolking

Tolkinga av denne lokaliteten er nokså lik lokalitet 3a. Fjellskrenten kan vere kjeldeområde for steinsprang. Skråninga har noko jord under vegetasjon, men skråninga er for bratt til å vere steinsprangskråning, den har heller ingen blokkar som teikn på steinsprangaktivitet. Dette kan vere fordi skråninga er for bratt til at blokker som losnar stoppar i skråninga, men fell heilt ned til bustaden. I fjellskrenten er der ingen ferske brotflater, men der er potensielle blokker som kan rase ut. Den største blokka (Figur 36) ligg nokså godt forankra med ei ujamn og ru sprekkje i underkant, som truleg gjev stor friksjon. Derimot kan utviding av øvre delar av sprekkja, av til dømes røter, utvide den og dytte blokka framover som toppling. Det veks allereie røter i sprekkene til fleire store og små blokker i fjellskrentområdet i denne skråninga, som har ført til at blokker har losna ved andre lokalitetar i skråninga. Då vegetasjonen i skråninga er ung er der lite vegetasjon i form av skog som kan stoppe eventuelle blokker som rullar nedover skråninga, berre unge busker med tynne stammer. Dette er noko som vil vedvare på grunn av høgspenning i skråninga som krev stadig nedhogst av vegetasjonen. Jamn skråningsoverflate kan hindre at blokkar hoppar, men gjev også er moglegheit for at dei kan rulle og dermed nå ned til bustaden. Lokaliteten bør undersøkast med tanke på steinsprang. Vedlegg 4 viser aktsemdområdet til lokaliteten.

Skråningsklasse: 2



Figur 35. I venstre bilete viser ei blokk med overheng. Blokka er om lag 70 cm brei med sprekker rundt, og der er røter som trengjer ned i sprekken. Biletet til høgre viser den vidare skråninga under blokka, pila indikerar mulig retning for blokka ved utfall.



Figur 36. Bildet til venstre viser ei om lag 5 m³ stor blokk med opne sprekker rundt. Ein ryggsekk ligg på bakken for målestokk. Biletet til høgre viser same blokka, samt skråninga under blokka som går ned mot bustadhuset. Skråninga er dekkja av kratt og busker, som bildet viser.

4.3.3 Lokalitet 3c

93 m o.h., UTM 0302923 6679866

Lokaliteten er ei skråning med blokkar og fjellskrentar over ein einebustad, og er ein del av same skråninga som lokalitet 3a og b. Ei om lag 20 meter lang skråning er like bak huset med 50 ° helling. Den er dekkja av busker, små tre og gras. Lausmassen består av jord og nokre blokker, og øvst i lausmasseskråninga, under fjellskrenten ligg ei større blokk med noko mose og lav på (Figur 37). Bak denne er ein nær vertikal 5 meter høg fjellskrent, den er oppsprukken med sprekkeretning bratt inn mot skråninga. Fleire stadar er den så sprukken at den har preg av å bestå av blokkar stabla på kvarandre (Figur 38), der er opne sprekkar og eit par overhengande blokker (Figur 37). På toppen av fjellskrenten veks fleire store lauvtre i sprekkene (Figur 39).

Tolking

Fjellskrenten er eit aktivt steinsprangkjeldeområde. Det kan sjåast på blokka like nedanfor fjellskrenten som truleg har falt ut frå denne (Figur 37). Der er også blokker lengre nede i skråninga som også kan ha kome frå den same fjellskrenten. Sprekkene i fjellskrenten og der det veks røter i er det gradvis aukande trykk med storleiken på røtene, som aukar sannsynet faren for at dei kan falle ut. Der er også ei blokk med overheng, som berre heng på friksjonen og kan falle når denne ikkje lengre er stor nok til å motstå vekta, til dømes av auka trykk i sprekkene som følgje av intens nedbør eller vegetasjon (Figur 37). Skråninga nedanfor har heile 50° helling, og som lokalitet 3b er den eigentleg for bratt til å vere steinsprangskråning, likevel ligg der nokre blokker synleg i vegetasjonen. Dette kan vere blokker som har stoppa opp under fall frå fjellskrenten, kanskje på grunn av ru skråningsoverflate som har stoppa blokker som glir. Huset ligg innanfor skråninga med, og eventuelle steinsprang har få hindringar enn unge tre som hindrar dei å nå ned til huset. Fjellskrenten og skråninga fell innanfor aktsemdsområde for potensiell skredfare og lokaliteten bør undersøkast med tanke på steinsprang. Vedlegg 4 viser aktsemdsområdet til lokaliteten.

Skråningsklasse: 2



Figur 37. Biletet til venstre viser at like nedanfor fjellskrenten har ei blokk falt ned, men ikkje trilla ned skråninga mot venstre (samanbretta kart som skala). I fjellskrenten er også fleire opne sprekker synlig. Biletet til høgre viser at i same fjellskrenten er det framleis overhengande blokker. Den breie pila indikerar skråningsretninga.



Figur 38. Sprekkeretninga har fall bratt inn mot skråninga. Der er opne sprekker mellom blokkene, som kan sjå ut som dei er nærmast stabla oppå kvarandre. Fleire røter trengjer ned i sprekken. Eit samanbretta kart er skala.



Figur 39. Biletet til venstre viser avstanden frå fjellskrenten til bustadhuset. Vegetasjonen er hovudsakleg gras og unge tre. Biletet til høgre viser at fjellskrenten har mange sprekker og det veks tre i fleire av sprekkene. Eit samanbretta kart som skala viser at røtene er til dels store.

4.3.4 Lokalitet 3d

99 m o.h., UTM 0302877 6680021

Lokaliteten er ei ur i eit granfelt som ligg nokså nært to einebustader (Figur 40). Ura består av gamle og nokre nyare blokker som er fallsortert. Granfeltet har blitt dyrka i steinura, men det ligg også blokker oppå røtene fleire stader. Området er svært fuktig og det veks mykje mose både på bakken og trestammene. Eit par store nyare blokker ligg i foten av ura. I nedre delar endar ura brått der terrenget vert flatt og også litt oppoverskråande. I øvre delar av ura er der fjellskrentar med mange sprekker, samt ein dreneringsåre med lite vatn som renn over fjellskrentane og ned i ura. Lengre oppe mot Skogafjell er fleire fjellskrentar, for bratt opp til å gå til fots, men observert frå fly er der mange vertikale parti.

Tolking

Eg tolkar ura til å vere ei steinsprangkjegle med kjeldeområde i dei høgareliggande fjellskrentane. Så lenge der er granskog i utløpsområdet for steinspranga er desse beskyttelse for at steinspranga kan nå husa nedanfor, då trestammene er med på å stoppe fallande blokker. I tillegg er terrenget utflatande i botnen og går til dels over i motbakke som er med på å hindre at blokker når ned til huset. Nyare blokker kan vere vanskelig å oppdage på grunn den fuktige bakken og tette granskogen som fremjar rask mosevekst, men mengda steinar oppå vegetasjonen indikerar ein viss aktivitet. Eg antek at granfeltet er frå sekstialet,

då dei fleste andre granfelt i Noreg vart planta. Granfeltet er stabiliserande på skråninga, og fungerer som sikring mot steinsprang. Det er ikkje planlagt utbygging i området. Eg tek likevel med lokaliteten som eit aktsemdområde, då det er eit at dei brattaste partia av Skogafjell, samt at eventuell framtidig hogst av granfelt og/eller store nedbørsmengder kan påverke stabiliteten i ura og fjerning av skogen kan føre til at blokker når lengre ned, og det er ukjent storleik på blokker i kjeldeområdet. Vedlegg 4 viser at ingen hus kjem innanfor aktsemdområdet for steinsprang slik tilstanden er i dag. Utløpsområdet er teikna etter den ytste blokka i nedanfor ura. Om skogen vert fjerna kan utløpsområdet verte utvida.

Skråningsklasse: 1



Figur 40. Ur i granfelt. Eit bustadhus ligg bak granskogen. Ura er svært mosegrodd og nokså jamn, men nyare blokker synleg i nedre delar av ura, fleire av dei av betydeleg storleik.

4.4 Flåten

26 m o.h., UTM 0303693 6678530

Lokaliteten er eit kjent kvikkleireområde vest og nord for Banktjørn (Figur 41 og Figur 31).

Området har busetnad med einebustadar, butikkar, veg, skule, barnehage, og så vidare.



Figur 41. Flåten ligg til høgre for Banktjørn, samt noko nedanfor kanten på biletet. Biletet er tatt mot sørvest.

Topografi

Området er skrånande frå vest mot Banktjørn, der er ravinar i lausmassen og fjell stikk opp i dagen nokre stader. Banktjørn drenerar mot Osøyro, og eit langstrakt område av myr regulert til næring følgjer bekken frå Banktjørn mot Osøyro.

Berggrunn

Berggrunnen rundt og under Banktjørn og Flåten er Gullfjellet ofiolitt.

Lausmassar

Lausmassen i området er fjord- og havavsetjingar, hovudsakleg silt i lagrekker. Stadvis massive avsetjingar på over 10 meter. Sønstegaard har utarbeidd to detaljerte lausmassekart for Flåten, med både lausmasstype og tjukkleik av lausmassen.

Vegetasjon

Der er skog rundt vatnet og ei myr i søre enden av vatnet, elles er det jordbruksmarker der det ikkje er veg eller busetnad.

Observasjonar

Flåtenområdet er eit kjent leirområde der det tidligare har vore hendingar med kollaps i lausmassen (2.4). I samband med bygging av ny barnehage i Gymnasvegen besøkte eg tomta før bygginga tok til og siltgrunnen framleis var eksponert. Dette gjorde eg på bakgrunn av ein artikkel i Os og Fusaposten om leirgrunn i tomta som skapte bekymring hjå naboane (O, 2010a). Figur 42 viser at tomta består av silt med eit tynt jordlag oppå, andre undersøkingar av lausmassen har ikkje blitt gjort av meg, då dette er kjente forhold. I følgje avisartikkelen utbyggjar hyra geolog for å undersøke tomta. Barnehagen står i dag ferdig og er sikra ved at den er bygd 'flytande' og ingen ekstra last er tilført tomta. Andre dømer på nye bygnader i områda er ein matbutikk (Lidl-bygget) langs bekken frå Banktjørn, som er bygd på pælar på grunn av svært djup siltgrunn, samt at der var problem med byggegrunnen i samband med 3 firemannsbustader på andre sida av vegen for butikken. Alle desse byggverka fell inn under sikkerheitsklasse 3 i byggt teknisk forskrift. Der er ikkje føretatt nokon ROS-analyse av kommunen i området. Området har tett busetnad og er regulert vidare som næringsområde.

Tolking

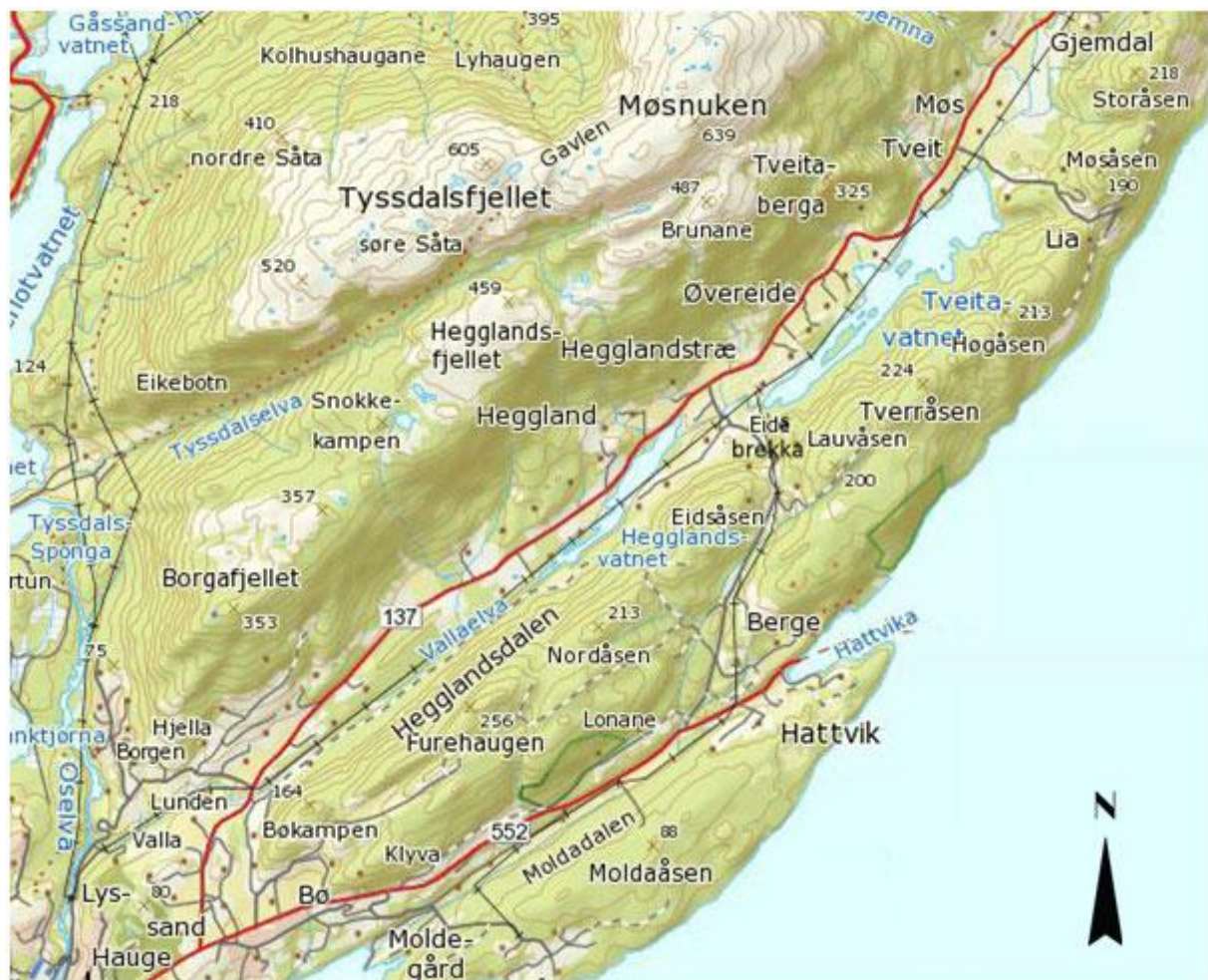
Kvikkleirførekomstane på Flåten er kjente og må stadig takast omsyn til ved nybygging i området. Ei større utgliding av kvikkleire ut i Banktjørna kan skape flaum, og ei utgliding nedanfor tjørnet kan rase langs vegen mot sentrum, der fleire hus står i vegen. Faresonekart for kvikkleire bør lagast for områda rundt Banktjørn og langs bekken mot sentrum. Aktsemdkartet i vedlegg 5 viser den marine avsetjinga ved Flåten som kjeldeområde for kvikkleirskred. Utløpsområdet kan vere innanfor kjeldeområdet eller følgje dreneringsløpet frå Banktjørna. Den tette busetnaden i området gjer at Flåten og elva frå Banktjørna mot sentrum er aktsemdområdet der skredfaren kan gje størst konsekvens dersom eit større skred skjer.



Figur 42. Biletet er tatt i barnehagetomta før bygginga tok til. Massiv silt er synleg i snittet.

4.5 Hegglandsdalen

Hegglandsdalen (Figur 43 og Figur 44) er ein om lag 7 km lang dal som startar i opninga frå Osdalen og strekker seg mot nordaust til den endar i ei bratt skråning ned mot Samnangerfjorden. Langs austsida av dalen går ein åsrygg i heile dalens lengde og langs vestsida går ein fjellrygg. Ei elv går langs heile dalbotnen frå aust mot vest, og passerar gjennom to større vatn, Tveitavatnet i aust og Hegglandsvatnet i vest. To områder skil seg ut etter flyfotoanalysar av Hegglandsdalen, det er området ved Tveitaberget/Øvreeide på vestsida av dalen, og Eidsbrekka i åsen langs austsida av dalen. Underlokalitet 5 a, b og c høyrer med til Tveitaberget/Øvreeide (Figur 45), og 5 d og e er ved Eidsbrekka (Figur 46).



Figur 43. Oversiktskart over Hegglandsdalen. Målestokk 1:25000. Modifisert frå www.norgeskart.no (2011).



Figur 44. Bildet viser lengderetninga til Hegglandsdalen, tatt mot nordaust. Møsnuken er det høge fjellet til venstre i bildet, Samnangerfjorden skimtast til høgre.

Topografi

Dalen har ei svak halling frå om lag 120 m o.h. i austre del til 60 m o.h. i vestre del, med dei to vatna på ei høgde 61 og 59 m o.h. . Dette gjer at om lag 5 km av dalen har berre eit par meter i høgdeforskjell. Dalbotnen er brei og flat. Elva renn frå aust mot vest til den møter Oselva. Åsryggen på sørsida er om lag 200-240 meter høg, fjella på nordsida med Tveitaberget er om lag 235-450 meter høge, bak desse er Møsnuken med sine 639 m o.h. .

Berggrunn

Hegglandsdalen er ein strøkdal danna i ei berggrunnssone som har retning nordaust-sørvest som dalen følgjer. Bergartane består av sedimentære og metamorfe bergartar som mellom anna kvartsitt, fyllitt og konglomerat. Åssidene som avgrensar dalen i aust og vest er av Gullfjellet ofiolitt. Langs austsida av dalen er det langsgåande hardare soner av tonalitt innerst mot dalen og basalkonglomerat av Osgruppa, dette gjeld til dømes for området Eidsbrekka. Fjellrekka langs vestsida er hovudsakleg dioritt, gabbro og noko metabasalt.

Lausmassar

Dalbotnen er kartlagt av NGU til å vere lausmassar i form av morene, for det meste usamanhengande dekke, meir samanhengande og tjukk langs dalbotnen. Langs den vestlege

dalsida er det mykje lausmasse i form av morene, men også ein del vifter nedover dalsidene som kan vere skredmateriale. Langs den austre dalsida er det i hovudsak tynt dekke av forvittringsjord og mykje bart fjell.

Vegetasjon

Vegetasjonen i dalen består av jordbruksmarker på dalbotnen, for det meste på vestsida av dalen og i ei sone oppover skråninga langsetter dalen. Langs austsida av dalen er det hovudsakleg furu- og bjørkeskog.



Figur 45. Oversikt over lokalitetene ved Tveitaberget. Biletet er tatt i lengderetninga til Hegglandsdalen, mot sørvest. Plasseringa til Eidsbrekka er også indikert på biletet. Osøyro er heilt bak i bildet, utanfor dalen.



Figur 46. Eidsbrekka går som eit skar i åsen på austsida av Hegglandsdalen. Begge lokalitetane ligg langs fjellskrenten på venstre side av skaret. Skaret går i retning nordvest-søraust, normalt på dalretninga til Hegglandsdalen. Vegen som går i sikksakk opp skaret og over åssida kan skimtas. I bakgrunnen kryssar ferja Sannangerfjorden. Biletet er tatt mot søraust.

4.5.1 Lokalitet 5a

86 m o.h., UTM 0308315 661836

Lokaliteten er ein vifteforma overflateform i samband med ein permanent bekk på nordsida av Hegglandsdalen. Spesielle forhold er at F137 kryssar vifta og der står ein bustad/landhandel nedanfor vegen (Figur 47). Vifta er nedanfor eit i skar i fjellet der ein om lag 350 m lang bekk drenerar frå Askedalen. Dreneringsområdet til bekken er om lag 146 m² og i øvre delar av nedbørfeltet er der eit granfelt . På vifta veks det busker og lauvtre, og det ligg blokkar langs bekken. I øvre delar av bekken i dreneringsområdet er det mange blokkar, steinar og rotvelter som følgjer bekkefaret heilt ned til vifta (Figur 48). Langs bekken er berggrunnen svært oppsprukken, mange lause blokker ligg i terrenget, og der er overheng med oppsprukne fjellblotningar og rotvekst i sprekkene, enkelte av trea er svært store (Figur 49). På sjølve vifta er det fleire store blokker langs kantane av elva (Figur 50). Gradienten på vifta er 26° frå øvre til nedre delar. Bortsett frå langs bekken er vifta dekke av jordbruksmark

med gras. Naboar kan fortelje om at bekken plar vere svært stor ved mykje nedbør, og at dei har opplevd den fløyne over mange gonger.

I følgje ein lokal bonde vart granfeltet i fjellsida dyrka i 60-åra. Han er usikker på om han skal drive skogen eller berre la den stå.

Tolking

Eg tolkar lokaliteten til å vere ei flaumskredvifte i samband med ein permanent bekk. Dreneringsområdet til flaumskredvifta produserer materiale og tilfører avrenning som bekken kan tilføre vifta. Vifta er eit resultat av aktiv materialtilførsel gjennom lang periode. Store blokker og levéar på vifta viser at store krefter kan operere i bekken. Kjeldeområde for materialar er fjellskrentane lengre oppe i dreneringsområdet, og her er skogvekst og røter aktivt med på å produsere fleire blokker og steinar, men også jordsmonn som eroderande vatn kan ta med seg under intense nedbørsperiodar. Den største blokka på levéen ligg berre få meter ovanfor vegen og landhandelen. Tida for dei store nedbørsperiodane er ikkje over, den er tvert i mot etter dagens klimaframskrivinga noko vi har i vente. Det tyder på at bekken kan frakte mange store blokker ned i dalen. Granskogen er ein usikker faktor. Etterkvart som skog vert eldre vil dei store røtene sprengje laus fleire blokker, og dei er meir utsett for rotvelte som eksponerer bakken for infiltrasjon av nedbør. Samtidig vil hogst av granene også auke muligheita for auka erosjon i lausmassen i dreneringsområdet. Det ideelle er noko driving av skog, men ikkje all. Lokaliteten er potensielt skredfarleg. Vedlegg 6 viser aktsemdområdet langs bekken og den tilhøyrande vifta. Landhandelen kjem innanfor utløpsområdet som avmerka etter vifteforma bekken går over. Kjeldeområdet strekker seg berre langs bekken på kartet då det er hovudsak der som vert rørt av auka vassføring.

Skråningsklasse: 3



Figur 47. Oversikt over vifteforma. Landhandelen sjåast nede til venstre, vifta held fram på nedsida av denne. Elva som går over vifta kan sjåast i skogbeltet. Vifteforma er ikkje tydeleg avgrensa, og det kan sjåast fleire formar i på jordbruksmarka lengre bak.



Figur 48. Blokker og nedfall i bekken. Her ser ein også at større blokker kviler mot trestammer i bekkefaret.



Figur 49. Langs midtre delar av bekken er der bratte fjellskrentar med ferske brotflater med blokkar nedanfor, og fleire store gamle tre i fjellsprekker.



Figur 50. Store blokker langs kanten av bekken på ryggen av vifta. Bekken er til venstre i bildet. Kristoffer er synleg i høgre bildekant.

4.5.2 Lokalitet 5b

97 m o.h., 0308213 6682022

Lokaliteten er ei lausmasseskråning ved Tveitaberget over ein einebustad (Figur 51). Skråninga har ein gradient på 34°. Nedre del har blitt brukt til jordbruksmark og er no ein grasbakke, øvre del er open lauvskog. Der er bygd 3 horisontale murar på tvers av skråninga. I overgangen mellom skog og grasbakken har der blitt erodert ein kanal som held fram til forbi den øvste muren som har blitt delt i to av kanalen. Lengre ned er der ingen kanal, men spor på overflata etter ein breiare og grunnare erosjon. Dei to murane nedanfor har også fått skader. På overflata av bakken er der enkeltblokker. I skogkanten ved øvre delen av kanalen smalnar denne og går over til ei nedsunken rund form. Midt i denne forma er ei stor flat blokk eller berggrunnseksponeering. I bakkant og på sidene av er ein om lag 0,5-1 meter høg kant (Figur 52). Lauvskogen er ung og open med gras på bakken der fleire tre har bøygde stammer.

Tolking

Overflateformene er ei skredgrop med avgrensing av utrasingsområdet bakover, ein kanal der lausmassen har bevegde seg gjennom og erodert i underlaget, og til slutt ein avsetjingsvifte avsett i skråninga nedanfor den øvste muren. Skredtypen er ein grov massestraum, og skråninga elles har jordsig som er synleg på dei bøygde trestammene.

Bakkanten i skredgropa tyder på grov massestraum med lite vassinnhald der avsetjinga typisk vil vere som ei tunge. Utløpsområdet er smalt. Utypisk for avsetjinga i dette skredet er at gradienten er betydelig større enn for massestraumstunger. Der dei er mellom 0 og 20° er denne avsett i ei skråning på over 30°. Der er lite restar av avsetjingane etter skredet synlig i dag, berre erosjonssporet. Enkelte blokker er observert på overflata av grasbakken i avsetjingsområdet, men dei kan også komme frå dei horisontale murane som er bygd i skråninga og som vart skada i skredethendinga. I følgje lokal bonde skjedde denne hendinga hausten 2005, truleg i samband med vêrhendinga Kristin.

I bakkanten av utglidinga er jordforholda synlig, det er mest organisk jord og blokker (Figur 52). Blokkene er kanta og kan ha blitt tilført frå steinsprangskjeldeområde lengre oppe i

skråninga. Fleire blokker er synlig også på overflata av skråninga rundt utglidingsområdet (Figur 53). Til saman utgjør dette betydelige lausmassar som potensielt kan rase ut, dersom blokka midt i rasgropa er ei blokk og ikkje berggrunn. Blokka eller berggrunnen kan ha fungert som glideflate i ein situasjon med auka hydrostatisk trykk i bakken som følgje av intens nedbør. På trea ved rasgropa kan ein sjå at bakken allereie er i rørsle ved jordsig, og i det utraste området har gravitasjonen vunne over friksjonen i lausmassen. Den bakre kanten av skredet som no er eksponert er utan motvekt og med eksponert jordsmonn. Her kan utrasinga auke i omfang ved at raset utvidar seg bakover og nye massar rasar ut, samt at nye massar kan rase ut andre stader i skråninga. Ein lokal bonde fortel om ei skredhending i 1972/72 der lausmasse losna frå skogen over jordbruksmarka mellom Øvreeide og landhandelen (Figur 47 grasbakken bak vifta i lok 5a). Då vart vegen dekkja av vel 1 meter høge jordmassar, og blokkar og tre nådde heilt ned i Hegglandsvatnet. Dette viser at fleire stader i Hegglandsdalen har tilsvarande lausmasseforhold som lok. 5a og at betydeleg større mengder lausmasse kan rase enn i 2005, og at utløpsdistansen kan krysse vegen. Lokaliteten er potensielt skredfarleg. Vedlegg 6 viser aktsemdområdet for lok. 5b, og også eit tilsvarande område lengre vest i Hegglandsdalen som også har mykje lausmasse, store nok gradientar og ei tidligare skredhistorie.

Skråningsklasse: 3



Figur 51. Spor i skråninga. Spora startar mellom trea over grasbakken.



Figur 52. Bakre del av lokaliteten. Ein slik kant er typisk for ein grov massestraum med lite vassinnhald.



Figur 53. Opninga mellom trea er utløpsområdet for lausmassen. Bustadhuset og F137 i bakgrunnen.

4.5.3 Lokalitet 5c

87 m o.h., UTM 0308213 6682022

Lokaliteten er Tveitaberget med ei større ur under ein høg og bratt fjellskrent.

Flyfotoanalysen viste ei stor ur med lite vegetasjon som nådde nesten ned til vegen og loddrette parti øvst i skråninga. I dag er det meir vegetasjon her, med unntak av dei brattaste partia øvst veks det mykje tre i skråninga, også i sprekkene i den øvste kanten. Denne delen av ura viser ei større tungeform på flyfoto der det i dag er ein einebustad.

Tveitaberget reiser seg bratt opp frå dalbotnen i Hegglandsdalen (Figur 54). Det brattaste partiet er metabasalt med sprekker parallelt med skråninga, som er nær loddrett øvst. Lengre ned går berggrunnen over til meir uryddig sprekkeretning. Omtrent halvvegs i skråninga startar ei ur. Gradienten i starten av ura er 38°, her er fleire knekte tre og blokker av ulik alder, nokre har ferske brotflater og andre er eldre, mange blokker kviler mot trestammer. Ura er sortert med dei største blokkene nedst.

Ein nabo fortel at ho har rømingssvegen klar om ho skulle høre buldring frå fjellsida.

Tolking

Då ura er fallsortert og ligg under ein bratt fjellskrent med ferske brotflater, peikar dette til at lokaliteten er steinsprangkjeldeområde med ei fallsortert steinsprangskråning nedanfor. Den tungeforma ura på flyfotoet kan også vere ei fjellskredtunge.

Skråningsprosessane i Tveitaberget er særst aktive: der er mange ferske blokker i øvre delar av ura og fleire blokker som kviler mot trestammar. Ura har to kjeldeområde, det eine er øvste delen av Tveitaberget der blokker fell ut som toppling. Gradienten her er 60°, med enkelte loddrette parti. Det andre er fjellskråningane lengre ned i fjellsida under Tveitaberget, der trevekst og vatn i fjellskråninga sprenger laus blokker i sprekker parallele med skråninga. Gradienten her er noko mindre. Den generelle gradienten til skråninga frå toppen av Tveitaberget til botnen ved einebustaden er 45°. Øvre delar avskråninga er langt over 45° og dermed over den vanlegaste utløysingsgradienten for steinsprang og fjellskred. Det vanskeleg å sjå forskjell på skråningar avsette av steinsprang og fjellskred, men volumet for utfallande materiale her tilseier at det er steinsprang. Einebustaden i nedre delar av ura ligg innanfor rekkevidde for steinsprang nettopp fordi det ligg i ura. Ein må tru ein del

blokkar må ha blitt fjerna i samband med bygginga. Sjølv om det er få blokkar som når heilt ut til ytre delar av ura, så er det også dei største blokkene som gjer det. Lokaliteten er potensielt skredfarleg. Vedlegg 7 viser aktsemdområdet ved lokaliteten, samt andre steinsprangområder lengre vest i Hegglandsdalen.

Skråningsklasse: 1



Figur 54. Den øvste kanten er Tveitaberget 325 m o.h. med loddrette parti i fjellveggen under toppen. Ura er skjult i skogen, men går frå omtrent midt i bildet og mot høgre biletekant. Det raude huset er ikkje bustadhuset omtalt på denne lokaliteten, men det ligg noko lengre til høgre.

4.5.4 Lokalitet 5d

92 m o.h., UTM 0307900 6680616

Lokaliteten er ein fjellskrent med blokkar nedanfor og ein einebustad bygd like under fjellskrenten. Fjellskrenten har fleire loddrette og overhengande parti av blotta fjell, og sprekker som dannar rektangulære blokker. Hovudsprekkeretninga har fall bratt inn mot fjellet og strøk nær parallelt med skråninga. Den eine sprekkeretninga dannar ei skråande flate, der det ved ein stad er ei blokk med sprekker på alle sider som kviler på (Figur 55). Nedanfor fjellskrenten er der ei noko slakare skråning av lausmasse som huset står i. Snitt ved sidan av huset viser at den består av kanta blokker, samt ein del forvittringsjord (Figur 56).

Tolking

Fjellskrenten er kjeldeområde for steinsprang, der er spor etter nyare brot enkelte stader i skråninga. Dei kanta blokkene i skråninga nedanfor lausmassen tyder på steinsprangskråning med skredavsetjingar av blokker og steinar med innfylling av forvittringsjord mellom blokkene.

Blokka i Figur 55 ser ut som den kviler berre på friksjon, då det er sprekker på alle sider og den ligg på ei skråande flate. Auka trykk i sprekkene i bakkant i form av røter eller auka hydrostatisk trykk ved intens nedbør kan føre til at friksjonskreftene ikkje er nok til å halde blokka og den kan løysast ut som fall. Denne steinen vil truleg falle utanom og vekk frå huset, men den er eit døme på at skråninga er aktiv. Einebustaden er bygd på ein naturleg flate i terrenget, men heilt inntil fjellskrenten og delvis i steinsprangskråninga, dermed vert huset innanfor rekkevidde av framtidige steinsprang. Den tilsynelatande lause blokka og resten av fjellskrenten bør undersøkast med tanke på steinsprang. Vedlegg 8 viser aktsemdområdet ved lokaliteten, og at fleire delar av tomta er trua av steinsprang.

Skråningsklasse: 1 og 2



Figur 55. Lokaliteten 5d er ein bratt fjellskrent med ein einebustad tett inntil. Pila peikar på ei blokk som ser ut til å vere laus.



Figur 56. Snitt i skråninga under fjellskrenten viser kanta blokker og steinar, samt jord.

4.5.5 Lokaltet 5e

117 m o.h., UTM 0307944 6680616

Lokaliteten er ei fjellskrent med sprekker, ei skråning med fleire store kanta blokker under, og ein einebustad nedanfor blokkene (Figur 57). Dei to største blokkene er på 6-7 m³. Tomta til einebustaden er inn i skråninga under blokkene. Skråninga er målt i ArcGIS til å vere 57° frå toppen av fjellskrenten og ned til huset. Sjølve fjellskrenten er 67°. Der er mange sprekker, sprekkeretninga er noko uryddig, men går om lag parallelt med skråninga, normalt på skråninga og 90 grader på desse. Ei blokk rett bak huset utmerkar seg; den dannar eit lite i overheng, der veks ei rot i bakre sprekk, og der ser ut til å vere opne sprekker på baksida (Figur 58). Ser ingen ferske brotflater i fjellskrenten over bustadhuset, men på taket til ei garasje til høgre for einebustaden ligg eit par nye steinar med lengste akse ca 20 cm.

Tolking

Eg tolkar fjellskrenten til å vere eit steinsprangkjeldeområde og skråninga nedanfor er ei steinsprangskråning. Dei to store blokkene bak huset har truleg falt frå kjeldeområdet bak, men det har ikkje skjedd nylig, då blokkene er forvitra og dekkja av ein del lav. Blokkane i Figur 58 kan stå i fare for å falle ned. Skråninga er framleis bratt nok til å vere ei aktiv skråning, og skråningsprosessar med rotsprenging og frostsprenging i sprekker kan løyse ut nye blokker. Nye steinar på garasjetaket indikerar at der er aktivitet i kjeldeområdet. Husbygging inn i steinsprangskråninga gjer at huset kjem innanfor rekkevidde av nye steinsprang, saman med storleiken på den lause blokkane i fjellskrenten gjer skråninga eit aktsemdområde og skråninga bør vurderast for steinsprang. Vedlegg 8 viser aktsemdområdet ved lokaliteten.

Skråningsklasse: 1 og 2



Figur 57. Lokalitet 5d. Huset er bygd like under to store blokkar som ligg i ei skråning. I fjellskrenten bak er det blokker med opne sprekker bak.



Figur 58. Blokk med open sprekk bak.

4.6 Rødsliane

60 m o.h., UTM 0309791 6684769

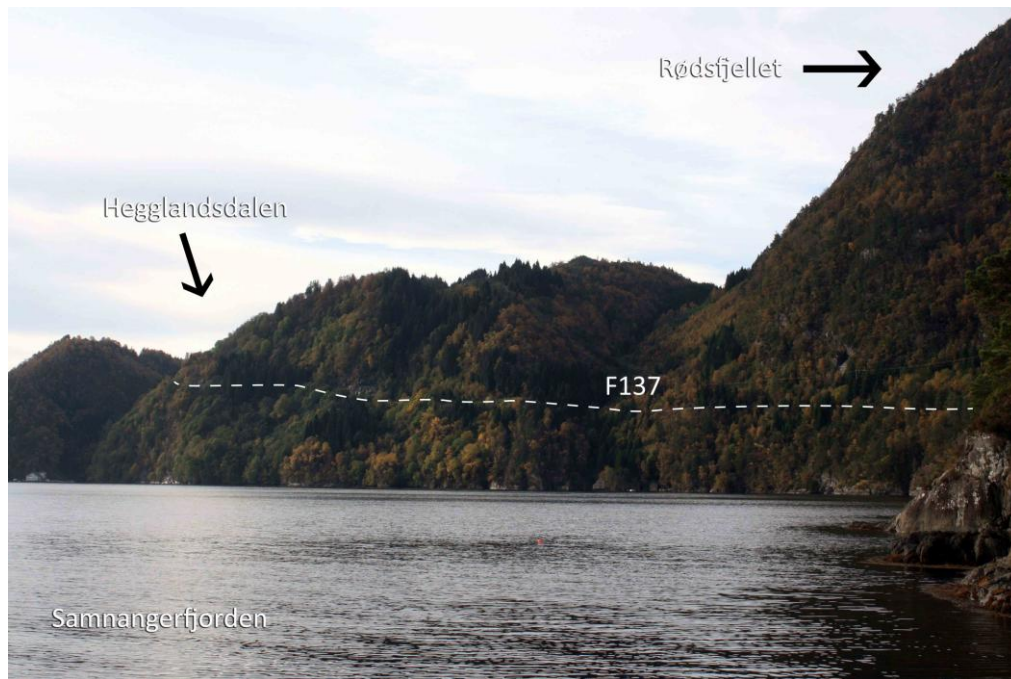
Rødsliane er ei nesten 2 km lang fjellside under Rødsfjellområdet mot Samnangerfjorden, avgrensa av Rød øvst i Hegglandsdalen mot sør, og Øyra ved Lønningdal mot nord (Figur 59). F137 går langs fjellsida, det er vegvesenet som har ansvaret for sikring i dette området og den fell utanfor kommunen sitt ansvar. Eg tek den likevel med då det er eit spanande område.



Figur 59 Oversiktskart over Rødsliane. Målestokk 1:30 000. Modifisert frå www.norgeskart.no (2011).

Topografi

Dei brattaste partia langs vegen er nedanfor Rødsfjellet. Vegen er bygd inn i fjellsida. Gradienten for heile fjellsida frå øvst til nedst ved fjorden er om lag 50° (Figur 60).



Figur 60 Biletet viser den bratte skråninga i Rødsliane, her ved den søre delen. F137 går langs skråninga.

Berggrunn

Berggrunnen i denne fjellsida er samansatt av svært mange ulike bergarter, då fjellsida nærast kuttar av Osgruppa på tvers og der i tillegg er innslag av GOC. Sprekkeretning målt av NGU viser 75 grader mot nordvest.

Lausmasse

Her er lite lausmassar i denne fjellsida, for det meste forvitningsmateriale og avsetjingar etter steinsprang.

Vegetasjon

Øvre delar av fjellsida har mykje bart fjell. Lengre nede er det mykje skog, mest bjørk, furu og noko gran, elles lyng.

Observasjonar

Der er mange fjellskrentar med overhengande parti over vegen langs heile vegstrekninga. Berggrunnen har mange sprekkar, hellinga til sprekkene går innover mot fjellet og mot nordvest, dei er tilnærma lik retninga til fjellsida. Nedanfor desse er det lause blokker og grove urer. Fleire stader langs vegen ligg det nylig nedfalne blokker.

Tolking

Fjellskråninga frå Rødsfjellet og ned til vegen er eit aktiv kjeldeområde for steinsprang. Lause blokker og urer vitnar om både nye og gamle hendingar. Rødsliane er svært bratt og har ein mangfaldig sprekknettverk. Steinsprang skjer jamleg, det kan ein både sjå på dei mange små urene langs vegen og nye blokker som ligg i grøftekanalen. Ein kan anta at hovuddrivkrafta for steinsprang er auka trykk i sprekker ved frostsprenging og hydrostatisk trykk, samt røter frå skogen i fjellsida, på grunn av at mange av steinspranga skjer i vinterhalvåret med mange dagar med temperaturvandring rundt null grader celsius og periodar med intens nedbør. Fleire stader langs fjellsida er der overheng, dette gjeld spesielt i området nær Øyra. Skrednett har registrert fleire hendingar her. Det er ei strekning som er svært utsett for steinsprang og som bør sikrast med omsyn på tryggleiken til dei som ferdast langs vegen. Vedlegg 9 viser aktsemdområda for Rødsliane, her ser ein at nær heile strekninga er trua av steinsprang.

Skråningsklasse: 1

4.7 Lønningdal

10 m o.h., UTM 0309548 6685839

Lønningdal er ein 1 km lang dal som startar ved Samnangerfjorden og endar i gjelet mot Øvredalen (Figur 61 og Figur 66). Dalen er eit jordbruksområde med busetnader i dalbotnen og på terrassar i dalsidene.



Figur 61. Oversiktsbilde av dalføret med Øvredalen i øvre del og Lønningdal i nedre delar som munnar ut i Samnangerfjorden. Biletet er tatt mot sør.

Topografi

Oversiktbildet i Figur 61 viser topografien rundt Lønningdal. Dalen er omkransa av fjell på både nord og sørsida, det høgste er Rødsfjellet på 526 m o.h.. Dalen har flat botn, typisk flaumslette med høgde på om lag 5-7 m o.h.. Dalsidene har terrasser i nord og nordaust. Ei elv kjem frå Øvredalen og følgjer dalen ut til fjorden. Elva har sidelaup og ved normal drenering er der vatn berre i hovudlaupet.

Berggrunn

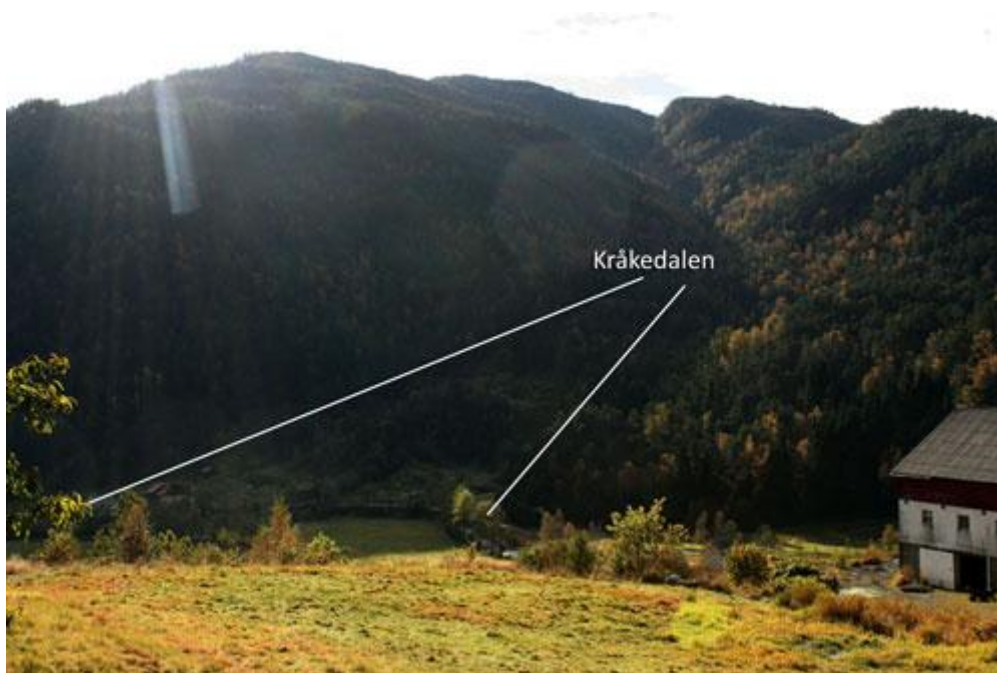
Lønningdal og dei omkringliggende fjella er del av metabasalten i Gullfjellet ofiolitt. Retninga til Lønningdal er bestemt av ein større berggrunnssprekk som går frå Samnangerfjorden og held fram inn i Øvredalen, mulig ei forkasting. Det same gjeld sidedalen Stordalen.

Lausmassar

Ved foten av Kråkedalen og begge sider av elva frå Kråkedalen er der ei større lausmasseavsetjing (Figur 62). Lausmassen ser ut til å vere korttransportert fluvial eller glasifluvial sand og grus. Dalbotnen er ei flaumslette med ei 5 meter brei elv.. Elva i Kråkedalen drenerar frå eit område på om lag 0,64 km².

På austsida av dalen er der glasifluviale materialar i terrasseform på 67 m o.h. ± 4 m (GPS)(Figur 63). Avsetjingane er av ulik tjukkeleik, berggrunnen stikker fram i dagen fleire stader frå toppen av terrasseflata til dalbotnen. Avsetjinga har blitt erodert til fleire nivå av terrasser og er i dag nytta til busetnad og jordbruk.

Lausmasse med same høgd kan også sjåast på andre side av elva frå Øvredalen. Dalsidene er generelt bratte. Undersøkingar oppover Kråkedalen viser tynt og usamanhengande morenedekke. Utanom dette er fjellsidene rundt Lønningdal stort sett bart fjell.



Figur 62. Utsikt mot lokalitet 7 ved Kråkedalen i sørvest. Lausmasseavsetjinga er markert med raude strekar. Ein gard nede til venstre ligg tett på avsetjinga. Rødsfjellet er høgste toppen til venstre.



Figur 63. Oversikt over terrassane i nordaust. Terrassehøgda på omlag 67 m o.h. er merka med kvit strek. Her er det også ein tydeleg overgang i vegetasjonen.

Vegetasjon

Dalsidene har naturleg skog, stadvis tett, blanding av furu og bjørk. I lågareliggende områder meir hassel og eik. Dalbotnen og terrassane er oppdyrka til jordbruksformål. Sjå Figur 61 og Figur 62 for å få eit inntrykk av vegetasjonen.

Observasjonar

Lokaliteten består av ei 500 m lang lausmasseavsetjing som strekker seg frå søre sida av dalbotnen og opptil 100 m o.h. oppover Kråkedalen. Avsetjinga har litt ulik form som gjer at den kan delast inn i 3 delar. Den øvste delen er 130 m lang og ryggforma ned mot 68 ± 4 m o.h., med overflata dekkja av store blokker og overgrodd av mose, blåbærlyng og bjørk. Elva frå Kråkedalen har erodert den eine sida av avsetjinga svært bratt ned til berggrunnen. Her veks eit par svært store og gamle eiketre, og det er planta litt gran. Graving av snitt ved 71 ± 4 m o.h. mot elva viser noko horisontal lagdeling. Eitt lag med klastbåren avsetjing med innfylling av sand mellom klastane, over dette eit lag med sand og grus.

Andre delen startar ved om lag 68 ± 4 m o.h.. Då er der ikkje lengre blokker på overflata, den vert meir jamn og vegetasjonen endrar seg frå lyng og høg bjørk til mest mose og kratt av or og hassel. Her er det også brattare. I denne høgda vert ryggen delt i to av elva som har

erodert seg inn i den, og det vert to ein rygg som går nedover langs kvar side av elva. Denne delen av området er brukt som beite og har tynt dekke av gras og mose, nokre buskar og mykje blottlagd jord. Elvebreiddane er ikkje lengre så bratte og der mange reinvaska og nyleg avsette runda til kantrunda grus, steinar, blokker og andre spor etter flaumar langs elva, som buskar og bregnar som heng rundt trestammar.

Frå 25± m o.h. går ryggen over i ei vifteform med fleire rygger og loper av grus, stein og blokkar på overflata (Figur 64). Gradienten til vifta er om lag 25-5° og blokkene på overflata er runda til kantrunda. Elveleiet vert grunnare og breiare og elva infiltrerer grunnen og forsvinn før den når nedre delar av vifta. Øvredalsvegen går over den nedste delen av vifta og der er bru over elveleiet. På austsida vifta ligg eit gardsbruk. Gamle snitt rundt fjøsen viser avsetjingar med runda til kantrunda blokker. Ytre delar av vifta er dyrka. I følgje ein lokal bonde plar det vere flaum i elva ved mykje nedbør, og vatnet renn ofte over vegen, men der ikkje mykje lausmassar i flaumane. I samband med tomtegraving til fjøset har dei grava elveleiet djupare og breiare, samt laga ein voll som vern mot elva, for å unngå å få flaumvatnet i fjøs og gardstun. Førre flaum var 5 år sidan under ekstremvêret Kristin.

Tolking

Dei nedre viftedannande avsetjingane tolkar eg til å vere skredavsett. Den lange ryggen er truleg korttransportert fluvialt materiale og kan vere avsett enten av isen under tilbaketrekkinga eller i samband med den terrassedannande fluviale erosjonen i dalen. Snittgraving viser lagdeling av sortert materiale i øvre del av avsetjinga, lengre ned viser snitt lite lagdeling men massen er usortert med kantrunda med mykje fint innhald. Øvre delar av ryggen er dekkja av morene. Danningsmåten for øvre delar av ryggen har eg ikkje nok data for å kunne tolke.

Bonden kan vitne om regelmessige flaumar i Kråkedalselva og det er all grunn til å tru at dette skjer igjen ved stor nedbørshendingar. Dreneringsområdet til Kråkedalselva er av ein slik storleik at ved stor nedbør får elva stor nok kraft til å erodere i lausmasseryggen. Flyfoto viser at dreneringsområdet består av mykje bart fjell i øvre delar og er skogkledd i nedre, med hovudsakleg tynt og usamanhengande morenedekke. Dette er faktorar som medverkar til større avrenning ved stor nedbør. Ryggen er brukt til beiteområde for dyr, blant anna hestar som går der. Det gjer at det er slitasje på vegetasjonen som ikkje får mulighet til å gro

att, og der vert mykje blotta jord. Dette gjer at det kan vere lettare for ei flaumstor elv å erodere i elveunderlaget og langs sidene, og at lausmassar kan bli tatt med av elva og bli avsett i vifteform ved foten av ryggforma. Nedre delar av vifta er der i dag bilveg, og det kan sjå ut som elva frå Øvredalsvatnet som går nedanfor vegen har greve seg ein sving inn i vifta, og eg veit difor ikkje heile omfanget av utløpsområdet for vifta. Det har blitt avsett blokker heilt ned til vegen, men dei kan også halde fram nedanfor vegen der det har blitt plastra med blokker for å hindre erosjon i elvebreidda. Vifta har fleire ryggar og lobar på overflata (Figur 65), dette kan vere levéar som er det klassiske kjenneteiknet på grove massestraumar. Eit anna teikn på at det kan vere grove massestraumar som er hovudopphav til vifta, er at vifta ligg nedanfor ein allereie eksisterande kanal. Det er også truleg at menneskjer har flytta på ein del av blokkene. Den låge gradienten talar derimot mot at vifta er ein grov massestrom. Flaumskredvifte er den mest sannsynlege dannelsesmåten for vifta, ved erosjon i elvebotnen eller elvesidene av den permanente bekken. Det er også lite vegetasjon på vifta, som er vanleg for flaumskredvifter, sjølv om dette like gjerne kan kome av erosjon frå husdyr. Bonden fortel om flaumar i denne elva ved fleire hendingar. Den førre store flaumen var under stormhendinga Kristin. Intens og langvarig nedbør er både utløysingsårsaker og medverkande årsaker til utløysinga av flaumskred og massestraumar i naturlege skråningar. Dei store nedbørshendingane er forventa både å bli større og fleire dei neste 90 åra, dermed kan fleire skredhendingar og mulig konsekvens for både vegen og nabogarden vere aktuelt. Flaumskredet som førte til skade på 100 m veg i 1992 er ikkje nøyaktig plassert, det kan til dømes vere ved denne vifta. Eg undersøkte dette med kommunen; dei var usikker på plasseringa, det kunne også vere lokalitet 8a. Vedlegg 10 viser aktsemdområdet ved lokaliteten. Den store lausmasseryggen som tilfører bekken lausmassar er også teikna inn. Ved studering av kotene på kartet, og flyfoto får ein sterkare inntrykk av at bekken har erodert i ein stor lausmasseavsetjing og truleg skifta løp til vifta.

Skråningsklasse: 3



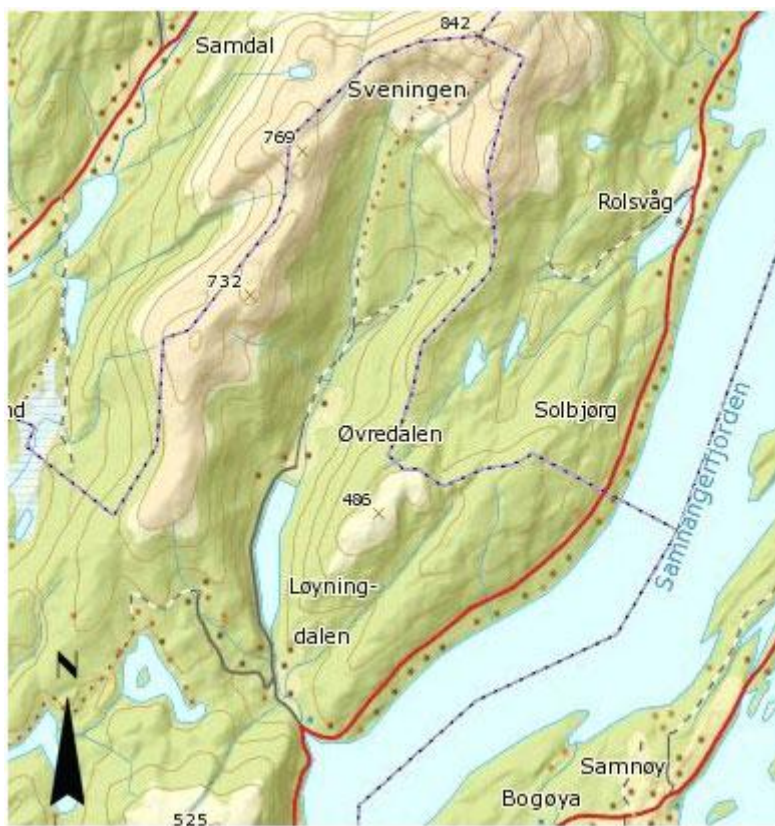
Figur 64. Oversikt over vifteforma (markert med kvitt) og dei to ryggane bak vifta (markert med raudt).



Figur 65. Bildet visar nedre delar av vifteforma, der er fleire ryggar og haugar av blokker og steinar i nedre delar. Fleire av desse kan vere utsett for menneskeleg påverknad, som til venstre for personen.

4.8 Øvredalen

Øvredalen ligg i austre del av kommunen. Dalen er om lag 6 km lang, er ei forlenging av dalføret frå Samnangerfjorden og Lønningdal (Figur 61 og Figur 66), og er omkransa av fjellrekker rundt heile dalen. Indre delar av dalen har busetnad, gardsdrift og golfbaner. Vegen til dalen går langs vestsida av Øvredalsvatnet. Øvredalen har to lokalitetar, den eine eit parti av vegen langs vatnet i ytre deler av dalen, den andre er ei bratt skråning ved ein gard i indre delar av dalen.



Figur 66. Oversiktskart over Øvredalen. Målestokk 1:60 000 (www.norgeskart.no, 2011)



Figur 67. Biletet viser Øvredalen mot sør og Øvredalsvatnet. Posisjonen til lokalitet 8a er indikert med pil.

Topografi

Den omkringliggende fjellrekka er 600-800 m o.h. høge på vestsida, og 350-400 m o.h. på austsida. Nedre delen av dalen smalnar til eit juv der terskelen i juvet demmer opp Øvredalsvatnet, 26 m o.h.. Vatnet er om lag 1700 m langt, og jamt over 230 m breitt. Innanfor vatnet er det eit flatt område før terrenget stig inn mot dalenden.

Berggrunn

Dalen er danna i ei stor sprekk i Gullfjellet ofiolitt, den same sprekkja som Lønningdal ligg i. Berggrunnen går frå metabasalt i søre delar av dalen, til gabbro i inste delar av dalen.

Lausmassar

Der er hovudsakleg tynt og usamanhengande dekke av jord i fjellsidene, mykje bart fjell og fleire urer. Ei ur i sørvestre delen av Øvredalsvatnet går heilt ned i vatnet, elles er der fleire urer lengre oppe over granskogen. Indre delar av dalbotnen har glasifluviale lausmassar i terrasser og fluviale avsetjingar nedanfor. Øvste terrassen målte eg til 67 m \pm 4m, som er ekvivalent med marin grense i denne delen av kommunen.

Vegetasjon

Der er jordbruksmark på terrassane og golfbane på elvesletta, elles er heile dalen dekkja av skog, hovudsakleg bjørk og furu. På oversida av vegen er der fleire større granfelt langs vatnet.

4.8.1 Lokalitet 8a

35 m o.h., UTM 0309548 6685839

Denne lokaliteten er på vestsida av Øvredalsvatnet i starten av Øvredalen og består av ei stor ur som vegen kryssar gjennom, og ein fjellskrent over (Figur 67). Ura er sortert, dei største blokkene nedst og dei minste øvst. Alle blokkene er kanta. Dei største blokkene har volum på opptil 8 m³. Store delar av ura er dekkja av mose og i delar av ura veks det til dels høge tre. I øvre delar av ura fann eg enkeltblokker med ferske brotkantar og mindre avbrotne restar av same blokka rundt. Gradienten til ura er 48° og bak denne er der ein nær vertikal fjellskrent med gradient på 67° og vel 150 m høg. (Figur 68).

Tolking

Blokkene er avsetjingar frå steinsprang i ei steinsprangskråning. Dei ferske blokkene tyder på at ura er aktiv og storleiken på blokkene kan vere betydelege. Den kommunale vegen som går nedanfor er utsett for at steinsprang kan nå ned, og området bør vurderast med omsyn på fare for steinsprang for dei som ferdast langs vegen. Vedlegg 11 viser aktsemdområdet ved Storura, der to større urer under kjeldeområdet er avmerka.

Skråningsklasse: 1



Figur 68. Lokaltet 8a. Bildet er tatt frå vegen og viser ura og fjellskrenten over.

4.8.2 Lokalitet 8b

65 m o.h., UTM 0309376 6688475

Lokaliteten består av ei langstrakt ur bak eit gardsbruk (Figur 69). Den er om lag 400 meter lang, nedre delar av ura er rydda til veg og gardstun. Nedanfor vegen er det golfbane (Figur 69). Observerte ingen blokker eller steinar utanfor ura, på gardsvegen og golfbana. To separate fjellskrentområde like bak gardsbygga viste blokker med sprekker rundt (Figur 70). Den eine fjellskrenten er bak einebustaden, den andre er noko bortanfor fjøset og høgge oppe enn den andre. Den siste skrenten veks det noko einer i. Ein tredje skrent er ovanfor dei to første og er brattare og høgare skrent som strekker seg lengre nordover fjellsida.

Tolking

Lokaliteten er to steinsprangskråningar med kjeldeområde ovanfor. Det er lite vegetasjon i fjellskrentane, noko som gjer at frostsprenging kan vere ein viktigare årsak enn rotsprenging til utløysing av steinsprang i området. Den langstrakte ura vitnar om at heile fjellsida over denne garden og vidare nordover dalen langs golfbana er steinsprangkjeldeområde. Fjøset og bustaden er innanfor rekkevidde av steinsprang. Grunnen til at eg ikkje observerte blokker på golfbana er nettopp at det er ei golfbane og vert rydda. Der var ingen heime på garden, så eg fekk ingen munnleg informasjon om aktiviteten i skråninga. Vedlegg 12 viser aktsemdområdet for lokaliteten. Utløpet ved bustaden er kort på grunn av den lave skrenten og at det vert umiddelbart flatt nedanfor skrenten. Vedlegg 12 viser aktsemdområdet ved steinspranglokaliteten. Utløpsområdet er ganske kort ved garden, det er på grunn av at kjeldeområdet er forholdsvis lågt, og at det vert flatt rett under den, og steinar dermed ikkje trille særleg langt frå vegen.

Skråningsklasse: 1



Figur 69. Gardstunet ved lokalitet 8b. Eit mindre område med blokkar bak einebustaden til venstre, og ei lang samanhengande ur ovanfor vegen strekker seg frå fjøset og mot høgre, innover dalen.



Figur 70. Bildet til venstre viser lause blokkar i fjellskrenten bak fjøset. Bildet til høgre viser ei laus blokk på kanten av fjellskrenten bak einebustaden på garden.

4.9 Oppsummering av resultat

Resultata består av åtte områder med potensiell skredfare og dermed fell under aktsemdområde. Skredfarevurderingane er basert på kjennskap til og observasjonar av tidligare skredhendingar, observasjonar av potensielt skredmateriale, kritiske skråningsgradientar og mulige utløyingsårsaker. Den hyppigast observerte skredtypen er steinsprang. Mange bratte fjellskrentar med sprekkar og sprekkeretningar fører til utfall av blokker, og mange av desse er rett ved bustadar. Det er fleire stader i kommunen som er utsett for massestraumar, særleg nedanfor større fjellsider med stort nedslagsområde for nedbør som nordsida av Hegglandsdalen. Tilfeller av flaumskred finn ein også i same område som ein finn massestraumar, men i tilknytning til bekkar. Dei marine avsetjingane i Os er utbredt på dei områda som har tettast busetnad, og dette kan vere den potensielt største skredfaren i kommunen då det er i desse områda det oppheld seg flest folk. Ved Flåten har lausmassen fått påvist kvikkleireeigenskapar, ved Døsjaelva er eigenskapane til lausmassen framleis uviss.

5 Diskusjon

Diskusjonen omhandlar dei presenterte resultatane med fokus på aktsemdområda i eit oppsummerande perspektiv og klimaframskrivingane presentert av NOU Klimatilpassing (Hanssen-Bauer m fl., 2009). Deretter diskuterar eg dei ulike skredtypar funne i kommunen og skredfaren knytt til desse i samanheng med klimaframskrivingane. Til slutt tek eg opp om skredfaren skil seg mellom nabokommunane Os og Bergen, og om mine resultat er i samnhøve med NVE sine nyleg utgitte retningslinjer for skredfarekartlegging og rettleiar til retningslinjer.

5.1 Aktsemdområde for potensiell skredfare i Os

I resultatane har eg foreslått området langs Døsjaelva (kap. 4.1 og vedlegg 2) og Flåten (kap. 4.4 og vedlegg 5) som aktsemdområde for kvikkleirskred. Bakgrunnen for dette er dei tidlige hendingane ved Banktjørna, og ei uttalt frykt gjennom lokalavisa blant bebuarar i området etter at bygginga av barnehagen i Gymnasvegen tok til. Til tross for tidlige hendingar ved Flåten er der ikkje andre kommunale tiltak i samband med området enn konklusjonen frå SiGVe-prosjektet i 2006. Prosjektet konkluderte med at området bør avmerkast på eit risikokart, og at det bør leggjast inn i føresegnene til arealdel av kommuneplanen at grunnen bør undersøkast før bygging. Etter den nye plan og bygningslova trådde i kraft i 2010 bør det takast andre grep om handteringa av området, og kommunen bør lage faresonekart for alle område med marine avsetjingar som er regulert for utbygging. Ut frå dette kan kommunen forvalte iverksetting av eventuelle naudsynte tiltak på byggesaksnivå. Marine avsetjingar finn ein også langs Døsjaelva på Nore Neset, men her har det ikkje blitt testa skjærstyrke og eller analysert kornfordeling. Sidan det allereie er funne kvikkleire i marine avsetjingar ved eitt område i kommunen, kan der like gjerne vere fleire, særskilt når desse ligg relativt nær kvarandre i geografisk forhold. Det er verdt å merke at dei marine avsetjingane i Os også finst utanom dei kartlagde områda. Heile Nore Neset og Søre Neset har avsetjingspakkar med det, og det er fleire stader også rundt Flåten og ved Lysefjorden (Figur 11). Dei klimatiske påverknaden på kvikkleirskred er eit lite omdiskutert tema, då det i hovudsak er endring av last som har løyst ut kvikkleireskred. Last kan likevel vere i form av intens nedbør, flaumstore elvar og vatn som ligg på leirgrunn. Det kan føre til at summen av ei flaumstor elv og ekstra bygningsmasse ved lokalitet 1b påfører ei last som er stor nok til å utløyse kollaps av eventuell leire i dei marine avsetjingane.

Hegglandsdalen er eit område med store utbreiingar av lausmassar under eit større avrenningsområde frå fjellrekka langs vestsida. Her ser ein at dalen er prega av morene og truleg ein del skredmateriale frå massestraumar og flaumskred. Langs heile denne dalsida er det fleire vifteformer som er lik dei ved lokalitetane i Tveitaberget (kap. 4.5.2 og vedlegg 6). Dei uregistrerte skredhendingane i -72/73 ved Øvreeide kan tyde på at fleire stader i dalen har potensiell skredfare og er demed også aktsemdsområde. Desse stadane kom ikkje med i mine resultat då der per dags dato ikkje er busetnad eller dei er med i reguleringsplanen til kommunen. Den andre staden i kommunen eg registrerte fare for massestraumar er den kunstige fyllinga i lokalitet 2b (kap. 4.2.2 og vedlegg 3), men den er truleg ikkje den einaste utsette massefyllinga i kommunen. Den viktigaste utløysingsårsak for massestraumar både i naturlege og kunstige skråningar er intens nedbør og langvarig nedbør. Dette gjer Hegglandsdalen og andre område med lausmassedekker utsett i forhold til klimaframskrivingane då den medverkande årsaken til utløysing vil auke.

Steinsprang er den mest hyppige skredtypen i kommunen. Aktsemdområda for steinsprang er spreidd over heile kommunen, men er ofte avgrensa til små areal då mange av steinsprangområda er avgrensa til lokale skrentar. Dette er Hovland (kap. 4.2.1 og 4.2.3, vedlegg 3), Skogafjell (kap. 4.3 og vedlegg 4) og Eidsbrekka (kap. 4.5.4 og 4.5.5, vedlegg 8). Det er også større fjellsider som ved Tveitaberget (kap. 4.5.3 og vedlegg 7), Rødsliane (kap. 4.6 og vedlegg 9) og i Øvredalen (kap. 4.8, vedlegg 11 og 12) som er steinsprangutsette. Hyppigheita av steinsprang vil truleg auke i desse områda med auka nedbørsperiodar og meir intens nedbør. Aktsemdområda for steinsprang vil truleg auke dersom fleire tomter vert regulert i område som krev sprenging av tomter og på den måten eksponering av sprekker og glideflater. Det vil også auke etter kvart som nye tomter vert regulert inntil bratte fjellskrentar.

Aktsemdområda for flaumskred i kommunen er funne i samanheng med permanente bekkar under dei større dreneringsområda (kap. 4.5.1 og 4.7, vedlegg 6 og 10). Desse vil bli meir aktive i eit klima med meir nedbør og større nedbørsmengder. Begge bekkane ligg i nærleiken av hus og det er ikkje usannsynleg at desse husa vil i større grad bli råka av flaumskred enn dei eventuelt er i dag. Eg trur at sjansen for flaumskred i Hegglandsdalen er ganske stor langs heile den vestlege fjellsida, men størst i bekken ved Tveitaberget, då denne har det største nedbørsfeltet. Generelt langs vestsida har eg observert fleire bekkar og

vifteformer, som både kan ha opphav frå flaumskred og massestraumar, noko som kan tyde på ei skråning med aktive prosessar som vil auke i samanheng med klimaframskrivingane. I likskap med massestraumsfarar i denne fjellsida bør der også framstillast faresonekart og eventuelle tiltak mot flaumskred om der vert regulert for bygging.

Os kommune er under press frå ein ekspanderande Bergensregion med aukande behov for areal til både næring og bustader. Dette kan føre til at eksisterande byggefelt vil bli ekspandert og nye areal regulert til bustader og næring. Kommunen må kanskje ta i bruk mindre gunstige areal der massepåføring i bratte skråningar og sprenging må utførast for å lage tomtar og på den måten skape potensielle skredfarlege område, eller dei må regulere enno ikkje kartlagde potensielle skredfareområder til formåla. Det er svært viktig at kommunen følgjer opp med risiko- og sårbarheitsanalyse for skredfare, og spesielt sett i samanheng med at nye områder kan få auka skredfare som følgje av endra nedbørsmønster på grunn av klimaendringar.

5.2 Klimaframskrivingane sin påverknad på skredhyppigheit

Ut frå resultatata frå kartlegginga er det skredtypane steinsprang, massestraum, flaumskred og leirskred som pregar terrenget i Os. Korleis vil eit klima som tilsvarar klimaframskrivingane påverke dei ulike skredtypane og skredhyppigheit? Klimaframskrivingane presentert i NOU-rapporten "Klima i Norge 2100" (Hanssen-Bauer m fl., 2009) seier at klimaet fram mot 2100 vil verte våtare og varmare. Middelframskrivningane (M) viser at haustnedbøren skal auke med 28% frå normalperioden 1961-90 til 2071-00, medan dei mest dristige klimaframskrivingane (H) viser opptil 44%. Temperaturen vil kunne auke med frå 3 (M) til over 4°C (H). Vi kan og vente oss ei dobling i talet på dagar med mykje nedbør, og auka nedbørmengde på desse dagane. Både nedbørs- og temperatúrauke har påverknad på skred, men på ulik måte. Temperatúrauke kan faktisk ha positive konsekvensar.

5.2.1 Nedbør

Der er ein klar samanheng mellom utløysing av skred og intens nedbør for fleire skredhendingar i Os og nærområdet til kommunen. Eit eksempel på dette er stormen 'Kristin' i 2005 som medverka til utløysing av ein grov massestraum som kravde tre menneskeliv. Samanheng mellom skred og nedbør gjeld i størst grad for massestraumar og flaumskred. Klimaet i Os- og Bergensområdet eit av dei mest nedbørrike regionane i Noreg,

og alle klimaframskrivingar tydar på at nedbørsmengdene og –intensiteten vil auke. Fleire av dei kartlagde steinspranga og massestraumane i Os har skjedd under hendingar med meir nedbør enn vanleg, til dømes massestraumen ved lokalitet 5b som skjedde under 'Kristin', og steinspranga ved lokalitet 2c etter sterk nedbør september -11. NOU-rapporten "Klima i Norge 2100" tek opp samanhengen mellom klima og skred. Det er dei intense og/eller dei langvarige nedbørsmengdene som påverkar skredhyppigheit som konsekvens av auka hydrostatisk trykk i sprekker og i lausmassen. Figur 7 frå NOU-rapporten viser rekonstruksjonar av skred- og flaumhendingar gjennom holocen og klargjer ein klar samheng mellom hendingane. Flaum i vassdrag tolkar eg til å vere resultat av store nedbørsmengder og/eller mykje snø og snøsmelting. Der er ein aukande trend mot fleire skred- og flaumhendingar frå 6000 år BP fram til dag, som kjem samtidig med eit klima i endring mot kjøligare temperaturar. Frå 9000 til 8000 år BP har ein ingen rekonstruksjonar av stormhendingar, men skredhendingar var hyppige, kanskje på grunn av blottlagt jord, lite vegetasjon og sjølvsagt ein del snøskred. Frå 8000 til 4000 år BP kan skredaktiviteten ha vore lav på grunn av til dømes mykje vegetasjon og eit varmt klima med mindre snø. Frå 4000 år BP er det betydeleg auke i både flaumhendingar og skred fram mot dagens situasjon, samtidig som klimaet har blitt opptil eit par grader kaldare. Middelklimaframskrivingane viser ein temperaturauke fram mot 2100 til 3°C for Vestlandet, samtidig som det er kalkulert ein auke i skredhendingar. Korleis kan dette henge saman med trenden rekonstruksjonen i Figur 7 som viser aukande flaumar og skredhendingar i gradvis kaldare klima? Ein årsak kan vere om vinternedbøren har auka i perioden frå 4000 år BP til no. Noko som også kan forklare framvekst av brear og aukande skredhendingar som er ein del av dei rekonstruerte hendingane i Figur 7.

Massestraumane kan auke både i storleik og hyppigheit ved fleire dagar med mykje nedbør og ved auka nedbørsmengder. Auka vassinnhald i porerom i lausmassane endrar likevekstilstanden og minskar friksjonen, dette kan i større grad skje med større nedbørsmengder. *Steinsprangfrekvensen* kan auke ved større hydrostatisk trykk i sprekker enn under dagens nedbørsmengder. Kanskje vil også større blokkar og fleire blokkar verte utløyst med større nedbørsmengde under dei sterke nedbørshendingane. *Flaumskred* kan bli påverka av auke i nedbørsmengda på dei nedbørsrike dagane. Dette kan gjer at storleiken på skreda vert større og at det bli vanskeleg å føresjå bekken som til dømes kan endre retning

på løpet. Sedimenttilførselen kan bli større ved at der er større avrenning og erosjon i lausmassen i nedbørsfeltet, og bekken sjølv eroderar meir med større vassmengder og fart. Dette aukar sedimentmengda i skredet og konsekvensane av skredet kan verte større i bekkar som endar i kulvertar, og passerar vegar og hus. Dobling av dagar med mykje nedbør peikar direkte mot auke også i hyppigheit av flaumskred, om ikkje akkurat dobling.

5.2.2 Temperaturauke

Temperaturauken i klimaframskrivingane vil påverke steinsprang og massestraumar. Direkte følgjer av temperaturauke er forlenga vekstsesong for vegetasjon ved færre frostdøgn, heving av tregrensa på grunn av temperaturgradient, samt ein endra frekvens i nullgradspasseringar i ulike høgder.

Auka temperatur fører til at delar av nedbøren fell som regn og ikkje som snø i høgare strøk. Avrenningsmønsteret kan endre seg ved forskyving av haustflaumar mot vinteren ved at dei store nedbørhendingane kjem som regn i staden for snø. Dette kan auke faren for massestraumar ved større avrenning i lausmassane i terrenget, og ved at nedbøren eroderar i tidligare relativt lite påverka lausmasse på grunn av snødekker. Eit varmare klima vil påverke dagar med nullgradspassering. Dersom det vert færre dagar med dette ved kjeldeområda til steinsprang vil det føre til at der vert færre frysings- og tiningsprosessar i fjellsprekkene. Dette igjen førar til mindre frostsprenging og utløysing av blokker.

Heving av skoggrensa kan minske faren for skred i form av massestraum ved at den forankrar lausmasse, og også for steinsprang ved oppfangning av desse. Men kanskje vil det føre til meir utløysing av steinsprang ved meir rotsprenging i tidligare upåverka områder ved heva tregrense. Forvitring av bergrunnen vil auke med ein nedbørs- og temperaturauke. Dette vil føre til raskare produksjon av forvitningsmateriale og jord, saman med lengre vekstsesong og heva tregrense, og ein konsekvens av dette kan vere auke i produksjonen av materiale til skred.

5.3 Er der skilnad mellom aktsemdområder i Os og Bergen?

Nabokommunane Os og Bergen har om lag same klima, topografi og ein komplisert berggrunnsstruktur. Resultata frå Bergen er presentert i "Potensielt skredfarlige områder i Bergen kommune. Delrapport 1" (Sletten m fl., 2006). Ein av hovudskilnadane mellom aktsemdområda med potensiell skredfare i Os og Bergen mengda. Innbyggjartalet og

utbyggingsområda i Bergen er betydeleg større, og eg antek at ein større prosentdel av husa fell under sikkerheitsklasse 3 (1/5000) enn i Os som i hovudsak har einebustader i sikkerheitsklasse 2 (1/1000). Dette fører til at faresonene i ei fase 2-kartlegging i Bergen vil ha større utløpsdistanse for skred samanlikna med dei fleste faresonene i ei fase 2-kartlegging i Os.

NGU (2006) konkluderar med at hovudtrusselen i dei sentrumsnære områda i Bergen og delar av Indre Arna er steinsprang. Desse områda har lite lausmassar av morene eller marint opphav, lausmassen består av forvitra fjell og jord, samt steinsprangavsetjingar. Dette skil seg frå Os som har relativt store mengder avsetjingsmaterialar av både morene og marin silt og leir. Kjeldeområda for steinsprang i Bergen og Os er nokså like. Det er relativt låge lokale skråningar som er svært oppsprukke, der det gjerne er bygd bustadar tett inntil, slik at bustadane ofte er inne i steinsprangskråningane.

Lausmasseskråningane i Bergen er ofte steinsprangavsetjingar saman med jord og forvittringsmateriale, og massestraumar vert gjerne nemnt i denne samanheng ved steinspranglokalitetane. Dette skil seg frå lausmasseskråningane i Os som fleire stader har morene i tillegg til jord og forvittringsmateriale. Fleire stader er det også spor etter eldre massestraumar, som i Hegglandsdalen. Det er sjølvstøtt også store muligheter for at det er steinsprangavsetjingar i lausmassen i fleire områdar, slik som ved Tveitaberget, men det ser ut til at massestraumar er meir isolert frå steinsprangsamanhengar.

Hovudforskjellen mellom kommunane er kvikkeirskred, som der ikkje er funne i Bergen. Der er så vidt lausmassekarta viser ingen marine avsetjingar i Bergen i det heile (Thoresen m fl., 1995). Os har kjent kvikkeire ved Flåten og det kan potensielt vere fleire stadar som har dette, då der er fleire område med marine avsetjingar.

5.4 Samanlikning med retningslinjer og rettleiar frå NVE

For at kartlegginga mi skal tilfredsstillе behovet til Os kommune for påvising av område med potensiell skredfare, må den vere i samhøve med nasjonale krav og lover. NVE (2011a, b) gav i april 2011 ut retningslinjer "Flaum- og skredfare i arealplaner" og ein rettleiar som vedlegg til denne "Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner". Retningslinjene gjev ei oversikt over kva som må greiast ut i dei ulike arealplannivå i kommunen, og er i hovudsak retta til kommunale arealplanleggarar. Den er likevel nyttig til å klargjere kva som fell

innanfor og utanfor definisjonen av omgrepet aktsemd som eg elles har nytta fleire kjelder til å finne, som Sletten m fl. (2006), Blikra (1990), Rickenmann (1999), Highland og Bobrowsky (2008) og Rankka og Fallsvik (2003, 2005). Rettleiaren til retningslinjer er mynta på dei som skal kartlegge skredfaren. Her er det opplista metodar for identifisering og avgrensing av aktsemdområder, med gitte krav til undersøkingane og omfanget av dei, samt sluttleveransen til kommunen. Eg utførte planlegginga av kartlegginga og utføringa av kartlegginga i samhøve med NGU sin definisjon "fase 1- grovkartlegging" og nytta til ein stor grad deira metodar. Eg har i tillegg nytta nasjonale aktsemdkart og hendingskart via www.skrednett.no (2011a, b, c) i planlegginga av synfaring og utveljing av lokalitetar. Arbeidsmetodane samsvarar i stor grad med NVE sine i påvising av aktsemdområder. Mine resultat og diskusjonar om skredfare presentert i rapportdelen er ein grundigare gjennomgang av kvar lokalitet, og eg har i samhøve med NVE tatt omsyn til relevante faretypar, med grunngjevingar som observasjonar, topografi, geologi, klima, grunnforhold og tidligare skred. Der NVE nemner regneverktøy som nyttig metode for brekning av skredutløp har eg ikkje brukt andre metodar enn gradientar, topografi og observasjonar for å berekne skredutløp og tilhøyrande aktsemdområder. Grunnen til det er både avgrensing av oppgåva til geologiske og at det ikkje var nemnt av NGU på dette nivået av kartlegginga (Sletten m fl., 2006).

Aktsemdkarta eg har utarbeida er meir detaljerte enn dei nasjonale aktsemdkarta for steinsprang og snøskred som NGU og NVE nyttar (www.skrednett.no, 2011b, c). Dette fordi deira kart er basert på datamodellar som ikkje tek omsyn til fjellskrentar under 20 meter. Synfaringa mi var basert på mellom andre ting desse karta, og ved å gjere meir nøyaktige registreringar enn datamodellar har områdekarta mine vorte meir detaljerte, og dei ulike typar aktsemdområder kjem fram i samheng med eldre skredhendingar. Eg meiner at mine kart kan brukast som rettleiarar for kommunen i vidare arbeid med kartlegging av grenser for 1/1000- og 1/5000-faresoner, i samsvar med den type kartlegging Ljone (2011) og Smeland (2011). Aktsemdkarta for områda med marine avsetjingar har ikkje utløpsområde, dette er også i samsvar med NVE retningslinjer.

Eg opplever både retningslinjene og rettleiaren som svært nyttige verktøy som eg gjerne skulle hatt nytte av frå starten av arbeidet mitt. Dei er svært grundige gjennomgangar av alle nivå av planlegging og til dei ulike involverte, som kommunen og konsulentane som utførar

kartlegginga. Likevel har eg klart å tilfredsstille fleire av krava til. Eg trur at resultata mine med rapportar og tilhøyrande aktsemdkart er noko kommunen kan nytte i kommuneplan og som rettleiar til vidare kartlegging av faresoner.

6 Konklusjon

- Fleire stadar i Os kommune er potensielt skredfarlege område. Eg har ved analysering av ulike typar kart og kartverktøy, flyfoto og synfaring i felt plukka ut åtte områder som aktsemdområde. Desse er Døsjaelva, Hovland, Skogafjell, Flåten, Hegglandsdalen, Rødsliane, Lønningdal og Øvredalen. Ein oversikt over kvar områda er visast i Figur 18.
- For kvart aktsemdområde har det blitt utarbeida ein rapport. Rapporten består av ei skildring av lokale forhold med forhold som påverkar skredfare, som topografi, geologi, vegetasjon. I dei fleste område er det fleire lokalitetar. For kvar lokalitet er det ein gjennomgang av observasjonar og tolkingar, inkludert skredfarvurdering. Der det høver vert skråninga definert i ei skråningsklasse til nytte av kommunen for vidare kartlegging.
- Det har blitt laga eit aktsemdkart for kvart område. Karta inneheld potensielle kjeldeområde og utløpsområde for dei aktuelle skredtypane, samt historiske skred og observasjonar av skredavsetjingar.
- Dei ulike skredtypane som er kartlagt eller omtala i aktsemdområda er steinsprang, massestraum, flaumskred, kvikkleireskred og fjellskred. Alle desse vil bli påverka av eit klima med meir nedbør, og hyppigare og sterkare ekstremnedbørhendingar. Skredutløysing kan skje oftare og skreda kan til dels også auke i storleik. Varmare klima kan gje positive påverknadar ved heva tregrense og meir vegetasjon som forankrar og fangar opp lausmasse. Ein usikker påverknad av varmare klima er utslaget på nullgradspasseringar og påverknad dette har på frostsprenging.
- Ved samanlikning av skredfaren mellom nabokommunane Os og Bergen finn eg ulikskap og likskapar ved aktsemdområda og skredtypar. Bergen har tettare busetnad og fleire hus fell under sikkerheitsklasse 3 enn i Os. Den oftast observerte skredtypen i begge kommunane er steinsprang, men trusselbildet er ulikt. Bergen har steinsprang som hovudtrusselbilde, medan for Os er det kvikkleireskred. Steinsprangskråningane for begge kommunene er som regel lågare fjellskrentar i nærleiken av hus.

-
- Samanlikning med nylig utgitt retningslinjer og rettleiar til retningslinjer frå NVE viser at mykje av mitt arbeid er i samhøve med desse, og såleis skal kunne nyttiggjerast for Os kommune.

Referansar

- Aarseth, I. og Mangerud, J., 1974, Younger Dryas end moraines between Hardangerfjorden and Sognefjorden, western Norway. *Boreas* 3, s. 2-22.
- Andås, A.J., 2006, SiGVe - Samfunnstryggleik i GIS-Vestlandet. Presentasjon, Os kommune.
- AsplanViak, 2004, Os kommune, Hordaland. Os kommune.
- Blikra, L.H., 1990, Geological mapping of rapid mass movement deposits as an aid to land-use planning. *Engineering Geology* 29, s. 365-376.
- Blikra, L.H., Hole, P.A. og Rye, N., 1989, Hurtige massebevegelser og avsetningstyper i alpine områder, Indre Nordfjord. *Norges Geologiske Undersøkelse Skrifter* 92, s. 1-17.
- Blikra, L.H. og Nemeč, W., 1998, Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record. *Sedimentology* 45, s. 909-959.
- Bondevik, S. og Mangerud, J., 2002, A calendar age estimate of a very late Younger Dryas ice sheet maximum in western Norway. *Quaternary Science Reviews* 21, s. 1661-1676.
- Bukkholm, S., 2010, *oskommune.no*. Henta frå <https://oskommune.no/artikkel.aspx?Mid1=67&Aid=754> den 05.01.2011.
- Byggteknisk forskrift, 2010, Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk. Fastsatt ved kgl. res. 26. mars 2010 nr. 489 med hjemmel i lov 27. juni 2008 nr. 71. Henta frå <http://lovdata.no/for/sf/kr/tr-20100326-0489-009.html> den 12.03.2011.
- Dahl, R., Sveian, H. og Thoresen, M., 1997, Nord-Trøndelag og Fosen - geologi og Landskap, Norges Geologiske Undersøkelse.
- Emdal, A., 1998, Kartlegging. *SK-kurs i strandsonestabilitet, Hell, 13.-14. oktober 1998*. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Fossen, H. og Dunlap, W.J., 2006, Age constraints on the late Caledonian (Scandian) deformation in the major Bergen Arc, SW Norway. *Norwegian Journal of Geology* 86, s. 59-70.
- Goldich, S.S., 1938, A Study in Rock-Weathering. *The Journal of Geology* 46, s. 17-58.
- Hamborg, M., 1983, Strandlinjer og isavsmelting i midtre Hardanger, Vest-Norge. *Norges Geologiske Undersøkelse Offprint* 387, s. 39-70.
- Hansen, L., Eilertsen, R.S., Solberg, I.L., Sveian, H. og Rokoengen, K., 2007, Facies characteristics, morphology and depositional models of clay-slide deposits in terraced fjord valleys, Norway. *Sedimentary Geology* 202, s. 710-729.
- Hanssen-Bauer, I.r., Førland, E.J., Roald, L., Hisdal, H., Lawrence, D., Drange, H., Nesje, A., Vasskog, K., Sandven, S., Ådlandsvik, B. og Sundby, S., 2009, Klima i Norge 2100 - Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpasning. Norsk klimasenter, Miljøverndepartementet.
- Highland, J. og Bobrowsky, P., 2008, The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslides, U. S. Geological Survey.
- Hooke, R.L., 1967, Processes on Arid-Region Alluvial Fans. *The Journal of Geology* 75, s. 438-460.
- Hyndman, D. og Hyndman, D., 2006, Natural Hazards and Disasters, Brooks/Cole Cengage Learning.
- Ingdahl, S.E., 1989, The Upper Ordovician-Lower Silurian rocks in the Os area, Major Bergen Arc, Western Norway. *Norsk Geologisk tidsskrift* 69, s. 163-175.
- Jaedicke, C., 2009, Økt skredfare kan avverges. *Klima 1-2009*, s. 30-31.
- Jaedicke, C., Solheim, A., Blikra, L.H., Stalsberg, K., Sorteberg, A., Aaheim, A., Kronholm, K., Vikhamar-Schuler, D., Isaksen, K., Sletten, K., Kristensen, K., Barstad, I., Melchiorre,

- C., Høydal, Ø.A. og Mestl, H., 2008, Spatial and temporal variations of Norwegian geohazards in a changing climate, the GeoExtreme Project. *Natural Hazards Earth System Sciences* 8, s. 893-904.
- Larsson, S., 1972, Geomorphological Effects on the Slopes og Longyearbyen Valley, Spitsbergen, after a Heavy Rainstorm in July 1972. *Geografiska annaler. Series A, Physical Geography* 64, s. 105-125.
- Ljone, T., 2011, Detaljkartlegging av skredfare i Mobergslia, Os kommune, Hordaland. Universitetet i Bergen, Masteroppgåve.
- Lohne, O.S., Bondevik, S., Mangerud, J. og Schrader, H., 2004, Calendar year age estimates of Allerod-Younger Dryas sea-level oscillations at Os, western Norway. *Journal of Quaternary Science* 19, s. 443-464.
- Mangerud, J., 1970, Late Weichselian Vegetation and Ice-Front Oscillations in the Bergen District, Western Norway. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 24, s. 121-148.
- MET, 2010, *Værrekordene for september*. Henta frå <http://met.no/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=2895> den 07.03.2011.
- Naturskadelova, 1994, Lov om sikring mot og erstatning av naturskader m. v. av 25. mars 1994 nr 07. Henta frå <http://www.lovdatab.no/all/tl-19940325-007-008.html#20> den 06.05.2011.
- Nesje, A., 2009, Latest Pleistocene and Holocene alpine glacier fluctuations in Scandinavia. *Quaternary Science Reviews* 28, s. 2119-2136.
- NGI, 2011, *Tre typer steinskred*. Henta frå <http://www.ngi.no/no/Utvalgte-tema/Skred-og-skredfare/Skredkategorier/Tre-typer-steinskred/> den 23.02.2011.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, 2011a, Flaum- og skredfare i arealplanar. *Retningslinjer nr. 2/2011*.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, 2011b, Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplanar. *Veileder. Vedlegg 2 til NVEs retningslinjer: Flom- og skredfare i arealplanar*.
- NVE, 2010, *NVEs arbeid med skred*. Henta frå <http://www.nve.no/no/Flom-og-skred/Skred/> den 17.03.2011.
- Os og Fusaposten, 2010a, Barnehage på gyngande grunn. Nr 68 - 24. årgang.
- Os og Fusaposten, 2010b, Steinras velta gjerde. Nr 68 - 24. årgang.
- Plan- og bygningslova, 2008, Lov om planlegging og byggesaksbehandling m. v. av 27. juni 2008 nr 71. Henta frå <http://www.lovdatab.no/all/hl-20080627-071.html> den 26.04.2011.
- Ragnhildstveit, J. og Helliksen, D., 1997, Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Bergen. Norges Geologiske Undersøkelse.
- Rankka, K. og Fallsvik, J., 2003, Förstärkningsåtgärder för slänter och raviner i morän och annan grov sedimentjord. FoU rapport, Räddningsverket. Karlstad.
- Rankka, K. og Fallsvik, J., 2005, Stability and run-off conditions. Guidelines for detailed investigations of slopes and torrents in till and coarse-grained sediments. Statens geotekniska institut, Rapport No 68, Räddningsverket. Linköping.
- Rickenmann, D., 1999, Empirical Relationships for Debris Flows. *Natural Hazards* 19, s. 47-77.
- Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestnes, E. og Lied, K., 1996, The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rock mass stability, i Senneset, K., (ed.), *Landslides, Proceedings of the 7th symposium landslides: Trondheim 17-21 June 1996*, s. 97-114.
- Sharp, R.P., 1942, Mudflow levees. *Journal of Geomorphology* 5, s. 222-227.

- Sletten, K., Bargel, T.H., Derron, M.H. og Stalsberg, K., 2005, Potensielt skredfarlige områder i Bergen, Pilotprosjekt. Rapport 2005-088, Norges geologiske undersøkelse. Trondheim.
- Sletten, K., Follestad, B., Stalsberg, K., Sveian, H. og Derron, M.H., 2006, Potensielt skredfarlige områder i Bergen kommune, Delrapport 1. Rapport 2006-043, Norges geologiske undersøkelse. Trondheim.
- Smeland, S., 2011, Skredfarekartlegging på Os, Hordaland i hendhold til ROS-analyse fase II. Universitetet i Bergen, Masteroppgåve.
- Statens byggt tekniske etat, 2010, Veiledning om tekniske krav til byggverk. Henta frå <http://byggeregler.be.no/dxp/content/tekniskekrav/kap-07/3/> den 12.05.2011.
- Sturt, B.A. og Thon, A., 1978, Caledonides of Southern Norway. *Geological Survey of Canada ICGP Project 27*, s. 39-47.
- Sønstegaard, E., 1974, Kvartærstratigrafiske undersøkelser i Os, Hordaland: Bergen, Unversitetet i Bergen.
- Thon, A., 1985, The Gullfjellet ophiolite complex and the structural evolution of the major bergen arc, west Norwegian Caledonides., i Gee, D.G. og Sturt, B.A., (eds). *The Caledonide Orogen*, John Wiley & Sons Ltd, s. 671-679.
- Thoresen, M.K., Lien, R., Sønstegaard, E. og Aa, R., 1995, HORDALAND FYLKE, kvartærgeologisk kart. Norges Geologiske Undersøkelse.
- Vedel, H. og Møller, J.D., 2003, Trær og busker. N. W. DAMM & SØN AS,
- Wanner, H., Beer, J., Butikofer, J., Crowley, T.J., Cubasch, U., Fluckiger, J., Goosse, H., Grosjean, M., Joos, F., Kaplan, J.O., Kuttel, M., Muller, S.A., Prentice, I.C., Solomina, O., Stocker, T.F., Tarasov, P., Wagner, M. og Widmann, M., 2008, Mid- to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews* 27, s. 1791-1828.
- www.kartios.no, 2011, *Grunnkart Os*. Henta frå http://webhotel2.gisline.no/gislinewebinnsyn_Os/ den 20.04.2011.
- www.met.no, 2011a, *Middeltemperatur Flesland*. Det Norske Meteorologiske Institutt, Henta frå http://sharki.oslo.dnmi.no/pls/portal/BATCH_ORDER.PORTLET_UTIL.Download_Image_Blob?p_BatchId=334303&p_Intervalld=514591&p_Index=1 den 15.03.2011.
- www.met.no, 2011b, *Normalnedbør*. Det norske meteorologiske institutt., Henta frå http://sharki.oslo.dnmi.no/pls/portal/BATCH_ORDER.PORTLET_UTIL.Download_Image_Blob?p_BatchId=334263&p_Intervalld=514538&p_Index=1 den 15.02.2011.
- www.ngu.no, 2011, *Kart løsmasser*. NGU, Henta frå <http://www.ngu.no/kart/losmasse/> den 13.05.2011.
- www.norgeskart.no, 2011. Statens Kartverk, Henta frå <http://www.norgeskart.no/adaptive2/default.aspx?gui=1&lang=2> den 26.04.2011.
- www.skrednett.no, 2011a, *Skredhendelser-skredtype*. Norges geologiske undersøkelse, Henta frå <http://www.ngu.no/kart/skrednett/?map=Skredhendelser%20-%20skredtype> den 03.02.2011.
- www.skrednett.no, 2011b, *Snøskred-aktsomhetskart*. Norges geologiske undersøkelse Henta frå <http://www.ngu.no/kart/skrednett/?map=Sn%F8skred%20-%20aktsomhetskart> den 03.02.2011.
- www.skrednett.no, 2011c, *Steinsprang-aktsomhetskart*. Norges geologiske undersøkelse, Henta frå <http://www.ngu.no/kart/skrednett/?map=Steinsprang%20-%20aktsomhetskart> den 04.02.2011.

Vedleggsliste

Vedlegg 1: Oversikt over dei ulike områder, utdrag frå ArcGIS

Vedlegg 2: Aktsemdkart lokalitet 1a og b, Døsjaelva

Vedlegg 3: Aktsemdkart lokalitet 2a, b og c, Hovland

Vedlegg 4: Aktsemdkart lokalitet 3a, b, c og d, Skogafjell

Vedlegg 5: Aktsemdkart lokalitet 4, Flåten

Vedlegg 6: Aktsemdkart lokalitet 5a og b, Tveitaberget

Vedlegg 7: Aktsemdkart lokalitet 5c, Tveitaberget

Vedlegg 8: Aktsemdkart lokalitet 5d og e, Eidsbrekka

Vedlegg 9: Aktsemdkart lokalitet 6, Rødsliane

Vedlegg 10: Aktsemdkart lokalitet 7, Lønningdal

Vedlegg 11: Aktsemdkart lokalitet 8a, Storura Øvredalen

Vedlegg 12: Aktsemdkart lokalitet 8b, Øvredalen

1. Døsjaelva

2. Hovland

3. Skogafjell

4. Flåten

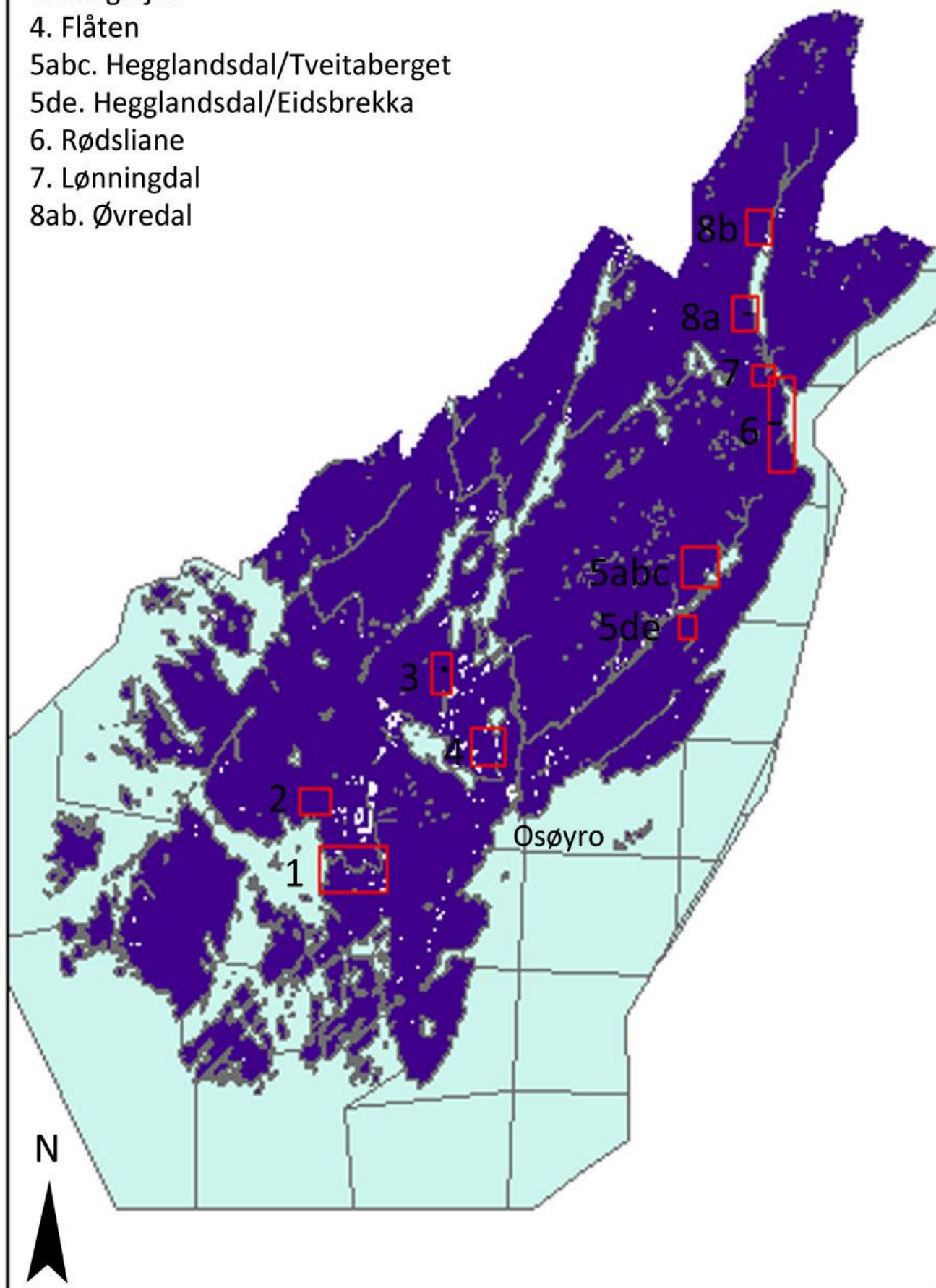
5abc. Hegglandsdal/Tveitaberget

5de. Hegglandsdal/Eidsbrekka

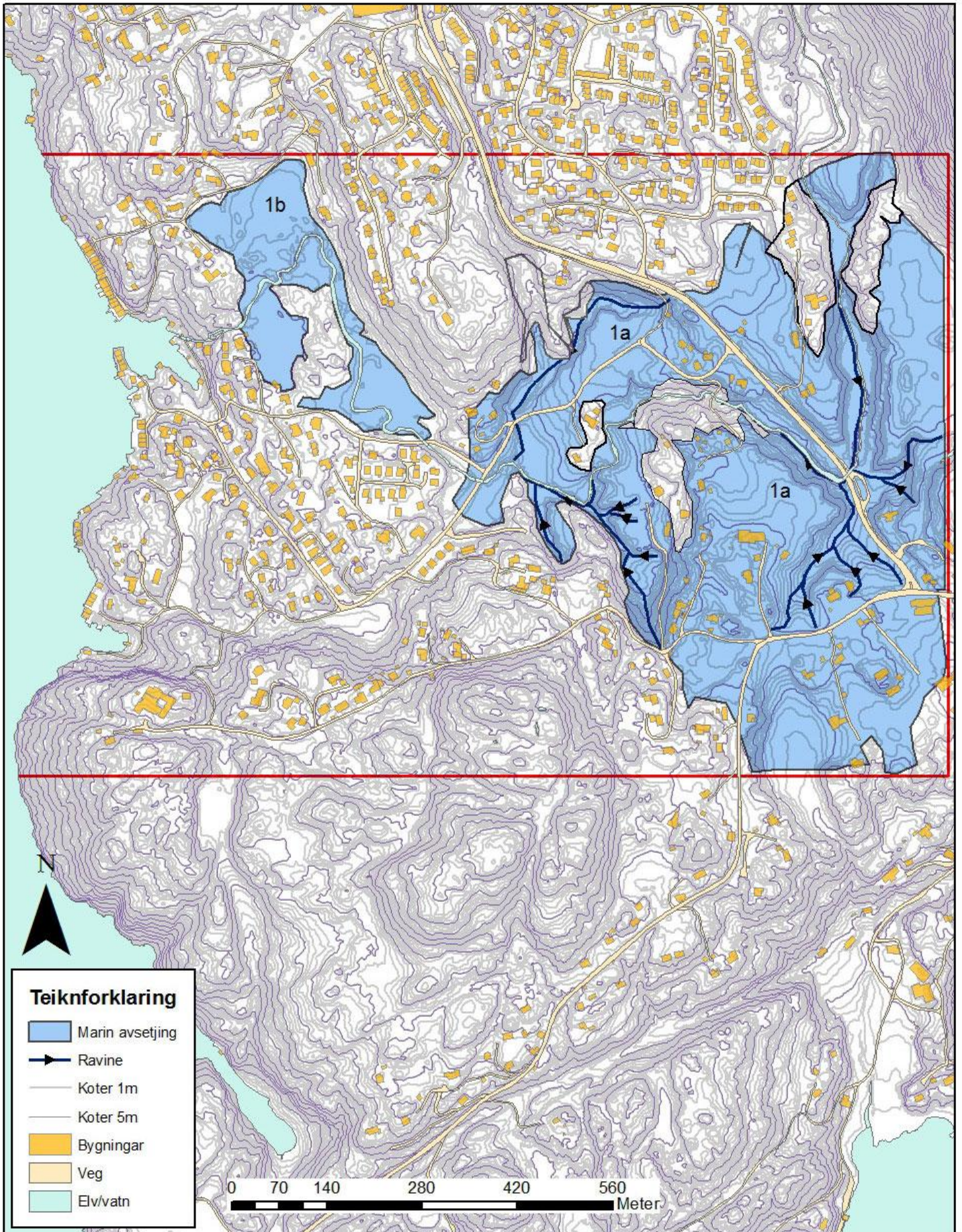
6. Rødsliane

7. Lønningdal

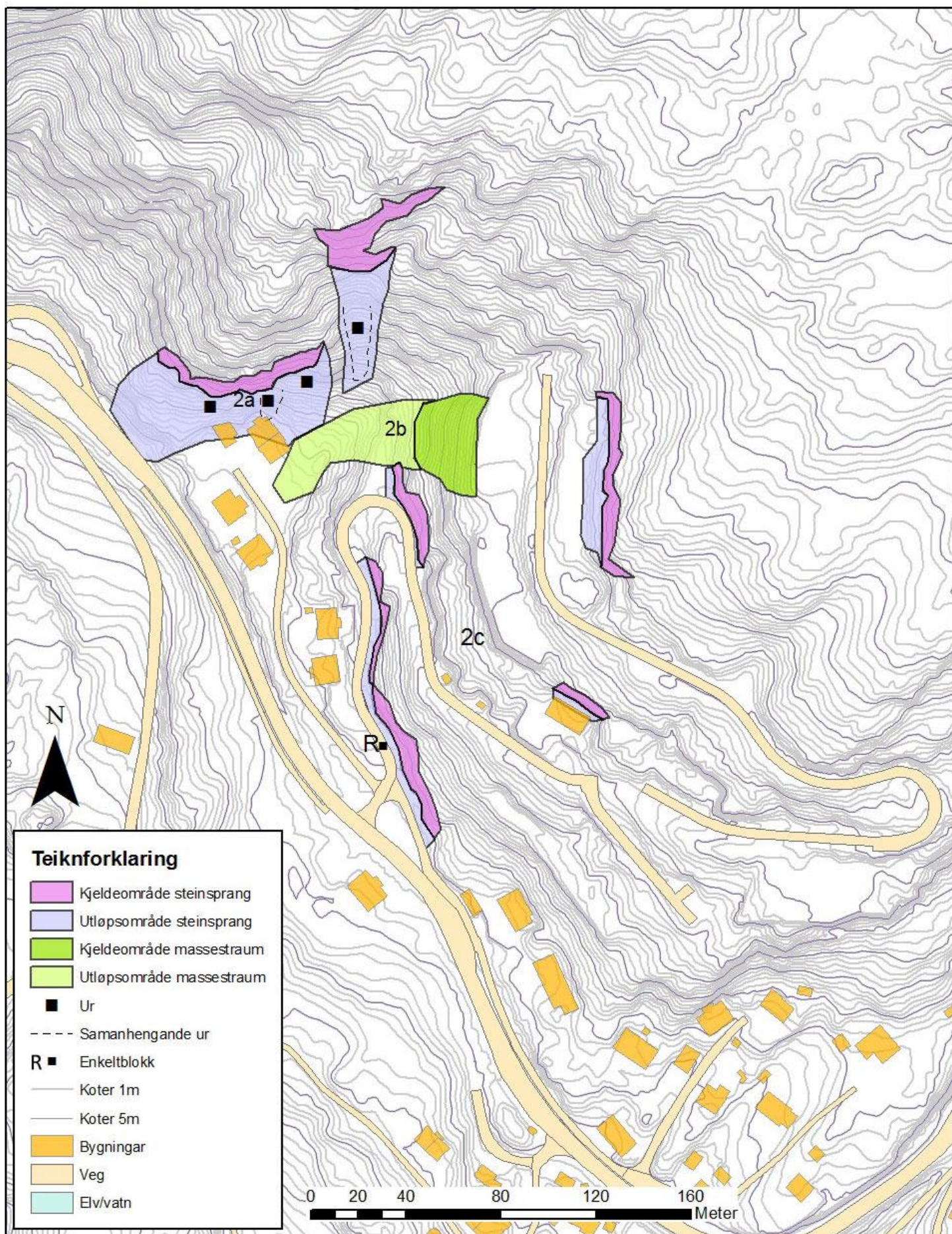
8ab. Øvredal



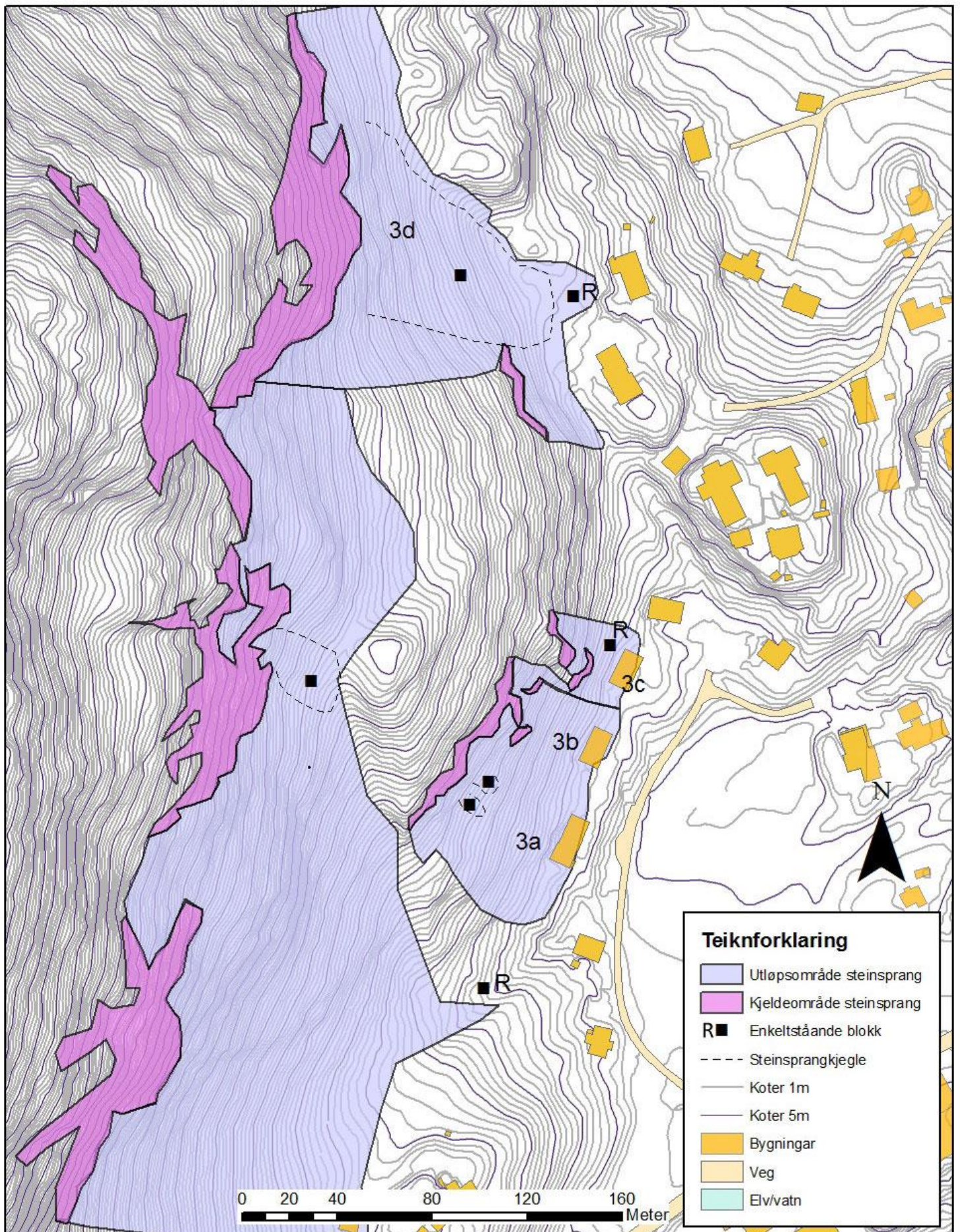
Aktsemdkart lokalitet 1a og b, Døsjaelva
Målestokk 1:7 000



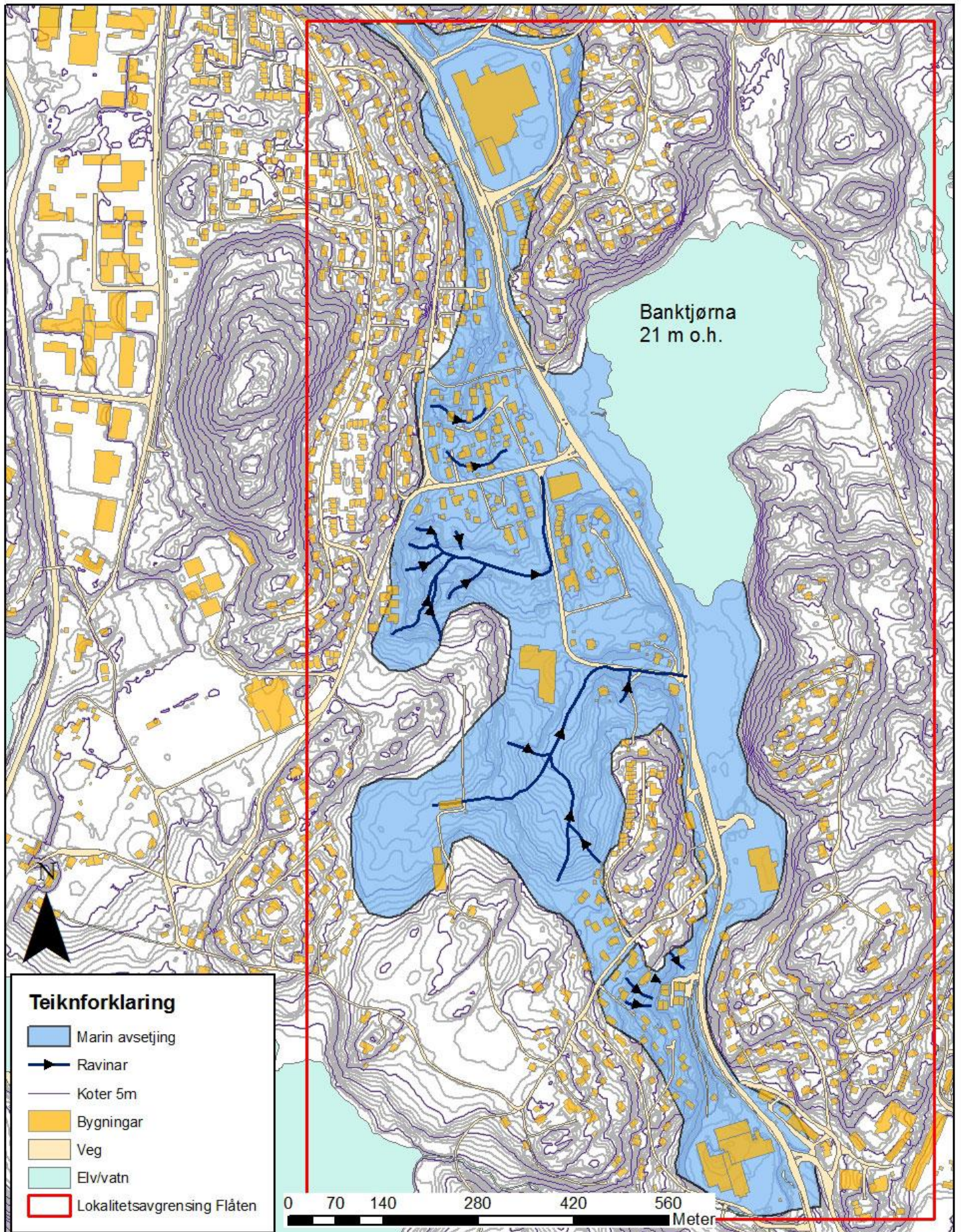
Aktsemdkart lokalitet 2a, b og c, Hovland
Målestokk 1:2 000



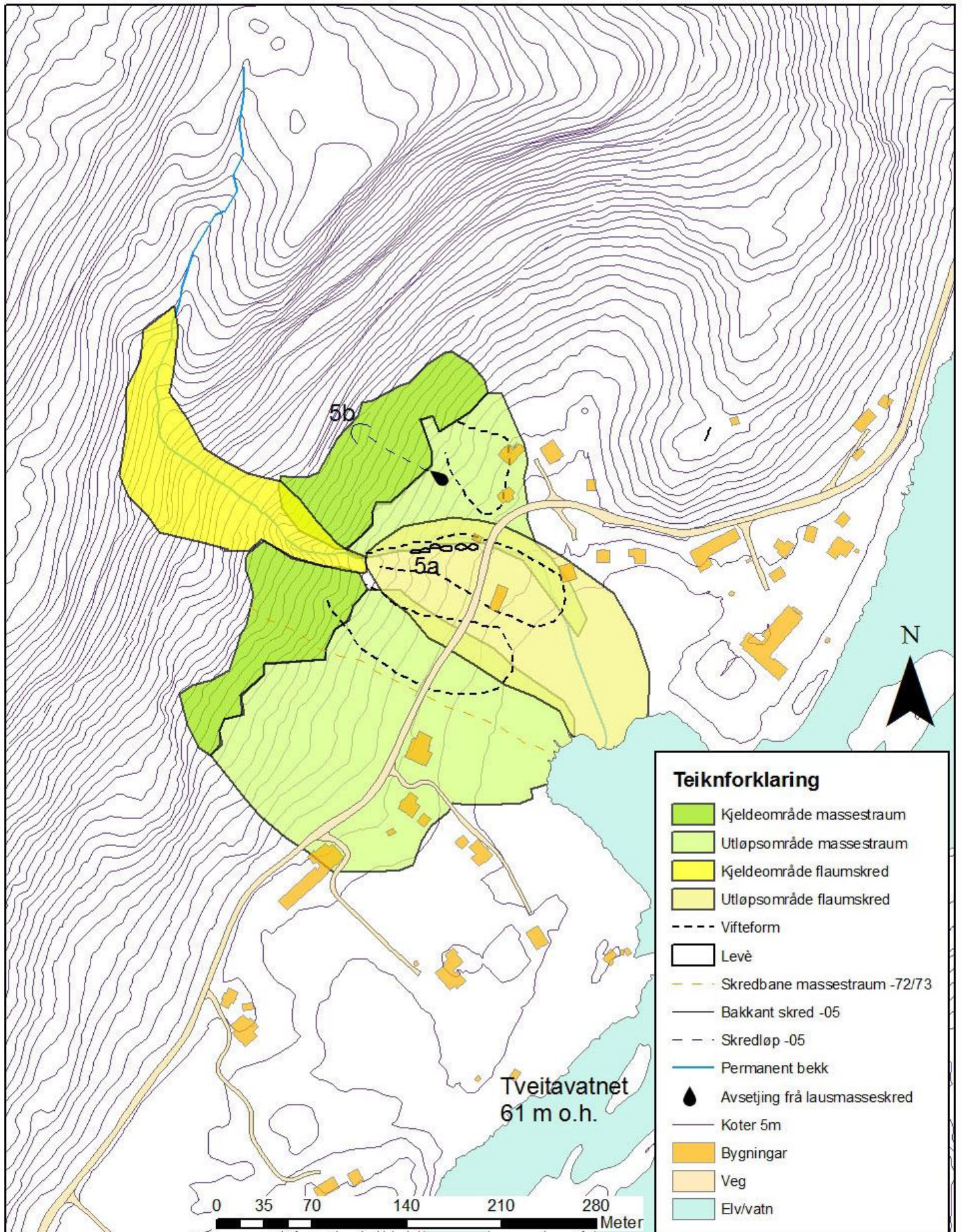
Aktsemdkart lokalitet 3a, b, c og d, Skogafjell
Målestokk 1:2 000



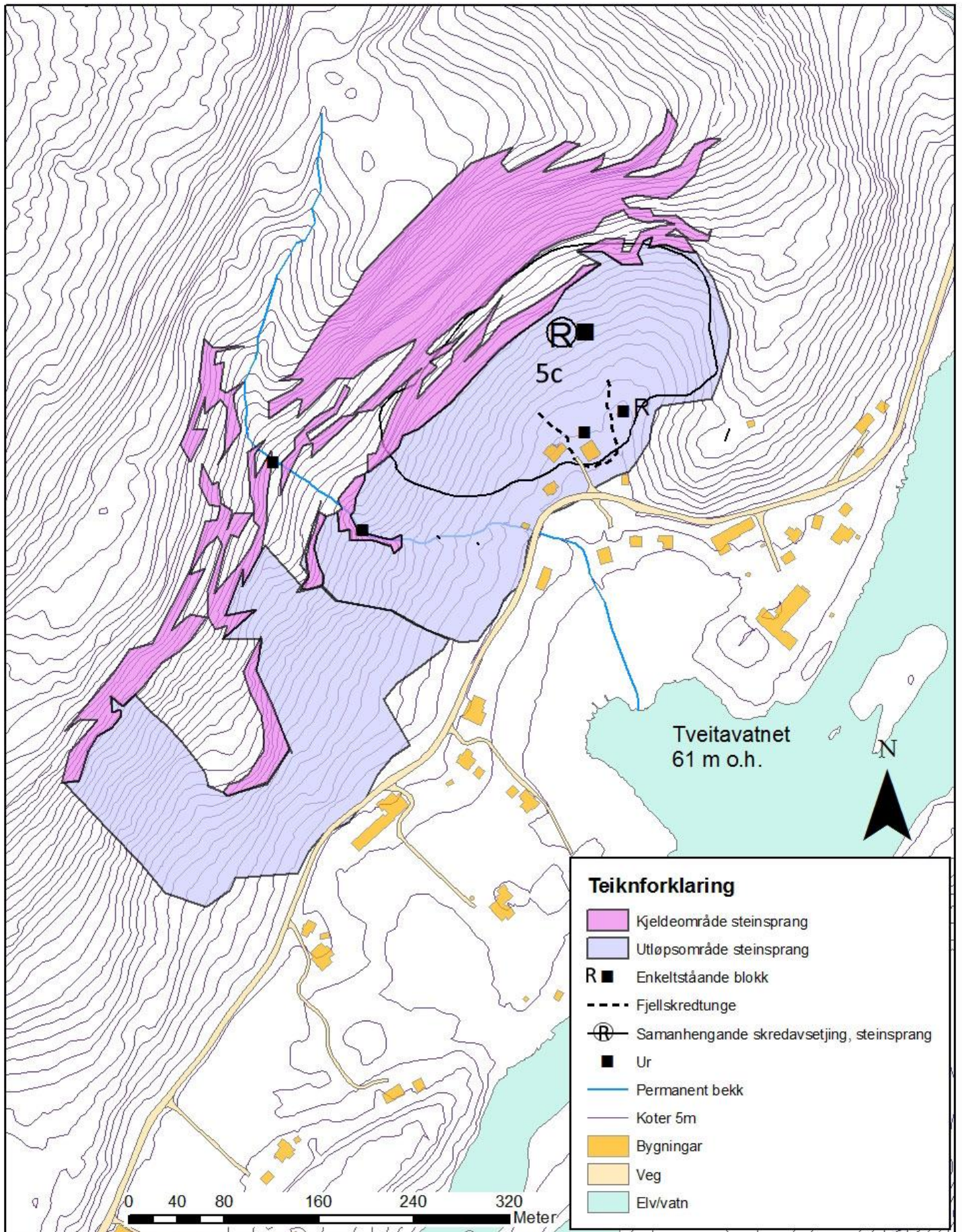
Aktsemdkart lokalitet 4, Flåten
Målestokk 1:7 000



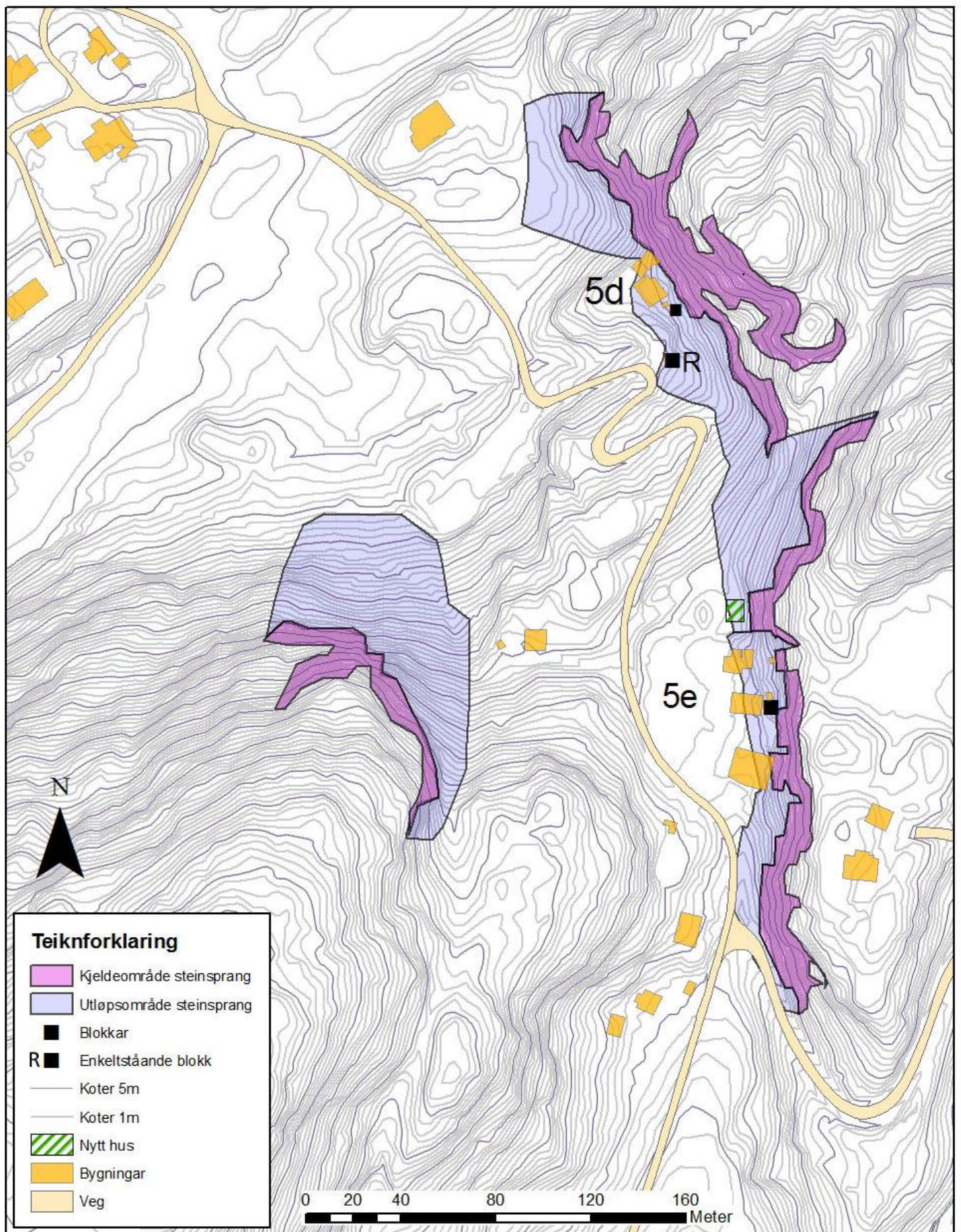
Aktsemdkart lokalitet 5a og b, Tveitaberget
Målestokk 1:4 000



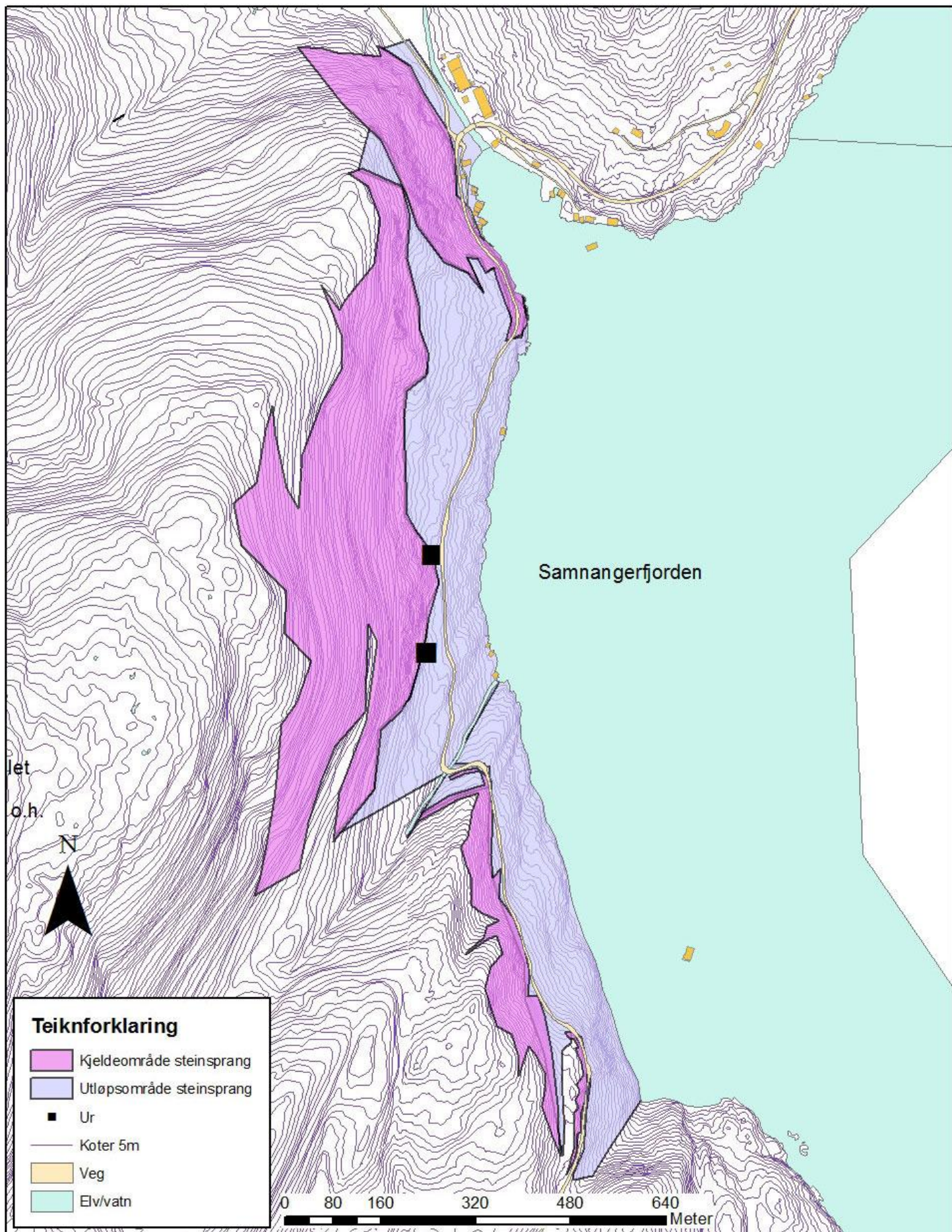
Aktsemdkart lokalitet 5c, Tveitaberget
Målestokk 1:4 000



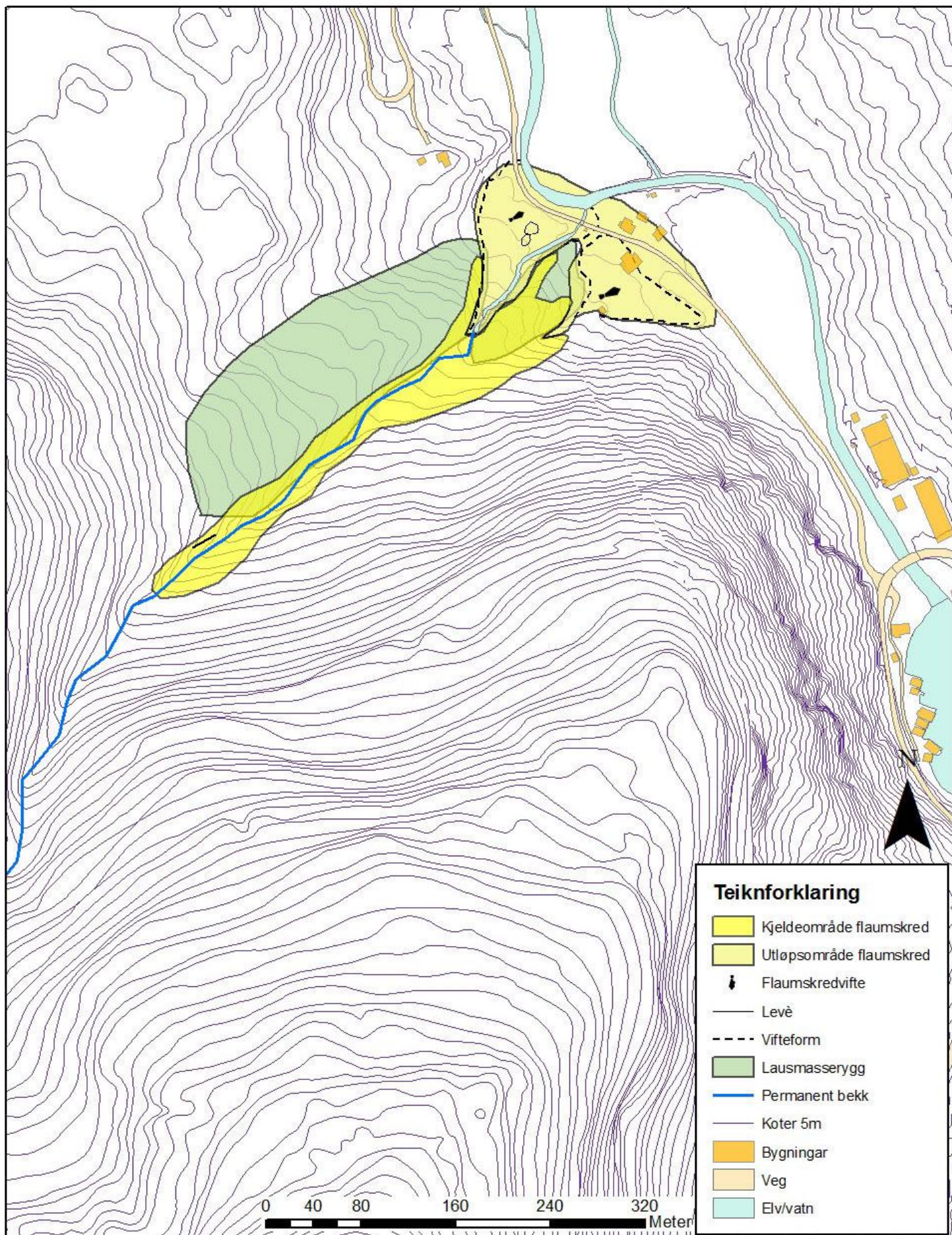
Aktsemdkart lokalitet 5d og e, Eidsbrekka
Målestokk 1:2 000



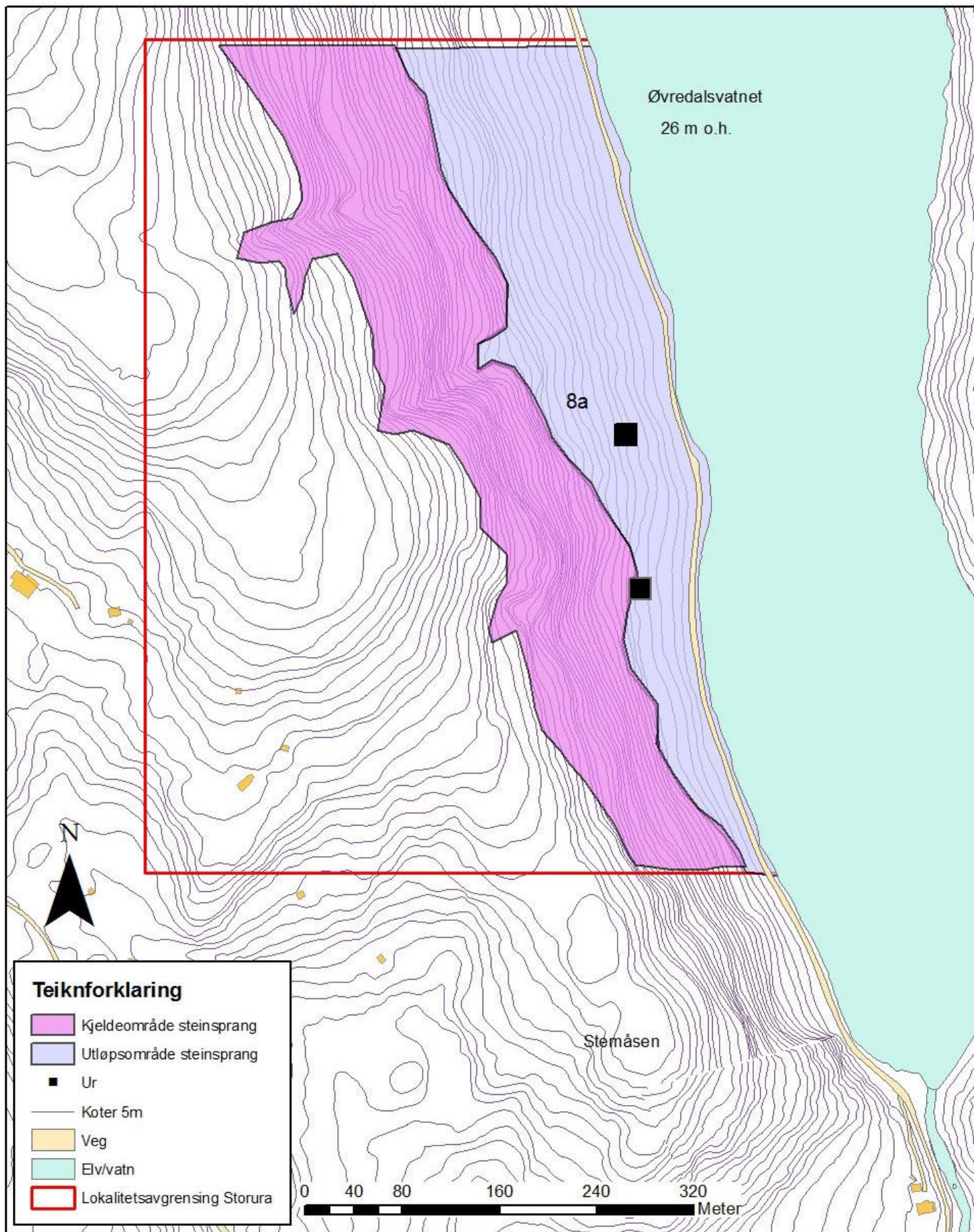
Aktsemdkart lokalitet 6, Rødsliane
Målestokk 1:8 000



Aktsemdkart lokalitet 7, Lønningdal
Målestokk 1:4 000



Aktsemdkart lokalitet 8a, Storura
Målestokk 1:4 000



Aktsemdkart lokalitet 8b, Øvredalen
Målestokk 1:4 000

